2006

geoviden

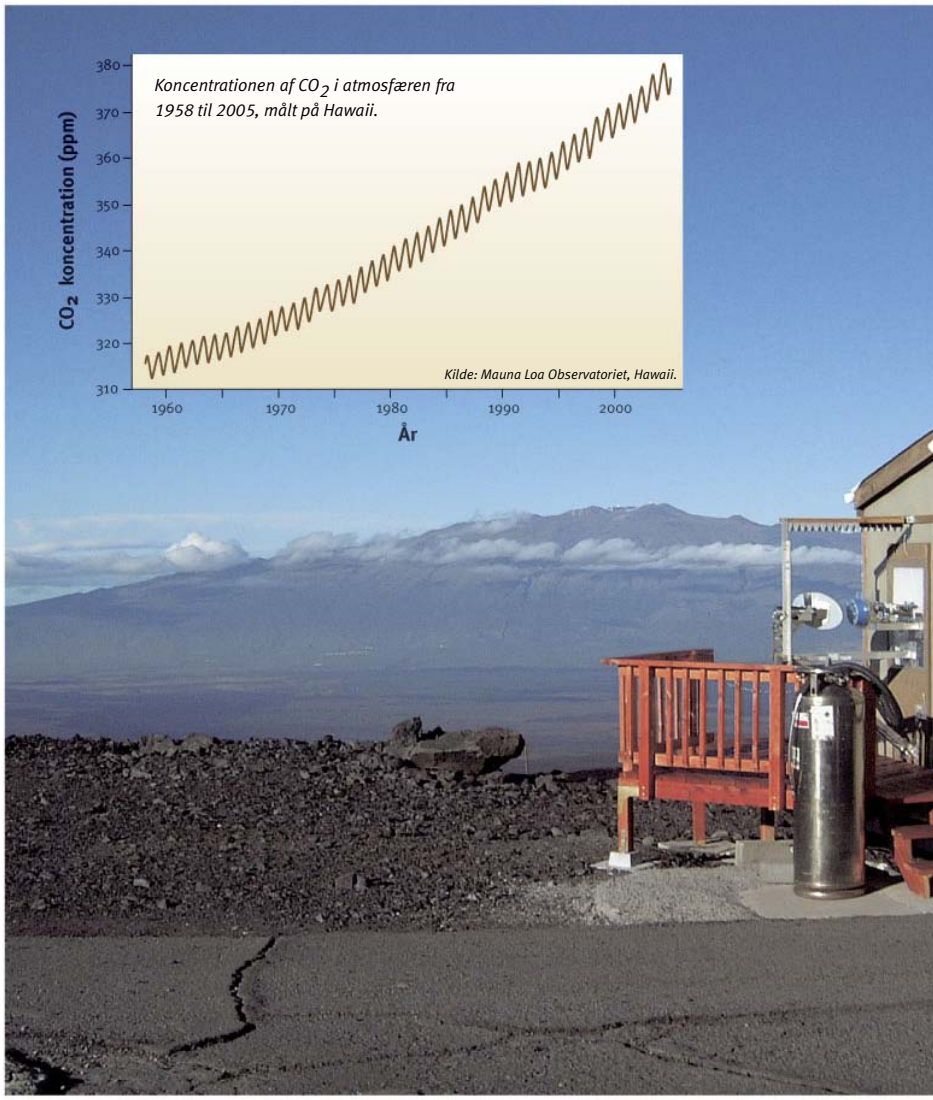
GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 2

Klima

- Klimaproblematikken og kulstofkredsløbet

Klimaproblematikken og kulstofkredsløbet

Den stigende koncentration af drivhusgasser i atmosfæren vil føre til klimaforandringer, som kan få dramatiske effekter for livsbetingelserne i store dele af verden. Derfor er klimaproblematikken et af de største miljøproblemer. Effekter af drivhusgasserne er vanskelige at forudsige, men de er globale og yderst komplekse. Udslip af drivhusgasser hænger sammen med den måde samfundet er indrettet på: elektricitets-, industri- og varmeproduktion, transporter, landbruget og markanvendelse. At forandre disse store træge systemer og mindske udslippet af CO_2 og andre drivhusgasser kræver store indsatser og omstilling over lang tid. Danmark har et stort forbrug af fossile brændstoffer og er blandt de lande i verden, som har højest CO_2-udslip per indbygger. Det er gennem Kyoto-aftalen blevet til en national udfordring at formindske udslippet radikalt. Klimaproblematikken er kommet til at udgøre en ramme for store dele af miljø- og energipolitikken og en klimarelateret forskning, der arbejder på at forbedre kendskabet til drivhusgasserne, er vokset frem. Vi giver her et overblik over problematikken set fra et dansk perspektiv og nogle eksempler på geografers forskning omkring kulstofkredsløbet.



Del af Mauna Loa Observatoriet på Hawaii.

Drivhuseffekten

Overvågningen af Jordens klima og atmosfærens kemiske sammensætning er blevet mere intensiv i de sidste årtier. Interessen for at vurdere udviklingen af Jordens klima er også øget, hvilket gør, at vi i dag har et temmelig godt billede af den globale temperaturudvikling. I de sidste årtier er der sket en tydelig stigning i den globale middeltemperatur. Det skyldes formentlig den stigende koncentration i atmosfæren af visse gasser, som er en følge af den globale befolkningstilvækst og industrialisering. Karakteristisk for disse gasser er, at de i atmosfæren absorberer en del af den infrarøde stråling, som fra Jordens overflade er rettet mod verdensrummet, mens sollyset kan passere uhindret. Herved forstærkes atmosfærens virkning som drivhus, hvilket fører til øget opvarmning af Jorden og atmosfæren. Derfor kaldes gasser med denne virkning for drivhusgasser. Til drivhusgasser regnes oftest kuldioxid (CO_2), metan (CH_4), kvælstofoxider (især lattergas (N_2O)) og freoner. Den vigtigste gas er kuldioxid, som er ansvarlig for ca. 55% af drivhuseffekten, mens freoner bidrager med 25%. Metan og kvælstofoxider bidrager med 15 og 5%. Bidraget fra ozon, som også kan regnes som en drivhusgas, er dårligt kendt.

Kuldioxid niveauet i atmosfæren før industrialismen var ca. 280 parts per milliom (ppm). Med industrialiseringen øgedes koncentrationen, først langsomt frem til 1900-tallets sidste halvdel, og derefter hurtigere og hurtigere. Siden målinger begyndte på vulkanen Mauna Loa på Hawaii i 1950'erne, er koncentrationen steget fra ca. 315 til over 375 ppm, dvs. med næsten 20%.

Drivhusgasser

De vigtigste drivhusgasser er:

- Kuldioxid (CO_2)

Dannes ved forbrænding af organisk materiale som indeholder kulstof. Den største del af udslippet kommer fra afbrænding af fossile brændstoffer.

- Metan (CH_4)

Dannes ved nedbrydning af organisk materiale i iltfattige miljøer. Husdyr, risdyrkning og moser er store bidragydere.

- Kvælstofoxider, især lattergas (N_2O)

Dannes ved forbrænding, men også landbruget er en vigitg kilde eftersom jordbakterier danner lattergas af gødning.

- Halocarboner

Disse gasser anvendes blandt andet ved rengøring i industrien og i køleskabe og frysere. Traditionelt er det især freoner (CFC'er), men med forbud mod freoner for at beskytte ozonlaget er anvendelsen af bl.a. HFC, PFC og SF6, som har betydelig stærkere drivhusvirkning, øget dramatisk.

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

Foto: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA.

CO_2-regnskabet

De globale kuldioxid-strømme er et forskningsområde, der i skyggen af den voksende bekymring for klimaforandring har fået stigende opmærksomhed. Beskrivelsen af disse ligger i grove træk temmelig fast, men der er flere betydningsfulde mangler i regnskabet, som er udgangspunkt for store forskningsudfordringer. De største CO_2-strømme er koblede til naturlige processer over kontinenterne. De hænger især sammen med CO_2-optag ved fotosyntese og CO_2-udslip ved ånding og nedbrydning af organisk kulstof. Disse to store naturlige strømme er næsten lige store og resulterer i et lille netto-optag, som er langt mindre end det udslip, der skyldes det menneskeskabte CO_2-udslip fra forbrænding af fossilt kulstof. Dette andrager omkring 22 gigaton (Gigaton) (10^9 t) CO_2 per år, mens nettooptaget for landområder er 2,5 Gigaton per år.

Eftersom CO_2 er fuldstændig opblandet i den nedre del af atmosfæren, er det relativt let at beregne hvor meget CO_2, der ophobes i atmosfæren. Den årlige ophobning er omkring 11 Gt. For at kende CO_2-regnskabet for Jorden som helhed, står der tilbage at vurdere oceanernes rolle. Gennem fotosyntese i alger sker der et CO_2-optag, ligesom CO_2 udveksles rent kemisk, men måleteknisk er det ikke muligt at få fuldt overblik over dette led. Dette medfører, at oceanernes CO_2-optag bestemmes ud fra en idé om balance mellem de øvrige led, således at oceanernes optag bliver 22–11–2,5 = 8,5 Gigaton CO_2 per år. At det skulle være så stor en mængde, der bindes i oceanerne er imidlertid tvivlsomt, idet oceanernes CO_2-optag er langt mindre end landjordens. Man plejer derfor at tale om 'the missing carbon sink' som de ukendte størrelser i dette regnskab. Det er yderst tænkeligt, at det ikke er én, men flere små poster, der mangler i regnskabet. Blandt de hyppigst nævnte er CO_2-fiksering i skovene i

Stefan Anderberg

Lektor, Geografisk Institut
(sa@geogr.ku.dk)

Bo Elberling

Proffessor, Geografisk Institut
(be@geogr.ku.dk)

Lars Krogh

Lektor, Geografisk Institut
(lk@geogr.ku.dk)

Kjeld Rasmussen

Lektor, Geografisk Institut
(kr@geogr.ku.dk)

Henrik Søgaard

Lektor, Geografisk Institut
(hs@geogr.ku.dk)

Torben Birch-Thomsen

Lektor, Geografisk Institut
(tbt@geogr.ku.dk)

Foto: Kjeld Rasmussen, Geografisk Institut.

