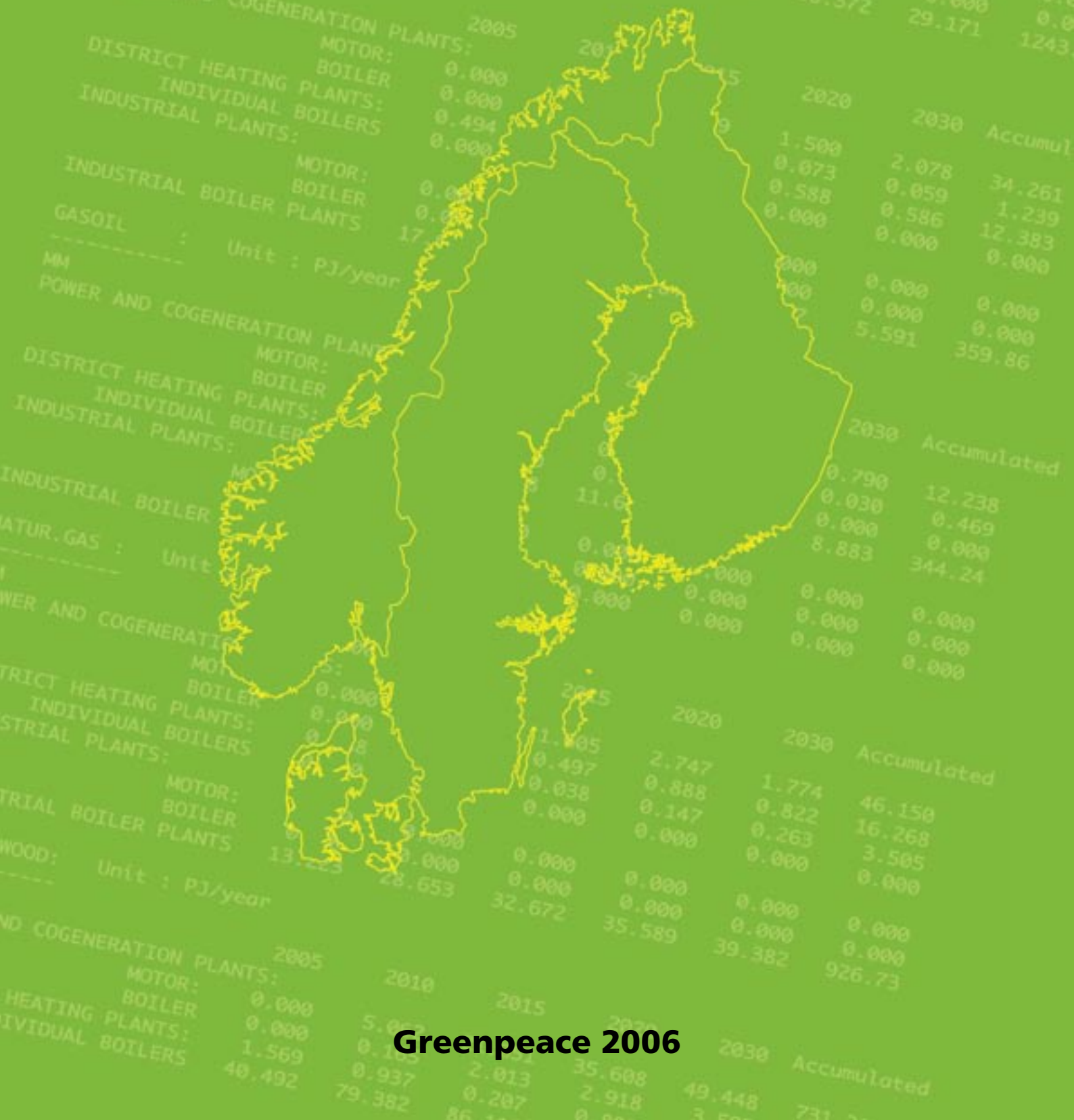


Et nordisk energiscenario

Greenpeace bud på en bæredygtig
energiudvikling i Norden



Greenpeace 2006



Sammendrag

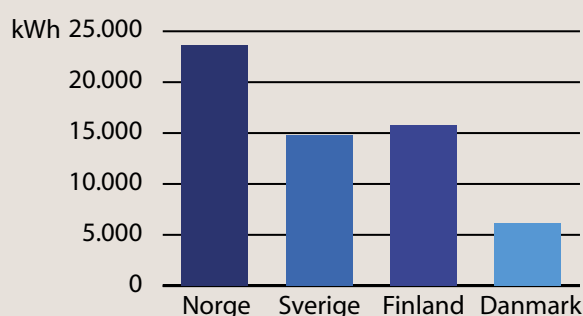
Vi skal modvirke klimaforandringer ved at reducere CO₂-udslippet. Det betyder, at vi skal nedtrappe vore forbrug af kul, olie og naturgas. Også for at undgå forsyningsproblemer på grund af den kommende nedgang i den globale produktion af olie og naturgas skal vi nedtrappe vores olie- og gasforbrug. Her går forsyningsikkerhed og CO₂-reduktion hånd i hånd. Men også kulforbruget skal ned. Ellers kan vi ikke bidrage tilstrækkeligt begrænsningen af drivhuseffekten. De voksende mængder af radioaktivt affald fra aldrende atomkraftværker er en anden del af problemet.

Vi må finde ud af, hvordan det i praksis kan lade sig gøre at løse problemerne på en måde, der tjener til det fælles bedste. Derfor har Greenpeace Norden med en model af hele det nordiske energisystem fået gennemregnet og sammenlignet forskellige mulige scenarier for energisystemets fremtidige udvikling. Her præsenteres ét af disse scenarier: Greenpeace nordiske energiscenarier. Det viser, at det med de teknologier, vi allerede råder over, både er teknisk muligt og økonomisk fordelagtigt at reducere CO₂-udslippet markant og gøre os mindre afhængige af olie og naturgas. Og samtidigt afvikle atomkraften i Sverige og Finland.

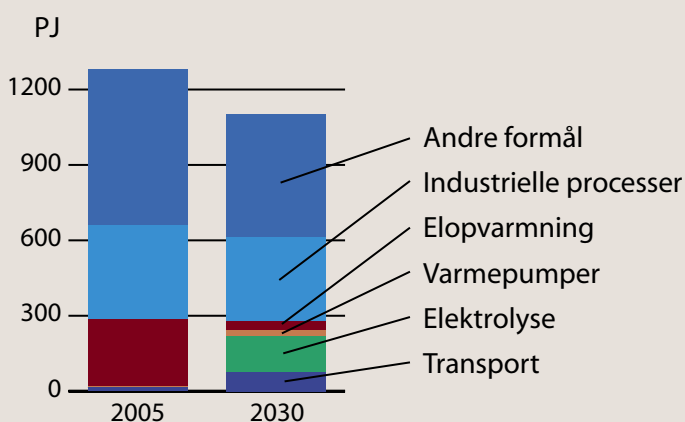
Det nordiske energiscenarier bygger først og fremmest på en kraftig indsats for at effektivisere el- og varmemeforbruget på forbrugssiden. Det skal primært ske ved at efterisolere de bestående boliger. Centralt er også den effektivitetsforbedring, der kan opnås ved gradvist at konvertere en væsentlig del af alle de boliger i de nordiske lande, der i dag er elopvarmede.

Vi kan afvikle atomkraften og samtidigt reducere CO₂-udslippet markant. Det fremgår af en sammenhængende analyse af udviklingsmuligheder i det nordiske energisystem i dets helhed.

Elforbruget pr. indbygger i 2004



Elforbrugets i 2005 og 2030 i det nordiske energiscenarier



Figuren viser tydeligt, at man ved at konvertere elvarme kan frigøre el til andre formål, også til transportsektoren, hvor el og brint erstatter olie.

Elovarmningen skal erstattes af en vifte af andre forsyningsformer som fjernvarme, biomassefyld og varmepumper. Dette skal suppleres med en målrettet indsats for at forbedre de elforbrugende apparaters effektivitet.

På forsyningsiden er det først og fremmest de store vindenergiressourcer, der skal udnyttes i alle 4 lande. Dette suppleres med mere biomasse, biogas og solenergi. Med den kraftige effektivisering på forbrugssiden vil det ikke blot kunne dække el- og varmeforbruget i det nordiske område, men også give mulighed for et betydeligt forbrug af el i transportsektoren, dels i form af el til eldrevne transportmidler, dels i form af brintproduktion (elektrolyse) til brug i brændselsceller.

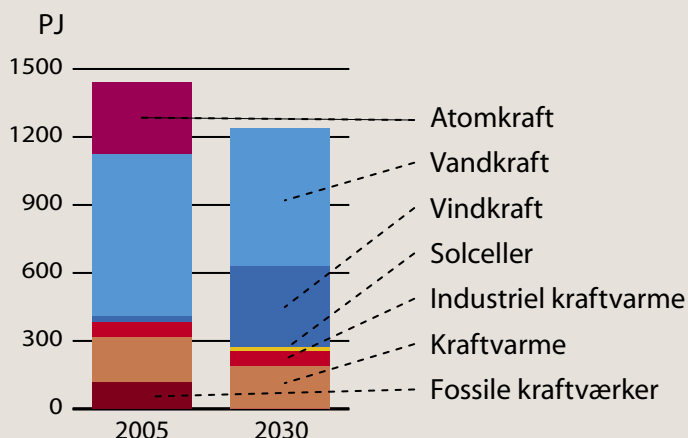
I det nordiske energiscenario udfases atomkraften i Sverige og Finland gradvist til 2025 - og kulkraften i Danmark og Finland til 2030.

Det nordiske energiscenario er sammenlignet med et fiktivt referencescenario, hvor der ikke er regnet med ændringer i energisystemet ud over den naturlige udskiftning med lidt mere energieffektive elapparater.

Det nordiske energiscenario fører til CO₂-reduktioner i de nordiske lande, som ikke alene medvirker til, at de kan opfylde Kyoto-målene for 2008-12, men også til hvad der er nødvendigt efter 2012. Det samlede nordiske CO₂-udslip reduceres således med 30% i 2020 og 67% i 2030 i forhold til 1990. I modsætning hertil fører referencescenariet til et stigende CO₂-udslip, som i 2030 er 36% over 1990-niveau.

