

IDA's Klimaplan 2050



HOVEDRAPPORT

Omslag: Rune.Anders.Lars

Tryk: IDAs Printcenter

ISBN: EAN 979-87-87254-23-6

Udgivet af Ingeniørforeningen, IDA

August 2009

Kalvebod Brygge 31-33

1780 København V.

Telefon 33 18 48 48

Fax 33 18 48 99

E-mail: ida@ida.dk

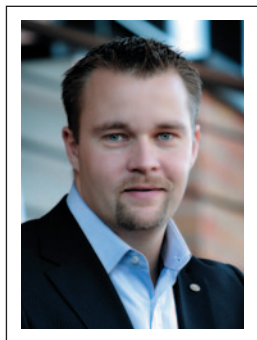
Redaktion:

Bjarke Fønnesbech

Pernille Hagedorn-Rasmussen

IDAs Klimaplan 2050 er det danske bidrag til det internationale projekt Future Climate.

En bæredygtig fremtid



Verden står ved en korsvej: Vi kan vælge at forsætte med at udlede stigende mængder af drivhusgasser, med store klimaforandringer til følge, eller vi kan vælge at tage udfordringen op, og arbejde for en bæredygtig fremtid. I IDA og i det internationale ingeniørprojekt, Future Climate – Engineering Solution, vælger

vi udfordringen. Vi tror på en bæredygtig fremtid, hvor hensyn til klodens klima går hånd i hånd med vækst og velstand.

At skabe en bæredygtig fremtid kræver viden og handling. IDAs Klimaplan 2050, der er baseret på ingeniørers og andre faggruppers faglige viden og indsigt, viser, at Danmark kan reducere sin udledning af drivhusgasser med 90 % i 2050. Det er reduktioner i den størrelsesorden, der skal til, for at Danmark viser reelt medansvar for, at den globale middeltemperatur maksimalt stiger med 2 grader celsius. Klimaplan 2050 peger både på de teknologier, der skal udvikles, og på virkemidler der skal implementeres, for at 2-gradersmålsætningen kan indfries.

Der er ikke kun klimamæssige fordele ved at implementere IDAs Klimaplan 2050 – også sikkerhedspolitisk, erhvervsmæssigt og økonomisk vil det kunne betale sig: Danmark vil kunne undgå at blive afhængig af olie- og gasimport fra Mellemøsten og Rusland. Eksporten af danske energiteknologier vil kunne mangedobles og samfundsøkonomisk er IDAs Klimaplan 2050 en særdeles god forretning.

Undgå klimaforandringerne kan vi dog ikke. Derfor må vi allerede nu gøre os overvejelser om, hvilke tiltag der skal iværksættes og prioriteres, når klimaforandringerne rammer os.

IDA anbefaler, at regeringen og alle folketingets partier arbejder for at de incitamenter og virkemidler, der er beskrevet i IDAs Klimaplan 2050, bliver implementeret. Vi opfordrer ligeledes alle parter til at arbejde for, at der opnås en så ambitiøs klimaaftale i FN regi som overhovedet muligt. I sidste ende er det den politiske vilje og samfundets evne til at handle, der er afgørende for en bæredygtig fremtid.

IDAs Klimaplan 2050 bygger videre på IDAs "Energiplan 2030" og IDAs bæredygtighedsrapport "Grøn fremtid" og er baseret på bidrag og input fra hundredvis af ingeniører og andre fagfolk. Der har været afholdt over 15 konferencer og seminarer i forbindelse med arbejdet, og IDAs fagtekniske selskaber har været rygraden i dette arbejde.

Jeg vil rette en stor tak til alle, som har bidraget med faglige input og arbejdskraft til IDAs Klimaplan 2050. Planen repræsenterer en imponerende bredde af faglig ekspertise, og jeg håber den må blive et værdifuldt bidrag til diskussionen om, hvordan vi løser et af det 21. århundredes største udfordringer.

Lars Bytoft

Formand

Ingeniørforeningen, IDA

Indholdsfortegnelse

En bæredygtig fremtid.....	3
-----------------------------------	----------

Bag IDAs Klimaplan 2050 er mange gode kræfter ...	6
--	----------

Introduktion.....	7
--------------------------	----------

2 graders målsætning	7
----------------------------	---

Et perspektiv på 40 år	7
------------------------------	---

En national plan set i et internationalt perspektiv ...	8
---	---

Sammenfatning af arbejdet med IDAs Klimaplan 2050	9
--	----------

9 centrale anbefalinger	17
--------------------------------------	-----------

Energisystemet og energiproduktion.....	23
--	-----------

RESUMÉ: ENERGISYSTEMET OG ENERGIPRODUKTION ...	25
--	----

Energisystemet og energiproduktion	27
--	----

Vindkraft skal være krumtap i det vedvarende energisystem.....	27
---	----

Biomasse og bioenergi.....	35
----------------------------	----

Biogas i Danmark.....	37
-----------------------	----

Teknologi- og udbygningspotentialer for solceller	40
---	----

Bølgeenergi – et muligt styrkeområde.....	42
---	----

Olie- og gasressourcer og indvinding.....	44
---	----

Indpasning af vedvarende el-produktion i energisystemet	47
--	----

Elektrolyse og brændselscelleanlæg er centrale i fremtidens kraftværksstruktur	48
---	----

Varmepumper i kraftvarmesystemet	50
--	----

Et radikalt forandret energisystem	50
--	----

Intelligent energiforbrug og -styring.....	51
--	----

Udvidelse af fjernvarmeområder.....	54
-------------------------------------	----

Omlægninger til lavtemperatur fjernvarme og mulighed for decentral produktion.....	55
---	----

Fjernkølingsteknologien	55
-------------------------------	----

Solvarme	58
----------------	----

Atomkraft.....	60
----------------	----

Landbrug, fødevarer og materialer	63
--	-----------

RESUMÉ: LANDBRUG, FØDEVARER OG MATERIALER ..	65
--	----

Landbrug, fødevarer og materialer.....	67
--	----

Landbrug som producent af fødevarer, energi, foder og materialer	67
---	----

Fødevarers klimabelastning	69
----------------------------------	----

Forslag til reduktion af klimabelastning fra landbrug og fødevarer	77
---	----

Et mere klimavenligt dansk landbrug	78
---	----

Den samlede reduktion ved initiativer i forhold til fødevarereproduktion og fødevarerforbrug	80
---	----

Biomassepotentialer til energi og materialer i Danmark	82
---	----

Alger som marin biomasse-ressource	85
--	----

Anlæg til kombineret produktion af energi, foder og materialer.....	87
--	----

Materialer fra biomasse.....	87
------------------------------	----

Industri og erhverv.....	91
---------------------------------	-----------

RESUMÉ: INDUSTRI OG ERHVERV	93
-----------------------------------	----

Industri og erhverv.....	95
--------------------------	----

Industriens klimagas-emissioner 2007.....	95
---	----

Industriens energiforbrug	97
---------------------------------	----

Store potentialer i reduktioner af varmekonsumet ..	99
---	----

Elforbrug i industrien skal ned	101
---------------------------------------	-----