Kvinder samler brænde i regnskoven. Ved afbrændingen frigives CO_2, svarende til den mængde CO_2, som bindes i planten ved fotosyntese.

kolde klimaer, hvor temperaturen er begrænsende for skovenes produktion. En global opvarmning vil her betyde, at vækstsæsonen bliver længere, og CO_2-optaget forøges. Med henblik på at bestemme ændringerne i skovenes kulstof-opmagasinering investeres der således mange kræfter i detaljerede målinger i Europa og Nordamerika. Et andet eksempel på en manglende post er CO_2-strømme i forbindelse med cement, hvor udslippet fra cementproduktionen er kendt, mens det tilsvarende optag, når cementen ældes, er mindre kendt og ikke ordentligt inkluderet. Dette forhold blev man først opmærksom på i forbindelse med det såkaldte biome-forsøg i Arizona, hvor det viste sig, at CO_2-optaget i cement udfyldte rollen som 'missing carbon sink'.

De globale kulstofpuljer

I kredsløbet indgår også den store mængde kulstof i biosfæren som er oplagret i jorden, vegetationen, atmosfæren eller verdenshavet i kortere eller længere tid. De mere tilgængelige og 'aktive' mængde i planter og atmosfæren er små sammenlignet med de enorme mængder,

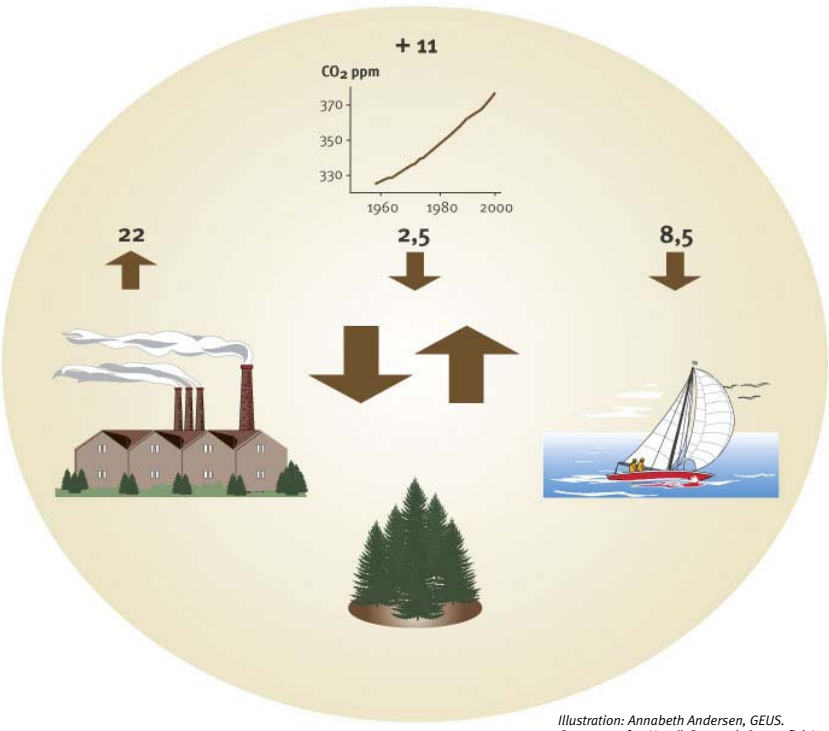
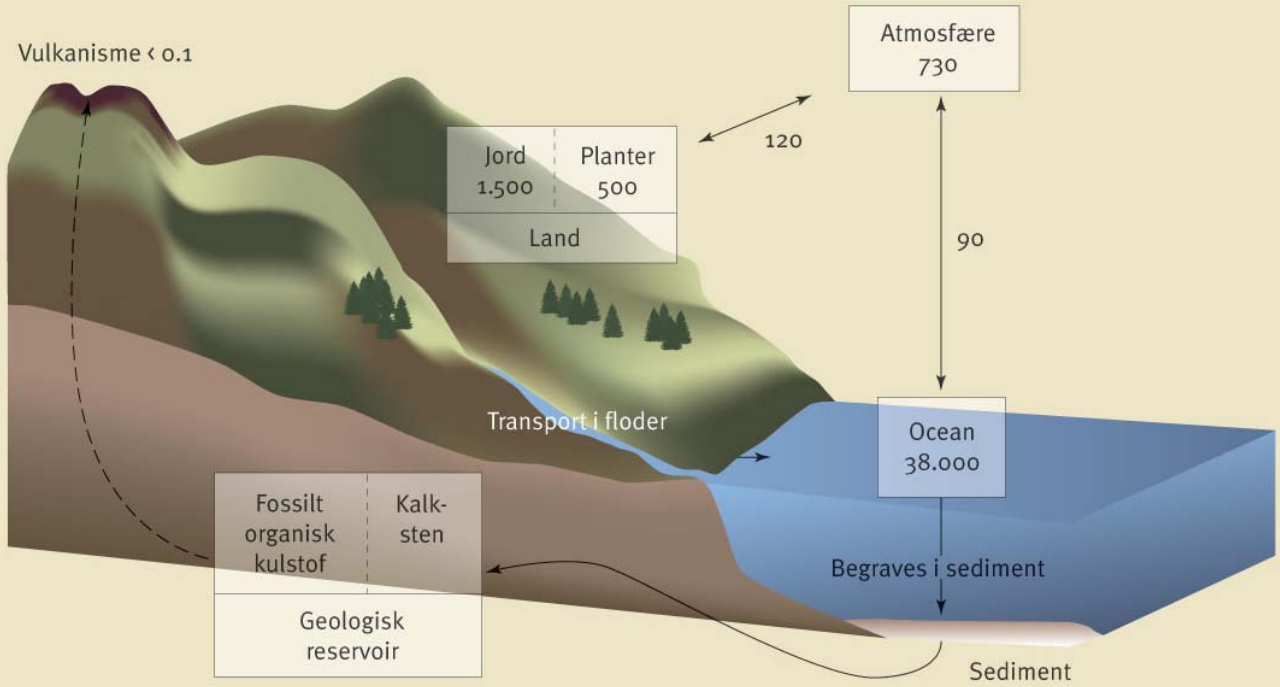


Illustration: Annabeth Andersen, GEUS.
Omtegnet efter Henrik Søgaard, Geografisk Institut.

Det globale CO_2 regnskab. Tal i Gigaton CO_2 per år.



Hvordan kommer kulstof ud af jorden?

Illustration: Annabeth Andersen, GEUS.
Omtegnet efter Henrik Søgaard, Geografisk Institut.

- Tab af kulstof sker via
  - Erosion
  - Udvaskning
  - Omsætning af organisk stof/humus

Udover at regulere atmosfærens indhold af drivhusgassen CO2 bidrager organisk kulstof til jordens fertilitet.

der er lagret i oceanerne. Oceanerne er beregnet til at indeholde 38.000 gigaton eller 14 gange mere end atmosfæren, vegetationen og jorden sammenlagt. Fra en tilgængeligheds- og management-synsvinkel er vegetationens og jordens kulstof-puljer imidlertid mere interessante eftersom mængden, som bindes eller frigøres er koblet til menneskets brug af jorden. Skovplantning binder fx CO_2 fra atmosfæren, mens opdyrkning og skovrydning kan medføre store tab. Det øvre jordlag fungerer som en temmelig aktiv kilde og dræn for atmosfærisk CO_2. Input af kulstof til jorden sker igennem fotosyntesen, der producerer organisk stof som omdannes til humus, der indeholder ca. 58% kulstof. Det organiske stof i jorden bidrager derigennem til at regulere atmosfærens CO_2-indhold. Kulstoffet i det organiske stof er vigtigt for jordens frugtbarhed, men kan komme ud af jorden gennem erosion, udvaskning og nedbrydning af humus.

CO_2-udslip

Det globale CO_2-udslip er steget dramatisk og relativt kontinuerligt siden den industrielle revolution startede for 200 år siden. Udover udslip fra industri kommer udslip fra forbrænding, skovrydning og ændret brug af jorden.

Der er store forskelle mellem verdens regioner. I-lande står for ca. 60% af udslippene fra afbrænding af olie, gas og kul samt fra cementproduktion. Store lande dominerer, således står USA for næsten 25% af det globale udslip og sammen med Rusland og Kina for 45%. Disse tre store lande er meget forskellige. USA har en meget høj levestandard, en stor industri og et ekstremt højt energiforbrug især baseret på olie. Rusland har ikke så høj levestandard, men til gengæld en stor industriproduktion baseret på fossilt brændstof. Kina har en ekstremt stor befolkning. De lande, som har højest udslip per indbygger, karakteriseres alle af meget høj levestandard. Små olieproducerende lande har ekstremt høje udslip, men også Australien, USA, Canada og New Zeeland har store udslip per indbygger. Blandt øvrige i-lande med høje per indbygger-udslip finder vi lande med tung industri (fx Tjekkiet, Luxembourg og Finland) og andre, som er ekstremt afhængige af fossilt brændstof (fx Singapore, Irland, Estland, Belgien og Danmark). De i-lande, som ikke har så store udslip per indbygger er lande med meget vandkraft (fx Norge, Sverige og Schweiz) eller atomkraft (fx Frankrig).