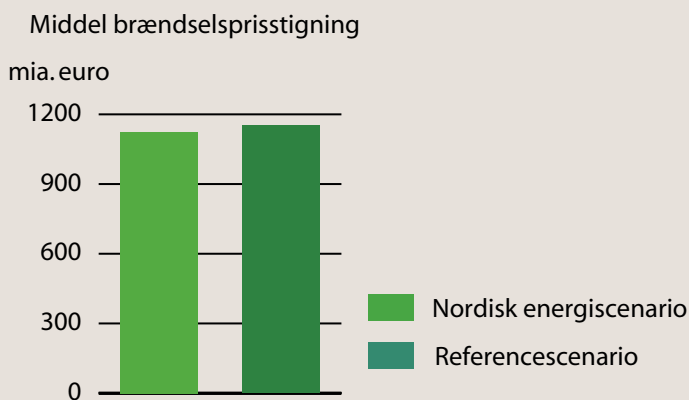
En sammenligning viser, at det nordiske energiscenario ikke vil medføre ekstra omkostninger for de nordiske lande af nævneværdig betydning. Med en middel eller høj stigning i brændselspriserne, vil det nordiske energiscenario tværtimod være samfundsøkonomisk fordelagtigt.

Elproduktionen i 2005 og 2030 i det nordiske energiscenario

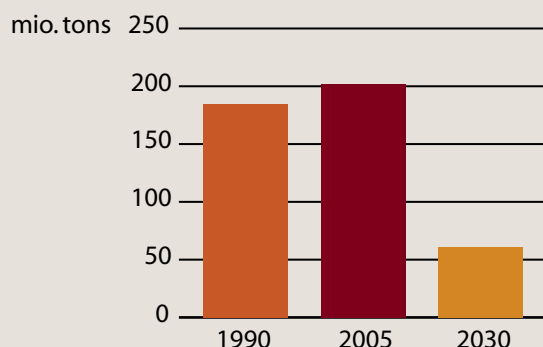


Med de forventede prisstigninger på olie, vil det nordiske energiscenario blive samfundsøkonomisk fordelagtigt. Desuden vil det nordiske energiscenario betyde en mere robust energiforsyning med et halveret olieforbrug.

Sammenligning af de totale omkostninger for det nordiske energiscenario og referencescenariet



CO₂-udledningen i 2030 i det nordiske energiscenario i forhold til 1990 og 2005





Ved et vendepunkt

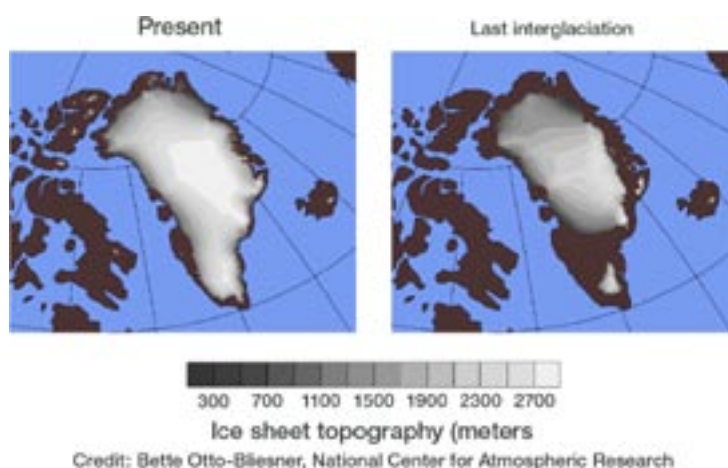
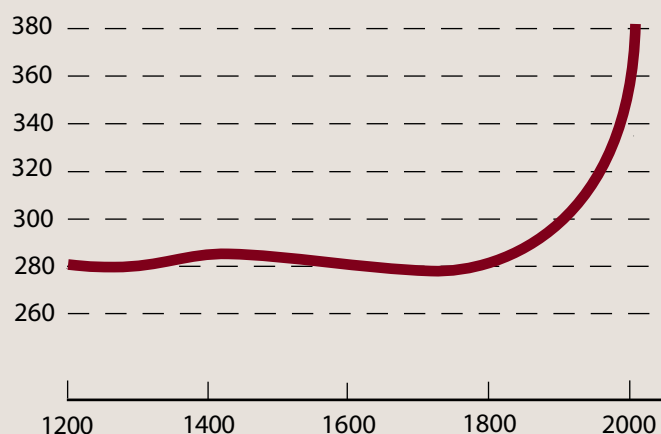
Den globale opvarmning er ved at tage fart, og vi ser allerede nu klimaændringer, som man for fem år siden troede først ville indtræde i løbet af de næste 100 år. Den globale gennemsnitstemperatur er oppe på 0,8 grader over det førindustrielle niveau, og den mængde drivhusgasser, vi allerede har ledt ud i atmosfæren, vil på grund af klimaets forsinkede reaktion betyde en yderligere temperaturstigning på ca. 0,6 grader. Det betyder, at vi skal handle i løbet af de næste 10-20 år, hvis den globale opvarmning skal kunne holdes under 2 grader i forhold til det førindustrielle niveau, som foreløbigt EU har tilsluttet sig som det globale klimamål.

Allerede i 1990 advarede en FN-arbejdsgruppe om, at med en global temperaturstigning på ca. 2 grader kunne vi overskride grænsen for farlige ændringer i det globale klima. Men selv en stigning på 2 grader, ser nu ud til at være for højt, hvis vi skal være sikre på at undgå meget alvorlige konsekvenser af den globale opvarmning.

Med en gennemsnitlig global temperaturstigning på 0,8 grader celsius ser vi allerede nu udbredte ændringer fra mere ekstreme vejrforhold som tørke og oversvømmelser til ændringer i økosystemerne.

En global temperaturstigning på over 1,6 grader vil betyde en væsentlig risiko for, at der udløses en irreversibel nedsmeltning af den grønlandske indlandsis. Det kan over en periode på nogle hundrede år resultere i en havstigning på op mod 7 meter.

CO₂-Koncentrationen i atmosfæren i ppmv (dele pr. million) fra 1200-tallet til nu. Koncentrationen er nu oppe på over 380 ppmv, og den stiger fortsat.



I år 2100 kan de arktiske egne være 3 - 5 grader varmere end i dag, eller lige så varme som de var for næsten 13.000 år siden under den sidste mellemistid. Da var den grønlandske indlandsis smeltet kraftigt ned.

En global temperaturstigning på 2 grader vil bl.a. betyde et fald i landbrugsudbyttet i hele den ikke-industrialiserede verden og det vil betyde, at mellem 1 og 2,8 milliarder mennesker udsættes for vandmangel, fordi nedbørmønstrene ændres. Noget, vi allerede nu kan se begyndende tegn på.

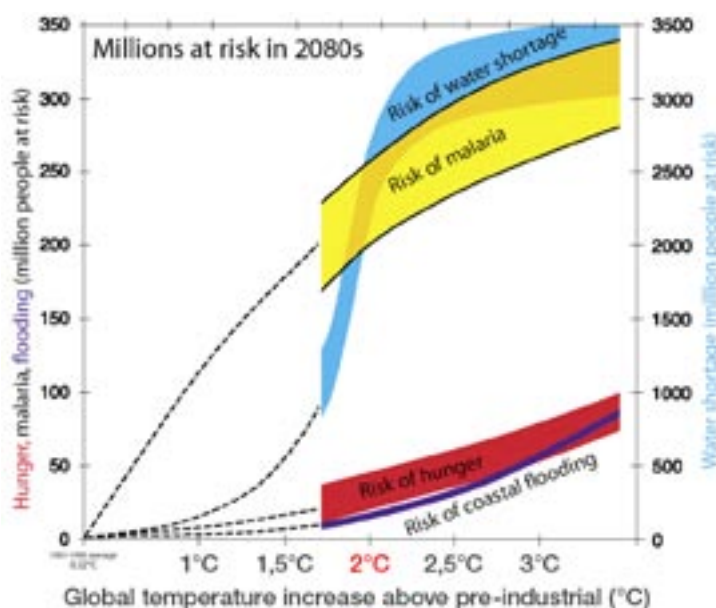
Man har hidtil regnet med, at en fordobling af CO₂-koncentrationen i atmosfæren i forhold til det førindustrielle niveau (når alle drivhusgasserne omregnes til CO₂) ville betyde en temperaturstigning på 2,5 grader celsius. Senere analyser tyder dog på, at dette er for lavt sat, og en foreløbig udgave af den kommende IPCC rapport regner da også med en temperaturstigning på 3 grader celsius.

En stabilisering på et så højt niveau må anses for helt uacceptabelt. Skal risikoen for ikke at overstige de 2 graders global temperaturstigning holdes på et acceptabelt niveau, skal vi derfor stabilisere CO₂-koncentrationen i atmosfæren på et betydeligt lavere niveau end en fordobling.

Vi kan sandsynligvis stadig nå at holde den globale temperaturstigning på under 2 grader, men det kræver hurtige CO₂-reduktioner specielt i den rige del af verden, som står for den største del af de globale udledninger af såvel CO₂ som andre drivhusgasser. Beregningerne viser, at de globale udledninger af CO₂ skal skæres ned til det halve af det nuværende. Da de rige lande udleder langt det meste CO₂, er det nødvendigt, at vi skærer vores udledninger ned med 80% inden år 2050. Med den hastighed, CO₂-koncentrationen nu stiger, skal vi allerede i løbet af det næste årti igang med kraftige nedskæringer af vores CO₂-udledninger, hvis vi skal undgå farlige klimaændringer.

Skal den globale temperaturstigning holdes under 2 grader celsius, skal koncentrationen af drivhusgasser holdes under hvad der svarer til 400 ppmv CO₂ på længere sigt. Derfor skal vi allerede nu igang med at reducere udledningerne af CO₂ kraftigt.

Antal millioner mennesker, som i 2080 risikerer sult, malaria, oversvømmelser og mangel på ferskvand med en stigende global gennemsnitstemperatur.



