

CICERO Policy Note 2000:2

SRES utslippsscenarioer

En gjennomgang av bakgrunn, drivkrefter og resultater.

Hans H. Kolshus

November 2000

CICERO

Center for International Climate
and Environmental Research

P.B. 1129 Blindern

N-0318 Oslo, Norway

Phone: +47 22 85 87 50

Fax: +47 22 85 87 51

E-mail: admin@cicero.uio.no

Web: www.cicero.uio.no

CICERO Senter for klimaforskning

P.B. 1129 Blindern, 0318 Oslo

Telefon: 22 85 87 50

Faks: 22 85 87 51

E-post: admin@cicero.uio.no

Nett: www.cicero.uio.no

Sammendrag

Den tredje arbeidsgruppen i FNs klimapanel (IPCC) fikk i 1996 oppgaven med å utvikle en spesialrapport om utslippsscenarioer (Special Report on Emission Scenarios, SRES). Utslippsscenarioer er beskrivelser av hvordan man tenker seg fremtidige utviklinger for utslipp av drivhusgasser. Avhengig av hvilke forutsetninger en bygger scenarier på, vil en kunne "avbilde" ulike fremtidige utviklingsbaner. De viktigste drivkreftene bak klimagassutslipp er befolkningsstørrelse, økonomisk utvikling, og teknologisk utvikling. Utslippene er svært avhengige av disse faktorene og det er stor usikkerhet om hvordan de vil utvikle seg, spesielt når tidsperspektivet er så langt som år 2100. Samtidig er samspillet mellom disse drivkreftene komplekst.

Formuleringen av fire fremtidsutsikter var vært sentralt i arbeidet med de nye scenariene. Fremtidsutsiktene beskriver utviklinger i flere ulike økonomiske, tekniske, miljø og sosiale dimensjoner. Seks modeller ble brukt for å kvantifisere de fire fremtidsutsiktene, og 40 nye såkalte SRES scenarier ble utviklet. Sett av scenarier består av seks scenariegrupper, og ett scenario fra hver av disse gruppene har blitt såkalte illustrative scenarier.

Usikkerheten forbundet med å kvantifisere scenarier øker betraktelig på lang sikt fordi grunnlaget for antagelsene blir mer spekulativt. Scenariene dekker et stort usikkerhetsområde med hensyn til drivkrefter, og arbeidet med scenariene har resultert i seks illustrative scenarier. Disse scenariene skal være like sannsynlige og likeverdige. Resultatene viser en variasjon blant disse scenariene i f.eks. CO₂-utslipp fra 6 til 29 milliarder tonn karbon i år 2100. Utslippene av andre klimagasser viser også stor variasjon.

Selv om usikkerheten knyttet til å predikere drivkrefter og utslipp på lang sikt er stor, kan de nye SRES scenariene gi beslutningstakere et langsiktig perspektiv for analyser med kortere tidshorisont. De vil bli brukt i fremtidige IPCC vurderinger og av andre som jobber med virkningene av antropogene utslipp av drivhusgasser. De kan bli brukt i generelle og regionale modeller, og kan bli brukt som utgangspunkt for vurdering av ulike tiltak og virkemidler. Scenariene vil, etter å ha blitt testet for konsistens, være en viktig komponent i IPCCs tredje rapport (Third Assessment Report). Det hadde sannsynligvis vært mer fordelaktig med kun et BAU scenario ettersom de fleste klimaanalyser neppe vil benytte seg av alle de seks nye scenariene samtidig. Man bør allikevel unngå å kun bruke et scenario i analyser om fremtidige utslipp av klimagasser.

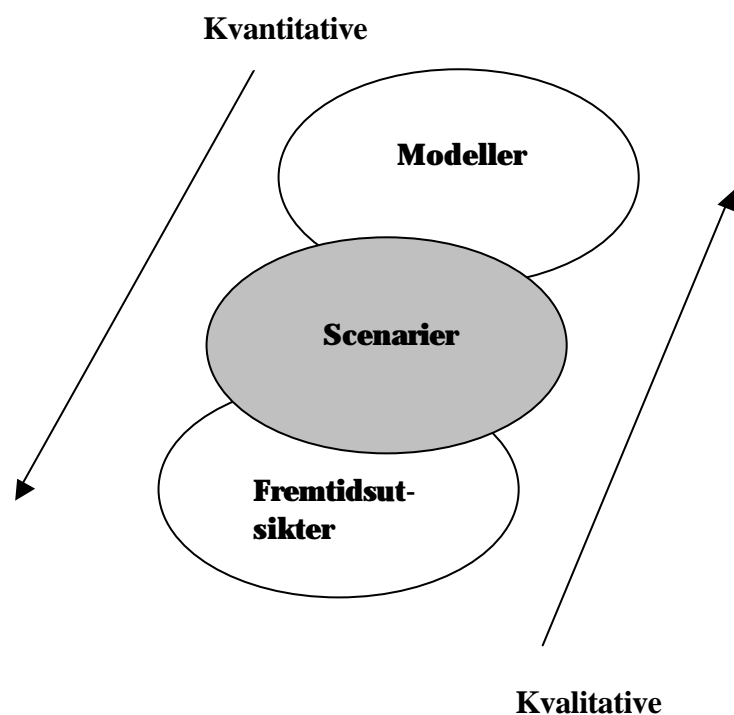
Nøkkelord: scenarier, drivhusgasser, usikkerhet, energikilde, teknologisk utvikling.

Innhold

Sammendrag.....	2
Innhold	3
Innledning.....	5
2. Bakgrunn	6
3. Arbeidet bak SRES scenariene	7
4. Drivkrefter	11
4.1 Befolkningsstørrelse	11
4.2 Økonomisk utvikling	13
4.3 Virkning av teknologisk utvikling på utslipp.....	14
5. Resultater og anvendelse	17
6. Konklusjon	22
7. Referanser	23
Annex	24

1. Innledning

Et scenario er en beskrivelse av hvordan man tenker seg en fremtidig utvikling. Avhengig av hvilke forutsetninger en bygger scenarier på, vil en kunne "avbilde" ulike fremtidige utviklingsbaner. Man kan, som vist i figur 1.1, se på scenarier som et verktøy som integrerer kvalitative fremtidsutsikter og kvantitative formuleringer basert på modellering. Bruken av scenarier for utslipp av klimagasser er viktig både for vitenskapelige vurderinger og for beslutningstakere. Scenarier for utslipp av klimagasser bygger blant annet på forutsetninger om demografisk, økonomisk og teknologisk utvikling, samt på utviklingen av fremtidige energisystemer og på arealbruksendringer. Utslippene er svært avhengige av disse faktorene. Samtidig er det stor usikkerhet om hvordan de vil utvikle seg, spesielt når tidsperspektivet er så langt som år 2100.



Figur 1.1. Alternative scenarioformuleringer.

Den tredje arbeidsgruppen i FNs klimapanel (IPCC) fikk i 1996 oppgaven med å utvikle en spesialrapport om utslippsscenarier (Special Report on Emission Scenarios, SRES). Målsetningen var å gjennomgå eksisterende litteratur, og på grunnlag av dette utarbeide et nytt sett av scenarier.

Jeg vil kort gjennomgå tidligere arbeid med utslippsscenarier, og bakgrunnen for og arbeidet med de nye SRES scenariene. De viktigste drivkreftene i scenariene vil bli gjennomgått med spesiell fokus på usikkerheten forbundet med å bestemme disse drivkreftene på lang sikt. Til slutt blir resultat og mulig anvendelse av SRES scenariene presentert.

2. Bakgrunn

En av de første oppgavene som den tredje arbeidsgruppen i IPCC fikk etter opprettelsen i 1988, var å konstruere scenarier for mulige fremtidige utslipp av klimagasser. Det ble dannet en ekspertgruppe som arbeidet med fire hypotetiske, fremtidige utviklinger for utslipp av drivhusgasser og deres virkning på atmosfæren. Disse første utslippsscenarioene ble ferdig utarbeidet i 1989. Et av scenariene var sentralt og ble kalt "Business as Usual" (BaU). Dette scenariet antar at det blir satt i gang få eller ingen nye tiltak for å begrense utslippene av drivhusgasser. Energiforbruk og rydding av tropisk regnskog ble antatt å fortsette, og man antok at fossile brensler, spesielt kull, fortsatte å være verdens viktigste energikilde. De tre andre scenariene antar en gradvis økende regulering som følge av miljø- og økonomiproblemer som reduserer utslippsveksten. Scenarioene bygget blant annet på økonomiske vekstrater fra Verdensbanken og anslag for befolkningsutviklingen fra FN som ble antatt å være like for alle scenarier. Alle scenariene ga et faglig grunnlag for å vurdere mulige fremtidige forløp av utslippene og hva som kunne påvirke disse forløpene (Miljøverndepartementet, 1990).

Enkelte hendelser og ny informasjon gjorde at det var nødvendig med en oppdatering og revidering av utslippsscenarioene. Blant hendelsene var revidering av befolkningsestimater til Verdensbanken og FN, politiske og økonomiske endringer i tidligere Sovjetunionen, Øst-Europa og Midtøsten, samt nye estimater for størrelsen på kilder og sluk av klimagasser. Seks nye scenarier basert på modellberegninger ble derfor utviklet i 1992. De favnet et spekter av antagelser for en verden uten nyere klimapolitikk enn det som allerede eksisterte. Dette var en betydelig forbedring av de tidligere scenariene, og de dannet en vifteformet utvikling for utslipp av CO₂. Blant disse såkalte IS92-scenarioene var et scenario sentralt (IS92a) mht. befolkningsvekst, økonomisk vekst og CO₂-utslipp. Dette scenariet har vært grunnlaget for de fleste klimarelaterte studiene siden 1992 i alt fra fremskrivninger til økonomiske kostnader av å redusere utslipp. Ettersom IS92a var sentralt med hensyn til enkelte antagelser og CO₂-utslipp har det ofte blitt omtalt som det mest sannsynlige scenariet, men dette har ikke vært grunnlag for. Blant IS92-scenarioene finnes det også to ekstreme scenarier. IS92e gir det høyeste utslippene av drivhusgasser som følge av en kombinasjon av blant annet moderat befolkningsvekst, høy økonomisk vekst, høy avhengighet av fossile brensler og en utfasing av kjernekraft. På den andre siden gir IS92c CO₂-utslipp som i 2100 er lavere enn 1990 utslippene. Dette scenariet antar at befolkningsstørrelsen først øker for så å avta, lav økonomisk vekst og alvorlige begrensninger på tilgangen av fossile brensler (Houghton et al., 1992).