Udviklingen varierer meget mellem forskelli-

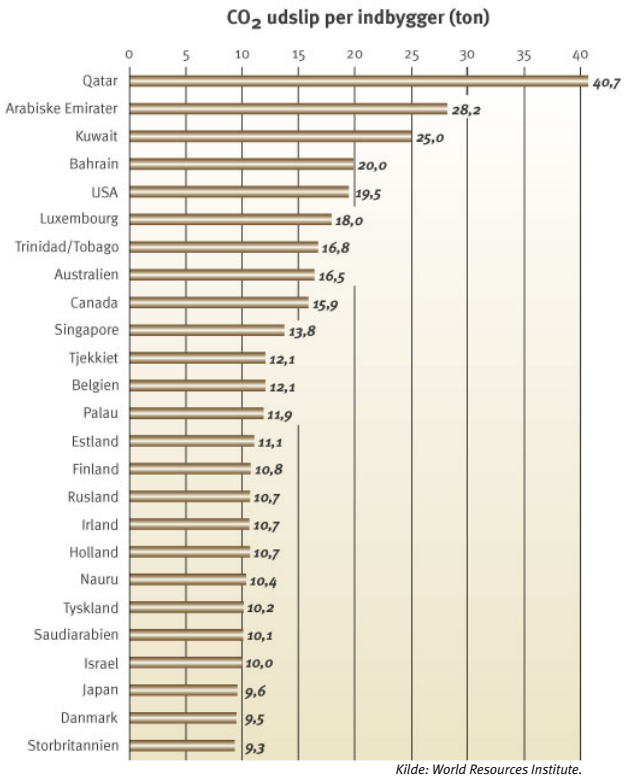
På globalt plan findes kulstof i

• Jordbund	1500 gigaton
• Planter	500 gigaton
• Oceaner	38.000 gigaton
• Atmosfæren	730 gigaton

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

Foto: Torben Birch-Thomsen, Geografisk Institut.

Billede fra Eastern Cape i Sydafrika; afbrænding af vegetation om natten - en almindelig praksis i store dele af Afrika, da afbrænding ofte er forbudt ved lov.



Udslip af CO_2 per indbygger i år 2005 i lande med højt per indbygger udslip. Danmark lå i 2005 på en 24'ende plads, med et udslip på 9,5 ton CO_2 per indbygger.

ge regioner. Nord- og Vesteuropa har i årtier haft relativt stabile udslip af CO_2, og i Østeuropa er de mindsket dramatisk siden 1980'erne, som følge af de politiske og økonomiske forandringer. Men i alle andre regioner ses en betydelig forøgelse. Mest dramatisk har den i de seneste årtier været i Asien, men også i Nordamerika og Australien er udslippene stigende.

Nutidens store internationale miljøproblem

Globalisering

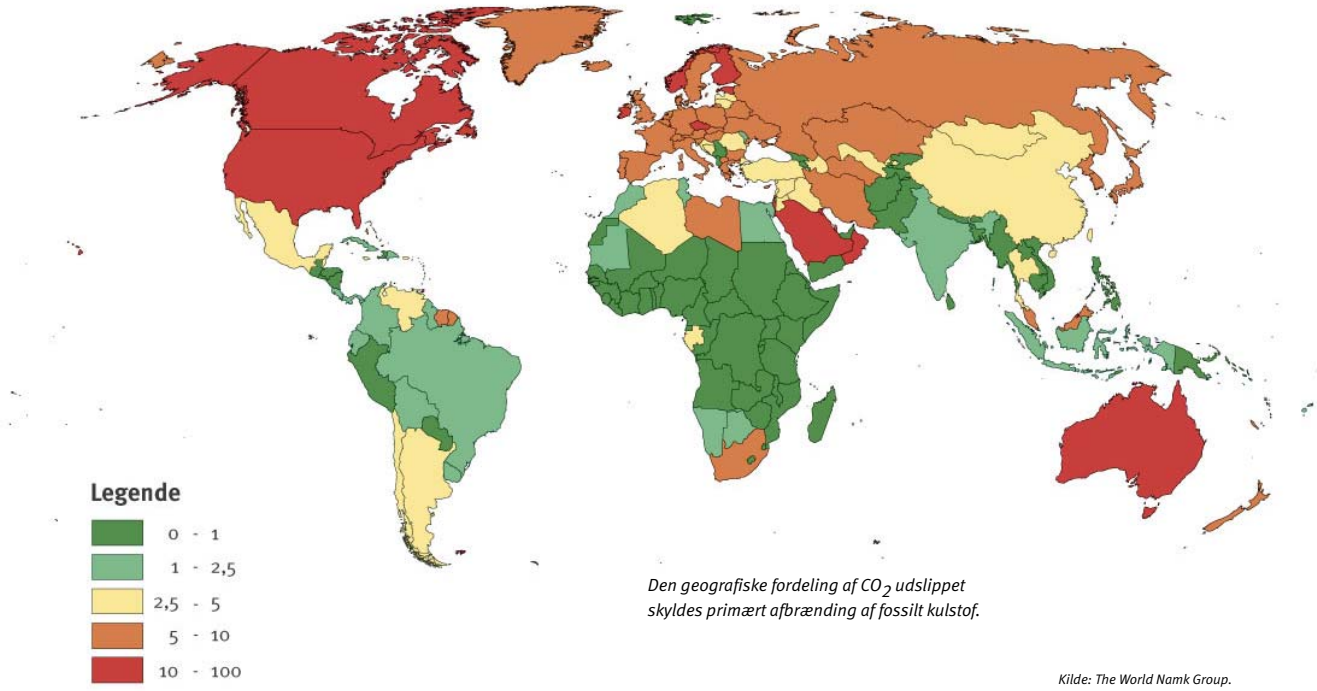
Miljøspørgsmål er vokset fra problemer med lokal forurening og sundhed, til en øget bekymring for Jordens fremtid. Drivhuseffekten er paradeeksemplet på miljøproblematikkens 'globale ære'. Det store gennembrud for den moderne miljøproblematik kom i 60'erne. Det var da, at miljøet for alvor kom ind i billedet. Ord som 'økologi' og 'miljø' i deres moderne betydning blev flittigt brugt, og der blev indført en miljølovgivning. Siden 70'erne er der oprettet nogenlunde ensartede miljøbeskyttelsessystemer i i-landene, dog med varierende ambitioner, ressourcer og effektivitet fra land til land.

Der var tidligt en international dimension i miljøproblematikken. Industrialismens problemer blev opdaget, diskuteret og afhjulpet i 1800-tallet i Storbritannien, og fik efterhånden også opmærksomhed i andre lande med tilsvarende udvikling. I 50'erne blev problematikken omkring luft- og vandforurening spredt fra industrialiserede storbyer til mere perifere dele af i-landene. I 70'erne øgedes bekymringen for Jordens langsigtede fremtid. Man begyndte at indse, at der er mange problemer, som ikke kan løses på nationalt niveau, og et internationalt miljøsamarbejde startede. De dominerende problemer var først 'befolkningseksplosionen' og Jordens begrænsede mineralressourcer, men efterhånden blev de afløst af ødelæggelse af regnskove, ørkenspredning, eutrofiering, voksende koncentrationer af giftige stoffer i naturen og klimaforandringer. Disse problemer er vanskelige at løse, og har ofte relativt snigende, men dramatiske og måske accelererende, virkninger.

Efter skovdød i Europa, opdagelsen af ozonhullet over Antarktis og iltsvind i havområder blev der lagt mere vægt på miljø i 80'erne i politik, både nationalt og internationalt. I 1987 kom FN's Brundtlandrapport hvis mest betydningsfulde bidrag var den tydelige erkendelse af miljøproblematikken som en global trussel og lanceringen af bæredygtig udvikling som målsætning. Efter Brundtlandrapporten og Riokonferencen i 1992 øgedes det internationale samarbejde. Og 90'erne blev præget af stor aktivitet indenfor miljøpolitik på alle niveauer. Der blev opstillet temmelig radikale målsætninger, og der blev indgået ambitiøse mål. Målsætningen bæredygtig udvikling kom i mange lande til at påvirke områder, hvor miljøspørgsmål ikke tidligere havde spillet så stor en rolle: handel, transport, husbygning, byplanlægning og forsvar.

Klimaproblematikkens udvikling

I slutningen af 80'erne blev også klimaproblematikken politisk lanceret for alvor. Den blev det område, som fik størst opmærksomhed i forbindelse med Riokonferencen og kom til at spille en central rolle i den internationale miljøpolitik. Klimaproblematikken er et typisk nutidigt miljøproblem. Den er global, både når det gælder årsager og virkninger. Det spiller ingen rolle, hvor udslippene sker og virkningerne påvirker hele Jorden. Den er samtidig yderst kompleks og vanskelig at løse. Årsagerne, udslippene af drivhusgasser, er koblede til sam-



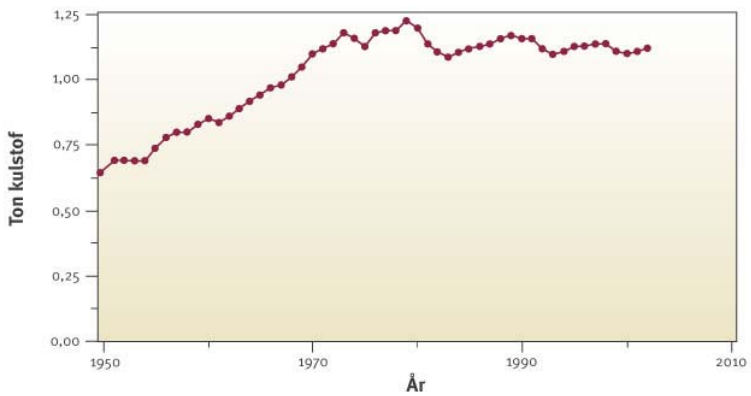
Den geografiske fordeling af CO_2 udslippet skyldes primært afbrænding af fossilt kulstof.