Nogle af konsekvenserne af en global temperaturstigning på 2 grader celsius

- Fald i landbrugsudbyttet i hele den ikke-industrialiserede verden.
- Mellem 1 og 2,8 milliarder mennesker vil mangle ferskvand.
- Havstigning og orkaner forårsager, at skønsmæssigt 12 - 26 millioner mennesker må flygte fra deres hjem.
- Millioner af mennesker udsættes for malarierisiko udover dem, der allerede nu er udsatte, specielt i Afrika og Asien.
- Antallet af mennesker udsat for hungersnødsrisiko stiger med op til 220 millioner, og de globale, årlige landbrugsudbyttet falder med mellem 30 og 120 millioner tons.
- Over 90% af alle koralrev går tabt.
- Isen omkring Arktis forsvinder helt i sommerhalvåret og over halvdelen af tundraen bliver ustabil.



Krav og forudsætninger

Som vi har set, er kravene til at reducere vores udledninger af drivhusgasser høje, hvis vi skal holde den globale opvarmning på et niveau, som både vi selv og vores efterkommere kan leve med. Den allerstørste udfordring ligger i at omstille vores energisystem, som i øjeblikket er baseret på et stort forbrug af fossile brændsler som olie, kul og naturgas.

Det primære krav til det nordiske energiscenarion, som her skal præsenteres, er derfor, at vores forbrug af de fossile brændsler skal ned-sætte meget kraftigt. Hvis mindstekravet er, at den globale temperaturstigning holdes under 2 grader celsius i forhold til det førindustrielle niveau, kræver det, at de industrialiserede lande reducerer deres udslip af drivhusgasser med 30% inden 2020 og 80% inden 2050. Da CO₂ fra afbrænding af fossile brændsler er den allervæsentligste menneskeskabte drivhusgas, skal CO₂-udledningerne reduceres mindst lige så meget.

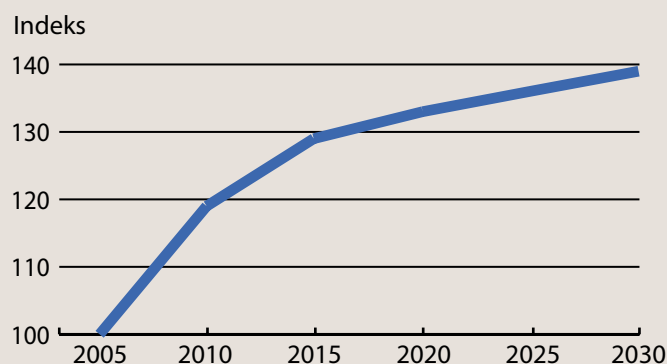
Det andet meget væsentlige krav er, at brugen af atomkraft i Sverige og Finland skal afvikles i løbet af den periode, som scenariet dækker (2005 – 2030). Herudover er det specielt vigtigt, at vi frigør os fra afhængigheden af olie såvel i energiforsyningen som i transportsektoren, da vi må regne med, at olieproduktionen kommer under pres i løbet af de kommende årtier.

For at have et sammenligningsgrundlag til det nordiske energiscenarion er der opstillet et såkaldt referencescenarion. Dette scenarion er fiktikt, da det forudsætter en ren fremskrivning af

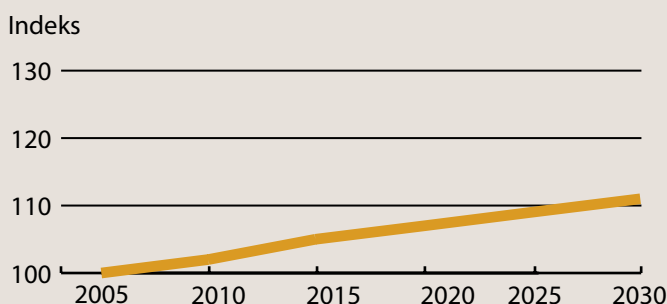
Grundkrav til det nordiske energiscenarion:

- Atomkraften afvikles inden 2025
- Udledningen af CO₂ reduceres med 30 % inden 2020 og 80 % inden 2050

Udviklingen i antallet af elektriske apparater



Udviklingen i det opvarmede boligareal og i produktionen



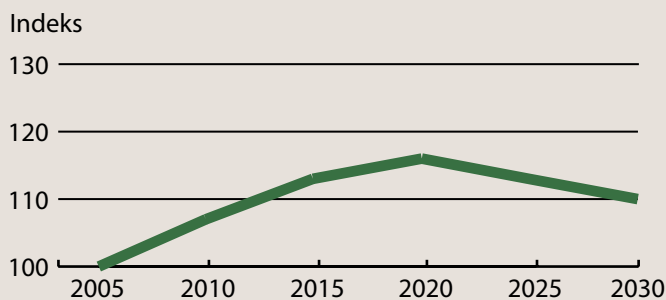
det nuværende energisystem og dermed heller ingen nogen krav til CO2-reduktion.

Forudsætninger er ens for de to scenarier, når det drejer sig om den materielle vækst, væksten i transportarbejdet og udviklingen i brændselspriserne.

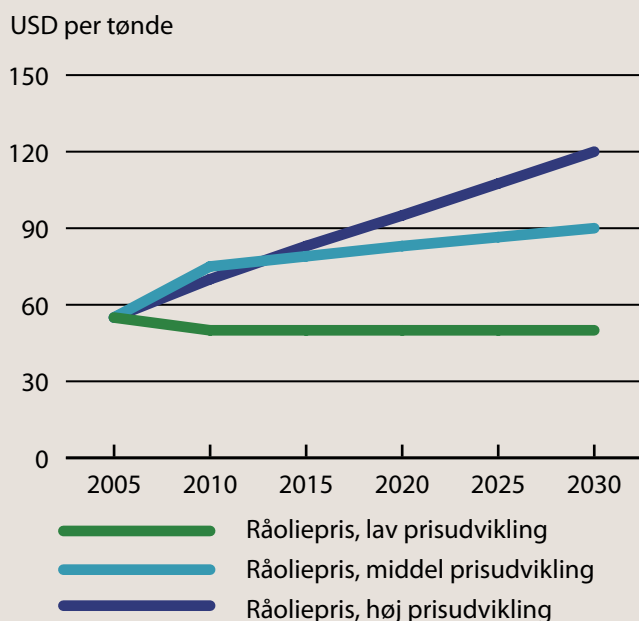
Man kan med rette spørge, om en fortsat stigning i mængden af elforbrugende apparater, størrelsen af boligareal pr. person og antallet af kørte kilometer pr. person er en realistisk antagelse. Selv i en verden med ubegrænsede ressourcer må man forvente, at der vil indtræde et mætningspunkt på et eller andet tidspunkt. Der er grænser for, hvor mange apparater, vi kan nå at bruge, hvor store boliger, vi har behov for, og hvor stor en del af døgnnet, vi kan bruge i tog, fly eller biler. De beskrevne scenarier har dog ikke forudsat nogen forventning om en mætning af vores materielle forbrug, men dog en aftagende vækst i løbet af perioden. For transport er det forudsat, at udviklingen i transportarbejdet topes omkring 2020 og derefter falder svagt igen (se figurerne).

Det er meget svært at komme med fornuftige forudsigelser om de fremtidige brændselspriser. Ifølge flere og flere analytikere må vi dog forvente stigende oliepriser, fordi produktionskapaciteten forventes at toppe i løbet af det næste årti, mens det globale olieforbrug fortsat stiger. Hertil kommer risikoen for større og mindre internationale kriser, som kan påvirke olieforsyningen og -prisen. De to scenarier er derfor gennemregnet på basis af tre forskellige udviklinger af olieprisen – lav, middel og høj – med henblik på at vurdere følsomheden i de økonomiske beregninger.

Udviklingen i transportarbejdet



Udviklingen i brændselspriserne



I beregningerne er det forudsat, at prisen på de øvrige typer fossilt brændsel følger råoliens prisudvikling.



SESAM modellen

Både det nordiske energiscenario og det fiktive referencescenario er beregnet ved hjælp af en SESAM-model af det nordiske energisystem. SESAM-modellen er udarbejdet af Klaus Illum. Der er tale om et kompliceret computerprogram, som kan simulere et energiforsyningssystem med mange forskellige energikilder, med energiomsætning og energiforbrug og med variationer i el- og varmekonsumet helt ned i de små variationer i løbet af et enkelt døgn. Programmet er opbygget, så det kan foretage sammenlignende analyser af mange forskellige scenarier for fremtidige energisystemer baseret på forskellige forudsætninger om ændringer i den materielle vækst, i de energikilder, vi ønsker at bruge, og i hvor stor en effektivisering af vores energiforbrug, vi vil arbejde på.

SESAM-modellen består af en database, som i dette tilfælde omfatter hele det nordiske energisystem med såvel data, som er fælles for alle de nordiske lande, som data for hver af de fire lande, Norge, Sverige, Finland og Danmark. Databasen indeholder de data, der skal til for at simulere energiforsyningen dag for dag for alle de nordiske lande i perioden 2005 - 2030. Denne er udarbejdet af Greenpeace i samarbejde med Klaus Illum.