Hvordan kommer der gang i energibesparelser? ..	101
---	-----

Bolig og bygninger.....	107
--------------------------------	------------

RESUMÉ: BOLIG OG BYGNINGER	109
----------------------------------	-----

Boliger og bygninger	111
----------------------------	-----

Nybyggeri	111
-----------------	-----

Renovering af eksisterende bygningsmasse	114
--	-----

Integration af vedvarende energi i bygninger	118
---	-----

Transport	121
------------------------	------------

RESUMÉ: TRANSPORT	123
-------------------------	-----

Transport	125
-----------------	-----

Byplanlægning – begrænser transportbehovet ..	126
---	-----

Væksten i biltrafikken bør stoppes	126
--	-----

Bytrafik der baseres på kollektive løsninger og cykler	127
---	-----

Stop væksten i luftfarten	130
---------------------------------	-----

Skibsfartens CO ₂ udledninger	133
--	-----

Klimatilpasning	137
------------------------------	------------

RESUMÉ: KLIMATILPASNING	139
-------------------------------	-----

Klimatilpasning	141
-----------------------	-----

Spildevand – en udfordring både nu og i fremtiden	143
--	-----

Drikkevandsforsyningen	145
------------------------------	-----

Byggeri og anlæg	146
------------------------	-----

Kystforvaltning	147
-----------------------	-----

Natur og produktion i et forandret klima.....	148
---	-----

Samfundsøkonomisk perspektiv på klimatilpasning	150
--	-----

Klimatilpasning som erhverv	151
-----------------------------------	-----

Bag IDAs Klimaplan 2050 er mange gode kræfter

IDAs Klimaplan 2050 bygger videre på IDAs "Energiplan 2030" og IDAs bæredygtighedsrapport "Grøn Fremtid – Brikker til en bæredygtig udvikling". Det samlede arbejde er baseret på arbejdet i seks temagrupper, som har sit udspring i IDAs fagtekniske selskaber. Undervejs i processen har der været afholdt en række seminarer, konferencer, workshops, hvor enkeltsektorer, teknologier mv. er blevet behandlet og diskuteret. Resultaterne fra de enkelte temaer er løbende blevet behandlet i projektets koordineringsgruppe, som har samlet de mange tråde og i samarbejde med IDAs administration udarbejdet IDAs Klimaplan 2050.

Koordineringsgruppen for Klimaplan 2050

Hans Jørgen Brodersen (Selskabet for Teknologianalyse og Vurdering, STAV), Kurt Emil Eriksen (IDA-BYG, Selskabet for Bygge- og Anlægsteknik), Lars Bennedsen (IDA Miljø), Ane Møllerup (Selskabet for Risikovurdering, RISK), Michael Søgaard Jørgensen (Selskabet for Grøn Teknologi, SGT), Jakob Christensen (Selskabet for Jernbanetransport, JETRA) og Leif Amby (Mors-Thy afdelingen). Herudover har selskaberne IDA Energi, Maritimt Selskab, Byplan, Vej & Trafik, E-gruppen, IDA Proces, IDA Produktion og logistik og Dansk Selskab for Materialeprøvning og -forskning, DSM, Energiteknisk Gruppe, IDA Nord også deltaget i arbejdet.

IDAs Klimaplan 2050 bygger på bidrag og faglige input fra mere end hundrede fagfolk. Tak for det!

En særlig tak skal lyde til Ida Fabricius (DTU), Hans Otto Kristensen (DTU), Nanna Høgh Nielsen (PH-Consult), Jens Jørgen Linde (PH-Consult), Ole Fritz Adeler (Krüger), Lars Klinge (Comxnet), Thea Drachen, Søren Gabriel (Orbicon), Per Alex Sørensen (Planenergi A/S), Per Nielsen (EMD), Nicolai Kipp (Energinet.dk), Jens Peter Kofoed (AAU), Peter Ahm (PA energi), Flemming Vejby Kristensen (Energimidt), John Bøgild Hansen (Haldor Topsoe), Mogens Mogens (Risø/DTU), Anders Dyrelund (Rambøll), Mogens Nielsen (Dansk Fjernvarme Forening), Jan Don Høgh (Københavns Energi), Jesper Magtengaard (Dong

Energy), Jan Erik Nielsen (PlanEnergi), Jonas Møller (Dansk Byggeri), Helge Bach Christensen (IDA Energi), Jacob Sørensen, Eskil Thuesen, Ingeborg Callesen (Selskabet for Grøn Teknologi), Anette Christiansen (Landbrug og Fødevarer), Torben Chrintz (NIRAS), Thorfinn Deleuran (Selskabet for Grøn Teknologi), Rikke Fog-Møller (DTU), Philip Giødesen Lund (DTU), Irene Nicolajsen (Landbrug og Fødevarer), Michael Tersbøl (Økologisk Landsforening), Kaj Jørgensen (Risø/DTU), Peter Buchwald (DSB), Henrik Kragerup (NNE Pharmaplan), Gorm Simonsen, Peter Brønd (IDA Produktion og logistik) Bente Hesselund Andersen (NOAH), Thomas Færgeman (Concito), Gilli Trond (Bitland Entreprise) og Jens Astrup Madsen (Landbrug og Fødevarer). Ingen af disse står dog til ansvar for rapportens indhold og konklusioner.

Klimaplan 2050 blev præsenteret første gang på en konference 11.maj 2009, herefter var en 10 dages høringsperiode, hvor alle interesserede kunne sende deres kommentarer til koordineringsgruppen. Gruppen diskuterede de 17 indkomne høringssvar og der er på forskelligvis taget hensyn til høringssvarene i rapporten.

Beregningerne af energisystemet er foretaget af adjunkt Brian Vad Mathiesen, Aalborg Universitet, professor Henrik Lund, Aalborg Universitet samt seniorforsker Kenneth Karlsson, DTU/Risø.

Det overordnede ansvar for projektet "Future Climate – Engineering Solutions" har været lagt i hænderne på IDAs Styregruppe for Miljø, Energi og Klima, bestående af: Helle Herk-Hansen, Charles Nielsen, Vilhjålmur Nielsen og undertegnede.

Jeg vil gerne benytte lejligheden til at takke alle for deres uvurderlige bidrag og indsats. Uden jer ville der ikke være nogen Klimaplan 2050.

God læselyst!

Søren Skibstrup Eriksen

Formand for IDAs Styregruppe for Miljø, Energi og Klima

Introduktion

IDAs Klimaplan 2050 er et helhedsorienteret bud på, hvordan de danske udledninger af klimagasser, kan reduceres med 90 % i 2050 samtidig med, at vi forbedrer vores selvforsyning, vores økonomi og udvikler dansk erhvervsliv.

Rapporten indeholder også en række anbefalinger til dansk klimapolitik. Anbefalingerne er centrale for at sikre, at Danmarks udslip af drivhusgasser reduceres til et bæredygtigt niveau, og for at Danmark så effektivt og økonomisk som muligt, imødegår de klimaforandringer som allerede er en realitet.

Rapporten er delt op i seks kapitler som behandler følgende sektorområder: Energisystemer og energi-produktion; landbrug; industri og erhverv; byggeri, transport og klimatilpasning. I de enkelte kapitler beskrives muligheder og udfordringer ved at reducere udledning af drivhusgasser i de relaterede sektorer, klimaplanens sektorspecifikke mål og argumenterne herfor præsenteres og de konkrete tiltag, der er nødvendige for planens realisering, beskrives.

Rapporten ledsages af en baggrundsrapport med tekniske energisystemanalyser og samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. Herudover omfatter materialet en faglig rapport, hvor energibesparelspotentialer i industrien er beskrevet og endelig indgår 4 faglige notater i det samlede materiale og en IDA-analyse. Til sammen udgør rapporterne og notaterne IDAs Klimaplan 2050.

2 graders målsætning

IDAs Klimaplan 2050 er en del af projektet "Future Climate – Engineering Solutions", hvor 13 ingeniørorganisationer verden over arbejder sammen om at anviser nationale løsninger for, hvordan udledningen af drivhusgasser kan reduceres, så den globale middeltemperatur ikke stiger med mere end 2 grader Celsius.