Kilde: The World Namk Group.

fundets grundlæggende systemer: elektricitets- , industri- og varmeproduktion, transport og landbrug, hvilke alle er baserede på fossile brændstoffer, som fører til udslip af kuldioxid. At forandre disse store og træge systemer og mindske udslippene af drivhusgasser er vanskeligt, og det kræver omfattende indsatser og omstillinger over længere tid. Det er vanskeligt at fastfryse udslippene eller mindske forøgelsen. For at det skal gøre en forskel, er det også nødvendigt med samordnede internationale indsatser. Med undtagelse af nogle få store lande som USA, Kina og Rusland kan ambitiøse indsatser på nationalt niveau ikke påvirke situationen nævneværdigt.

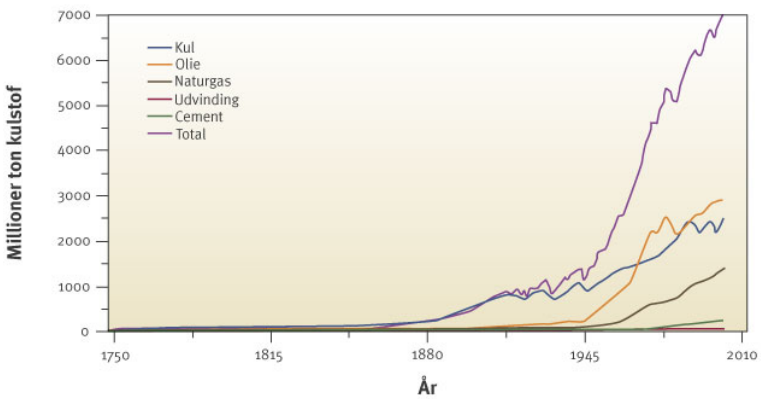
Forestillingen om, at industrisamfundets store forbrug af fossile brændstoffer kan påvirke Jordens økosystemer, er gammel, og var veletableret blandt kemikere langt før den nåede en bredere offentlighed. Allerede i 1896 publicerede den svenske nobelpristager Svante Arrhenius en artikel, hvor han advarede om, at det stigende udslip af 'kulsyre' til atmosfæren kunne påvirke klimaet. Han beregnede, at en fordobling af CO_2 i atmosfæren ville medføre en øgning af temperaturen på 5–6°C. Dette resultat adskiller sig faktisk ikke så meget fra dagens opfattelse, som imidlertid bygger på et meget større forskningsgrundlag. I 30'erne begyndte man at vurdere udslip og i 50'erne startede re-

Kilde: The Carbon Dioxide Information Analysis Center.



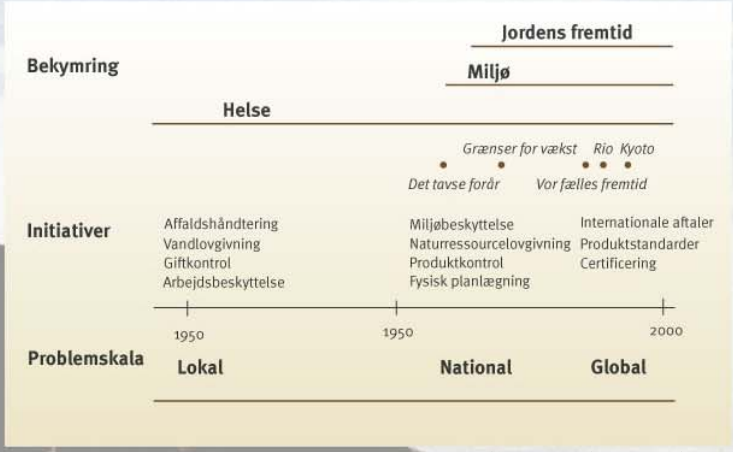
Det globale CO_2 udslip fra 1950 til 2003.

Kilde: The Carbon Dioxide Information Analysis Center.



Det globale CO_2 udslip fra afbrænding af fossile brændstoffer og cement produktion fra 1750 til 2002.

Foto: Jordprøveudtagning til kulstof studie i Tanzania.
Foto: Bo Elberling, Geografisk Institut.



Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

Miljøproblematikkens udvikling fra 1900 til i dag.

gelmæssige målinger af CO_2-koncentrationer. Det var sådanne målinger, fx på Mauna Loa på Hawaii, som viste en kontinuerligt stigende koncentration, der udgjorde grundlaget for alarmen i midten af 70'erne. Her advarede man ikke mindst om effekter af øgede temperaturer i polaregnene. Disse advarsler førte til stigende forskningsaktivitet omkring CO_2's påvirkning af klimaet. I 1980 dannedes World Climate Programme. Da dette forskningsprogram blev afsluttet i 1985, forsøgte man at vække opmærksomhed omkring problematikken, men det var først i forbindelse med en klimakonference i Toronto og en varm og tør sommer i Nordamerika i 1988 at klimaproblematikken fik sit egentlige gennembrud. Det var her at Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) blev dannet og klimaproblematikken blev lanceret som et af Riokonferencens hovedemner. IPCC er den videnskabelige organisation, som har ansvar for at sammenfatte den klimarelaterede forskning og vurdere udviklingen.

Klimakonventionen

FN's Klimakonvention blev underskrevet ved Riokonferencen i 1992. Allerede i 1994 trådte den i kraft, hvilket må betegnes som rekord i international miljøsammenhæng. En konvention er en international aftale, hvor landene definerer og erkender et givet problem og forpligter sig at samarbejde for at løse det. Konventionen beskriver generelle målsætninger, samarbejdsformer og de organer som dannes for at forberede og træffe beslutninger. En konvention indeholder fra starten normalt ikke forpligtigelser om at mindske udslip eller lignende, men netop i forbindelse med klimakonventionen forpligtede i-landene sig til en målsætning om at stabilisere deres udslip på 1990-niveau. Dette niveau skal udgøre udgangspunktet for det fortsatte arbejde med yderligere reduktioner, som specificeres ved at man tillægger konventionen protokoller.

Alle deltagerlande er forpligtigede til at gennemføre målinger over deres udslip, udarbejde programmer for at opfylde målsætninger, deltage i videnskabeligt samarbejde og uddannelses- og informationsaktiviteter. I konventionen inddeler man landene i to grupper. De såkaldte Anneks 1-lande består af OECD's medlemslande og de såkaldte transitionslande består af det tidligere Sovjetunionen og Østeuropa. Disse lande har store drivhusgasudslip per indbygger og skal reducere deres udslip. OECD-landene skal betale for Anneks 2-landenes, dvs. ulandenes, medvirken i samarbejdet, stimulere teknologioverførsel og finansiere vedtagne reduktioner. Hvert andet år afholdes en kongres med alle de medvirkende lande, og et sekretariat i Bonn organiserer det løbende arbejde. Der er nedsat en række arbejdsgrupper for videnskabelig og teknisk rådgivning, implementering og finansiering af initiativer. Den første kongres blev afholdt 1995 i Berlin og allerede i Kyoto i Japan var man i 1997 klar til at underskrive Kyotoprotokollen.

Kyotoprotokollen

I Kyotoprotokollen forpligter i-landene sig til at reducere deres samlede udslip med 5% af 1990-niveauet frem til 2008–2012. EU lovede at formindske udslippet med 8%. Denne reduktion er blevet fordelt mellem EU-landene og Danmark har forpligtet sig til at reducere med 21%! Endvidere skal Østeuropa reducere udslippet

Hvor er der carbon stocks?

- På globalt plan findes kulstof:
  - Jordbunden - 1.500 Pg
  - Planter - 500 Pg
  - Oceaner - 38.000 Pg
  - Atmosfære - 730 Pg

  Terrestrisk kulstof

- Jordens kulstofpulje er den næststørste af de fire store kulstof puljer.

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

med 8%, USA med 7% og Japan og Canada med 6%. Rusland, Ukraine og New Zealand lovede kun at stabilisere udslippene, mens Norge, Australien og Island har tilladelse til at øge deres udslip. Klimakonventionen har således forskellige målsætninger for forskellige lande, i modsætning til de fleste tidligere konventioner, hvor alle lande havde samme forpligtigelse.

Protokollen kræver, at reduktionen skal ske inden for flere sektorer. Det er for at undgå, at landene vælger at gøre det mindst mulige, så som at lukke et enkelt kraftværk. Foruden at forpligtigelserne er specificerede, indføres de såkaldte fleksibilitets-mekanismer. Formålet med disse er at opnå større omkostningseffektivitet, ved at lande kan vælge at bidrage til reduktioner i udlandet i stedet for at reducere egne udslip. Disse mekanismer er af tre typer:

Hvad lovede i-landene i Kyoto?

Forøgelse	
+10%	Island
+8%	Australien
+1%	Norge
Stabilisering	
0%	New Zealand, Rusland, Ukraine
Reduktion	
-5%	Kroatien
-6%	Japan, Canada, Ungarn, Polen
-7%	USA
-8%	EU (kollektivt), Bulgarien, Estland, Letland, Litauen, Lichtenstein, Monaco, Rumænien, Schweiz, Slovakiet, Slovenien, Tjekkiet

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

- **Clean Development Mechanism (CDM)** er rettet mod u-lande. Denne mekanisme gør det muligt, at tilgoderegne CO_2-reduktion mod at bekoste projekter, som bidrager til at formindske udslip.

- **Joint Implementation (JI)** retter sig i praksis mod transitionslandene og muliggør for i-lande at investere i effektivisering af fx kulkraftværker i Østeuropa imod formindskede reduktionsforpligtigelser i eget land.

- **Emissions Trading Regime (ET)** skal gøre det muligt for i-lande at handle med udslipsrettigheder. Et land hvor det er meget dyrt at mindske udslippene kan købe udslipsrettigheder fra lande, som til lavere omkostninger kan reducere deres udslip. Også industrivirksomheder kan handle med udslip under denne mekanisme.