På forbrugssiden tager disse data udgangspunkt i det nuværende el- og varmekonsum, som så med forskellige forudsætninger for energieffektivisering ændres hen over den beregnede periode med den antagne stigning i forbruget af elforbrugende apparater, i det opvarmede antal boligkvadratmeter, antallet af kørte kilometer pr. person o.s.v. På energiforsyningssiden indeholder databasen data for alle

SESAM modellen

SESAM modellen af det nordiske energisystem er en fuldstændigt integreret fysisk model, som indeholder:

Forbrugerdelen:

- Bygninger inklusive elektriske apparater
- Industri og produktionsprocesser
- Transport af personer og varer

Energiomsætnings- og transmissionssystemet:

- Kraft- og kraftvarmeværker af forskellige typer
- Varmeværker og individuelle fyr
- Enheder til konvertering af el til kemisk energi til brug i køretøjer mm. Til eksempel brintproduktion ved hjælp af elektrolyse

Energikilderne:

- Vedvarende energi som vind, vandkraft, solceller
- Fornyelig energi i form af biomasse (halm, træ mm)
- Fossil energi som olie, kul og naturgas
- Atomkraft

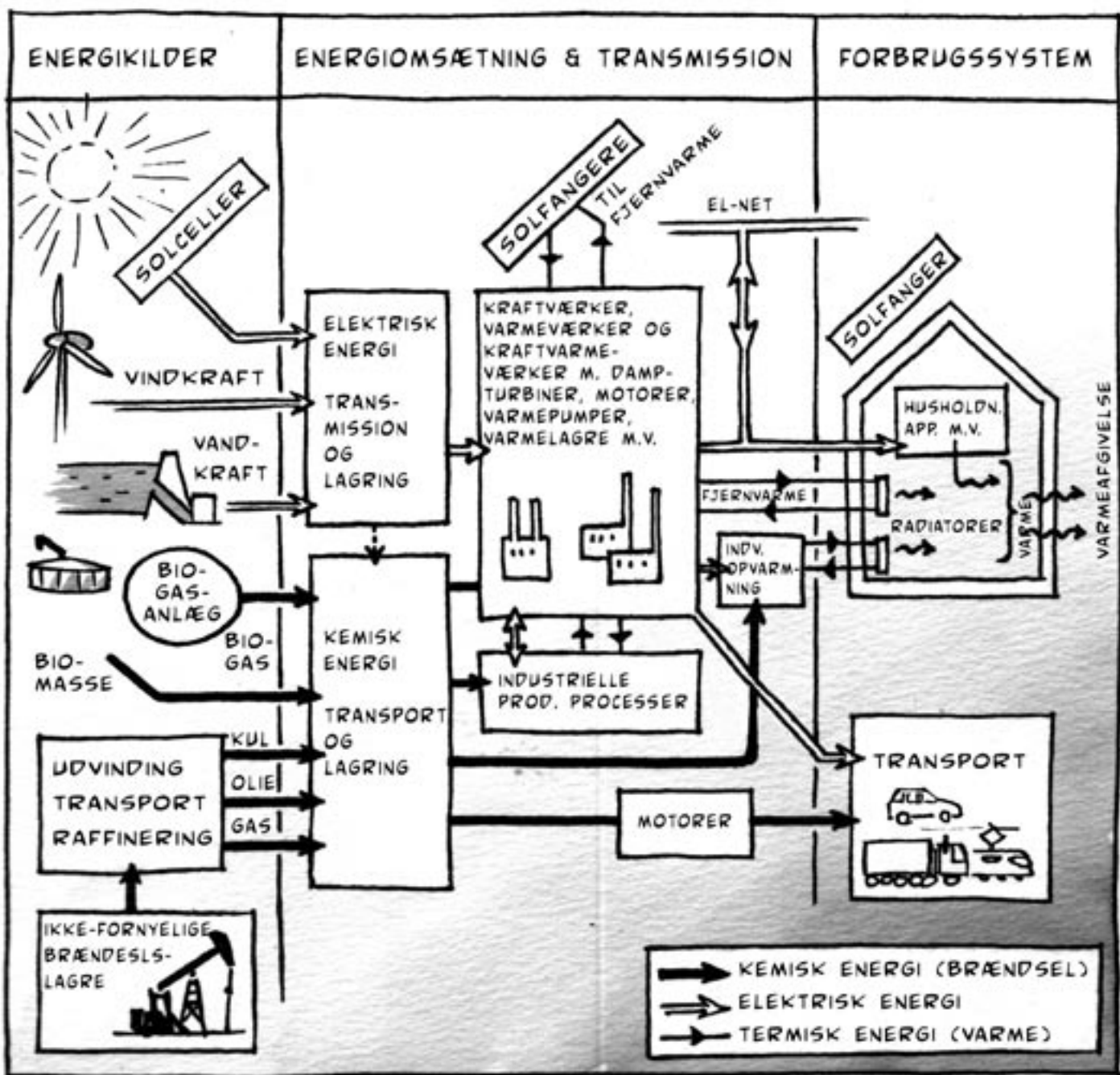
de typer af energikilder, energiomsætnings-systemer (kraftværker, varmepumper mm.) og transmissionssystemer, som kan eller vil kunne bruges i det nordiske energisystem. Databasen beskriver også, hvordan sammensætningen af energikilder mm. evt. forandrer sig i beregningsperioden

Med udgangspunkt i alle disse data for både for såvel forbrugssiden som forsyningssiden, beregner og beskriver SESAM-modellen energiflowet igennem hele energisystemet. På den

måde sørger modellen beregningsmæssigt for, at der eksempelvis er tilstrækkelig med effekt tilstede til at levere den nødvendige varme og el på et hvilket som helst tidspunkt af døgnet og året. Og den beregner, hvor meget brændsel, der bruges, og hvor meget CO₂, der udledes.

Udover at beregne energiflowet igennem hele energisystemet fra energikilde til forbruger, kan modellen også bruges til at beregne de forskellige scenariers økonomiske omkostnin-

ger til investeringer, vedligeholdelse og brændselsudgifter. Herved giver modellen mulighed for at sammenligne de totale omkostninger forbundet med forskellige udviklingsscenarier samt disses følsomhed over for ændringer i brændelspriserne og i andre af modellens forudsætninger.



Tegningen viser det komplicerede samspil fra energikilder, over energiomsætninger i kraftværker til forbrugssystemet, som indgår i SESAM-modellens beregninger.



Det nordiske energiscenario

Nordisk samarbejde vil give store fordele i bestræbelserne på at få en bæredygtig udvikling i de nordiske lande.

Der er flere grunde til dette. En væsentlig årsag er fordelingen af vedvarende energiresourcer i de nordiske lande. Med store vandkraftressourcer i Norge og Sverige, store biomasseressourcer i specielt Sverige og Finland og et stort potentiale for udnyttelse af vindenergi især i Danmark er der et stærkt grundlag for at kombinere de vedvarende energiresourcer i den nordiske region.

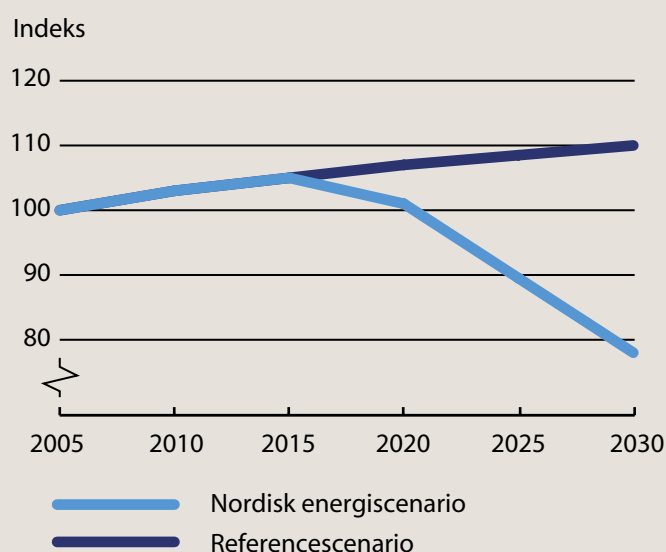
En anden væsentlig årsag er de store muligheder for at få store nordiske CO₂-reduktioner gennem elbesparelser og elvarmekonvertering. Ser vi på elforbruget i de nordiske lande, er det slående, at elforbruget i Norge er 4 gange og i Sverige 2,5 gange større pr. indbyggger end i Danmark. En stor del af denne forskel skyldes en udbredt brug af el til boligopvarmning i Norge og Sverige. Ved at konvertere elvarme til andre opvarmningsformer i disse to lande vil det blive muligt at frigøre en del af disse landes store vandkraftkapacitet til udfasning af kul-kraftværker og atomkraftværker i det nordiske område.

Forbrugssiden

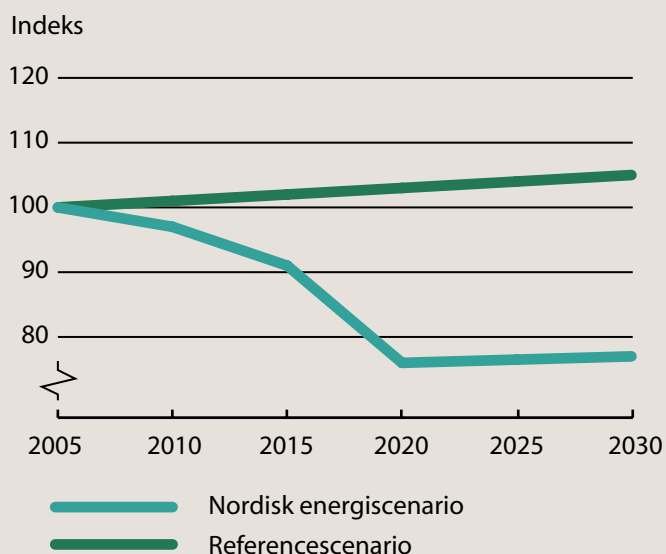
Det væsentligste element i den nordiske energiplan er en kraftig forbedring af energieffektiviteten hos forbrugeren. Og det er specielt opvarmningen af vores bygninger, der skal gøres mere effektiv.