I følge en IPCC evaluering fra 1994 hadde IS92-scenarioene flere svakheter. De hadde et begrenset omfang av energiens karbonintensitet og kunne åpenbart ikke ta hensyn til vitale endringer som tok plass etter 1992. Et eksempel på en slik endring er reduksjonen i CO₂-utslipp som fulgte de økonomiske reformene og strukturelle endringene i tidligere Sovjetunion og Øst-Europa. Inntektsgapet mellom u-land og i-land er et eksempel på en faktor som man har endret forståelse av, og som har gjort behovet for nye scenarier større. Fremskritt i modellering har nå også gjort det mulig å bygge internt konsistente utslippsscenarioer som inkluderer interaksjoner mellom utslipp av drivhusgasser og andre forurensingsgasser, rensiltak og mulige virkninger av klimaendringer (Nakicenovic, et al., 1999).

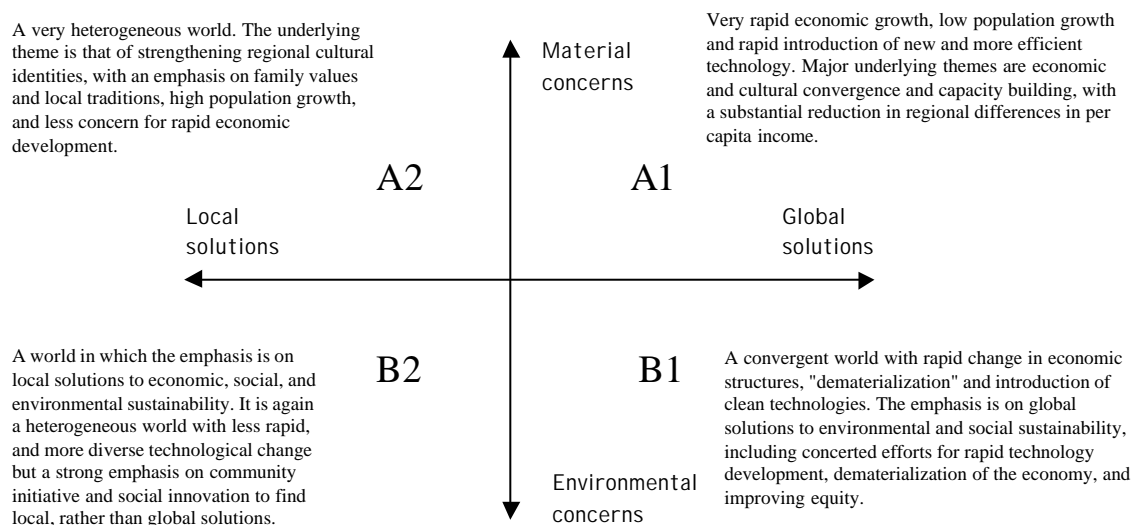
Den tredje arbeidsgruppen fikk derfor i 1996 oppgaven med å utvikle en spesialrapport om utslippsscenarioer som ble ferdig våren 2000.

3. Arbeidet bak SRES scenariene

Utviklingen av de nye scenariene startet med en gjennomgang og analyse av litteraturen over eksisterende globale og regionale scenarier. En database med over 400 scenarier ble utviklet og denne var tilgjengelig på Internett.¹ Det videre arbeidet bestod av analyse av kjennetegn og forhold, og en formulering av fremtidsutsikter ("storylines"). Fremtidsutsiktene beskriver utviklinger i flere ulike økonomiske, tekniske, miljø og sosiale dimensjoner. Hovedårsakene til å ha fremtidsutsikter var å:

- bidra til mer helhetlig arbeide i å forstå komplekse og sammensatte samspill mellom drivkrefter innen scenarier og på tvers av scenarier.
- gjøre det enklere å forklare scenariene til brukergrupper ved å beskrive mulige fremtidige utviklinger kvalitativt.
- gjøre scenariene mer anvendelige, spesielt for analytikere som bidrar til IPCCs arbeidsgrupper II og III.
- gi en guide for ytterligere antagelser for detaljerte klimavirkninger og klimatiltak.

Forfatterne bestemte seg for fire fremtidsutsikter. Med tre, fem eller sju fremtidsutsikter ville man fort ha fått inntrykk av et scenario skal oppfattes som sentralt eller mest sannsynlig. Videre skulle ikke fremtidsutsiktene omfatte ekstreme scenarier og Kyotoprotokollen er utelatt ettersom den ikke er tilstrekkelig ratifisert. En detaljert beskrivelse av fremtidsutsiktene følger etter den skjematisk presentasjonen vist i figur 3.1. Se forøvrig boksen på neste side for nærmere beskrivelse av SRES terminologien.

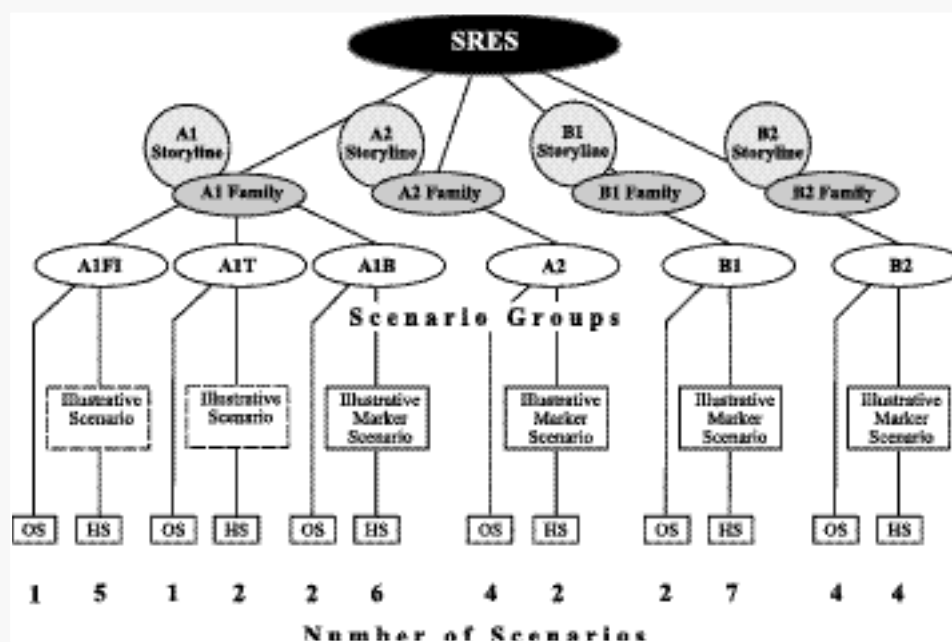


Figur 3.1. En skjematisk presentasjon av de nye scenariene.

Fremtidsutsikten A1 beskriver en "rik verden" hvor man ser for seg en verden med veldig rask økonomisk vekst, lav befolkningsvekst og rask introduksjon av ny og mer effektiv teknologi. Underliggende faktorer er økonomisk og kulturell konvergens, og kapasitetsbygging med en vesentlig reduksjon i de regionale forskjeller i inntekt per innbygger. Fire alternative utviklinger innenfor teknologisk endring i energisystemet antas: i) A1C har rene kullteknologier som generelt er miljøvennlige, men med unntak av utslipp

¹ <http://www-cger.nies.go.jp/cger-e/db/ipcc.html>

Boks: SRES terminologi



Figur 3.2. En skjematisk illustrasjon av SRES scenariene. Kilde: Nakicenovic, 2000.

Modell: en formell representasjon av et system som tillater kvantifisering av relevante systemvariabler.

Fremtidsutsikt: en fortellende beskrivelse av et scenarie (eller en familie av scenarier) som fremhever scenariets hovedkarakteristikker, forholdet mellom drivkrefter og scenariene dynamikk.

Scenarie: en beskrivelse av en potensiell fremtid, basert på klar logikk og en kvantifisert fremtidsutsikt.

Familie: scenarier som deler samme fremtidsutsikt mht. demografi, økonomi og teknologi. SRES har fire scenariefamilier: A1, A2, B1 og B2.

Gruppe: scenarier innenfor en familie som reflekterer variasjon av en fremtidsutsikt. A1-familien har opprinnelig 4 grupper (A1C, A1G, A1T og A1B), men de to førstnevnte har blitt kombinert sammen til A1FI (se forøvrig fotnote 2). Det er derfor 3 grupper innen A1-familien. De tre andre scenariefamiliene består av en gruppe hver.

Markør: et scenarie som opprinnelig var plassert på SRES websiden for å representere en gitt scenariefamilie. Et markørscenarie er nødvendigvis ikke en median eller gjennomsnittlig scenarie.

Illustrativt: et scenarie som er illustrativt for hver av de seks scenariegruppene. De omfatter fire reviderte markørscenarier for scenariegruppene A1B, A2, B1 og B2, i tillegg til 2 illustrative scenarier for A1FI og A1B gruppene.

Harmonisert: harmoniserte scenarier (HS) innen en familie deler felles antagelser for verdens befolkning og BNP. Fullt harmoniserte scenarier er innen 5% av befolkningsprognosene for markørscenariet, innen 10% av BNP og innen 10% av markørscenariets energiforbruk.