Fotos: Torben Birch-Thomsen, Geografisk Institut.

Udtagning af jordprøver til studie af forandring af kulstof i jord som følge af opdyrkning; billederne viser Bo Elberling i det sydlige højland, Iringa regionen, i Tanzania.

Før Kyotoprotokollen kunne træde i kraft, var det vedtaget at mindst 55 lande som repræsenterede mindst 55% af udslippene skulle ratificere protokollen. Dette betød, at protokollen ikke kunne ratificeres før USA eller Rusland godkendte den og dette skete først med Ruslands godkendelse i 2004. Først i februar 2005, mere end 7 år efter aftalen blev underskrevet trådte den endelig i kraft.

Det grundlæggende problem i det internationale klimasamarbejde hænger sammen med USA's afvisende holdning over for Kyotoprotokollen. Uden USA's medvirken bliver det ikke kun mere vanskeligt at nå målsætningerne. Handelen med udslip er også blevet langt van-

skeligere at gennemføre, fordi det var tiltænkt, at den amerikanske industri ville være den største kunde for udslipsrettigheder. Mange problemer måtte i Kyoto afvente fremtidig afgørelse. Disse problemer omfatter vigtige detaljer i forbindelse med udregning af udslip, dræn og kontrol. Hvad skal man overhovedet gøre med skove og skovplanting? Kan man virkelig med tilstrækkelig sikkerhed udregne, hvor meget CO_2 de kan absorbere og lagre? Hvorledes skal udslip og dræn overvåges? I diskussionerne er mange interessemodsætninger kommet frem. Skal skovrige lande virkelig kunne slippe for store dele af reduktionsforpligtigelserne? Når nu aftalen endelig er på plads, har man fået travlt med at få tingene på plads. Den seneste kongres i Montreal i november 2005 var en stor succes, idet det lykkedes at få regelsættet på plads for alle tre Kyotomekanismer. Dette var også på tide eftersom den provisoriske udnyttelse af JI, CDM og ET med tiden er blevet temmelig omfattende og strækker sig langt tilbage i tiden. Nu hvor Kyotoaftalen gælder, er også interessen for handelen med udslipsrettigheder dramatisk stigende, om end usikkerheden om den kommende markedspris er stor, og et gevaldigt problem før man vover sig ud i investeringer.

Fotos: Torben Birch-Thomsen, Geografisk Institut.

Tømmerstokkene skal anvendes til produktion af trækul (Swaziland).

Succes eller fiasko?

Det er for tidligt at vurdere Kyotoaftalens resultater. Men en stor del af aftaleperioden er gået og om bare to år starter den såkaldt forpligtigelsesperiode. Hvis man kun ser overfladisk på udviklingen af de totale udslip for Anneks 1-landene, kan aftalen tolkes som en succes. I 2003 var det totale Anneks 1-udslip 6% under 1990-udslippet. Der er bare det at Østeuropa, hvor man har haft en udslipsreduktion med 40% som følge af den dramatiske økonomiske omstrukturering, er medregnet. Hoveddelen af de øvrige lande er ikke i nærheden af at opfylde aftalen og mange lande, og ikke kun USA, har haft en stig-

Hvordan går det for EU med Kyotoaftalen?

	Udslip 1990 Megaton CO_2	Udslip 2003 Megaton CO_2	Kyotomålsætning %	Udslipsudvikling 1990-2003 %	Reduktionsrest	Opfyldt Kyotoaftale
EU-15	4015	3873	-8	-4	-4	nej
Belgien	143	144	-7,5	1	-9	nej
Danmark	71	74	-21	5	-26	nej
Tyskland	1214	982	-21	-18	-3	nej
Grækenland	106	132	+25	+24	+1	ja
Spanien	275	362	+15	+42	-27	nej
Frankrig	535	505	0	-6	+6	ja
Irland	53	67	+13	+25	-12	nej
Italien	450	488	6,5	+8	-15	nej
Holland	215	218	-6	+1	-7	nej
Luxenbourg	13	11	-28	-16	-12	nej
Østrig	70	79	+13	-26	nej	
Portugal	65	88	+27	+35	-8	nej
Finland	48	68	0	+42	-42	nej
Sverige	52	49	+4	-6	+10	ja
Storbritannien	751	650	-12,5	-13	0	ja

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

ning af udslippene langt over det forventede.

Hvis vi ser på EU landene, som lovede at reducere udslippet med 8%, ser det samlet set nogenlunde godt ud. Udslippet for alle 15 lande var 4% lavere i 2003 end i 1990. Men næsten hele EU's samlede resultat afhænger af Tysklands store reduktion, som for den største del er sket langt før Kyotoaftalen blev underskrevet gennem af-industrialiseringen af det tidligere DDR. Med undtagelse af et par lande med en overraskende positiv udvikling som Storbritannien, Sverige og Frankrig, er de fleste lande langt fra hvad man har lovet i EU's byrdefordelingsaftale. Finland, Østrig, Danmark og Spanien ser ud til at have sværest ved at holde deres løfter.

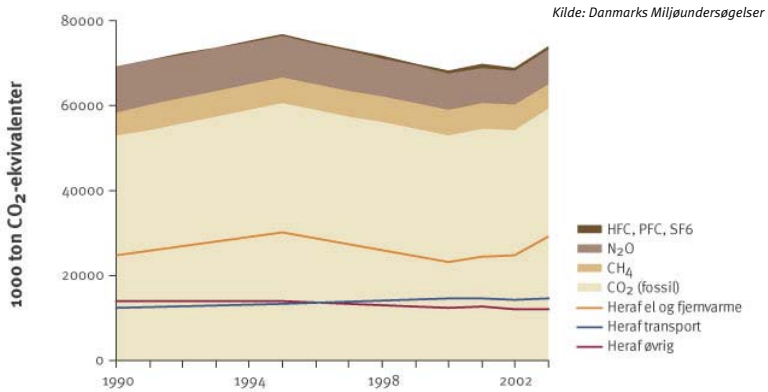
Danmarks Kyotoudfordring

Danmark er stærkt afhængig af fossil energi. Manglende vandkraft har medført, at elektricitetsproduktionen traditionelt er baseret på fossile brændstoffer. Dette har gjort Danmark til et af de lande i verden, som slipper mest drivhusgas ud per indbygger. I 1990 var Danmark nummer 16 i verden mht. CO_2-udslip per indbygger. Det var indenfor EU kun Luxembourg, Tyskland, Finland og Storbritannien, hvor udslippene lå højere.

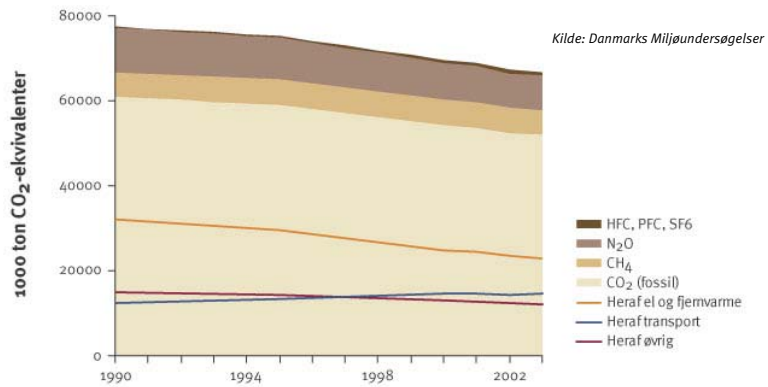
I EU's byrdefordelingsaftale, 1998, accepterede Danmark sammen med Tyskland den hårdeste Kyotoreduktionsforpligtigelse af alle lande i verden. Man lovede at mindske udslippet af drivhusgasser med 21%. Baggrunden for denne ekstremt ambitiøse forpligtigelse er især at finde i miljøpolitikkens centrale rolle i 90'erne. Den danske miljøpolitik var et af verdens fremmeste eksempler på den nye miljøpolitik, baseret på visionen at økologisk og økonomisk udvikling ikke bare kan forenes, men også forstærke hinanden. Der blev udviklet planer for bæredygtig udvikling og økonomiske og informative styremidler blev flittigt brugt. Man stimulerede alternativ energi, grøn produktion og forbrug, og selvregulering ved hjælp af grønne regnskaber, certificering, miljømærkning og brancheaftaler. Denne aktive miljøpolitik var også udadrettet i den forstand, at Danmark ønskede at fremstå som moderne, miljøbevidst og som et internationalt foregangsland. I international sammenhæng så Danmarks høje udslip af drivhusgasser imidlertid dårligt ud. Den ambitiøse politik på miljø- og energiområdet, den hurtige udbygning af vindkraften, den kontinuerlige energieffektivisering og det stabile energiforbrug pegede i den rigtige retning. Derfor syntes der at være gode grunde for Danmark til at gribe dette gyldne øjeblik og fremstå som et internationalt foregangsland. Siden hen er miljøpolitikken under den borgerlige regering blevet mindre central, men selvom devisen 'mest miljø for pengene' har ført til en mindre dynamisk miljøpolitik, så ligger klimapolitikken temmelig fast og ligeså gør Kyotoforpligtigelsen.

Danmarks udslip af drivhusgasser

Hvis man ser på udviklingen af de officielle danske totale menneskeskabte drivhusgasudslip frem til og med år 2003, som de er rapporteret til Klimakonventionens vurderingsgruppe, ser det faktisk rigtigt dårligt ud. Der er visse reduktioner, fx i N_2O-udledningen fra landbruget og i CO_2-udslippet fra erhverv og husholdninger,



Drivhusgasudslip i Danmark 1990-2003. Tallene er faktiske tal, som ikke er korrigerede for årsudsving og import/eksport.