En del af den forbedrede energieffektivitet opnås ved at efterisolere de bestående boliger og

Udviklingen i de elektriske apparaters elforbrug i det nordiske energiscenario og referencescenariet



Udviklingen i bygningernes varmeforbrug i det nordiske energiscenario og referencescenariet



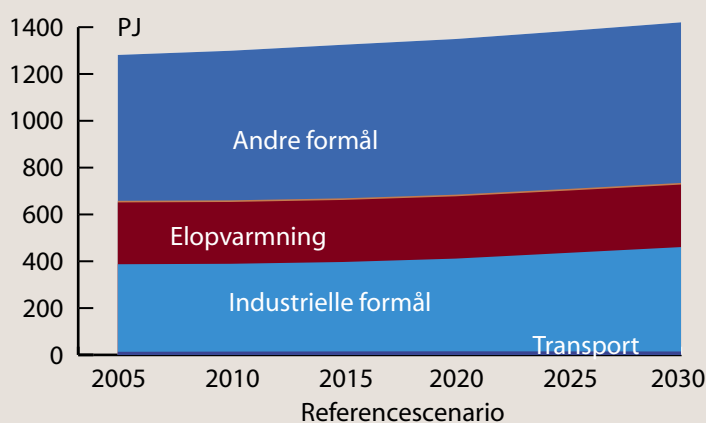
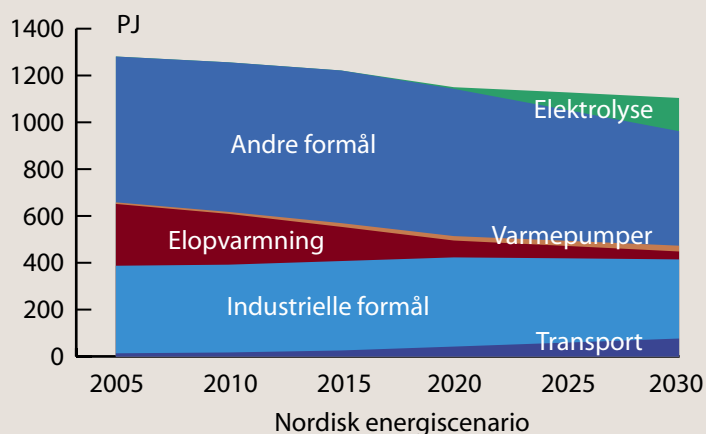
højne standarden i nybyggeriet. I det nordiske energiscenario regnes der med en forbedret udnyttelse af rumopvarmningen på i gennemsnit 31% i 2030 set i forhold til 2005. Potentialet er efter alt at dømmen en del større, så der er regnet konservativt.

Den helt store effektivitetsforbedring opnås ved at konvertere en væsentlig del af de boliger, der idag er elopvarmede, til andre former for opvarmning som f.eks. fjernvarme, varmepumper og biomassefyre. I Norge, hvor den elopvarmede del af boligerne er størst, regnes der med, at 86% af de elopvarmede boliger konverteres. I Sverige, Finland og Danmark, hvor den elopvarmede boligmasse er mindre, regnes med en konverteringsprocent på 63 – 66.

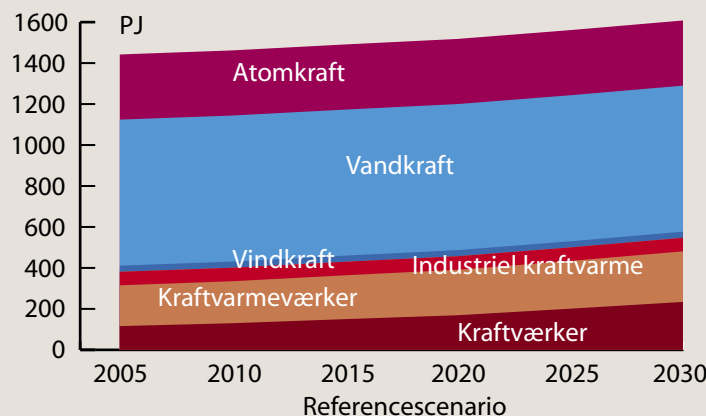
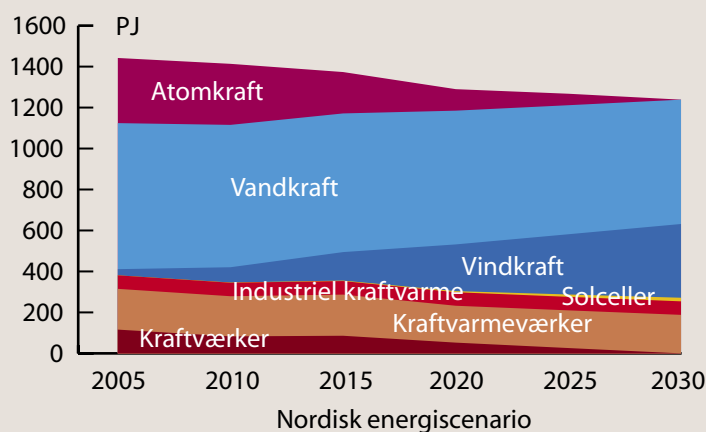
På elforbrugssiden regnes der i det nordiske energiscenario med, at der sker en kraftig forbedring af de elforbrugende apparaters effektivitet. Det forudsættes, at denne effektivitetsforbedring i snit skal være 43% i forhold til i dag. Allerede i dag markedsføres elforbrugende apparater med langt lavere elforbrug end gennemsnittet. Og energieffektiviteten i fremtidige apparater kan yderligere forbedres markant. Det fører til elbesparelser i takt med, at elforbrugende apparater udskiftes til de til enhver tid mest effektive på markedet.

Energieffektiviteten i transportsektoren forventes ligeledes at blive forbedret. Udover at der i de grundlæggende forudsætninger regnes med et svagt fald i mængden af transporterede personer og varer efter 2020, så er det i det nordiske energiscenario forudsat, at en stigende andel af transport af både personer og varer overflyttes fra vej til tog og skib. For persontransporten regnes der med en stigning i den kollektive transport fra 23% af det samlede antal personkilometer i dag til 43% i 2030. For varetransporten forudsættes en tilsvarende stigning fra 30% i dag til 51% i 2030 af det samlede antal transporterede tons pr. kilometer. Denne stigning kræver naturligvis en målrettet indsats for at forbedre den kollektive transport.

Udviklingen i elforbruget sektoropdelt



Udviklingen i elproduktionen sektoropdelt



Desuden forudsættes en mindre energieffektivisering for de fleste transportmidler på grund af forbedret aerodynamik og brug af lettere materialer.

Forsyningssiden

Det vigtigste kendetegn ved det nordiske energiscenario er, at atomkraften er helt afviklet og brugen af kul nedsat til en tiendedel af det nuværende i 2030. Det samlede olieforbrug er skåret ned, så det kun udgør 37% af det nuværende. Forbruget af naturgas stiger lidt indtil 2015, hvorefter det falder til et niveau på 2/3 det nuværende. Samlet set er brugen af fossile brændsler nedsat med 64%.

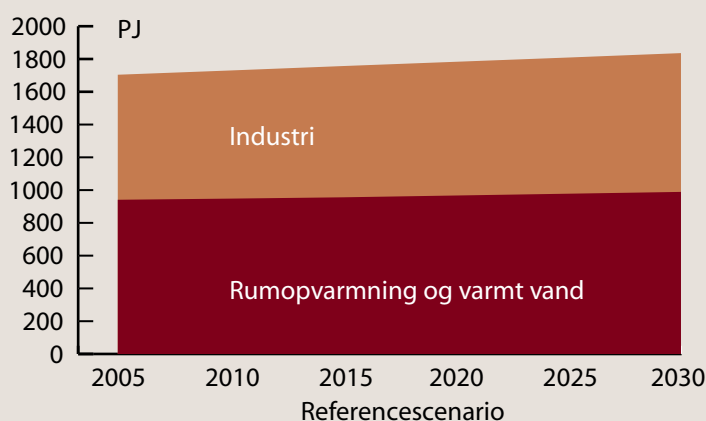
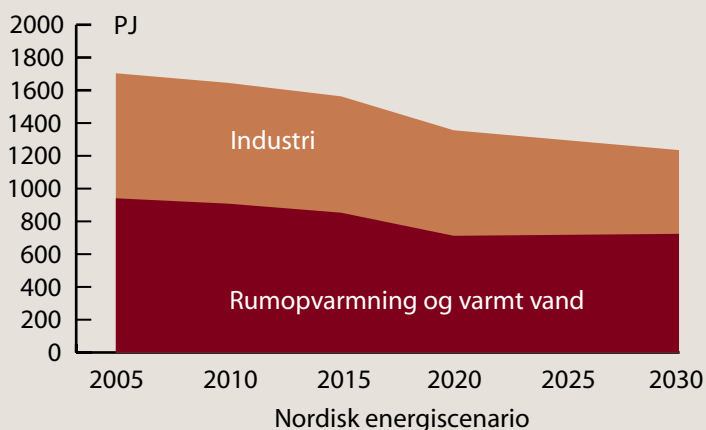
Til gengæld er der brændselssiden sket en mindre øgning på 33% i brugen af biomasse som halm, træ og biogas. Alligevel vil biomasse kunne dække næsten 58% af det samlede forbrug af brændsel i 2030.

Muligheden for at bruge solenergi til varme- og elproduktion er begrænset i store dele af det nordiske område. Derfor er forventninger til brugen af solvarme og udnyttelse af solceller til elproduktion sat forholdsvis lavt i det nordiske energiscenario. Den teknologiske udvikling kan muligvis gøre specielt solceller mere attraktive at bruge på lidt længere sigt.

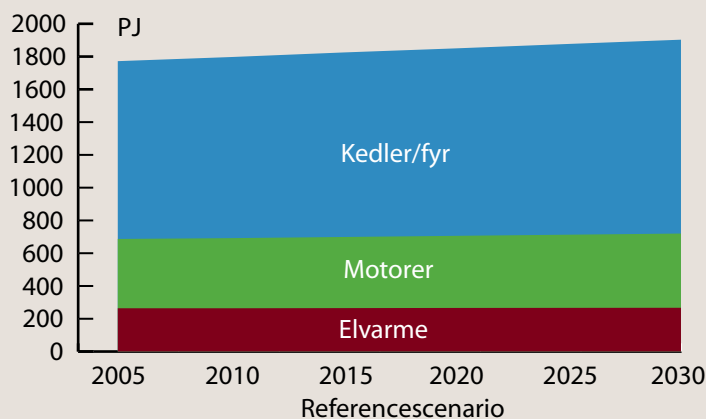
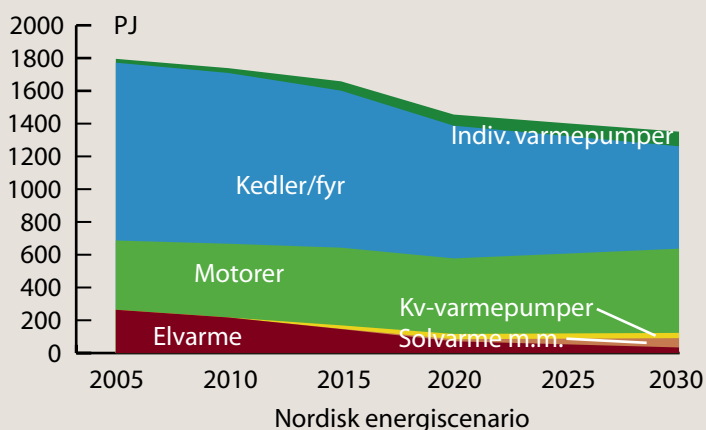
Vindkraft vil til gengæld få en mere fremtrædende plads. De lange kystlinier og store områder med forholdsvis lavt vand giver mulighed for placering af et stort antal havmølleparker med gode vindforhold. På den baggrund er det forudsat, at vindkraften i 2030 vil producere 100 Twh pr. år og levere knapt 30% af den nordiske elproduktion. Det svarer til 31.000 MW installeret effekt svarende til knap godt 15.000 2MW møller eller små 7000 af de nyeste 4,5 MW møller for hele det nordiske områder.