Andre scenarier: scenarier som ikke er harmonisert (OS).

av klimagasser, ii) A1G er rik på olje og gass med en rask overgang fra konvensjonelle til ukonvensjonelle ressurser, iii) A1T som baseres på andre energikilder enn fossile brensler, og iv) A1B som representerer en balansert utnyttelse av alle energikilder.²

Fremtidsutsikten A2 skisserer en "delt verden" med høy befolkningsvekst og mindre bekymring for rask økonomisk utvikling. Mennesker, ideer og kapital er mindre mobile, og spredning av teknologi vil derfor foregå sakte. Den teknologiske endringen vil i enkelte regioner være veldig rask og i andre sakte ettersom industrien tilpasser seg lokal ressurstilgang, kultur og utdanningsnivå. Regioner med god tilgang til energi og mineralressurser vil utvikle relativt ressursintensive økonomier, mens andre regioner prioriterer å redusere importavhengigheten gjennom teknologisk innovasjon og ressurseffektivisering.

Fremtidsutsikten B1 beskriver en "bærekraftig verden" som konvergerer med raske endringer i økonomiske strukturer, og introduksjon av rene teknologier. Det blir lagt vekt på globale løsninger for miljømessig og sosial bærekraftighet, med innsats på rask teknologiutvikling, mindre materialistisk økonomi og utjevning av ulikheter. Man vil rette innsatsen mot å forbedre ressurseffektiviseringen, og det er forventet en vesentlig reduksjonen i økonomienes energiintensitet. Fremtidsutsikten er en myk overgang til alternative energisystemer og det vil være utstrakt bruk av konvensjonell og ukonvensjonell gass i overgangen til renere teknologi.

Fremtidsutsikten B2 er en "teknologisk skjev" verden med stor vekt på lokale løsninger for økonomisk, sosial og miljømessig bærekraftighet. Det er igjen en heterogen verden med ikke fullt så rask, og mer ulik teknologisk endring. Utdannings- og velferdsprogrammer blir utstrakt og fører til redusert dødelighet, og i mindre grad, redusert fødselsrate. Internasjonale forskjeller i inntekt reduseres og lokale ulikheter blir vesentlig redusert gjennom utvikling av sterkere samfunnsnettverk. Innovasjoner er også regionalt mer heterogene, og mekanismene for internasjonal spredning av teknologi forblir svakere enn i andre scenarier.

Etter å ha bestemt fremtidsutsiktene begynte en åpen modelleringsprosess med innspill og respons fra ulike modelleringsgrupper. Det ble brukt seks modeller representative for modellering i litteraturen, både makroøkonomiske modeller ("top-down") og tekniske ingeniørmodeller ("bottom-up").³ Modellene ble brukt for å kvantifisere de fire ulike fremtidsutsiktene og 40 nye såkalte SRES scenarier ble utviklet. Hver enkelt kvantifisering av en fremtidsutsikt utgjør et scenario og alle scenariovarianter av en fremtidsutsikt ble samlet i en familie. Settet av scenarier består av seks scenariogrupper som stammer fra de fire familiene. Det er en hver fra tre av familiene, mens det er tre fra en fjerde. De tre sistnevnte scenariogrupperne representerer ulike alternative utviklinger innen

² I SRES rapportens "Summary for Policy Makers" (SPM) opereres det med kun tre alternative utviklinger innenfor teknologisk endring. Der er A1C og A1G kombinert sammen til A1FI som representerer en utvikling basert på intensiv bruk av fossilt brensel. Denne artikkelen vil basere seg på fremgangsmåten i SPM med tre alternative utviklinger; A1FI, A1T og A1B.

³ De seks modellene er:

- Asian Pacific Integrated Model (**AIM**) fra National Institute of Environmental Studies i Japan.
- Atmospheric Stabilization Framework Model (**ASF**) fra ICF Consulting i USA.
- Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect (**IMAGE**) fra National Institute for Public Health and Environmental Hygiene (RIVM) i Nederland.
- Multiregional Approach for Resource and Industry Allocation (**MARIA**) fra Science University of Tokyo i Japan.
- Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact (**MESSAGE**) fra the International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA) i Østerrike.
- Mini Climate Assessment Model (**MiniCAM**) fra Pacific Northwest National laboratory (PNNL) i USA.

energiteknologi, men hvor andre drivkrefter blir holdt konstant. SRES arbeidet har dermed gitt 6 illustrative scenarier.

4. Drivkrefter

Befolkningsstørrelse, økonomisk utvikling, og teknologisk utvikling er blant de viktigste drivkreftene bak klimagassutslipp. Samspillet mellom disse drivkreftene er komplekst, og et ofte brukt hjelpemiddel til å organisere diskusjonen rundt de viktigste drivkreftene er den såkalte Kaya identiteten:

$$CO_2\text{-utslipp} = \text{Befolkning} \times (\text{BNP/Befolkning}) \times (\text{Energi/BNP}) \times (CO_2/\text{Energi})$$

Kaya identitetens komponenter kan fragmenteres ytterligere slik at f.eks. energikomponenten kan inndeles i fossile og ikke-fossile energikilder. Det er imidlertid enkelte innvendinger mot dette hjelpemiddelet. Den viktigste er at de fire faktorene på høyre side av ligningen ikke kan oppfattes som fundamentale drivkrefter i seg selv, og heller ikke som uten gjensidig påvirkning. Samspillet mellom faktorene vil være avgjørende for å forklare langsiktige trender som produktivitet, økonomisk vekst og teknologisk endring. Drivkreftene er heller ikke nødvendigvis like avgjørende alle steder i verden. I dette kapittelet vil vi diskutere utviklingen i befolkning, økonomi og teknologi.

4.1 Befolkningsstørrelse

Estimering av befolkningsstørrelser er ofte ryggraden i utslippsscenarioer og de kan ofte sammenlignes med utslippsscenarioer. Befolkningsutviklingen dekker i likhet med utslippsscenarioer lange tidsperioder og involverer sosiale og økonomiske betraktninger og usikkerhet. Det hersker stor usikkerhet om fremtidig befolkningsutvikling, noe et tilbakeblikk også illustrerer. Uforutsette hendelser som babyboomen etter den andre verdenskrig, AIDS og den raske nedgangen i fertilitet i u-land var vanskelige å forutsi.

Tabell 4.1 viser den historiske utviklingen i verdens befolkning fra 1800 til 1996. Verdens befolkning økte sannsynligvis med mindre enn 0,6% årlig i det 18. og 19. århundre, mens det passerte 1% årlig rundt 1920. På slutten av 1960-årene hadde den årlige veksten økt til 2%. Verdens befolkning rundet 1 milliard i 1804, 3 milliarder i 1960 og 5 milliarder i 1987. Veksten har vært størst i u-landene. Antall mennesker i disse regionene økte fra 1,71 milliarder i 1950 til 4,59 milliarder i 1996, mens befolkningen i de mer utviklede landene økt fra 813 millioner til 1,18 milliarder i samme tidsperiode (UN, 1998; Nakicenovic et al., 2000)

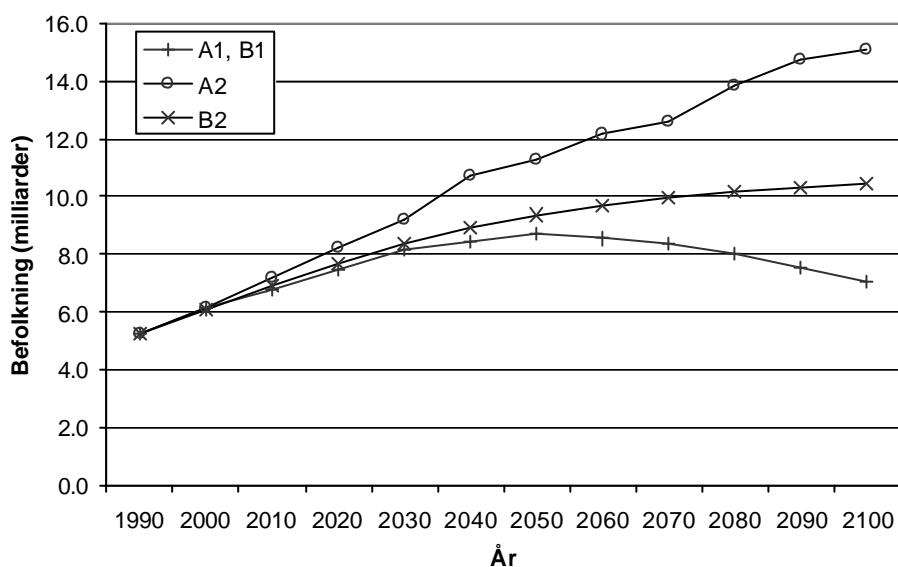
Tabell 4.1 Befolkningen i verden og fordelt regioner mellom 1800 og 1996 i millioner (Kilde: UN, 1998; Nakicenovic, et al., 2000)

Region/år	1800	1850	1900	1950	1996
Verden	978	1,262	1,650	2,524	5,768
Afrika	107	111	133	224	739
Asia	635	809	947	1,402	3,488
Europa	203	276	408	547	729
Latin Amerika og Karibien	24	38	74	166	484
Nord Amerika	7	26	82	172	299
Oceania	2	2	6	13	29

Den viktigste faktoren som påvirker fremtidige befolkningsnivåer er fertilitetsraten. Tidligere trender kan bli analysert for å vurdere individuelle land og regioners status, mens det for den nærmeste fremtid blir brukt representative undersøkelser blant kvinner. På lengre sikt vil generelle sosioøkonomiske og kulturelle endringer bestemme fertilitetsraten, men disse endringene er ikke lettere å beregne enn fertiliteten i seg selv. Dødelighetsraten

på et gitt tidspunkt kan enkelt oppsummeres som antatt forventet levealder ved fødsel. Usikkerheten forbundet med fremtidige forbedringer eller forverringer i forventet levealder er ulik i land med høy og lav dødelighet. Man har opplevd imponerende forbedringer i land med lav dødelighet og deler av befolkningen oppnår en levealder man tidligere så på som den biologiske grensen for hvor lenge mennesker kan leve. Spørsmålet i disse landene blir derfor hvorvidt en slik grense finnes og når den eventuelt blir nådd. I landene med høy dødelighet er denne problemstillingen mindre relevant, og fremtidige dødelighet er i større grad bestemt av helsetilbud lokalt, spredningen av tradisjonelle (malaria) og nye (AIDS) sykdommer og ernærings situasjonen. Internasjonal migrasjon er den tredje komponenten som vil bestemme befolkningsstørrelsen, og er den som er vanskeligst å vurdere. Informasjon om tidligere og nåværende trender er mangelfulle. Migrasjonsmønsteret endrer seg raskt over tid, og er vanskelig å forutsi.