I IPCCs "Fourth Assessment Report" fra 2007 fremgår det, at hvis temperaturen ikke skal stige med mere end 2-2,4 grader Celsius, så skal den totale koncentration

af drivhusgasser i atmosfæren holdes mellem 445-490 ppm (CO₂-ækvivalenter). Da koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren allerede i 2005 nåede 445 ppm (CO₂-ækvivalenter) har IPCC estimeret, at udslippet af drivhusgasser skal toppe hurtigst muligt og senest i år 2015 – og at udslippet af drivhusgasser skal reduceres med 50-85 % i 2050 sammenlignet med år 2000.

I IDA tager vi det for givet, at vi, indbyggerne i de velhavende OECD-lande, ikke i længden kan opretholde et større udslip af drivhusgasser pr. indbygger end indbyggere i andre dele af verden. Da Danmark har et udslip af drivhusgasser, der er ca. dobbelt så stort som den gennemsnitlige verdensborger, betyder det at vi som land må påtage os en stor reduktionsforpligtigelse. Målsætningen med IDAs Klimaplan 2050 har derfor været at vise, at det er teknologisk og økonomisk muligt, at reducere udledningen af drivhusgasser i Danmark med 90 %. Det svarer til, at hver dansker maksimalt bidrager med ca. 1,3 tons CO₂-ækvivalenter i 2050.

En så drastisk reduktion i udledningen af klimagasser, får stor betydning for hvordan vi indretter det danske samfund og i særdeleshed det danske energisystem. Målsætningen kan derfor ikke stå alene og følgende målsætninger har udgjort rammen for udviklingen af IDAs Klimaplan 2050:

- At reducere udledningen af drivhusgasser med 90 % i 2050.
- At opretholde Danmarks selvforsyning med energi.
- At udbygge Danmarks erhvervsmæssige position på klima- og energiområdet.
- At den danske økonomi og velstand udvikles.

Et perspektiv på 40 år

IDAs Klimaplan 2050 arbejder med et perspektiv på 40 år. At arbejde med scenarier med så langt tidsperspektiv, medfører en række usikkerheder som det er relevant at gøre opmærksom på.

Et centralt område i klimaplanen handler om modenhed og udvikling af teknologier. Fagfolk har på baggrund af viden om tekniske muligheder, faktiske pro-

duktionsplaner og omkostninger til udvikling givet fagligt bud på i hvor høj grad forskellige teknologier kan forventes at bidrage til reduktion af drivhusgasser. I forhold til tidsperspektiver på 10 til 15 år foregår disse vurderinger på et relativt kendt grundlag, men i det længere tidsperspektiv er der mulighed for temmelig store forandringer. For eksempel har mange energianlæg en levealder, der er væsentlig kortere end 40 år og derudover vil innovative gennembrud inden for fx materialer eller CCS-teknologier have betydning for den faktiske udvikling.

I forhold til det 40-årige tidsperspektiv betyder dette rum for forandring på den ene side, at der er mulighed for store ændringer, hvis vi er indstillet på dem. På den anden side skal det fremhæves, at IDAs Klimaplan 2050 er ingeniørernes bedste bud (med vores nuværende viden) på en klimafremtid for Danmark. En fremtid, hvor arbejdspladser, energibesparelser og reduktioner af drivhusgas udledninger spiller sammen på den samfundsmæssige mest optimale måde. Et væsentligt mål med arbejdet har derfor været at vise, at der findes en teknisk og økonomisk vej, der er anderledes end den Danmark på nuværende tidspunkt er på vej ud af.

IDAs Klimaplan 2050 arbejder med scenarier for årene 2015, 2030 og 2050. Disse scenarier sammenlignes med Energistyrelsens reference. Den væsentligste forskel mellem referenceårene og IDAs Klimaplan 2050 er de store anlægsomkostninger i klimaplanen, mens referencen har store brændselsomkostninger. Derfor er sammenligningen især følsom overfor dels ændringer i brændselspriserne, og dels ændringer i rente og investeringsbehov. Derfor er der foretaget, dels en følsomhedsanalyse, hvor anlægsomkostningerne gennemsnitligt er hævet med 50 %, og dels en beregning med en samfundsøkonomisk realrente på 6 % i stedet for 3 %. Resultaterne af følsomhedsanalyserne fremgår af Baggrundsrapporten til IDAs Klimaplan 2050, hvoraf det ses, at IDA 2015 og IDA 2030 har de laveste samfundsøkonomiske omkostninger selv under disse forhold. Det skal dog pointeres, at dette gælder den samlede pakke. Med ændret rente eller investeringsomfang vil flere af enkelttiltagene få en negativ samfundsøkonomi.

En national plan set i et internationalt perspektiv

IDAs Klimaplan 2050 har et nationalt udgangspunkt, både i arbejdet med at etablere fremtidige energiscenarier og når der foreslås virkemidler. Det skyldes flere forhold.

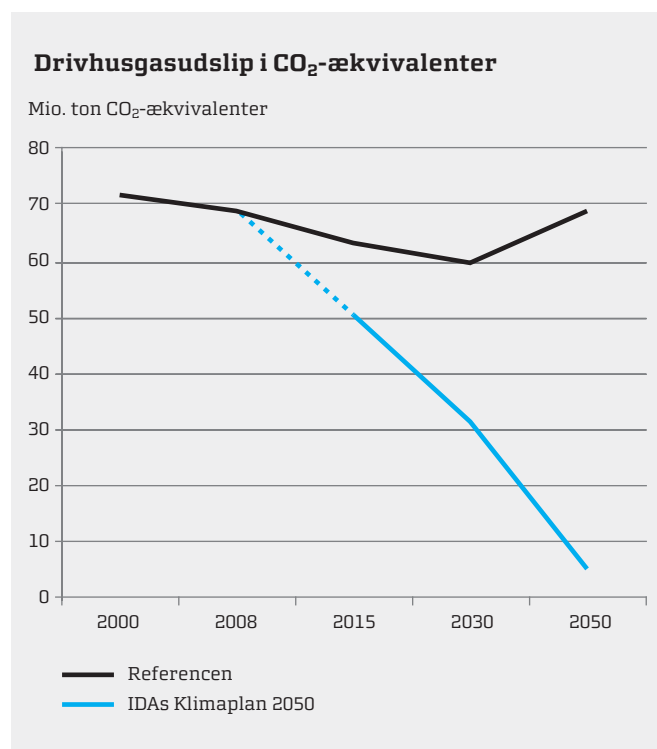
I relation til arbejdet med scenarier i Klimaplan 2050 skal det understreges, at når analyserne sker indenfor et lukket energisystem uden handel, er det ikke et udtryk for, at der ikke skal handles med el i fremtiden. Dette er alene gjort med henblik på, at energisystemerne i klimaplanen, ikke er tvunget til at eksportere eller lukke vindmøller mv. ned i vise situationer. Eventuelle ændringer i evnen til elhandel er ikke afgørende for sammenligningen. Den store forskel mellem referenceårene og IDAs Klimaplan 2050 er karakteriseret ved, at klimaplanen indeholder store anlægsomkostninger, mens referencen har store brændselsomkostninger. Derfor er sammenligningen især følsom overfor dels ændringer i brændselspriserne og dels ændringer i rente og investeringsbehov.

Der er også andre områder i klimaplanen, der har en væsentlig international dimension som fx biomasse. I IDAs Klimaplan 2050 konstrueres et 100% vedvarende energisystem, der potentielt kan opretholdes på nationale biomasseressourcer. Det har ikke været et mål i klimaplanen, at der ikke skal handles med biomasse. Men ved det nationale udgangspunkt giver IDAs klimaplan mulighed for, at Danmark ikke bliver afhængig af import af biomasse, når vi ikke har flere fossile ressourcer tilbage i Nordsøen.