Korrigerede drivhusgasudslip i Danmark 1990-2003. Disse tal er korrigerede for handel (nettoeksport medfører reduktion af udslippene) og årsudsving.

Kilde: POLFOTO / Jens Dresling.

Trafikken på de danske veje er steget kraftigt i de senere år.

men en tydelig forøgelse af udslip i forbindelse med transport og i forbindelse med brugen af visse industrikemikalier. Men disse forhold har kun underordnet betydning, idet totaludslippet følger elproduktionen tæt. Hovedindtrykket er, at så længe elproduktionens udslip ikke formindskes, vil der ikke ske en radikal forandring.

Dette er desværre det billede, som bliver spredt i verden, men den danske klimapolitik bygger på den forudsætning, at man kan fraregne eksporten af elektricitet produceret i hjemlige fossil-fyrede kraftværker. Hvis man 'korrigerer' det danske drivhusgasudslip for eksporten og for temperaturudsving, så fremkommer der et helt andet billede. Der ses nu en nedgang i udslippene fra 1990 til 2003 med 15% - helt på linje med Kyotoaftalen. El-nettene er i dag sammenkoblede over grænserne og ikke mindst mellem de nordiske lande er udvekslingen øget dramatisk – det gælder også den danske eksport. Importen sker især fra norsk og svensk vandkraft og atomkraft, som ikke giver udslip af drivhusgassser. Nettohandelen varierer kraftigt fra år til år, og afhænger af bl.a. nedbøren i Norge og vintertemperaturen. Eksporten til Sverige er i de senere år øget efter lukningen af Barsebäckværket. I 2003 eksporteredes næsten 1/5 af den danske elproduktion

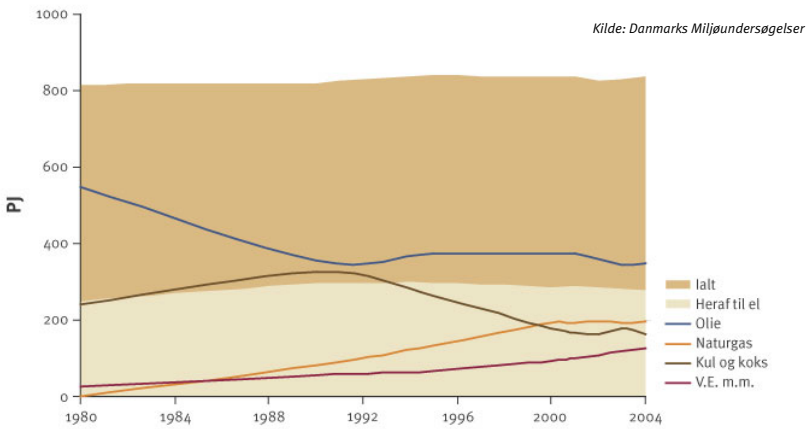
Danmarks energiforbrug

Med eller uden elproduktionens eksport er det energianvendelsen, som spiller hovedrollen for det danske drivhusgasudslip. Danmarks energiforbrug er totalt set forbavsende stabilt over de seneste tre årtier. Men bag dette ligger en kraftig dynamik, som kendetegner udviklingen de seneste 10 til 15 år. Dynamikken gælder dels energikilder, hvor olie og kul i øget grad er blevet erstattet med naturgas og vedvarende energi. Vedvarende energi består for størstedelen af vindkraft, men også af biomasse, biogas og brændbart affald. Det er biomasse, som i de sidste ti år har været den energikilde, som er vokset mest, og den svarer i dag til ca. $^1/_4$ af vindenergiens bidrag. Med undtagelse af transportsektoren som kendetegnes af stærk vækst, har alle sektorer (industri, service og husholdninger) et relativt stabilt energiforbrug totalt set. Elforbruget er øget i alle samfundssektorer, men her er der samtidig foregået en øget effektivisering.

Konklusion

Det er for tidligt fuldt ud at vurdere den danske Kyototilpasning, men det virker som om Danmark har gode muligheder for at opfylde målet,

Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser



Bruttoenergiforbrug i Danmark 1980-2004, i petajoule, korrigeret for årsudsving.

Foto: Vindmøller ved Brovst.
Foto: Peter Warna-Moors, GEUS.

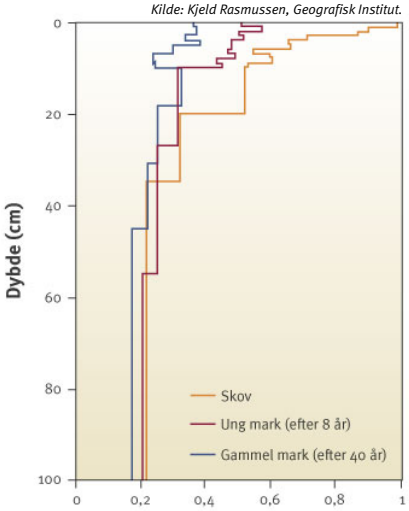
selvom det ikke ser sådan ud i de internationale oversigter. Måden at opfylde Kyotoforpligtigelsen er ikke helt idealisk. Det ville bestemt se bedre ud, hvis vi kunne klare det uden at korrigere tallene. Danmark er stadigvæk stærkt afhængig af fossile brændstoffer. som er forbundet med store CO_2-udslip. Danmarks eleksport bidrager til CO_2-udledningen, selvom det er Sveriges eller Norges udslipsandele, der belastes. Udviklingen i anvendelsen af vedvarende energi er imidlertid meget positiv. En kontinuerlig vækst over en lang periode har i de sidste år også resulteret i en dramatisk vækst i vedvarende energi både i absolutte tal og i dens andel af den totale energiproduktion. I 2004 dækkede vedvarende energi 36% af elforbruget og stod for 15% af det totale energiforbrug.

Kulstof i dansk jord

I Danmark findes størstedelen af den terrestriske kulstofpulje i jordbunden. Med henblik på klimaproblematikken og Kyotoaftalen er det vigtigt at være bevidst om denne pulje. For at kunne håndtere den er det væsentligt at få et bedre billede af denne pulje, hvor stor den er, hvor tilgængelig den er og hvordan den påvirkes af forskellige typer arealanvendelse.

Eftersom kulstoffet i jorden er koblet til humus findes den største del af jordens kulstofpulje i det øverste jordlag. I en dansk normaljord vil lidt mere end 60% af kulstofpuljen findes i de øverste 30 cm af jorden. En beregning af kulstofpuljen i dansk jordbund er blevet gennemført ved hjælp af jordprofildatabasen,

Kilde: Kjeld Rasmussen, Geografisk Institut.



Det meste af jordens kulstof findes i de øverste lag.

som blev etableret 1987–1991 og som bliver administreret af fødevareministeriet. Denne database indeholder data om 837 jordbundsprofiler, jævnt fordelt over landet, med information om bl.a. andelen af kulstof og arealanvendelse. Ved hjælp af en enkel opskalering, baseret på kulstofindholdet i de 837 punkter, kan man beregne, at den samlede kulstofmængde i jorden i Danmark er 586 Megaton (10^6 ton). Dette tal kan sammenlignes med de danske udslip på ca. 16 Megaton kulstof. Mere interessant er det at se på fordelingen af kulstofindholdet ved forskellige arealanvendelser. Eftersom landbruget er den klart dominerende arealanvendelse, er det ikke overraskende, at den største del af kulstofpuljen, 69%, findes i landbrugsjorder, mens 18% findes i skov og områder med natur-

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

Kulstofpuljer og arealanvendelse i Danmark

Arealanvendelse	Kulstof (SOC) Tg	% af total	% af areal	Kulstof kg pr. m²
Landbrug	405	69	79,9	14,0
Naturlig vegetation	21	3	3,8	14,4
Skov	89	15	12,0	16,9
Moser	67	12	2,5	35,6
Andet	4	1	1,8	12,3
Total	586	100	100	14,9

Fordeling af kulstof (% SOC) i relation til dybde og arealanvendelse i Danmark

Dybde (cm)	Landbrug	Nat. Veg.	Skov	Moser	Andet	Total
0–28	57	77	70	53	62	59
28–50	20	13	15	20	20	20
50–75	13	6	9	14	10	12
75–100	10	4	6	13	8	9
C i 0–28 cm i % af total C i 0–28 cm	67	5	18	10	<1	100
C i 0–28 cm i % af total C i 0–100 cm	40	3	10	6	<1	59

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

lig vegetation og 12% i moser. Moserne er rige på kulstof og deres andel af kulstofpuljen er næsten fem gange større end deres arealandel. Skove har også en større andel af kulstofpuljen end af arealanvendelsen, mens landbruget har lavere kulstofindhold og dermed en lavere andel af kulstofpuljen end af arealanvendelsen.

Fordelingen af jordens kulstofindhold i dybden adskiller sig en del mellem forskellige arealanvendelsestyper. Skov og naturlig vegetation, har den største andel med 70 hhv. 77% i de øverste 28 cm. Men også landbrugsjordernes kulstof er relativt lettilgængeligt med 57% i det øverste lag.