Det finnes få autoriserte befolkningsprognoser. Nesten uten unntak brukes Verdensbankens anslag. For å unngå en ensidig avhengighet av en prognose bruker de nye SRES scenariene publiserte beregninger fra IIASA (Institute for Applied Systems Analysis) og FN. SRES scenariene bygger på tre alternative befolkningsscenarier. IIASAs beregninger ble lagt til grunn for høyeste og laveste vekstscenario for befolkning, og FN beregnet middelscenariet. Figur 4.1 viser befolkningsestimaterne brukt for SRES scenariene.



Figur 4.1. En oversikt over de nye befolkningsestimaterne brukt for SRES scenariene. Kilde: SRES hjemmesider (<http://sres.ciesin.org/>)

Scenariene A1 og B1 bygger på IIASAs scenario med lav fertilitet, lav dødelighet og midlere migrasjon.⁴ Verdens befolkning vil under disse scenariene nå en topp på 8,7 milliarder i 2050, men synke til 7,1 milliarder i 2100. Det andre scenariet fra IIASA står for det høyeste befolkningveksten og er benyttet for scenario A2. Dette IIASA scenariet bygger på høy fertilitet, høy dødelighet og midlere migrasjon, noe som gjør at verdens befolkning dobles i 2050 og når 15,1 milliarder i 2100. Bak B2 scenariet ligger FNs middel-fertilitets scenario som antar at fertilitetsratene vil stabiliseres innen 2055. Dette scenariet indikerer at verdens befolkning vil være 9,3 milliarder i 2050 og nå 10,4 milliarder i 2100. Disse anslagene representerer også et middelanslag ettersom FNs

⁴ Som tidligere nevnt deler A1B, A1FI og A1T felles antagelser om befolkningsvekst og økonomisk utvikling. I dette kapittelet vil derfor A1 representere alle disse tre scenariene.

alternative befolkningsprognoser indikerer at verdens befolkning i år 2100 kan være et sted mellom 5,6 og 17,5 milliarder.

4.2 Økonomisk utvikling

Utslipp av klimagasser knytter seg imidlertid ikke til menneskers eksistens, men til deres aktiviteter. Økonomisk utvikling må derfor også vurderes. Inntekt per innbygger (ofte målt ved BNP per innbygger) blir ofte brukt som en indikator for å måle økonomisk utvikling. Det er den mest brukte (og ofte eneste) indikatoren for økonomisk utvikling i langsiktige energi- og utslippsscenarioer for klimagasser. Det finnes i likhet med befolkningsestimater få langsiktige scenarier for økonomisk utvikling. Lang sikt i økonomiske beregninger er normalt 25–30 år, noe som er utilstrekkelig for utslippsscenarioer for klimagasser. Modellering av langsiktig økonomisk vekst er ikke godt utviklet, ikke minst fordi institusjonelle forhold og teknologisk endring vanligvis selv også bygger på egne forutsetninger. Tabell 4.2 viser de historiske og antatte fremtidige økonomiske vekstrater brukt i SRES scenariene, mens Tabell 4.3 viser antatt BNP per innbygger i SRES scenariene.

Tabell 4.2 Historisk økonomisk vekstrate (% per år) fra 1950, og for SRES scenarier fra 1990 til 2100.⁵ (Kilde: Nakicenovic et al., 2000).

Region ⁶	1950-1990	1990-2050				1990-2100			
		A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
OECD90	3.9	2.0	1.6	1.8	1.4	1.8	1.6	1.5	1.1
REF	4.8	4.1	2.3	3.1	3.0	3.1	2.5	2.7	2.3
IND	3.9	2.2	1.6	1.9	1.6	2.0	1.7	1.6	1.3
ASIA	6.4	6.2	3.9	5.5	5.5	4.5	3.3	3.9	3.8
ALM	4.0	5.5	3.8	5.0	4.1	4.1	3.2	3.7	3.2
DEV	4.8	5.9	3.8	5.2	4.9	4.3	3.3	3.8	3.5
World	4.0	3.6	2.3	3.1	2.8	2.9	2.3	2.5	2.2

Antagelsene om økonomisk vekst er tilpasset de fire kvalitative historielinjene, slik at scenario A2 antar lav vekst, scenario A1 og B1 har høy vekst mens B2 antar medium vekst. På kort sikt er forskjellene små mens det på lengre sikt vil være større forskjeller mellom de antatte anslagene. Selv små forskjeller i antagelser om årlige endringsrater kan over tid medføre store forskjeller. Dette kommer klart frem ved å bruke spennet i forventet vekst i BNP per innbygger slik det kom frem i to studier (Alcamo et al., 1995; Grübler, 1994). Forventet årlig vekst varierte typisk mellom 0,8% og 2,8% i perioden 1990 til 2100. En gjennomsnittlig global inntekt per innbygger i 1990 på 4.000 USD vil i 2100 dermed kunne variere fra i underkant av 10.000 USD til 83.000 USD. Usikkerheten vil bli forsterket på regionalt nivå, spesielt når man tar hensyn til fremtidig produktivitetsvekst i u-land.

⁵ Vekstratene er kalkulert på grunnlag av BNP i 1990 pris er og markedets valutakurser.

⁶ OECD90 omfatter Nord Amerika, Vest Europa, og Australia, Japan og New Zealand;

REF omfatter sentral- og Øst Europa, og land fra den tidligere Sovjetunionen;

IND omfatter industrialiserte land;

ASIA omfatter sentralplanlagte Asia og Kina, Sør Asia og andre asiatiske land;

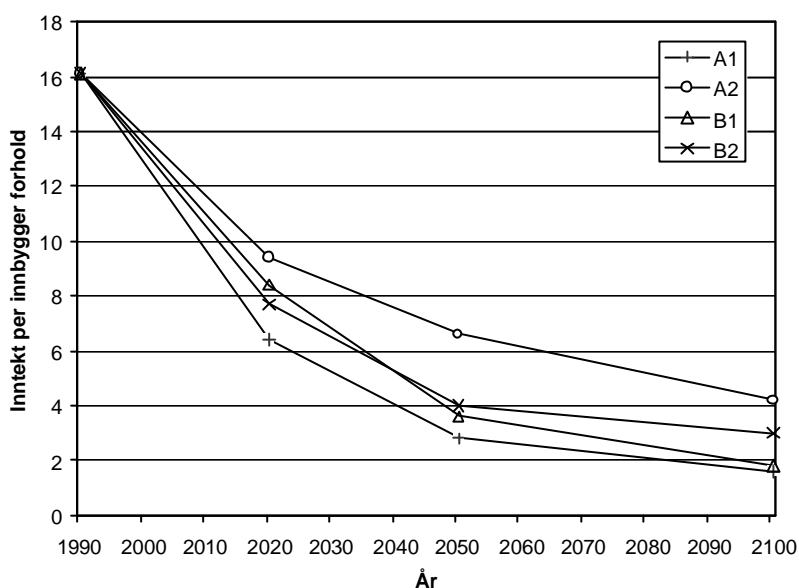
ALM omfatter Afrika og Latin Amerika;

DEV omfatter utviklingsland;

**Tabell 4.3. BNP per innbygger per år i SRES scenariene (1990 USD/innbygger).
Kilde: Nakicenovic et al., 2000**

	A1	A2	B1	B2
2020	7.400	5.000	7.000	6.700
2050	20.800	7.300	15.600	14.600
2100	74.500	16.100	46.900	22.600

Utviklingen i land utenom Annex I (industrilandene) er spesielt viktig ettersom inntekt per innbygger i disse land historisk sett har ligget langt etter Annex I landene. Spesiell interesse er knyttet til om forskjellene vil avta eller forsterkes. Figur 4.2 viser at forskjellene vil avta over tid, og at scenariene A1 og B1 antar den største utjevningen.



Figur 4.2. Inntekt per innbygger forholdet mellom Annex I land og land utenom Annex I i SRES scenariene. Kilde: Nakicenovic, 2000.

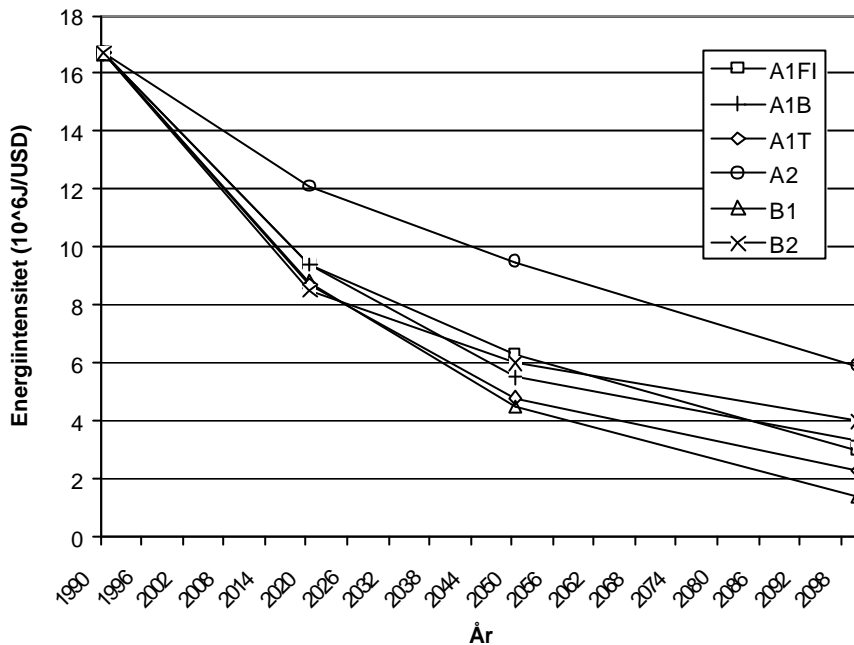
4.3 Virkning av teknologisk utvikling på utslipp

Teknologisk utvikling er minst en like viktig drivkraft bak klimagassutslipp som befolkningsstørrelse og økonomisk utvikling. Nyvinninger og teknologisk utvikling vil forme og bestemme fremtidig nivå og mønster i energiproduksjon og energiforbruk, og vil være et av de viktigste faktorene som kan redusere utslipp. Det kan være vanskelig å forutsi hvordan den teknologiske utviklingen vil bli. Tidsintervallet fra en oppfinnelse til nyvinning og fra nyvinning til innføring kan i mange tilfeller være langt. I tillegg kan teknologisk utvikling skje autonomt eller som følge av miljøpolitikk eller annen relevant politikk.