Der er gode muligheder for, at bølgeenergi kan blive en attraktiv elproduktionsform inden for de næste 10 – 15 år. Den fremtidige udvikling er dog endnu så usikker, at bølgeenergi ikke er medtaget i energiscenariet.

Udviklingen i varmeforbruget sektoropdelt



Udviklingen i varmeproduktionen sektoropdelt



Den eksisterende nordiske vandkraft vil i det nordiske energiscenarie kunne dække næsten halvdelen af elproduktionen i 2030, og der er ikke forudsat yderligere udbygning af vandkraften. Beregningsmæssigt er der endda forudsat, at vandkraft kun leverer 85% normalproduktionen for at tage højde for variationer i vandtilførslen. I følge det nordiske energiscenarie vil eksisterende vandkraft i Norge i 2030 bidrage til en samlet eksport af el til de 3 andre nordiske lande på i alt godt 48TWh (heraf 27 TWh til Finland, 15 TWh til Sverige, 4 TWh til Danmark og 2 TWh til andre).

Fra forsyning til forbruger

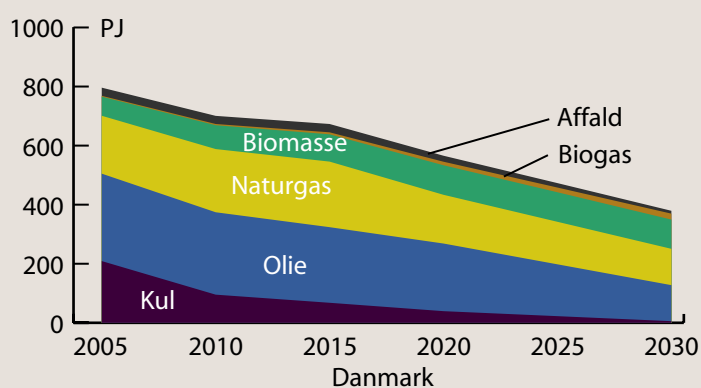
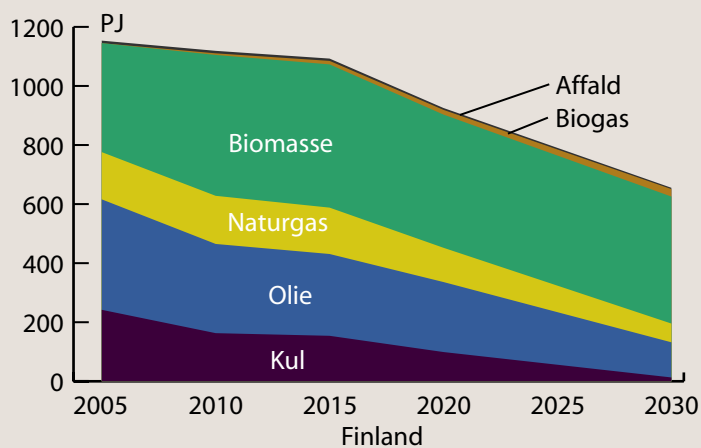
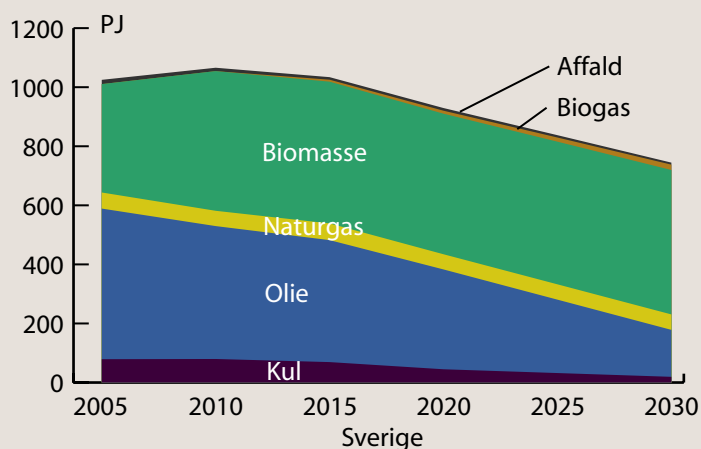
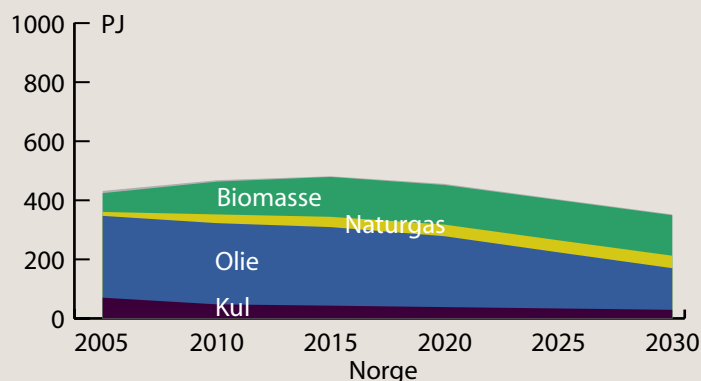
Både el- og varmemeforbruget svinger afhængigt af årtiden. Desuden svinger elforbruget kraftigt mellem nat- og dagtimerne. Det betyder, at energiforsyningssystemet skal give mulighed for at regulere energiproduktionen både på el-og varmesiden.

Elproduktionen er den sværeste at regulere, fordi der her er de største og hurtigste svingninger i forbruget. Reguleringen af elproduktionen sker i dag dels ved at skruer op og ned for vandkraftproduktionen i de lande, som har en stor vandkraftkapacitet, dels ved at bruge mellem- og spidslastværker fyret med fossile brændsler. Kraftvarmeværker er sværere at skruer op og ned for, da de er bundet til en fast varmeproduktion, som kun svinger lidt henover døgnnet. Atomkraftværker skal af både tekniske og sikkerhedsmæssige årsager køre i såkaldt grundlast – dvs. for fuld kraft hele tiden.

El- og varmeproduktionen er altså allerede i nogen grad integreret specielt i den danske del af det nordiske energisystem. Kravet til integration af elforsyning, vameforsyning og på længere sigt også transportsystemet vil være stigende, efterhånden som mere vedvarende energi kommer til at indgå i energiforsyningen som erstatning for fossile brændsler og atomkraft.

Det nordiske energiscenarie er kendetegnet ved, at det netop søger at sammensætte og optimere energisystemet som en helhed. Med en stigende mængde af den producerede el

Udviklingen i brændselsforbruget i de fire nordiske lande i det nordiske energiscenario