I alle de sektorer som er omfattet af klimaplanen: landbrug, transport, energi mv. spiller EU regulering en væsentlig rolle. Alligevel indgår analyse og anbefalinger i forhold til regulering og støtteordninger i relation til EU ikke i IDAs Klimaplan 2050. Dette er ikke et udtryk for, at det ikke er relevant, men et udtryk for en begrænsning af arbejdet med klimaplanen.

Sammenfatning af arbejdet med IDAs Klimaplan 2050

IDAs Klimaplan 2050 beskriver, hvordan Danmark i første halvdel af det 21. århundrede kan reducere udslippet af drivhusgasser med 90 %, inkl. energiforsyning, landbrug og industri. IDAs Klimaplan 2050 er et scenarie, hvor Danmark foretager et markant skridt fra fossilt baseret energi til 100% vedvarende energi. Dette kræver en række forandringer ikke bare i energisystemet, men også i bygninger, i transportvaner, i madvaner og inden for forskning og udvikling samt ikke mindst indenfor industrien. Planen er derfor samtidig en beskrivelse af, hvordan investeringer i teknologi og infrastruktur kan udvikle Danmark til et moderne samfund baseret på vedvarende energikilder og effektiv udnyttelse af alle tilgængelige ressourcer. Et samfund, hvor vækst i erhverv og velfærd kan ske i samspil med et bæredygtigt miljø.



Figur 1: Danmarks drivhusgasudslip –Energistyrelsens reference og IDAs Klimaplan 2050. Energistyrelsens reference stiger efter 2030 fordi der ikke forligger politiske vedtagene anlæg eller energispare initiativer, der rækker ud over 2030.

Danmark har i de sidste 20 år oplevet en relativ stabil udledning af drivhusgasser. IDAs Klimaplan 2050 vil sætte skub i de danske reduktioner (se Figur 1). Dette er helt nødvendigt, hvis vi vil tage en fair andel af de reduktioner der skal ske på globalt plan. Der er desuden store økonomiske, sikkerhedspolitiske og erhvervsmæssige fordele ved at gennemføre IDAs Klimaplan 2050.

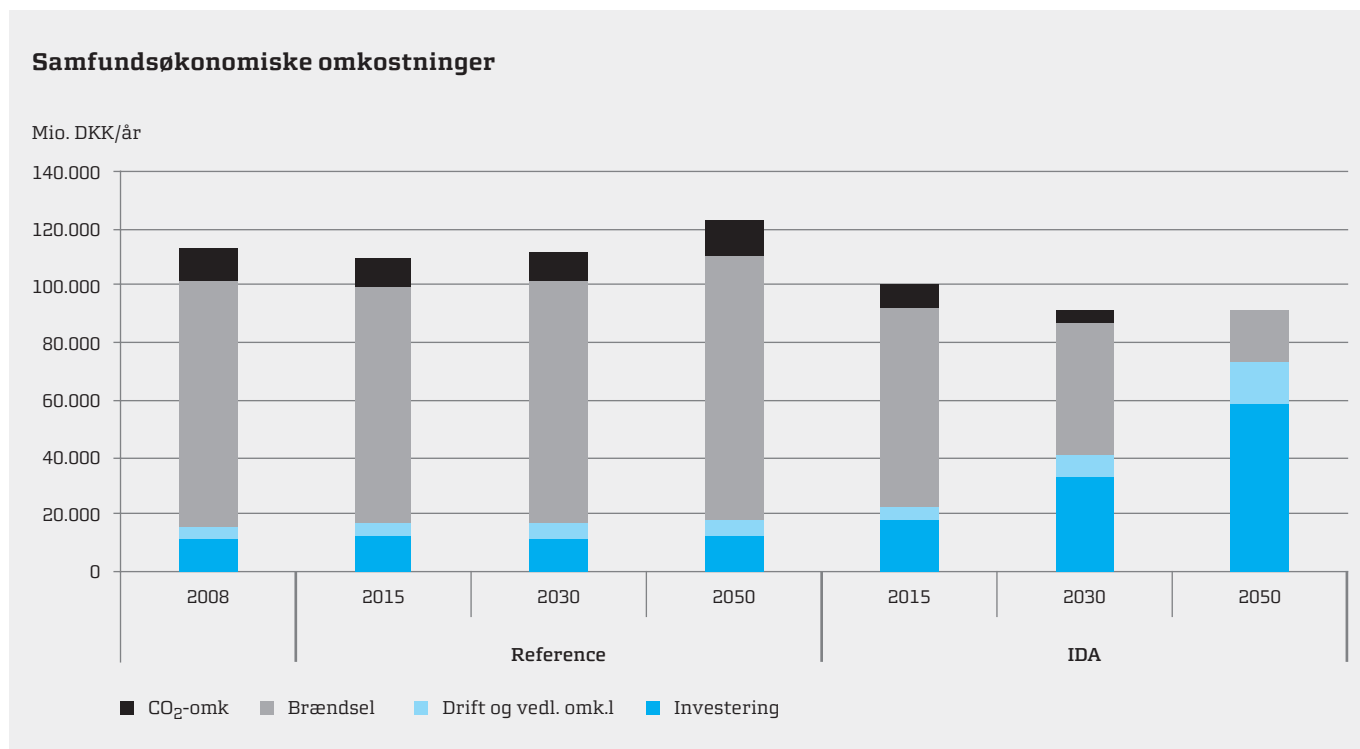
Samfundsøkonomiske beregninger viser, at en omlægning af energiforsyningen vil medføre besparelser på 9 milliarder kr. allerede i år 2015, se Figur 2. Herefter vil besparelserne stige frem til 2050 så de når op på 25 milliarder kr. årligt. Det skal understreges, at der er store usikkerheder ved beregninger for både 2030 og 2050.

Erhvervsmæssigt vil der være store fordele ved at implementere IDAs Klimaplan 2050. Effektive og vedvarende energiteknologier er Danmarks hastigst voksende eksportvare, og en realisering af IDAs Klimaplan 2050 og de tilhørende anbefalinger kan skabe potentiale for en stigning i eksporten af energiteknologier.

INVESTERINGER I EN BÆREDYGTIG FREMTID

IDAs Klimaplan 2050 bygger på en strategi, hvor anlæg erstattes med bedre teknologier efterhånden som de er udtjent. En strategi hvor Danmark investerer ambitiøst i at udbygge den danske energi- og infrastruktur, og på længere sigt høster frugterne af investeringen.

Udgangspunktet er, at det vil blive stadig dyrere at reducere udslippet af drivhusgasser for hvert år, der går, før Danmark for alvor starter investeringerne og indfører de nødvendige tiltag. En udskydelse af den nødvendige omlægning vil samtidig reducere Danmarks muligheder som erhvervsmæssigt foregangsland.



Figur 2: Samfundsøkonomiske omkostninger ved Energistyrelsens fremskrivninger og ved IDAs Klimaplan 2050.