Selv om teknologisk utvikling blir ansett som viktig, er den svært vanskelig å predikere. Modellering av teknologisk utvikling er mangelfull, og blir i de fleste modeller representert ved en prosentvis årlig forbedring i energibruk per produsert enhet (energiintensitet). Spesifikke teknologier blir derfor sjeldent identifisert. Også SRES scenariene bygger på antagelser om utvikling av energiintensitet. Energiintensitet reflekterer den mengde energi som skal til for å produsere en gitt mengde vare eller tjeneste, for eksempel ett tonn stål,

en times nedfrysing av 100 kg fisk eller 10 km biltransport. Potensialet for forbedringer som følge av blant annet teknologisk utvikling er ulik i ulike sektorer og i ulike land.

Anslag for energiintensiteten i SRES scenariene illustrerer i hvilken grad teknologisk utvikling kan forventes å finne sted. Figur 4.3 viser anslagene for energiintensitet i de fire SRES markørscenariene fra 1990 til 2100. De vil i løpet av 110 år følge ulike baner for forbedringer i energiintensitet. Mens B1 scenariet i år 2100 vil ha en energiintensitet på i underkant av 2 (10^6J/USD), eller ca. 0,5 kWh/USD, vil A2 scenariet ligge på omtrent 6 (10^6J/USD) som tilsvarer ca. 1,7 kWh/USD.



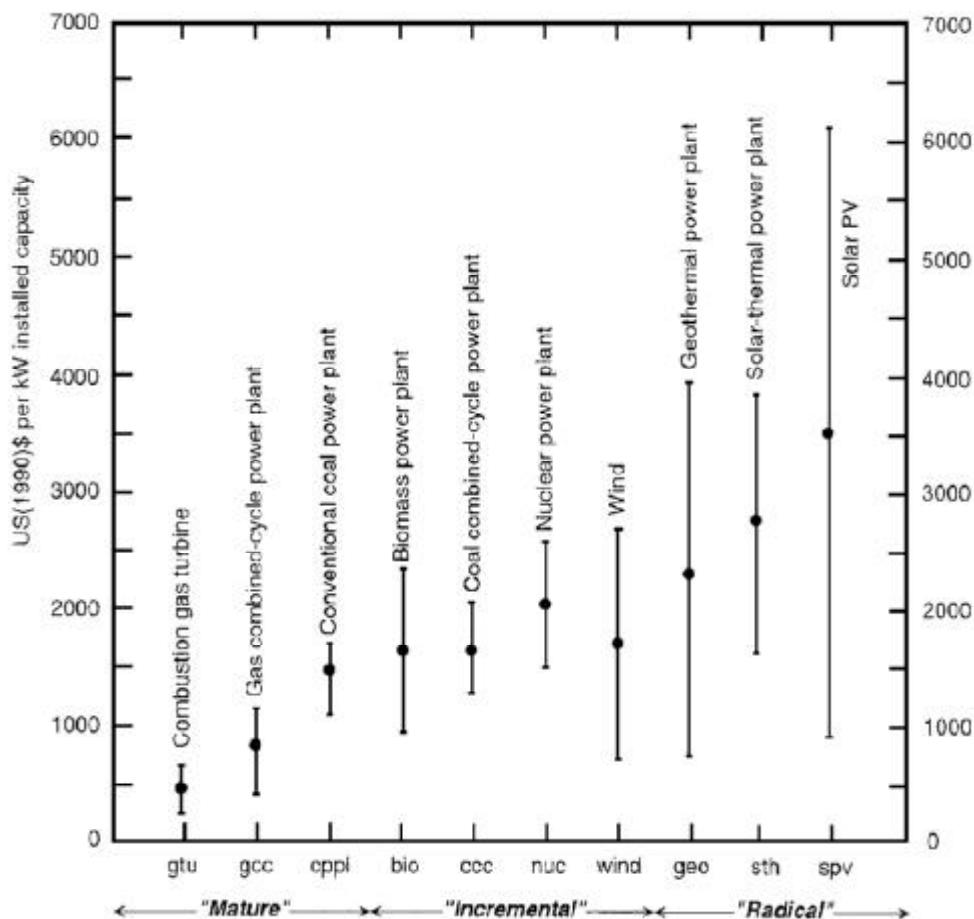
Figur 4.3. Energiintensitet (10^6J/USD) for SRES scenariene fra 1990 til 2100. Kilde: Nakicenovic et al., 2000

De årlige forbedringene i energiintensitet vil være størst under B1 scenariet som har en årlig reduksjon i energiintensitet på over 2% over hele tidsperioden. Til sammenligning vil A2 scenariet kun ha en reduksjon på omtrent 1% årlig i samme tidsperiode. Dette stemmer overens med de kvalitative fremstidsutsiktene beskrevet tidligere. I B2 scenariet vil innsatsen rettes mot å forbedre ressurseffektiviseringen, og det er forventet en vesentlig reduksjonen i økonomiens energiintensitet.

Men redusert energiintensitet i seg selv vil ikke nødvendigvis bety mindre utslipp av klimagasser. I utslippssammenheng er karboninnholdet (karbonintensiteten) av energien vesentlig for mengden utslipp. Endringer i karbonintensitet kan skje ved substitusjon mellom energibærere fra f. eks. kull til olje og gass, men også som følge av teknologisk utvikling og høyere energieffektivitet. Teknologisk utvikling vil medføre en bedre utnyttelse av konvensjonelle fossile ressurser, men også av ukonvensjonelle fossile ressurser. Kull er den mest karbonintensive energibæreren og dens rolle i de fremtidige energisystemet vil være en viktig faktor for fremtidige CO_2 -utslipp. I 1990 utgjorde kull 24% av det primære energiforbruket globalt. Denne andelen kan i 2100 være så lav som 1% (A1T scenariet), men også så høy som 53% (A2 scenariet).

For å unngå avhengighet av fossile brensler kan en også utnytte andre energikilder, spesielt fornybare ressurser. Ved å sette en kostnad på utslippet av klimagasser er det sannsynlig at bruken av fornybar energi vil tilta. I 1990 var 18% av det primære energiforbruket karbonfritt, og teknologisk utvikling kan føre til at karbonfrie energikilder blir mer fremtredende. I markørscenariene kan denne andelen i 2100 ha økt fra 28% (A2 scenariet) til 85% (A1T scenariet). Kjernekraft sin andel av det primære energiforbruket i 2100 er beregnet til å variere fra 4% (A1B scenariet) til 14% (A2 scenariet).

Når det gjelder spesifikke teknologier så kan disse vanskelig innlemmes endogen i de modellene som benyttes til å lage scenarier. Teknologiske gjennombrudd er det naturlig nok umulig å forutsi når vil skje, men en kan ofte si noe om sannsynligheten. Energiteknologier reflekterer ulikheter i kostnader og utviklingsstadier, og kan inndeles i tre kategorier som vist i figur 4.4. De modne ("mature") teknologiene har oppnådd utbredt spredning og har velkjente karakteristikk. Disse teknologiene kan endres eller forbedres under press fra konkurranse, men kostnadene og den generelle ytelsen er relativt stabil. De marginale ("incremental") teknologiene har høyere kostnader og finnes i nisjemarkeder. De vil kunne gi ytelsesfordeler og har et potensiale for signifikante kostnadsreduksjoner ved ytterligere investeringer. De radikale ("radical") teknologiene er per definisjon ikke utbredt i bruk, men åpner for radikale forbedringer i ytelse og kostnader.

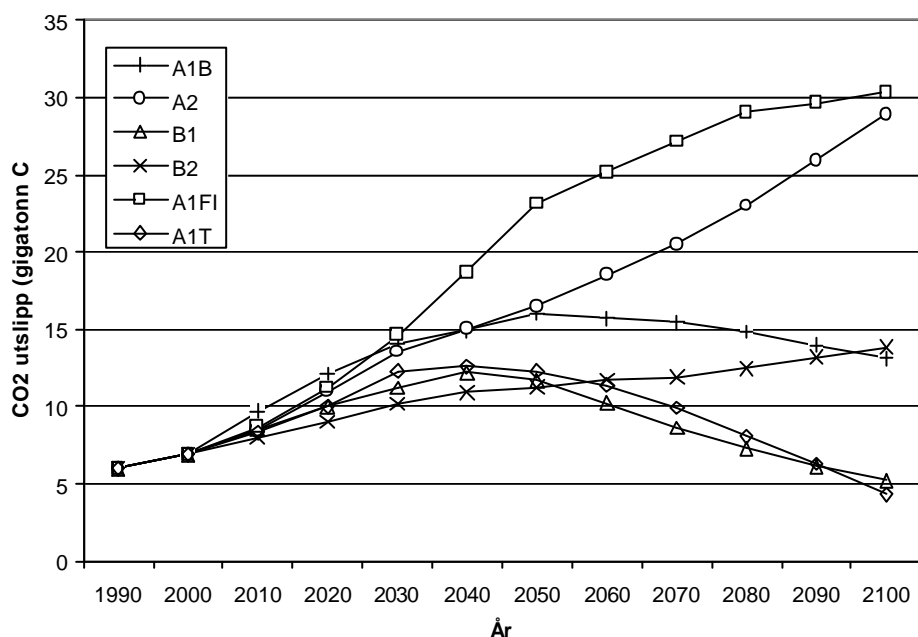


Figur 4.4. Kostnader og utviklingsstadier ved noen elektrisitetsgenererende teknologier. (Kilde: Grubler et al. 1999, Struebecker and Reitgruber 1995)

5. Resultater og anvendelse

Ulikheter i antagelser gjør at scenariene dekker vidt forskjellige fremtidsutviklinger. Den nye tankegangen og metoden bak scenariene gjør det derfor vanskelig å sammenligne de fire nye scenariene seg i mellom og med tidligere scenarier.