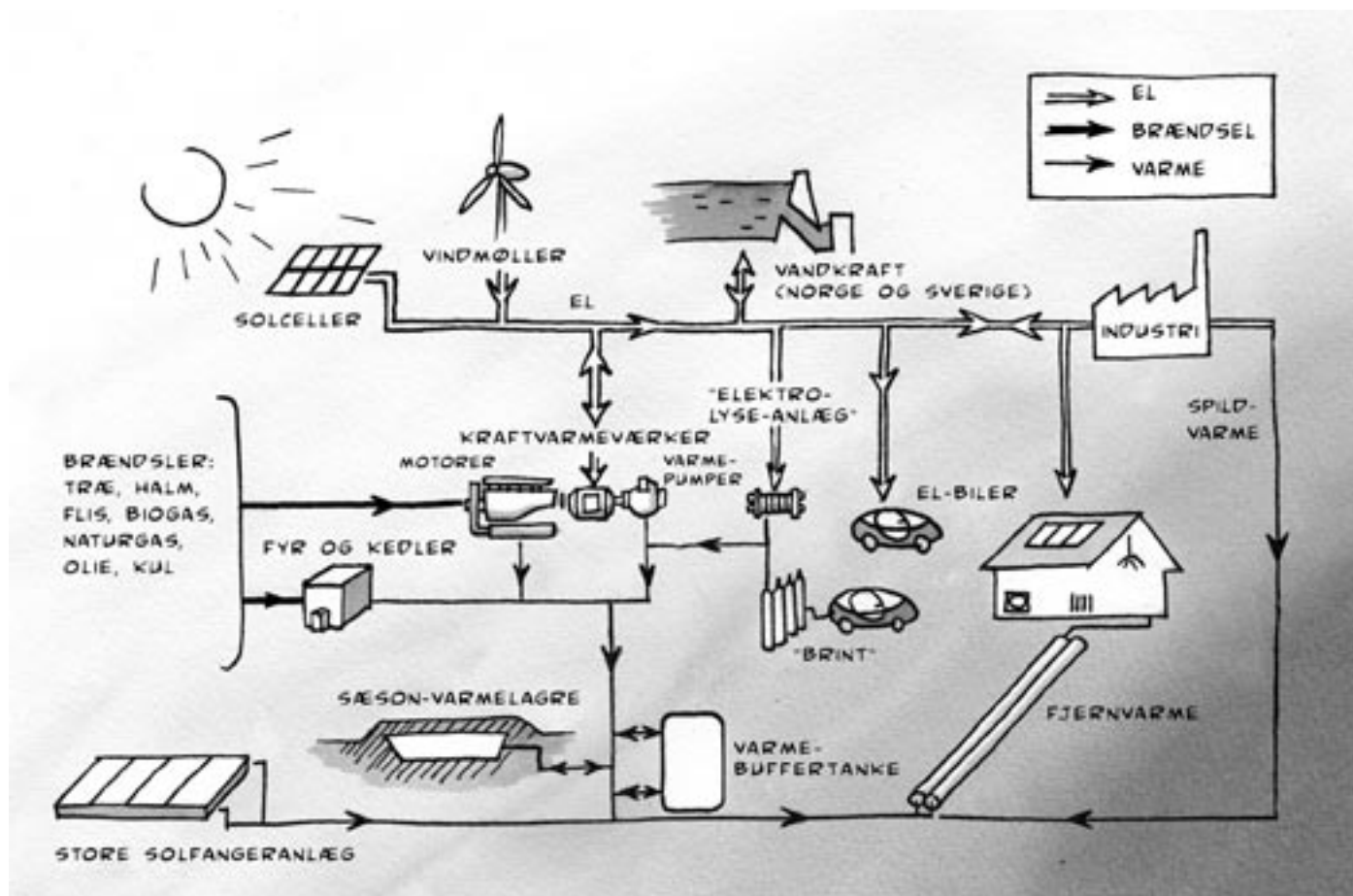
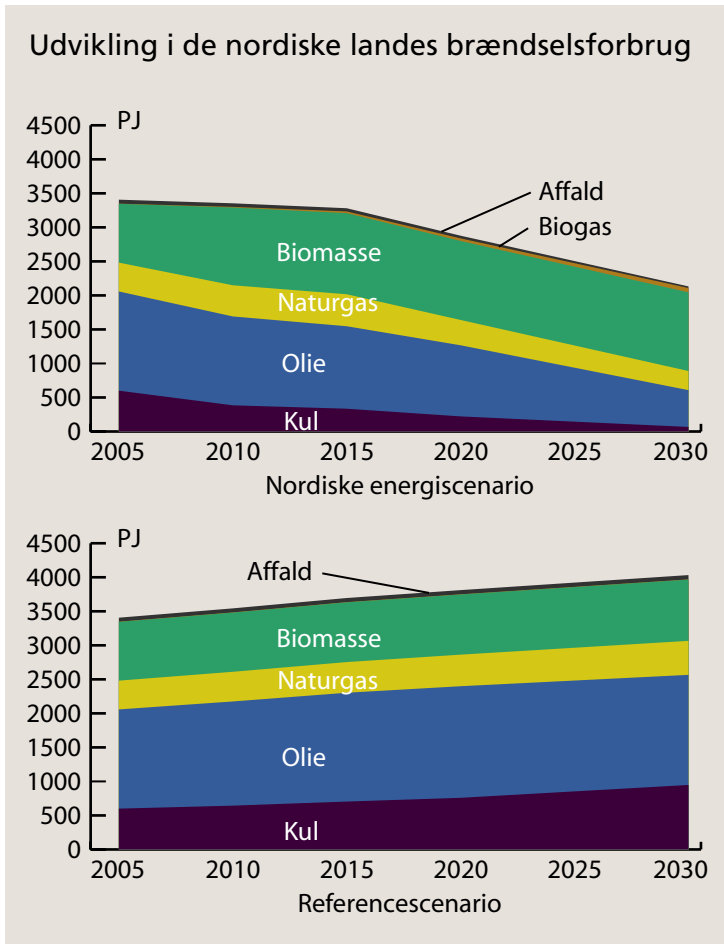


baseret på vedvarende energi er det vigtigt, at den el, der produceres i perioder med et lavt elforbrug, kan udnyttes effektivt. I det nordiske energiscenario sker dette dels ved at indsætte varmepumper i forbindelse med en del af kraftvarmeværkerne, dels ved at bruge en stigende mængde el i transportsektoren – enten direkte i eldrevne tog og busser, elbiler med batterier og hybridbiler eller indirekte via elektrolyse til brint som f.eks. kan bruges i brændselceller.

Kraftvarmeværkerne vil være forsynet med korttidsvarmelagre til at optage mindre svingninger mellem varmeproduktion og varmeforbrug. Desuden vil et mindre antal sæsonvarmelagre tjene til at øge udnyttelsen af den installerede solvarmeeffekt på fjernvarmenettet, og til at øge varmepumpenes effektivitet.

Referencescenariet

Det nordiske energiscenario er i beregningerne holdt op imod et fiktivt referencescenario. Referencescenariet er urealistisk, idet der ikke



Energisystemet i det nordiske energiscenario. Et kendetegn ved dette energisystem er, at el- varme- og transportsektoren er helt integrerede for at opnå den fleksibilitet, en forsyning baseret på vedvarende energi kræver.

er forudsat nogle former for teknologiske og strukturelle ændringer i energisystemet med undtagelse af den naturlige udskiftning af gamle, elforbrugende apparater med nye og mere energieffektive. Referencescenariet bruges som sammenligningsgrundlag for det nordiske energiscenarie især hvad angår CO₂-udledning og omkostninger (se næste afsnit)

CO₂-udledning

I referencescenariet stiger den samlede nordiske CO₂-udledningen fra energi- og transportsektoren (excl. offshoreaktivitet) 202 mio. tons i 2005 til 250 mio. tons i 2030.

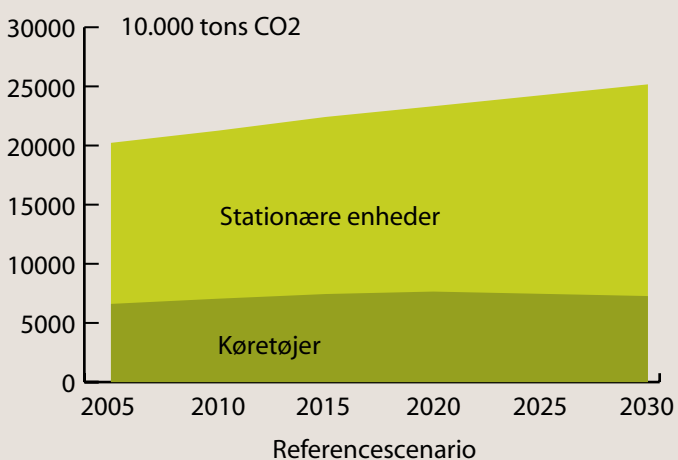
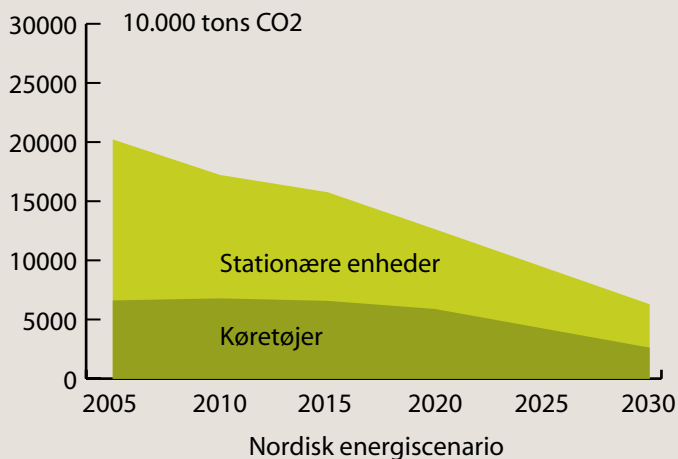
I forhold til udslippet i 1990, hvor det var 185 mio. tons, er dette en stigning på 35%.

I det nordiske scenario reduceres den nordiske CO₂-udledning derimod til 61 mio. tons i 2030 – svarende til en reduktion på 67% i forhold til 1990. Det er et udslip, der i 2030 er 4 gange lavere end i referencescenariet!

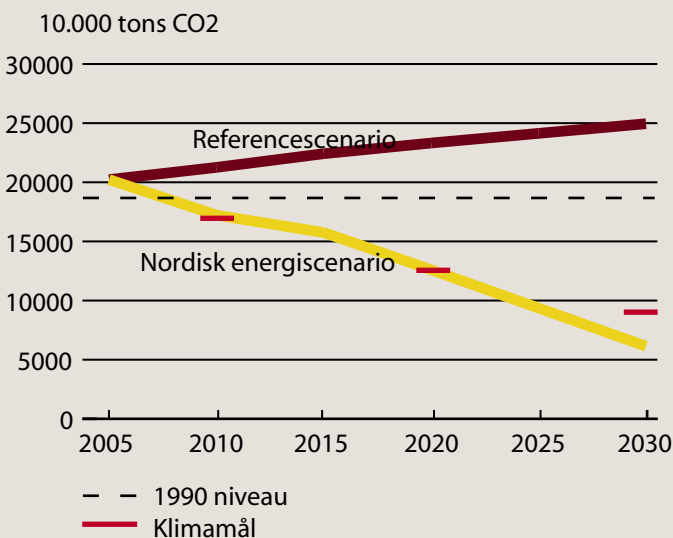
I det nordiske enerscenario opfylder alle de nordiske lande bortset fra Danmark deres nationale Kyoto-mål for 2008-12. Danmark mangler 2 mio tons i at opfylde sit mål. Til gengæld opfylder de nordiske lande samlet set udledningsmålet.

I 2020 mere end opfylder de 4 nordiske lande tilsammen det nødvendige reduktionsmål for rige lande på 30% i.f.t. 1990. Og da de ligger langt under en halvering i 2030, er man godt på vej mod den 80% reduktion i 2050, som opfyldelse af 2 graders målet kræver.

Samlede udvikling i CO₂ emissioner



CO₂ emissioner i det nordiske energiscenarie og referencescenariet i forhold til Kyoto-målet og klimamål for 2020 og 2030.