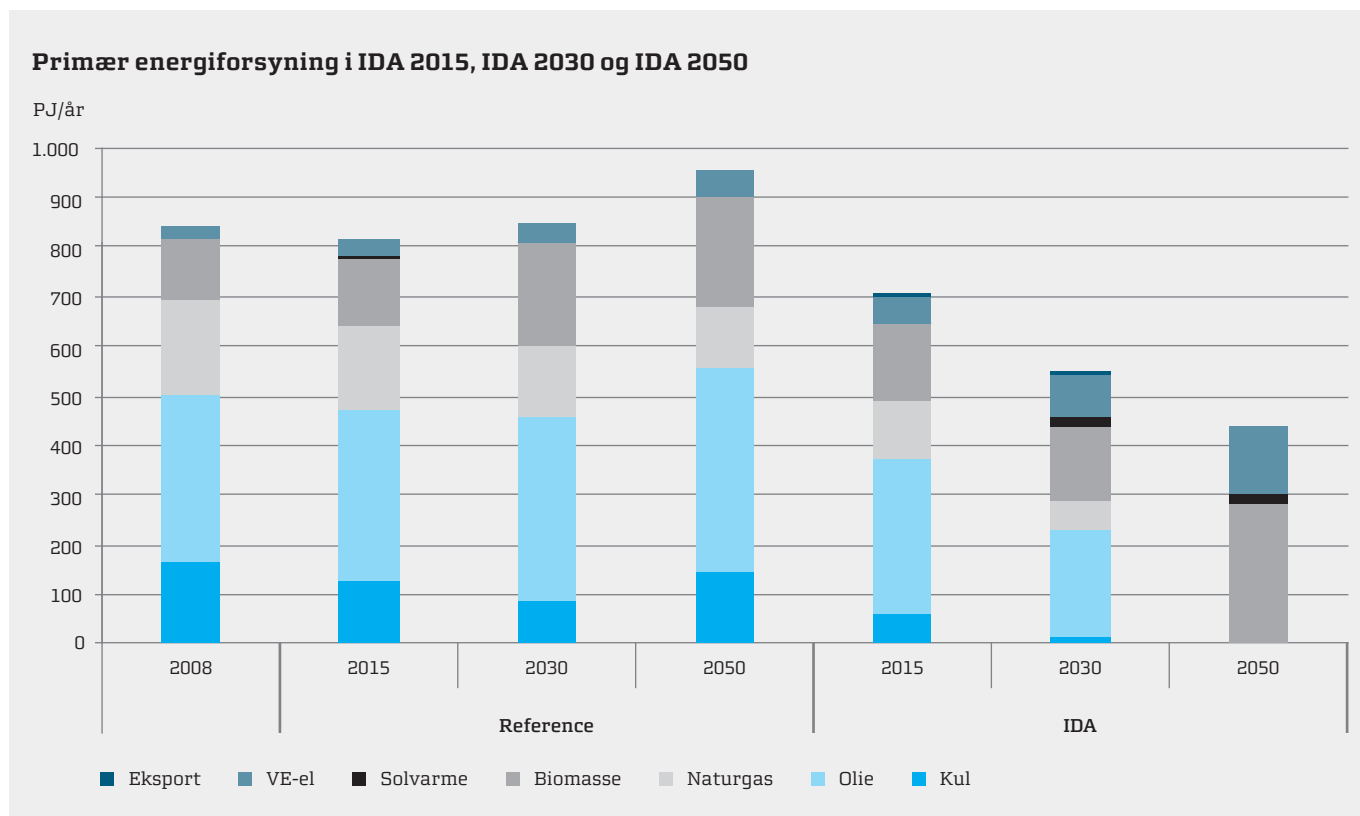
IDAs Klimaplan 2050 lægger op til en del større investeringer inden for alle sektorer. De samfundsøkonomiske beregninger, der er foretaget i forbindelse med klimaplanen peger på, at det vil kunne betale sig for Danmark at satse på sådanne investeringer. Men denne slags beregninger jo af natur forbundet med en række usikkerheder knyttet til energipriser, generel økonomisk udvikling mv..

ET 100 % VEDVARENDE ENERGISYSTEM

Vindmøller og biomasse udgør rygraden i IDAs Klimaplan 2050, der alene er baseret på vedvarende energi. Det danske udslip af drivhusgasser i 2050 stammer således i hovedsagen fra landbrugsproduktionen, fra forbrænding af biomasse og de udledninger, der er forbundet med danskernes fødevarerforbrug.

I IDAs Klimaplan 2050 er 60-70 % af el-produktionen baseret på vindkraft. Størstedelen af kraftvarme-produktionen er baseret på biomasse og affald, og udgør således det stabiliserende element i en ellers fluktuerende energiproduktion. Den resterende el- og varmeproduktion er baseret på solceller, bølgekraft, geotermi og solvarme.

En så omfattende udbygning med vedvarende energikilder kræver, at der iværksættes en række sammenhængende initiativer. Det vil være nødvendigt at øge forskning og udvikling indenfor de kritiske teknologier. Især er det vigtigt, at der også afsættes fornødne muligheder til test og demonstration af teknologierne og, at der etableres innovationsmarkeder og feed-in tariffer, der kan understøtte et markedstræk efter de nye teknologier. På vindmølleområdet er det desuden vigtigt, at der hurtigst muligt udarbejdes en langsigtet udbygningsplan for hav- og landmøller.



Figur 3: Energisammensætningen, i henholdsvis Energistyrelsens fremskrivninger og i IDAs Klimaplan 2050

ET EFFEKTIVT OG FLEKSIBELT ENERGISYSTEM

De mange vedvarende energikilder stiller store krav til et fleksibelt og effektivt energisystem, hvor energiforbruget kan varieres, og der gnidningsfrit kan veksles mellem el- og varmeproduktion. Centralt i planen er brændselscellebaserede kraftvarmeværker, varmepumper og batterier i elbiler, der understøtter lagring af energi og vekslende produktion af el og varme. Efter 2030 er der også behov for elektrolyseanlæg. Nye forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter indenfor disse teknologier og deres samspil vil være afgørende for at systemet kan udvikles.

For at sikre et fleksibelt energiforbrug bør der samtidig udvikles kommunikations- og afregningssystemer, der muliggør at energiforbrugerne får adgang til konstant varierende el- og varmepriser. Det vil være første skridt til at alle forbrugerprodukter og energimålere får indbygget enheder, der kan indstilles til automatisk at tænde og slukke, alt efter prisniveauet.

En forsat udvikling og udbygning med fjernvarme er helt afgørende for at energisystemets effektivitet kan øges. I planen lægges der op til, at op til 70 % af varmebehovet dækkes af fjernvarme, og at der sker en omlægning af fjernvarme til lavtemperaturdrift. Forudsætningen herfor er, at der udvikles såvel nationale og lokale strategiske varmeplaner. Fjernvarmesystemet er nødvendigt i samspil med integrationen af fx strøm fra vindmøller med store varmepumper.

ENERGIBESPARELSER OG EFFEKTIVISERINGER ER CENTRALE

I IDAs Klimaplan 2050 er der lagt vægt på omkostningseffektive løsninger, hvilket bevirker, at energieffektiviseringer og mere effektiv udnyttelse af naturens ressourcer udgør en hjørnesten i planen. Samlet set lægger planen op til, at det danske energiforbrug reduceres til 707 PJ i 2015, til ca. 556 PJ i 2030 og til ca. 442 PJ i 2050.

Industrien og erhvervslivet står i dag for ca. 1/3 af Danmarks totale energiforbrug, og det er her at de mest rentable energibesparelser skal findes. I planen lægges der op til, at alle energibesparende foranstaltninger i erhvervslivet med en tilbagebetalingstid på op til 7,5 år, gennemføres. Det betyder, at erhvervslivets energiforbrug kan reduceres med mere end 1/4 del i 2015, hvilket er forbundet med store virksomheds- og samfundsøkonomiske gevinster.

Teknologierne til at gennemføre de energibesparende tiltag, er tilgængelige. Udfordringen er at få industrien i gang. IDA anbefaler, at der gennem en energisparefond ydes rådgivning og markante tilskud til investeringer i energioptimeret procesteknologi. Derudover vil offentlige krav om, at virksomheder optimerer deres energiforbrug ved at benytte den nyeste teknologi, både i drift og i nye anlæg, være nødvendige.

Generelt viser IDAs Klimaplan 2050, at energibesparelser både for private og for erhverv er en af nøglerne til væsentlige reduktioner af drivhusgasudledninger. Der har i de forløbne år været en række rigtig gode energispareaktiviteter, men overordnet er der brug for en koordinering, så de forskellige tiltag underbygger hinanden.