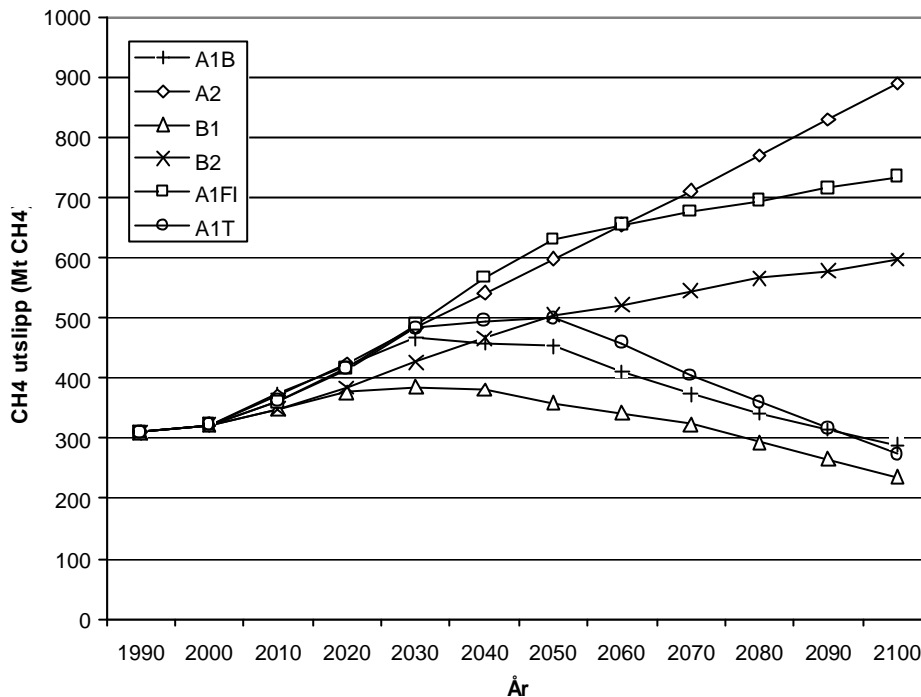
Karbondioksid (CO_2) betyr mest for økningen i drivhuseffekten og er den største kilden til utslipp er forbrenning av olje, kull og gass. Fremtidige utslipp av denne gassen er derfor spesielt interessante, og figur 5.1 viser at utslippene av CO_2 i markørscenariene varierer fra 6 til 29 milliarder tonn karbon i år 2100. Markørscenario A2 vil ha høyest utslipp av CO_2 i år 2100, mens markørscenario B1 har lavest utslipp. Den store forskjellen mellom disse to scenariene kan forklares ut i fra forutsetningene bak A2-verdenen med høy befolkningsvekst, høy energi- og karbonintensitet, og tilhørende høye utslipp av drivhusgasser. Figur A1 i Appendikset viser at variasjonen er større hvis man ser på alle de 40 SRES scenariene. Utslippene av CO_2 varierer der mellom 3 og 33 milliarder tonn karbon, relativt likt IS92 scenariene som varierte mellom 5 og 36 milliarder tonn.



Figur 5.1. Beregnede globale antropogene utslipp av CO_2 fra 1990 til 2100 fra forbrenning av fossilt brensel og industri. Kilde: SRES hjemmesider (<http://sres.ciesin.org/>)

Utslipp av metan (CH_4) fører også til en økning i drivhuseffekten og de viktigste kildene til utslipp er landbruk, avfallsbehandling og produksjonen av fossile brenslere. Metan har en kort levetid (ca. 10 år) sammenlignet med CO_2 og har over 100 år et

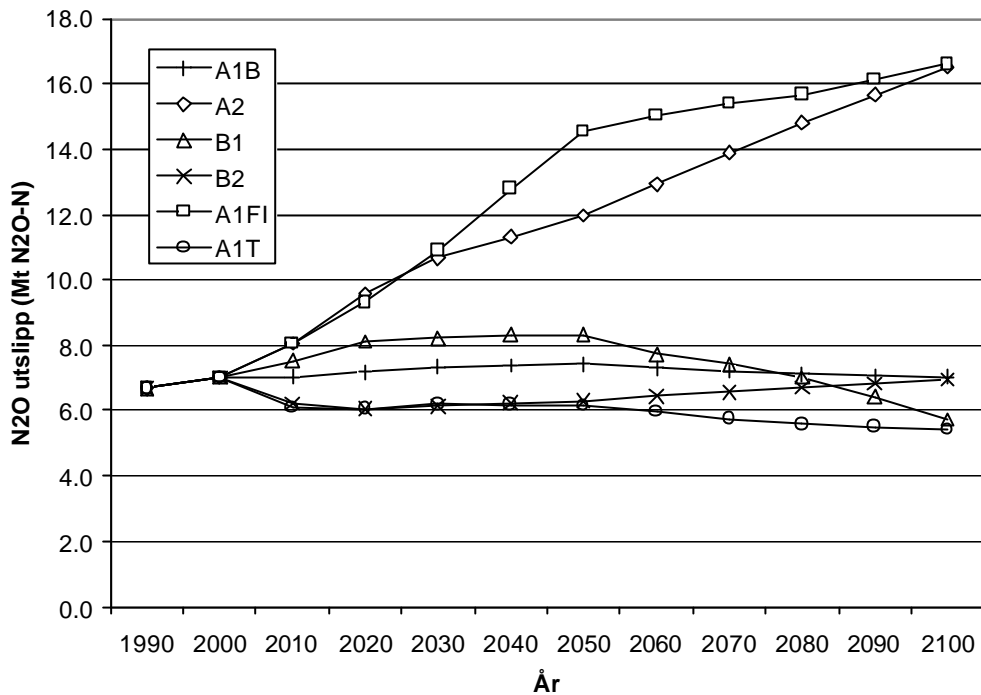
oppvarmingspotensial på 21 i forhold til CO₂.⁷ Det vil si at 21 tonn CO₂ resulterer i det samme oppvarmingspotensial som 1 tonn CH₄. Figur 5.2 viser at utslippene av CH₄ i år 2100 varierer fra 240 til 890 millioner tonn CH₄. De tilsvarende utslippene for IS92 scenariene varierte mellom 550 og 1170 millioner tonn CH₄, noe som markerer en betydelig nedgang i de nye beregningene.



Figur 5.2. Beregnede globale antropogene utslipp av CH₄ fra 1990 til 2100. Kilde: SRES hjemmesider (<http://sres.ciesin.org/>)

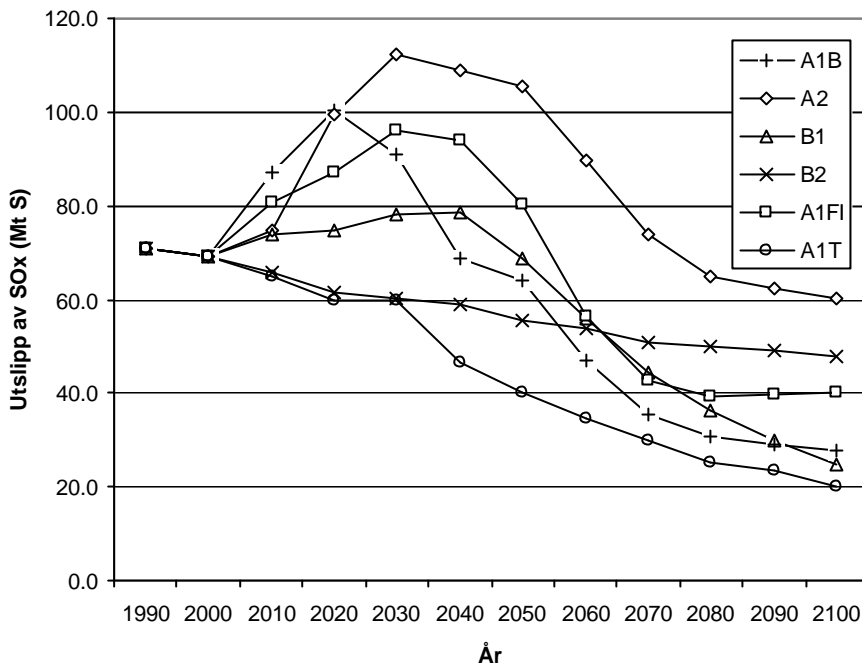
Det tredje viktigste bidraget fra drivhusgasser til økningen i drivhuseffekten er utslipp av lystgass (N₂O) som stammer fra landbruk, avfallsbehandling og industrielle prosesser. Figur 5.3 viser at utslippene er forventet å stabilisere seg på rundt 6-7 millioner tonn målt som rent nitrogen (N). Unntakene er A2 og A1FI scenariene som vil stige jevnt. Utslippene av N₂O vil derfor variere fra 6 til 17 millioner tonn N i år 2100. Sammenlignet med IS92 scenariene representerer SRES scenariene lavere utslipp av N₂O ettersom IS92 scenariene varierte mellom 14 til 19 millioner tonn.

⁷ Med en tidsperiode på 100 år brukes en indeks kalt GWP 100 (Global Warming Potential) for å sammenligne klimagassenes oppvarmingspotensial.