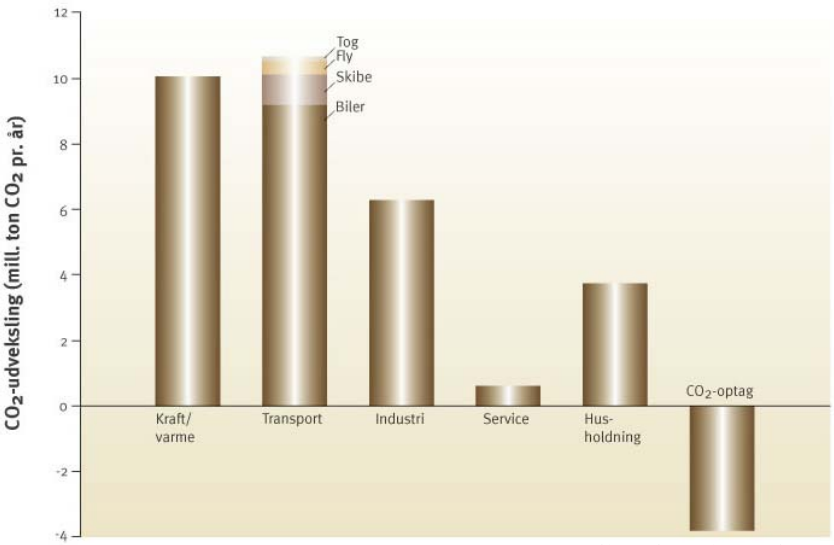
Sammenfattende kan det konstateres, at landbruget gennem sin dominerende betydning for arealanvendelsen, er den primære forvalter af kulstof i jorden i Danmark. Dette betyder også, at den danske jordkulstofpulje er mere tilgængelig end i de fleste andre lande. 40% af puljen findes i pløjelaget, som er omsætteligt og den lettest tilgængelige del af puljen. På globalt plan er det kun 6% af kulstofpuljen som er i landbrugsjorder og dermed måske kun 3–4% i pløjelaget.

Det organiske kulstof i jorderne repræsenterer en stor mængde. Danmarks Kyotoforpligtigelse til at reducere CO_2-udledningen med 21% i forhold til 1990 modsvarer en meget lille del af den samlede kulstofpulje i jord. Imidlertid vil det desværre ikke være muligt at verificere en så lille forandring. Jordens kulstofpulje er heller ikke så let omsættelig. Gennem skovplanting og naturgenopretning er der indikationer for, at kulstofpuljen i danske jorder øges. Men hvis man mere bevidst skal forsøge at øge oplagringen, bør man også være bevidst om sideeffekter, som at tungmetaller kan udvaskes fra skovjord, og at selvom moser binder CO_2 kan de bidrage til udslip af andre drivhusgasser.

CO_2-BUDGET FOR ØRESUNDSREGIONEN

Til forskel fra mange af de andre stoffer der ledes ud i luften opblandes CO_2 fuldstændigt i atmosfæren. CO_2-indholdet bliver på den måde vores fælles ejendom og problem, hvilket understreger nødvendigheden af internationale aftaler. Den koncentration vi måler i København er derfor også underlagt den samme globale tendens, men det friholder os ikke fra et ansvar med hensyn til, hvordan vi påvirker strømmen af CO_2 til og fra atmosfæren. For at kunne sætte tal på vores påvirkning af omgivelserne, er det formålstjenligt at opstille et CO_2-budget. Dette er ofte gjort for lokale økosystemer med brug af præcise måleinstrumenter til at måle CO_2-udvekslingen, eller på landsplan på baggrund af statistiske opgørelser. Hvis man vil opstille et CO_2-regnskab for en region med både byer, marker, skov og natur er der imidlertid ingen af disse to metoder som alene er tilstrækkelige. Der findes en række faktorer i budgettet, som ikke kan bestemmes ud fra energiforbruget. Senere års målinger har vist, at der er tæt forbindelse mellem arealanvendelse og CO_2-udveksling. Det mistede CO_2-optag i forbindelse med omdannelse af grønne arealer til byområder kan have en effekt på CO_2-budgettet.

Ved at gå på tværs af landegrænsen for en analyse af CO_2-strømmene, sikres en større bredde i analysen med flere landskabstyper og med repræsentation af forskellige typer af øko-



Kilde: Henrik Søgaard, Geografisk Institut.

Udslip af CO_2 fra forskellige kilder i Øresundsregionen.

Sammenligning af arealanvendelse og CO_2 regnskab i Øresundsregionen

Arealanvendelse	% af område	CO_2 regnskab g CO_2 pr m^2 pr år
Landbrug	52,8	-400
Græs	4,5	-400
Løvskov	13,9	-600
Nåleskov	14,2	-430
Vådområder	2,4	-300
Søer	2,4	0
Byer	8,3	7900
Andre bebyggede områder	1,4	0

Kilde: Stefan Anderberg, Geografisk Institut.

nomisk og energipolitisk udvikling. Øresundsregionen er over den senere tid kendetegnet ved en stærk dynamik med udbygning af trafikale forbindelser og byområder. Det er også to delregioner som kan forventes at ville hænge mere og mere sammen, når det gælder bolig- og arbejdsmarkedet. Ikke mindst er der sket en dramatisk udvikling af et fælles boligmarked efter åbningen af Øresundsbroen.

CO_2-budgettet i Øresundsregionen, som her omfatter Hovedstadsregionen og Region Skåne er blevet estimeret ved hjælp af CO_2-målinger ved 3 målestationer, ved hjælp af statistik for bl.a. energiforbrug og befolkningstal, og ved hjælp af kort over arealanvendelse og en tabelleret sammenhæng mellem arealanvendelse og CO_2-flux. For at kunne udbrede de direkte målinger til større områder er der gennemført en klassifikation af arealanvendelsen i syv klasser i hele regionen, baseret på Landsat-satellitbilleder.

De vigtigste udslipskilder i regionen er transport, kraftvarmeproduktion og industri. Det geografiske mønster af udledningerne formes især af befolkningen, idet den største udledning ikke overraskende forekommer i København og Malmø. Men store kraftværker som Avedøreværket og lufthavne, især Kastrup, spiller også ind.

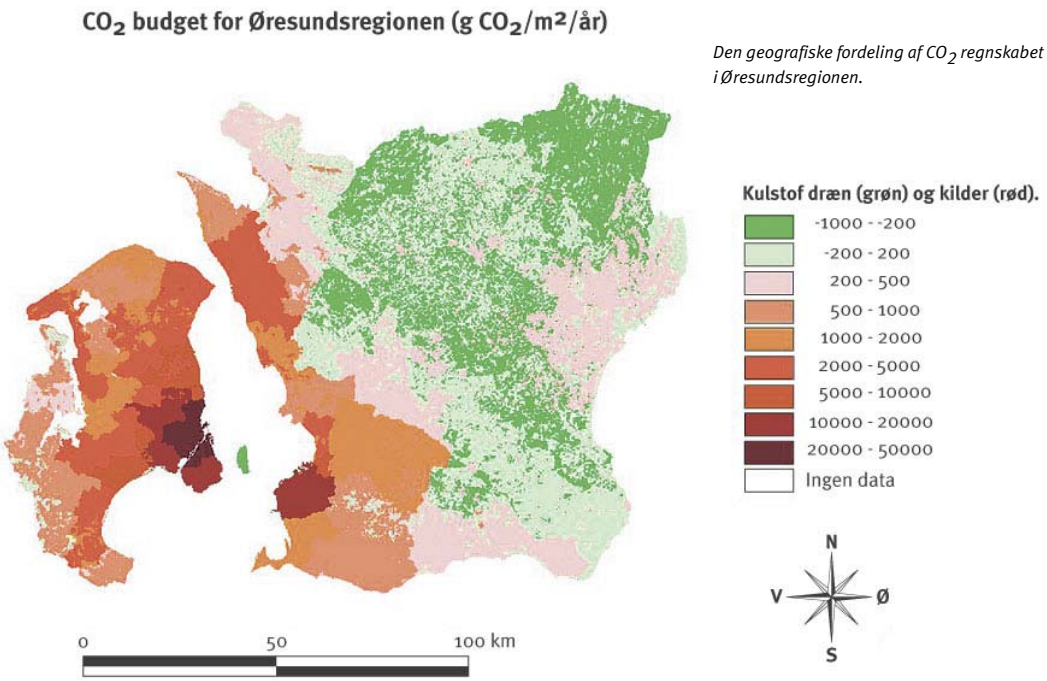
CO_2-fluxene målt over tre forskellige overflader (skov, landbrug og by) og deres sæsonmæssige funktion viser markante forskelle. Byområder er udslipskilder hele året rundt, mens det åbne land, marker og skove skifter funktion igennem året. For både skov og landbrugsarealer er der et betydeligt CO_2-optag om sommeren, mens der er udslip om vinteren. Hvor løvskoven har et stort CO_2-optag helt frem til efteråret, så sker der et hurtigt fald i landbrugsarealernes optag når afgrøder modnes og høstes i sensommeren. Målingerne i København bekræfter det generelle bymønster, at der er udslip året igennem, men også at der er årstidsvariationer. Udslippet er betydeligt større om vinteren som følge af opvarmning, og byernes grønne områder opvejer i nogen grad sommerens udslip.

For det årlige optag betyder det, at skov og åbent land ender på et årligt optag på 300–400 g CO_2 per m^2, mens byerne har et årligt CO_2-udslip på ca. 7000 g CO_2 per m^2. En overslagsberegning siger altså, at det grønne areal skal dække et areal som er ca. 20 gange så stort som det bebyggede, for at der skal være balance i det regionale regnskab.

For at opnå den geografiske fordeling i CO_2-udvekslingen er regionens arealanvendelse blevet klassificeret, og hver af disse klasser er blevet tildelt typiske værdier, enten målt direkte i området eller fra tilsvarende målinger andetsteds i de nordiske lande. Karakteristisk er, at størstedelen af regionen har et nettoudslip. Massive udslip forekommer i de tætbefolkede områder langs Øresund. Det er kun skovklædte områder med lav befolkningstæthed, der har et nettooptag af CO_2. Sådanne områder er primært lokaliseret i regionens periferi, især det nordøstlige Skåne.

Kilde: Henrik Søgaard, Geografisk Institut.

CO_2 flux fra forskellige områder i løbet af et år. København domineres af bymæssig bebyggelse, Store Bøgeskov af løvskov og Illstorp af landbrugsområder.



Den geografiske fordeling af CO_2 regnskabet i Øresundsregionen.