BOLIGER MED ET MINIMUM AF ENERGIFORBRUG OG VEDVARENDE ENERGIFORSYNING

IDAs Klimaplan 2050 lægger ligeledes op til, at energiforbruget i bygninger og boliger reduceres markant i de kommende år, og at den samlede boligmasse gøres CO₂ neutral gennem en kombination af energibesparelser, integration af vedvarende energi og udbyg-

ning af fjernvarme baseret på vedvarende energi. Energiforbruget i bygninger og boliger udgør i dag mere end 40 % af det samlede danske energiforbrug.

Danmark har i dag verdens skrappeste energikrav til bygninger, men det vil fortsat være nødvendigt at skærpe kravene. Der er allerede opført de første huse, som ikke bruger energi, og det anbefales, at der allerede nu indføres krav i bygningsreglementet om at huse opført efter 2020, skal være nul-energihuse efter Bolig+ standarden.

De største besparelspotentialer findes dog i den eksisterende boligmasse, og selv i 2050 vil størstedelen af boligmassen bestå af boliger, opført før 2009. I klimaplanen lægges der således op til at der frem mod 2020 sker en markant reduktion af energiforbruget gennem en løbende renovering, og at 75 % af de dårligst isolerede konstruktioner bringes op til de nuværende krav i bygningsreglementet. I 2030 er energiforbruget reduceret yderligere, således at energiforbruget i bygninger er halveret sammenlignet med nuværende niveau.

Mange energibesparelser er privatøkonomisk rentable og for at understøtte renovering af private huse, vil det være nødvendigt, at udarbejde en langsigtet plan for energieffektivisering og at der afsættes statslige midler, som kan fremskynde energibesparelser i private boliger og i almennyttigt boligbyggeri. Det er nødvendigt at drøfte hvilke økonomiske initiativer, der skal iværksættes og inden for den almennyttige sektor bør anvendelse af Landsbyggefondens midler overvejes.

Det er samtidig nødvendigt at styrke forskning og udvikling i nye energibesparende materialer, samt forbedre anvisninger og vejledninger til håndværkere og private yderligere, og i det hele taget etablere bedre oplysning på området.

Kombineret med flere spydspidsbyggerier kan disse initiativer samtidig give danske ingeniører, arkitekter, byggevirksomheder og energiteknologier gode muligheder for at komme i front på det internationale marked for byggematerialer.

TRANSPORTEN ER DEN SVÆRESTE NØD AT KNÆKKE

Væsentlige reduktioner i transportens udledninger vil kræve at el bliver den gennemgående energikilde til transport. Det vil i praksis fx sige mere jernbane-transport og elbiler.

Transporten er den sektor, hvor der i dag gøres mindst for at reducere udledningen af drivhusgasser. Det på trods af at udledningerne herfra er stigende. I Danmark stammer ca. en fjerdedel af de danske udledninger af drivhusgasser fra transporten, derfor er reduktioner i udslippet helt nødvendige, hvis Danmark skal på sporet af en ikke-fossilt baseret økonomi.

En betydelig reduktion i klimaudledningerne fra transporten forudsætter derfor, at alle kendte virkemidler og teknologier bringes i spil. Dette omfatter reduktioner af de enkelte transportformers klimaudledninger, overflytning af transportarbejdet til de transportformer, der har mindst klimabelastning samt en planlægning og byfortætning, der kan reducere transportarbejdet som sådan.

For eksempel lægges der i klimaplanen op til en omfattende udskiftning af bilparken til fordel for elbiler frem mod 2050. Dette skal ske parallelt med udviklingen i el-sektoren med udvidelser på vindmølle området.

Der lægges i Klimaplan 2050 desuden op til en markant udbygning af jernbanenettet. Dette skal elektrificeres, og der skal ske en overflytning af store dele af privat- og godstransporten til bane. Det kræver betydelige investeringer i banen, og at der etableres en række tiltag, der gør jernbanen både tidsmæssig og økonomisk konkurrencedygtig.

KLIMAOPTIMERET PRODUKTION OG FORBRUG AF FØDEVARER OG BIOMASSE

Der er gode muligheder for at reducere klimabelastningen fra dansk produktion og forbrug af fødevarer. I Klimaplan 2050 lægges der op til, at udslippet af drivhusgasser fra landbruget og fødevarerproduktionen kan reduceres med 9,5 mio. tons CO₂ i 2050. Dette

sker igennem en klimaoptimering af landbrugsproduktionen, ændrede kostvaner, i retning af mindre forbrug af mejeri- og kødprodukter og øget forbrug af grønsager og fisk, og en halvering af fødevarespildet i husholdninger. Hertil kommer en yderligere reduktion som følge af energibesparelser på linje med andre produktionssektorer.

I planen lægges der desuden op til, at landbruget i stadig stigende grad skal kunne levere biomasse til energiproduktionen, bl.a. ved hjælp af flerårige energiafgrøder, og på sigt også til en større produktion af biomasse-baserede materialer, der kan substituere materialer baseret på fossile energiresourcer eller materialer, som er meget energikrævende at producere. Samtidig skal der etableres produktion af havbaseret biomasse i form af alger til både energiproduktion og produktion af stoffer og materialer.

Det vurderes, at danske landbrug og havet omkring Danmark vil kunne levere hele den nødvendige biomasseressource, således at der ikke bliver behov for at importere yderligere biomasse. Der lægges op til at alle biomasse-initiativer skal miljøvurderes i et globalt livscyklusperspektiv, for at sikre at de medvirker til en reduceret klimabelastning uden at andre miljøparametre samtidig forringes.

ERHVERVSPOTENTIALER

En gennemførelse af IDAs Klimaplan 2050 kræver en del store investeringer og vil medføre, at der opbygges kompetencer og produktion i danske virksomheder. Det skal understreges, at denne type kvantificeringer i sagens natur er behæftet med stor usikkerhed, og opgørelsen skal betragtes som et skøn. Men en systematisk satsning på klimaplanens teknologier vil øge mulighederne for eksport betydeligt¹. Denne satsning sker igennem investeringer.