Figur 5.3. Beregnede globale antropogene utslipp av N₂O fra 1990 til 2100. Kilde: SRES hjemmesider (<http://sres.ciesin.org/>)

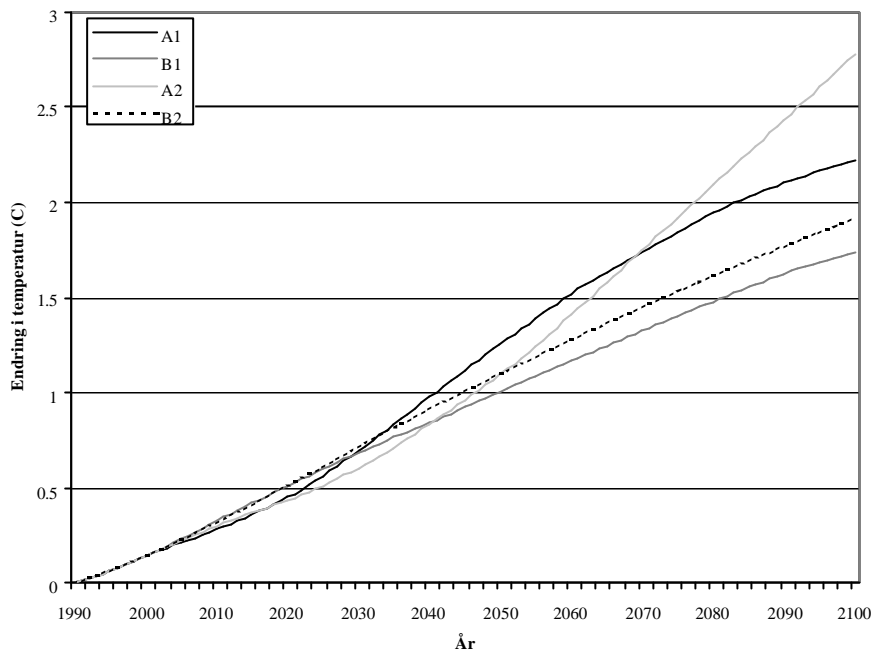
Mens karbondioksid, metan og lystgass bidrar til å øke drivhuseffekten, virker svoveldioksid (SO₂) avkjølende. Utslipp av denne gassen kan derfor redusere den globale oppvarmingen, og følgelig er utslippene i årene fremover interessante. Figur 5.4 viser en variasjon i utslipp fra 25 til 60 millioner tonn SO₂ (S) i år 2100 og at utslippene i alle markørscenariene i år 2100 ligger under utslippsnivået i 1990. IS92 scenarienes forventede SO₂-utslipp i år 2100 varierte mellom 77 og 254 millioner tonn SO₂(S). Sammenlignet med IS92 scenariene, er det klart at de forventede SO₂-utslippene i alle de nye scenariene er betydelig nedjustert. Dette er som følge av lavere forbruk, mindre svovelintensiv sammensetning i bruk av fossile brensler, samt en betydelig øking i rensingen av disse utslippene. Nedjusteringen av forventede SO₂-utslipp kan, til tross for lavere utslipp av andre klimagasser, føre til sterkere global oppvarming dette århundre enn tidligere antatt.



Figur 5.4. Beregnede globale antropogene utslipp av SO₂ fra 1990 til 2100. Kilde: SRES hjemmesider (<http://sres.ciesin.org/>)

Hvis man ser på spesifikke scenarier så er det, ikke overraskende, scenario A2 som har de høyeste utslipp av samtlige gasser. Forutsetningene bak A2 med høy befolkning og høy energi- og karbonintensitet fører naturligvis til høyere utslipp av drivhusgasser. Scenario B1 står for de laveste utslippene, men scenario A1 har også relativt lave utslipp. Begge scenarier har relativt lav befolkning sammenlignet med de to resterende, men B1 forutsetter en vesentlig lavere inntekt per innbygger i år 2050. Bruken av alternative energisystemer er også mer utbredt.

En klimamodell (SCM) utviklet ved CICERO kan brukes for å beregne mulige framtidige klimaendringer som følge av utslipp av drivhusgasser. Modellen beregner konsentrasjonen i atmosfæren og strålingspådrivet for 35 komponenter som følge av utslipp av 29 ulike klimagasser. Endring i global middeltemperatur og havnivå er basert på tidligere arbeid (Schlesinger et al., 1992).



Figur 5.5 Endring i global middeltemperatur målt i °C i forhold til nivået i 1990. Kilde: Godal et al., 2000.

Modellberegninger viser at den globale gjennomsnittstemperaturen kan øke med mellom 1,7°C og 2,8°C innen år 2100 i forhold til nivået i 1990, se figur 5.5.⁸ De fire SRES scenariene følger en tilnærmet lik temperaturendring fram til år 2020, men på lengre sikt vil reduserte utslipp av svoveldioksid resultere i lavere avkjølingseffekt. Hvor raskt temperaturen endrer seg kan være vel så viktig som nivået på temperaturendringen med hensyn til klimaskader. Hvis temperaturendringen skjer så raskt at naturen eller samfunnet ikke har mulighet til å tilpasse seg vil kostnadene forbundet med global oppvarming bli høyere. En annen klimaeffekt som vil ha stor betydning først og fremst for sårbare kyst- og øysamfunn er stigning i havnivået. Modellberegninger viser at i dette hundreåret vil havnivået kunne stige med mellom 33 cm og 45 cm.

⁸ Studien til Godal et al., 2000 beregner endringer i global middeltemperatur for kun 4 SRES scenarier. A1 i figur 5.5 tilsvarer scenario A1B.

6. Konklusjon

De nye SRES scenariene bryter med den tradisjonelle tankegangen med et BaU scenario. Forfatterne bak scenariene har lagt vekt på at det ikke finnes et sentralt eller mest sannsynlig scenario ettersom fremtiden er uforutsigbar og at synet på hvilket scenario som er mest sannsynlig vil variere. De fire grupperingene av scenarier, A1, A2, B2 og B2, dekker et stort usikkerhetsområde med hensyn til drivkrefter og utslipp. Man bør derfor unngå å kun bruke et scenario i analyser om fremtidige utslipp av klimagasser.

Usikkerheten forbundet med å kvantifisere scenarier øker betraktelig på lengre sikt fordi grunnlaget for antagelsene blir desto mer spekulativt. Derfor har man valgt et sett med scenarier. Selv om usikkerheten i å predikere drivkrefter og utslipp på lang sikt er stor, kan de nye SRES scenariene gi beslutningstakere et langsiktig perspektiv for analyser på kortere sikt. For å unngå interne motsetninger må kun scenarienes egne drivkrefter og utslipp brukes. De ulike komponentene i scenariene kan derfor ikke kombineres for å lage egne "varianter". Man kan f. eks. ikke ta klimagassutslippene fra et scenario, befolkningsestimater fra et annet og økonomisk vekst fra et tredje og tro at det vil bli et konsistent scenario som kan brukes.

Arbeidet med scenariene har resultert i seks BAU scenarier. Disse seks scenariene skal være like sannsynlige og likeverdige. Det hadde sannsynligvis vært mer fordelaktig med kun et BAU scenario ettersom de fleste klimaanalyser neppe vil benytte seg av alle de seks nye scenariene samtidig. A2 og B1 kan, selv om intensjonen er den motsatte, oppfattes som to ekstreme scenarier. Konsekvensene av å fatte beslutninger ut i fra et scenario kan bli store hvis man f. eks. baserer seg på at A2 inntreffer, når det i virkeligheten kan være B2 som blir utfallet. Det er allerede tegn på at B2 kan bli mye brukt som et sentralt scenario i ulike analyser.

For å forbedre utslippsscenariene vil det være nyttig å prioritere blant annet følgende arbeidsområder:

- etablere et program for pågående evalueringer og sammenligninger av langsiktige utslippsscenarier.
- kapasitetsbygging, spesielt i u-land, innenfor modelleringsverktøy og utslippsscenarier.
- mer forskning for å vurdere fremtidige utviklinger i de viktigste drivkrefter i et mer regionalt og sektorvis perspektiv for å bedre forstå sammenhengen mellom utslippsscenarier og tiltaksmuligheter.
- bruk av multiple fremtidsutsikter og modeller.
- forbedre spesifisering av, data for og integrering av andre gasser enn CO₂ og ikke-energi relaterte sektorer som landbruk og skogbruk.
- utvikling av metoder for aggregering av utslippsdata.
- utvikling av ytterligere utslipp fordelt i et rutenett for scenarier som kan forbedre regionale vurderinger.

Selv om utslippsscenariene representerer en ny tankegang vil de utvilsomt komme til stor nytte. De vil bli brukt i fremtidige IPCC vurderinger og av andre som jobber med virkningene av antropogene utslipp av drivhusgasser. De kan bli brukt i generelle og regionale modeller, og kan bli brukt som utgangspunkt for vurdering av ulike tiltak og virkemidler. Scenariene vil, etter å ha blitt testet for konsistens, være en viktig komponent i IPCCs tredje rapport (Third Assessment Report).

7. Referanser

Alcamo J., A. Bouwman, J. Edmonds, A. Grüber, T. Morita, and A. Sugandhy, 1995. An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios, In: *Climate Change 1994, Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCC IS92 Scenarios*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 233-304.

Godal, O., L. Sygna, J.S. Fuglestedt and T. Berntsen, 2000. *Estimates of future climate based on SRES emission scenarios*. CICERO Working Paper 2000:4, Oslo, Norway.

Grüber, A., and N. Nakicenovic, and D.G. Victor, 1999. Dynamics of energy technologies and global change. *Energy Policy* 27 (1999), pp. 247-280.

Grüber, A., 1994. A Comparison of Global and Regional Energy Emission Scenarios. WP-94-132, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Houghton, J.T., B.A. Callander and S.K. Varney, 1992. *Climate Change 1992- the Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press.