Tættere på økonomien

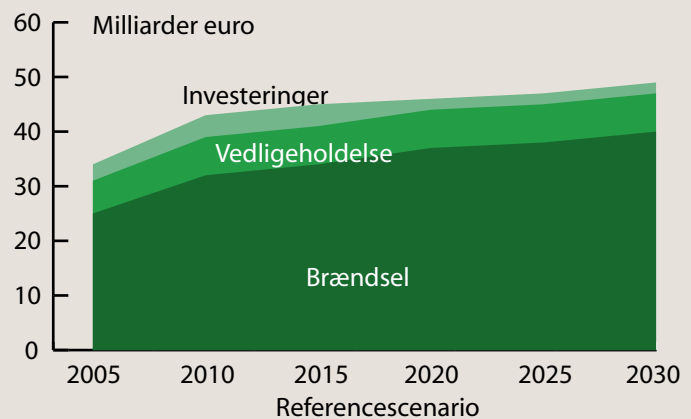
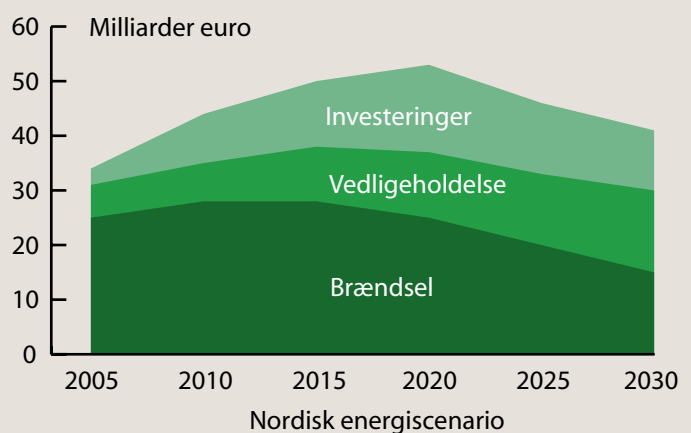
SESAM-modellens database indeholder ud over de fysiske data for energisystemet også oplysninger om investerings-, vedligeholdelses- og brændselsomkostninger for alle de fysiske enheder i energisystemet. Det kan dreje sig om alt lige fra omkostninger ved konvertering af elvarme i enkelte boliger til omkostningerne ved at bygge og vedligeholde et stort kraftværk.

Den økonomiske database giver mulighed for, at modellen sideløbende med at den beregner energiflowet i et bestemt scenario, også kan beregne de samlede omkostninger til investeringer, vedligeholdelse og brændsler.

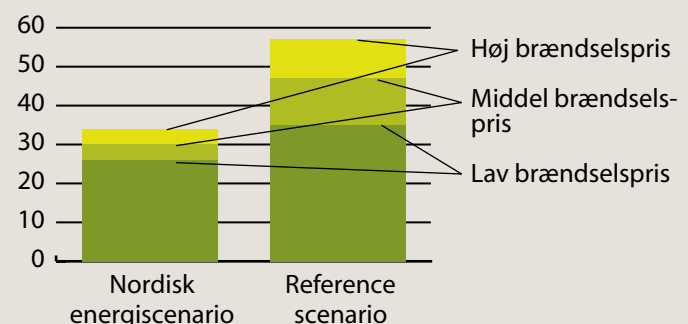
De økonomiske data i databasen er baseret på vurderinger af de fremtidige omkostninger for alle de enheder, energisystemet består af. Disse vurderinger er naturligvis behæftet med en vis usikkerhed, som afspejler sig i en lignende usikkerhed i beregningen af de totale omkostninger for et givet scenario. Usikkerheden kan naturligvis gå i begge retninger. Derfor er det rimeligt at antage, at en mindre forskel i de samlede omkostninger for to scenarier stiller disse nogenlunde lige økonomisk set, mens en stor forskel i modellens omkostningsberegninger også afspejler en virkelig økonomisk forskel.

En sammenligning mellem det nordiske energiscenario og referencescenariet viser, at der ikke er nogen grund til at forvente, at det nordiske energiscenario bliver væsentligt dyrere. Kun hvis man antager en lav – og lidet sandsynlig – udvikling i brændselspriser, bliver de beregnede samlede omkostninger i perioden 2005-

Samlede år for år omkostninger ved en middel brændselsprisudvikling



Årlige omkostninger i 2030



30 en smule mindre i referencescenariet, men med middel eller høj brændselsprisudvikling bliver det nordiske energiscenario billigere.

De økonomiske beregninger tager imidlertid ikke hensyn til, at referencescenariet fører til langt større udledninger af CO₂ end det nordiske energiscenario. Det betyder, at omkostningerne ved at skulle købe manglende kvoter i udlandet, hvis det bliver muligt, skal lægges oveni referencescenariets omkostninger.

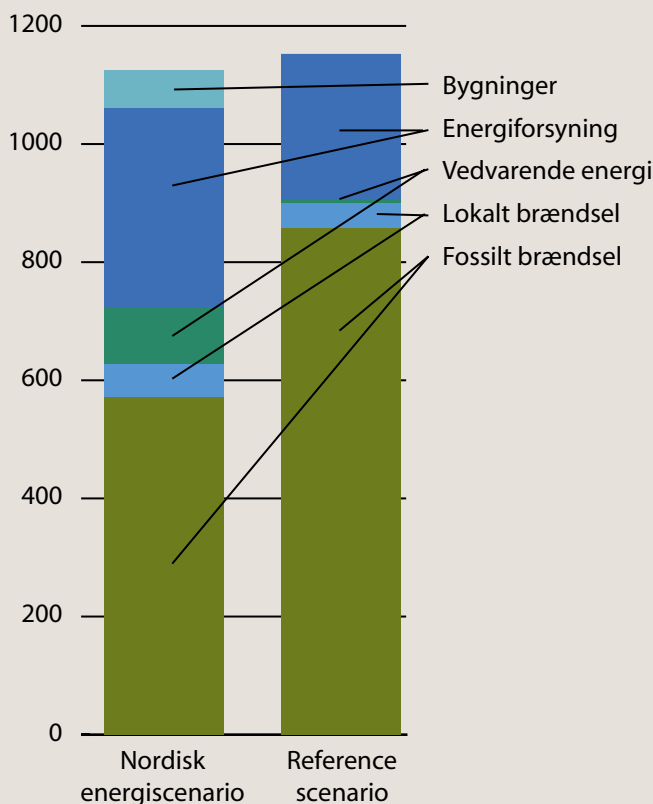
CO₂-udledninger er tilmed kun én af de såkaldte eksterne omkostninger ved at bruge fossile brændsler. Samfundet skal også bære omkostningerne ved de miljø- og helbredsproblemer, som en energiforsyning baseret på fossile brændsler i øvrigt betyder. Olieforurening af kysterne, deponering af svovlholdig flyveaske, helbredsskader som følge partikelforurening fra oliefyr og dieslbiler er bare nogle af disse såkaldte eksterne omkostninger, som vil blive markant større i referencescenariet end i det nordiske energiscenario.

Hertil kommer de omkostninger, som bliver følgen af mere og mere sandsynlige akutte olieforsyningskriser, efterhånden som efterspørgslen efter olie begynder at overstige udbuddet.

Alle disse faktorer er ikke indregnet i modellens nøgne, økonomiske beregning af omkostningerne. Men de vejer tungt til fordel for det nordiske energiscenario.

Totale omkostninger med en middel brændselsprisudvikling

Middel brændselsprisudvikling, mia. euro





Afvikling af atomkraften

Atomkraft er en dyr, farlig og ikke-bæredygtig energikilde. Derfor er en af grundforudsætnin-
gerne i det nordiske energiscenario, at atom-
kraften i Norden skal afvikles. Det betyder, at
alle atomkraftreaktorer i såvel Sverige som Fin-
land gradvist kan lukkes, så den sidste reaktor
er lukket ned inden 2025.

Danmark sagde efter 11 års folkelig debat
nej til atomkraft i 1985. Og der er i dag bred
politisk enighed om og folkelig opbakning til et
fortsat nej til atomkraft i Danmark. Og Norge
har ingen planer om atomkraft.

Den svenske regering har med en 3-partiaftale
vedtaget, at atomkraften skal afvikles. Afvik-
lingen er startet med lukningen af Barsebäcks
to reaktorer i henholdsvis 1999 og 2005.
I det nordiske energiscenario kan afviklen
fortsætte med lukning af den ældste reaktor,
Oscarshamn 1, i 2009 og slutte med lukning
af Forsmark 3 i 2024. Forsmark 3 vil på det
tidspunkt have været i drift i 39 år.

Finland har i modsætning til Sverige ikke
besluttet at afvikle atomkraften. Tværtimod er
Finland som et af de få lande i Europa des-
værre igang med at opføre en femte reaktor,
Olkiluoto 3. I det nordiske energiscenario er
denne reaktor ikke nødvendig, men hvis den
sættes i drift i 2010, kan de to gamle reaktorer
Loviisa 1 og Olkiluoto 1 samtidig lukkes, og
Loviisa 2 to år senere.

Nedlukningsomkostningerne for de svenske
og finske atomkraftværker er ikke inkluderet i
nogle af de to scenarier, da disse omkostninger

Afvikling af atomkraftværker i Sverige

Reaktor	Kapacitet i MW	Lukning i år	Alder ved lukning
Oscarshamn 1	445	2009	38
Ringhals 1	835	2011	37
Oscarshamn 2	605	2012	38
Ringhals 2	875	2013	39
Forsmark 1	970	2015	35
Ringhals 3	915	2016	36
Forsmark 2	970	2018	37
Ringhals 4	915	2020	38
Oscarshamn 3	1160	2022	37
Forsmark 3	1160	2024	39

Afvikling af atomkraftværker i Finland

Reaktor	Kapacitet i MW	Lukning i år	Alder ved lukning
Loviisa 1	488	2010	33
Olkiluoto 1	840	2010	32
Loviisa 2	488	2012	32
Olkiluoto 2	840	2019	39
Olkiluoto 3	1600	2025-29	15-19

vil være ens og skal afholdes, uanset hvilket
scenario man vælger.

Et nordisk energiscenario

Greenpeace, juni 2006
Bredgade 20, 1260 København K
Tlf. 33 93 86 60
Mail: info@nordic.greenpeace.org
Hjemmeside: www.greenpeace.dk
Tekst og lay-out: Stig Melgaard
Tegninger: Palle Schmidt

Et nordisk energiscenario er baseret på rapporten
"A Viable Energy Strategy for the Nordic Countries 2006-2030",
som Klaus Illum har udarbejdet for Greenpeace Norden.
Rapporten kan downloades fra:
www.greenpeace.dk/energiscenarie