Kilde: Henrik Søgaard, Geografisk Institut.

Arealanvendelse og kulstof-puljer i u-lande

Set over de sidste par hundrede år er CO_2 koncentrationen i atmosfæren steget markant, og omkring 25–30% af denne stigning menes at være forårsaget af ændringer i arealanvendelse. Det hævdes, at effekten af ændringer i arealanvendelse og brug af brande kan spores mange tusinder af år tilbage i tiden. Det er derfor klart, at mulighederne for at vende denne udvikling er kommet i fokus i forbindelse med FNs klimakonvention og Kyoto-protokollen. IPCC har i deres rapport 'Land Use and Land Cover Change' beregnet potentialer for forøgelse af kulstofpuljerne i vegetation og jord, som følge af ændringer i arealanvendelse, landbrugsmetoder og skovforvaltning. Disse beregninger viser et betydeligt potentiale, og at ændringerne i arealanvendelse i troperne og subtroperne gennem 1900-tallet har fået øget betydning. I de seneste årtier har arealanvendelsesændringer, især afskovning i tropiske og subtropiske u-lande domineret de globale arealanvendelses-relaterede netto-udslip. I Kyoto-protokollen, og de aftaler og regelsæt der er fulgt i dens kølvand, er der derfor specificeret en række virkemidler, der sigter på at reducere kulstof-tabet forbundet med disse arealanvendelses-ændringer gennem projekt-aktiviteter inden for rammerne af 'Clean Development Mechanism' (CDM). Dette har ført til stærkt stigende interesse for størrelsen af kulstof-puljerne i vegetation og jord i troperne, og for hvorledes disse puljer kan beskyttes og forøges.

Geografisk Institut har, i samarbejde med lokale institutioner, gennemført undersøgelser af disse forhold i Senegal, Tanzania og Vietnam med henblik på at vurdere (1) størrelsen og tidsforløbet af de typiske ændringer i kulstof-puljerne, (2) potentialerne for at forøge puljerne gennem ændringer i arealanvendelse og (3) mulighederne for at realisere disse potentialer gennem CDM-projekter.

CDM-projekter indebærer, at lande med reduktionsforpligtigelser, fx Danmark, betaler for kulstof-kreditter, baseret på projekter der indebærer opbygning af kulstof-puljer i vegetation og jord i u-lande, der ikke har reduktionsforpligtelser. Sådanne projekter har endnu kun spillet en lille rolle, og det er uvist, hvor stor effekt de vil få i fremtiden. IPCC's beregninger viser, at de teoretisk opnåelige forøgelser af kulstof-puljerne er meget store, men at økonomien i denne type projekter er usikker, og at der er store principielle og praktiske problemer forbundet med

Foto: Torben Birch-Thomsen, Geografisk Institut.

Små-skala trækulsproduktion i Iringa regionen i Tanzania.

dem. Den mest almindelige type af disse såkaldte dræn-projekter er skovplantnings-projekter, der sigter på at opbygge kulstofpuljerne i træer og i jorden under træerne. En række spørgsmål knytter sig til skovplantnings-CDM-projekter:

- Hvor store kulstof-puljer drejer det sig om, og hvor lang tid tager det at bygge puljerne op?
- Til hvilken pris vil forskellige u-lande kunne tilbyde denne slags kulstof-kreditter?
- Hvilke typer af u-lande vil kunne tilbyde kreditter billigst?
- Hvordan kontrolleres puljerne?
- Og hvad hvis skoven siden hen fældes eller brænder ved et uheld?
- Skal det pågældende land så tilbagebetale?
- Kan det undgås at opbygning af puljer inden for rammerne af et projekt modsvares af tab uden for projektområdet, fx fordi bønder der ikke længere kan rydde skov for at dyrke jorden i projektområdet, bare gør det uden for?
- Hvad bliver de mere langsigtede konsekvenser for u-landenes befolkninger?
- Vil de blive berøvet adgang til landbrugsjord, fordi den skal anvendes til skov plantnings-projekter?
- Eller vil de i stedet få en ny indtjenings mulighed ved at sælge kulstof-kreditter?

Svarene på disse spørgsmål er langt fra afklarede, men vores undersøgelser i Afrika og Asien giver nogle indikationer. I Senegal har vi undersøgt et semi-aridt område i det relativt intensivt dyrkede 'jordnødde-bassin'. Her viser analyserne, at der ved rydning og efterfølgende semi-permanent opdyrkning af den naturlige savanneskov tabes i størrelsesordenen 20 t kulstof per ha (det meste under jorden) over en periode på mindst 40 år. Dyrkning af jordnødder regnes som en af de værste former for landbrug set i et kulstof-jord-perspektiv, idet hele planten inklusiv rødderne høstes.

I Tanzania har vi ligeledes undersøgt et semi-aridt område, hvor der primært dyrkes majs.

Her viser analyserne af jordbunden, at kulstofpuljen i de øverste 50 cm er halveret over 50 år (svarende til 20 t kulstof per ha). Dette kulstoftab er primært sket i de øverste 10 cm.

I Vietnams højland vil rydning af ung skov og permanent opdyrkning medføre tab i størrelsesordenen 7 t kulstof per ha over jorden. Hvis der er tale om rydning af ældre skov er tallet snarere 50 t kulstof per ha, og genopbygningen af puljen tager tilsvarende tid, formodentlig 50–100 år. Vi har endnu ikke tal, der gør det muligt at beregne ændringer i kulstofpuljer i jorden.

For disse lande gælder, at beregninger viser, at tabene der er forbundet med at afsætte landbrugsjord til skovplantning er så store, at prisen for kulstof-kreditter skal være langt højere end den aktuelle verdensmarkedspris, før det kan betale sig at sætte landbrugsland til side til kulstof-lagring. Der er ingen tvivl om, at forholdene for kulstoflagring i Vietnams monsunskove er langt de mest favorable, så Vietnam vil have fordele i forhold til savanneskove i Afrika, hvis CDM-projekter af denne type engang bliver aktuelle. Vores studier viser imidlertid også, at hvis myndighederne udnytter indtægtsmulighederne fra skovplantnings-projekter kombineret med interessen for at øge skovdækket, så kan den lokale befolkning meget let blive taberne. Selvom der på sigt kan tjenes penge på opbygningen af kulstofpuljer, og selvom disse indtægter på kort sigt betyder at de lokale bønder holdes tabsfri, så vil det på lang sigt fratage de lokale bønder mulighederne for at opretholde og udvide deres marker. Reglerne omkring CDM projekter indeholder et krav om, at CDM-projekter skal være 'bæredygtige'. Man kan stille spørgsmålstegn ved, om det vil være muligt at garantere 'social bæredygtighed' af skovplantningsprojekter, der tilsigter at forøge kulstofpuljerne på bekostning af bøndernes muligheder for at dyrke jorden.

Afsender:
Schultz Portoservice
Postboks 9490
9490 Pandrup

Ændring vedr. Abonnement
ring venligst

Returneres ved varig adresseændring
Magasinpost

POST B
PP DANMARK

ID-nr.

GEOCENTER KØBENHAVN

Geocenter København

Er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) samt Geologisk Institut, Geografisk Institut og Geologisk Museum – alle tre en del af Københavns Universitet. Geocenter København er et center for geovidenskabelig forskning, undervisning og rådgivning på højt internationalt niveau.

udgiver

Geocenter København

HER KAN MAN LÆSE VIDERE

Djurhuus, S., Krogh, L. & Greve, M.H. 2004:
Kulstofpuljen i moser i Danmark.
Vand & Jord bind 11, side 9–12.

Jørgensen, A.M.K., Halsnæs, K. & Fenger, J. 2002:
Den globale opvarmning – Bekæmpelse og tiltag.
Gads Forlag.

Rasmussen, H. & Elberling, B. 2003:
Kyoto, kulstofkredsløbet og ulandene – globale klimaforandringer i et lokalt perspektiv.
I: Agergaard, J. & Winther, L. (red.): Geografiernes globalisering – geografi om globalisering.
Akademisk forlag, side 220–237.

Søgaard, H. 2003:
Globaliseringens effekt på jordens klima.
I: Agergaard, J & Winther, L. (red): Geografiernes globalisering – geografi om globalisering.
Akademisk forlag, side 207–219.

CO_2 TEMANUMMER

Der forskes i mange metoder til nedbringelse af CO_2 udslippet til atmosfæren. En af mulighederne er lagring af CO_2 i undergrunden. Læs om forskningen og metoderne på www.geus.dk/co2 hvor du finder temanummeret:

Geologisk lagring af CO_2
– et bidrag til fremtidens klimapolitik
Geologi – Nyt fra GEUS nr. 2, 2004.

Redaktion

Geoviden - Geologi og Geografi er redigeret af geolog Ole Bennike (ansvarshavende) fra GEUS i samarbejde med redaktionsgrupper på institutionerne.
Geoviden - Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til Finn Preben Johansen, tlf.: 38 14 29 31, e-mail: fpj@geus.dk og på www.geocenter.dk hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet, eller hos Geografforlaget, tlf.: 63 44 16 83, e-mail: go@geografforlaget.dk

ISSN 1604-6935 (papir)
ISSN 1604-8172 (elektronisk)

Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.
Tryk: Schultz Grafisk A/S.
Forsidebillede: Afbrænding af vegetationen i Botswana.
Foto: Torben Birch-Thomsen, Geografisk Institut.
Reprografisk arbejde: Benny Schark, GEUS.
Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.
Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)
Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk

Geologisk Institut
Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 24 00
E-mail: info@geol.ku.dk

Geografisk Institut
Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 25 00
E-mail: info@geogr.ku.dk

Geologisk Museum
Øster Voldgade 5-7
1350 København K
Tlf: 35 32 23 45
E-mail: rcp@snm.ku.dk