Miljøverndepartementet, 1990. *Globale klimaendringer- rapport fra FN's Klimapanel*.

Nakicenovic, N. et al., 2000. *Summary for policymakers – Special Report on Emission Scenarios*

Nakicenovic, N. et al., 1999. *Special Report on Emission Scenarios*. Second order draft

Schlesinger, M.E., X. Jiang and R. J. Charlson, 1992. Implications of Anthropogenic Atmospheric Sulphate for the Sensitivity of the Climate System. *Climate Change and Energy Policy*. American Institute of Physics, New York.

SRES, 2000. (<http://sres.ciesin.org/>)

Struebegger, M., and I. Reitgruber, 1995. *Statistical analysis of investment costs for power generation technologies*. Working Paper 95-109, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

UN, 1998. *World Population Projections to 2150*. United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. New York.

Annex.

Tabell A1. Antagelser om befolkning i markørscenariene (milliarder).

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
A1	5.3	6.1	6.8	7.5	8.2	8.4	8.7	8.5	8.4	8.0	7.5	7.1
A2	5.3	6.2	7.2	8.2	9.2	10.7	11.3	12.1	12.6	13.8	14.7	15.1
B1	5.3	6.1	6.9	7.6	8.2	8.5	8.7	8.7	8.5	8.1	7.7	7.0
B2	5.3	6.1	6.9	7.7	8.4	8.9	9.4	9.7	10.0	10.2	10.3	10.4

Tabell A2. Antagelser om verdens BNP i markørscenariene (10¹² 1990 USD/år). Verdier i parentes angir spennet innen hver scenariefamilie.

	A1	A2	B1	B2
1990	21	21	21	21
2020	56 (48 - 61)	41 (38 - 45)	53 (46 - 57)	51 (41 - 51)
2050	181 (120 - 181)	82 (59 - 111)	136 (110 - 166)	110 (76 - 111)
2100	529 (340 - 536)	243 (197 - 249)	328 (328 - 350)	235 (199 - 255)

Tabell A3. Antagelser om energitensitet i markørscenariene (10⁶J/USD). Verdier i parentes angir spennet innen hver scenariefamilie.

	A1B	A1FI	A1T	A2	B1	B2
1990	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
2020	9,4 (8,1 - 12,0)	9,4 (8,5 - 9,4)	8,7 (7,6 - 8,7)	12,1 (9,3 - 12,4)	8,8 (6,7 - 11,6)	8,5 (8,5 - 11,8)
2050	5,5 (4,4 - 7,2)	6,3 (5,4 - 6,3)	4,8 (4,2 - 4,8)	9,5 (7,0 - 9,5)	4,5 (3,5 - 6,0)	6,0 (6,0 - 8,1)
2100	3,3 (1,6 - 3,3)	3,0 (2,6 - 3,2)	2,3 (1,8 - 2,3)	5,9 (4,4 - 7,3)	1,5 (1,4 - 2,7)	4,0 (3,7 - 4,6)

Tabell A4. Beregnede globale utslipp av CO₂ fra 1990 til 2100 for markørscenariene (gigatonn C).

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
A1B	6.0	6.9	9.7	12.1	14.0	14.9	16.0	15.7	15.4	14.8	13.9	13.1
A1FI	6.0	6.9	8.7	11.2	14.6	18.7	23.1	25.1	27.1	29.0	29.6	30.3
A1T	6.0	6.9	8.3	10.0	12.3	12.6	12.3	11.4	9.9	8.0	6.3	4.3
A2	6.0	6.9	8.5	11.0	13.5	15.0	16.5	18.5	20.5	23.0	25.9	28.9
B1	6.0	6.9	8.5	10.0	11.2	12.2	11.7	10.2	8.6	7.3	6.1	5.2
B2	6.0	6.9	8.0	9.0	10.1	10.9	11.2	11.7	11.9	12.5	13.2	13.8

Tabell A5. Beregnede globale utslipp av CH₄ fra 1990 til 2100 for markørscenariene (millioner tonn CH₄).

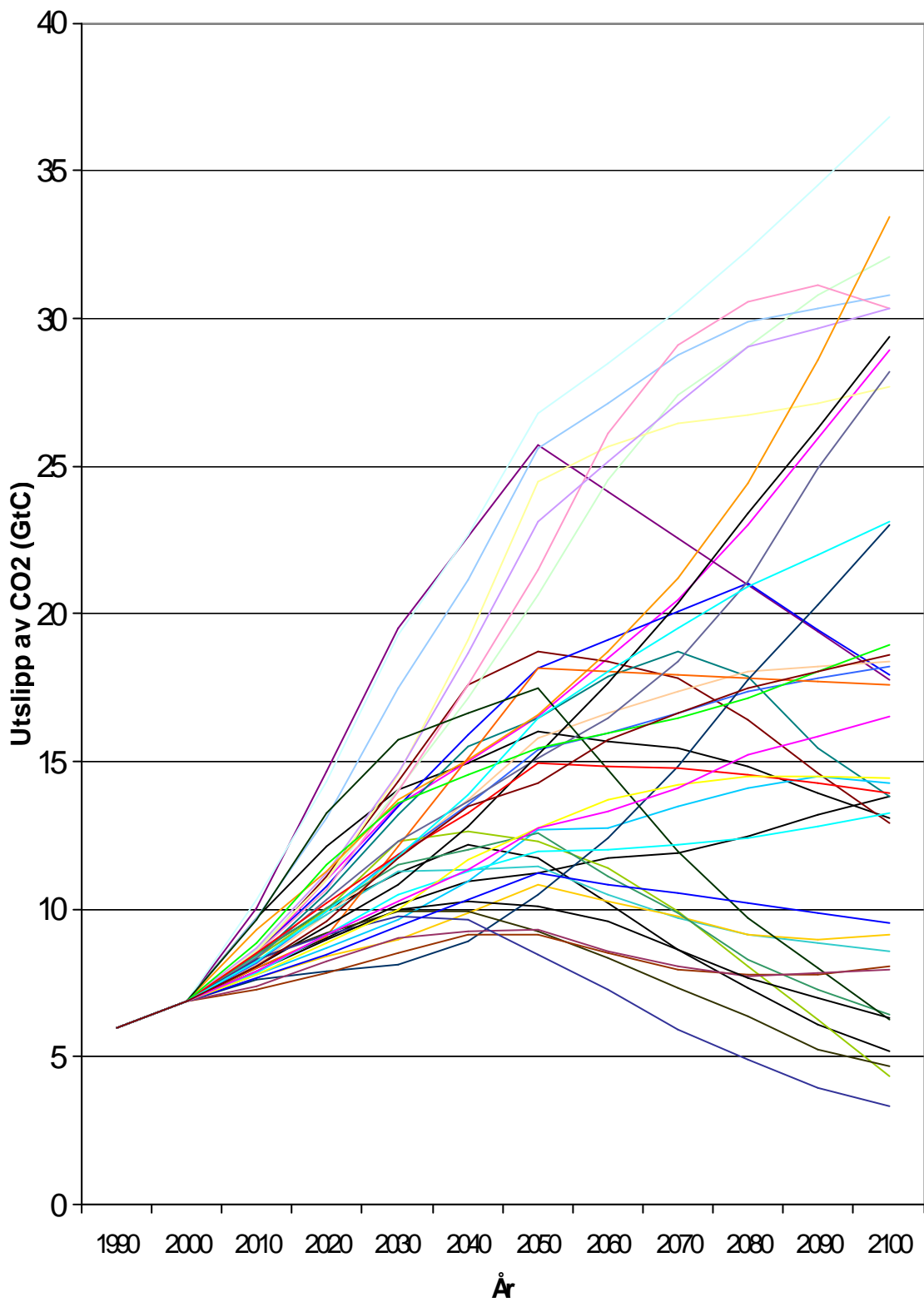
	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
A1	310	323	373	421	466	458	452	410	373	341	314	289
A1FI	310	323	359	416	489	567	630	655	677	695	715	735
A1T	310	323	362	415	483	495	500	459	404	359	317	274
A2	310	323	370	424	486	542	598	654	711	770	829	889
B1	310	323	349	377	385	381	359	342	324	293	266	236
B2	310	323	349	384	426	466	504	522	544	566	579	597

Tabell A6. Beregnede globale utslipp av N₂O fra 1990 til 2100 for markørscenariene (millioner tonn N).

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
A1	6.7	7.0	7.0	7.2	7.3	7.4	7.4	7.3	7.2	7.1	7.1	7.0
A1FI	6.7	7.0	8.0	9.3	10.9	12.8	14.5	15.0	15.4	15.7	16.1	16.6
A1T	6.7	7.0	6.1	6.1	6.2	6.2	6.1	6.0	5.7	5.6	5.5	5.4
A2	6.7	7.0	8.1	9.6	10.7	11.3	12.0	12.9	13.9	14.8	15.7	16.5
B1	6.7	7.0	7.5	8.1	8.2	8.3	8.3	7.7	7.4	7.0	6.4	5.7
B2	6.7	7.0	6.2	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4	6.6	6.7	6.8	6.9

Tabell A7. Beregnede globale utslipp av SO₂ fra 1990 til 2100 for markørscenariene (millioner tonn S).

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
A1	70.9	69.0	87.1	100.2	91.0	68.9	64.1	46.9	35.7	30.7	29.1	27.6
A1FI	70.9	69.0	80.8	86.9	96.1	94.0	80.5	56.3	42.6	39.4	39.8	40.1
A1T	70.9	69.0	64.7	59.9	59.6	46.6	40.2	34.4	30.1	25.2	23.3	20.2
A2	70.9	69.0	74.7	99.5	112.5	109.0	105.4	89.6	73.7	64.7	62.5	60.3
B1	70.9	69.0	73.9	74.6	78.2	78.5	68.9	55.8	44.3	36.1	29.8	24.9
B2	70.9	69.0	65.9	61.3	60.3	59.0	55.7	53.8	50.9	50.0	49.0	47.9



Figur A1. CO₂ utslipp i alle SRES scenariene.