Frem til år 2030 er der tale om samlede investerin-

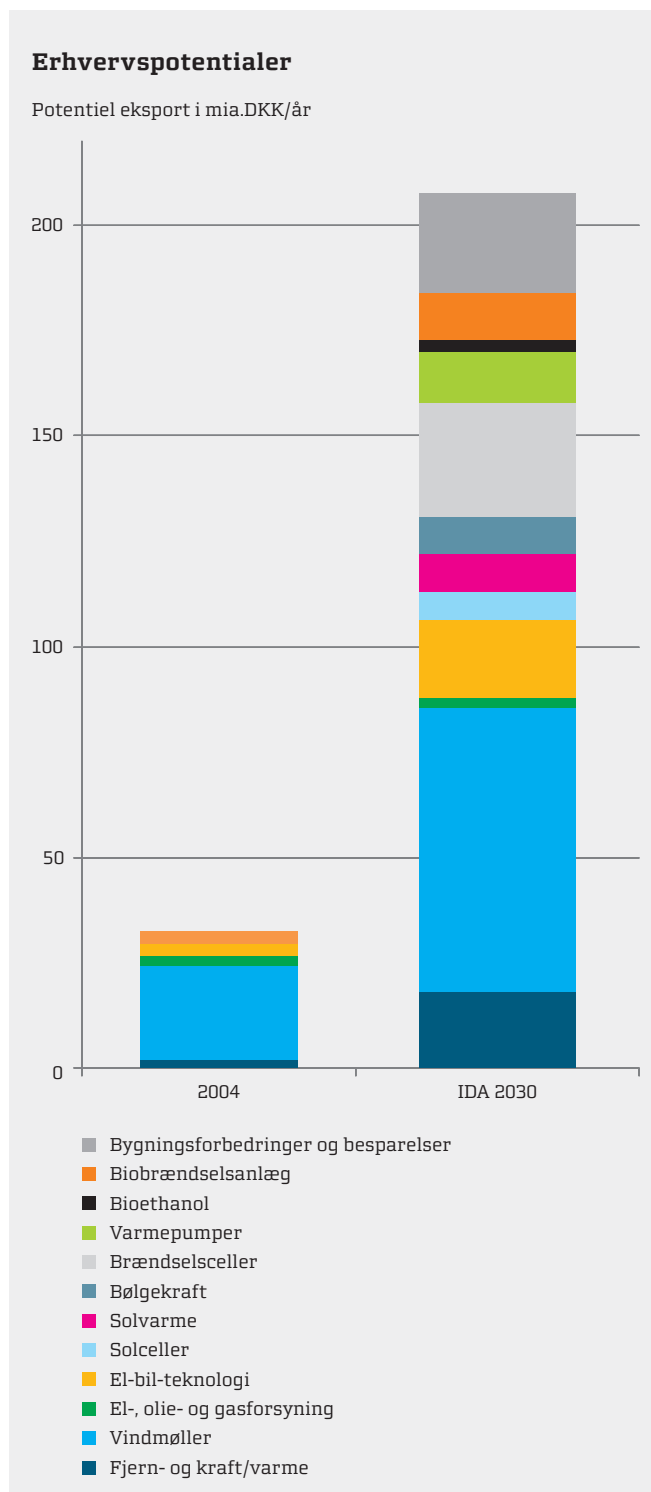
1. Ved opgørelsen af erhvervspotentialer er anvendt samme metode som i IDA Energiplan 2030.

ger i klimarelaterede teknologier på i alt 350 mia. kr. Investeringerne fordeler sig mellem bygningsforbedringer, fjernvarmenettet, biler, biobrændselsanlæg og el-besparelser². Foruden disse investeringer omfatter IDAs klimaplan investeringer i en række forsynings-teknologier fx solvarmeanlæg, yderligere vindkraft, bølgekraft, solceller, varmepumper og brændselsceller. Der er i alle tilfælde tale om ekstrainvesteringer ift. referencen. Erhvervspotentialerne for IDAs klimaplan 2050 er illustreret i Figur 4. Som det ses, skønnes klimaplanen at skabe potentiale for en eksport af energiteknologi, der stiger fra de nuværende 64 mia. DKK i 2008 til over 200 mia. DKK/år frem mod 2030.

EFFEKTER PÅ BESKÆFTIGELSEN

En gennemførelse af IDAs Klimaplan 2050 vil medføre en omlægning af omkostninger til energi fra køb af fossile brændsler til anlægsinvesteringer uden, at det danske samfund herved pålægges ekstra omkostninger til energi. Alt andet lige vil det medføre en højere dansk beskæftigelse samtidigt med at betalingsbalancen forbedres. Denne effekt øges yderligere hvis planen implementeres på en måde, så de ovennævnte erhvervspotentialer i form af øget eksport realiseres.

Udgangspunktet for opgørelsen af beskæftigelseseffekten er opdelingen i årlige omkostninger for IDAs Klimaplan 2050 sammenlignet med referencens. Forskellen i omkostninger kan opdeles på investeringer og på drift. IDAs Klimaplan 2050 afvikler omkostningerne til køb af fossile brændsler, mens disse stiger i referencen. Til gengæld øges omkostningerne til biobrændsler samt drift og vedligeholdelse i klimaplanen mere end i referencen. Ekstrabeskæftigelsen i Danmark ved gennemførelse af IDAs klimaplan 2050 sammenlignet med referencen vurderes til i ca. 30-40.000 jobs. Hertil kommer op til 200.000 jobs afhængig af, hvor meget eksporten øges, dvs. hvor stor en del af erhvervspotentialet der realiseres.



Figur 4: Erhvervspotentialer i Klimaplan 2050

2. Se detaljer omkring fordeling i Baggrundsrapporten.

KLIMATILPASNING – ET NØDVENDIGT INDSATSOMRÅDE

IDAs Klimaplan 2050 indeholder ikke kun en plan og anbefalinger om, hvorledes udslippet af drivhusgasser kan reduceres, men også de klimatilpasninger, vi under alle omstændigheder bliver nødt til at iværksætte.

I Danmark kan vi løbende i de næste 20 år forvente længere tørke perioder, kraftigere og flere ekstreme regnskyl, kraftigere storme og til en vis grad højere vandstande. Denne udvikling vil, uanset om det lykkes at nedsætte udledninger af drivhusgasser, forsatte til det næste århundrede.

Det vurderes, at de største udfordringer for Danmark er at få de administrative rammer for en klimatilpasningsindsats på plads. De tekniske redskaber er til rådighed, men der mangler blandt andet klarhed omkring ansvarsfordelingen mellem borger, kommune og stat. Danmark har en klimatilpasningsstrategi, men det vurderes ikke at den gør Danmark tilstrækkelig robust overfor fremtidens klimaændringer.

9 centrale anbefalinger

Følgende ni anbefalinger er centrale for, at IDAs Klimaplan 2050 kan realiseres og de nævnte tiltag er nødvendige, hvis Danmarks udslip af drivhusgasser skal reduceres til et bæredygtigt niveau.

Anbefalingerne er udtryk for en offensiv strategi, hvor samfundet via store investeringer omstiller og fremtidssikrer den danske energi- og infrastruktur. Planen er baseret på en række forskellige virkemidler med fokus på skærpede krav, innovation og markedsudvikling samt vidensopbygning.

Gevinsten er et samfund, der bruger færre udgifter til energi, som ikke er afhængig af import fra ustabile regimer, og som vil fungere som et erhvervsmæssigt udviklingslaboratorium for nye og effektive teknologier.

1. NATIONAL ENERGISPAREAFTALE

Energibesparelser og energieffektiviseringer er den mest effektive måde at reducere udslippet af drivhusgasser på. Der er store samfundsøkonomiske besparelser forbundet med at gennemføre energibesparelser, og potentialerne for vækst i beskæftigelse og erhverv er store.

Det anbefales, at folketingets partier indgår en national energispareaftale om, at det danske energiforbrug reduceres med 2 % årligt frem til år 2030. Aftalen bør omhandle alle energiforbrugende sektorer, inkl. transport og aftalen bør løbende monitoreres.

2. OPRETTELSE AF EN KOORDINERET ENERGISPAREFOND

Koordinering af den danske energispareindsats er kodeordet. Dette kunne ske i en ny fond, der overtager forpligtelsen af de midler, der ligger i Elsparafonden og koordineringen af energiselskabernes energispareindsats. Ved en sådan ændring skal det sikres, at viden og erfaringer fra de foregående års gode arbejde, herunder f.eks. energikonsulenternes erfaringer, ikke forsvinder, men samtidig også at

gensidigt samarbejde mellem de forskellige aktører giver større gennemslagskraft for energibesparelsesindsatsen.

Det anbefales, at der oprettes en samlet koordinerende energisparefond, der har til formål at fremme el- og varmebesparelser i husholdninger, i det offentlige og i industri og erhverv via oplysning, rådgivning og tilskud. Fonden bør have et budget på 1,55 mia. kr. pr. år. Pengene skal fordeles med ca. 750 millioner kr. til energibesparelser i husholdninger og i det offentlige, og ca. 800 mio. kr. til energibesparelser i industrien.

En fond af denne størrelse vil samtidig kunne give den danske erhvervsmæssige styrkeposition inden for energibesparende teknologi et tiltrængt løft, ved at skabe en stor og teknologisk avanceret efterspørgsel efter energirigtige løsninger på det danske hjemmemarked.

3. INNOVATIONSMARKEDER OG FEED-IN TARIFFER TIL FREMME AF VEDVARENDE ENERGI

Der bør udvikles et marked, der understøtter udvikling og udbygning af vedvarende energiteknologier. Danmark har en førerposition indenfor vedvarende energiteknologier, hvis denne position skal fastholdes og udbygges kræver det et avanceret hjemmemarked, der efterspørger nye og mere effektive teknologier.

For at vedvarende energi kan opnå en dominerende position i det danske energisystem bør der være feed-in tariffer for landmøller, som ligger på samme niveau som tarifferne for offshore møller. Dermed sikres, at investering i vindkraft foretages der, hvor det bedst kan betale sig. Feed-in tarifferne kan nedtrappes over tid for at lægge et innovationspres på producenterne, i lighed med fremgangsmåden i den nuværende tyske lovgivning på området. På erstatningsområdet sidestilles vindmøllerne med andre anlæg, hvilket betyder at den nuværende værditabsordning, hvor naboer kan søge om erstatning når en vindmølle opstilles, bør ophøre.

Udviklingen af biogas bør på lige fod med vindmøller understøttes af feed-in tariffer.

Der bør udarbejdes en udviklingsplan for off-shore vindmøller, hvor egnede områder udpeges og udbud planlægges og gennemføres. Det bør desuden sikres, at offshore anlæg i udbud får påbud om, at en vis andel af finansieringen skal komme fra et miks imellem kommunerne, el-distributionsselskaber, forbrugere mv. i de tilstødende landområder. Det kunne på et større anlæg være fx 20 %.

Bølgeenergi har potentialer for at bidrage til den danske energiforsyning, men det kræver en særlig indsats. Der bør derfor etableres et innovationsmarked for bølgeenergi, hvor der udbydes en kvote på i første omgang 20 MW med en fast afregningspris.

Der bør desuden udarbejdes en national varmeplan, der inkluderer implementering af vedvarende energi i varmeforsyningen, enten direkte i bygninger eller i fjernvarmesystemet.

4. INNOVATION BASERET PÅ FORSKNING, UDVIKLING OG DEMONSTRATION

Forskning og udvikling af nye teknologier er grundstenen i et radikalt forandret energisystem og afgørende for, at der kan udvikles nye danske erhvervsmæssige styrkepositioner på energiområdet. Lige så vigtigt er det, at sikre midler til demonstration af de nye teknologier i fuld skala, når teknologierne skal bringes fra laboratoriet og ud på det kommercielle marked.

Da især udgifterne til demonstrationsanlæg er omkostningstunge bør midlerne til forskning, udvikling og demonstration af effektive og vedvarende energiteknologier øges til 4 mia. kr. årligt i 2020. Beslutningen om at afsætte 1 mia. kr. i 2010 til området er rigtig og bør følges til dørs med øgede midler i det efterfølgende årti.

Midlerne skal bruges til at udvikle en palet af vedvarende og effektive energiteknologier indenfor områder såsom: Intelligent styring, biobrændsler, vind, bølger, solceller, brændselsceller, byggematerialer, proces-

teknologi, lagringsteknologier af el og integration af el-biler på nettet, lavtemperatur fjernvarme mv.

5. INFRASTRUKTUROMLÆGNING

En effektivisering af vejtransporten og en omlægning af dele af biltrafikken til kollektiv transport, cykel og gang er vigtig for at reducere transportens energiforbrug og udslip af CO₂. En række virkemidler bør træde i kraft så hurtigt som muligt. Allerede nu bør en del af bilafgifterne omlægges fra faste til forbrugsafhængige afgifter. Her kan der startes med at omlægge vægtafgiften til en kilometerafgift. Et road-pricingsystem udvikles og implementeres hurtigst muligt og større byer bør have frihed til at indkræve bompenge.

Det bør være et krav at alle større infrastrukturplaner, samt alle kommuneplaner, skal indeholde overvejelser om, hvilke konsekvenser planerne har for transporten og dennes energiforbrug. Kommuneplaner bør understøtte byfortætning frem for spredning og der bør indføres et stop for tiltag der øger trafikken på vejnettet.

Bilparken skal effektiviseres radikalt og Danmark bør fremme elbilen ved at fastholde afgiftsfritagelsen på elbiler frem til 2020 og derefter udfase fritagelsen. Der bør gennem EU arbejdes for skærpede krav til bilernes effektivitet.

Der er brug for en aktiv statslig indsats på området, og regeringens tidligere målsætning om at reducere transporten CO₂-udledning med 25 % i 2020 i forhold til 1998 bør fastholdes.

6. MARKANT UDBYGNING AF BANETRANSPORTEN

En omlægning af gods og privat transport fra vej til bane kræver en markant udbygning af banetransporten. Investeringer i banetransport har en betydelig mobilitetseffekt og udover de energi- og miljømæssige fordele, vil en forbedring af banetransporten bidrage til en øget fremkommelighed.

Der bør udarbejdes en langsigtet plan frem til 2030, som indeholder investeringer for 200 mia. kr. til forbedringer af eksisterende baneanlæg, opgradering af hovedbanerne til højhastighedstog, forbedret godstransport, letbaner i de større byer, samt elektrificering af banetransportens hovednet.

7. KLIMAOPTIMERET PRODUKTION OG FORBRUG AF FØDEVARER OG BIOMASSE

Næsten halvdelen af drivhusgasserne, der stammer fra fødevarereproduktionen i Danmark kan reduceres ved et klimaoptimeret landbrug, ved at omfanget af fødevarespild i husholdninger reduceres, og ved at danskerne spiser efter de nationale kostråd udarbejdet af Ernæringsrådet.

For at klimaoptimere landbrugsproduktionen anbefales det blandt andet, at de drænedede jorde tages ud af landbrugsproduktionen hurtigst muligt, at kravene til landbrugenenes kvælstofbalance skærpes, og at der indføres afgift på kvælstofoverskud, at kriterier for tildeling af landbrugsstøtte bruges som miljøpolitisk virkemiddel. Samtidig bør der ske en væsentlig forøgelse af det økologiske landbrugsareal.

Med henblik på at reducere klimabelastningen af danskernes daglige kost bør der gennemføres oplysningskampagner om sund kost og om reduktioner i fødevarespild, og udarbejdes en strategi for hvordan fødevarerpriser i højere grad kan afspejle miljø- og klimabelastning. Der er behov for forsknings- og innovationsprogrammer med en bred involvering af erhvervs- og miljøorganisationer til at sikre at en udvidet produktion af biomasse på et miljømæssigt og socialt bæredygtigt grundlag.

8. DANSK KLIMATILPASNINGSTRATEGI

Den nuværende danske klimatilpasningsstrategi er en ad hoc strategi, der forudsætter at alle relevante aktører gør hvad de skal i rette tid, og dermed sikrer, at Danmark er robust overfor fremtidens klimaforandringer. Det er imidlertid ikke givet at kommuner, forsyningsvirksomheder, borgere og andre centrale aktører

automatisk er sig bevidste om deres ansvar, som det tages for givet i den danske klimatilpasningsstrategi.

Det anbefales, at Danmark igangsætter en systematisk opgørelse af nødvendige tiltag indenfor klimatilpasning, og at der udarbejdes en egentlig klimatilpasningsstrategi med pejlemærker, retningslinjer og prioriterede indsatsområder for alle relevante aktører. For at sikre den nødvendige fremdrift bør regeringen igangsætte systematisk monitorering af området.

9. DANMARK BØR ARBEJDE FOR EN AMBITIØS INTERNATIONAL KLIMAAFTALE OG GÅ FORAN VIA KONKRET HANDLING

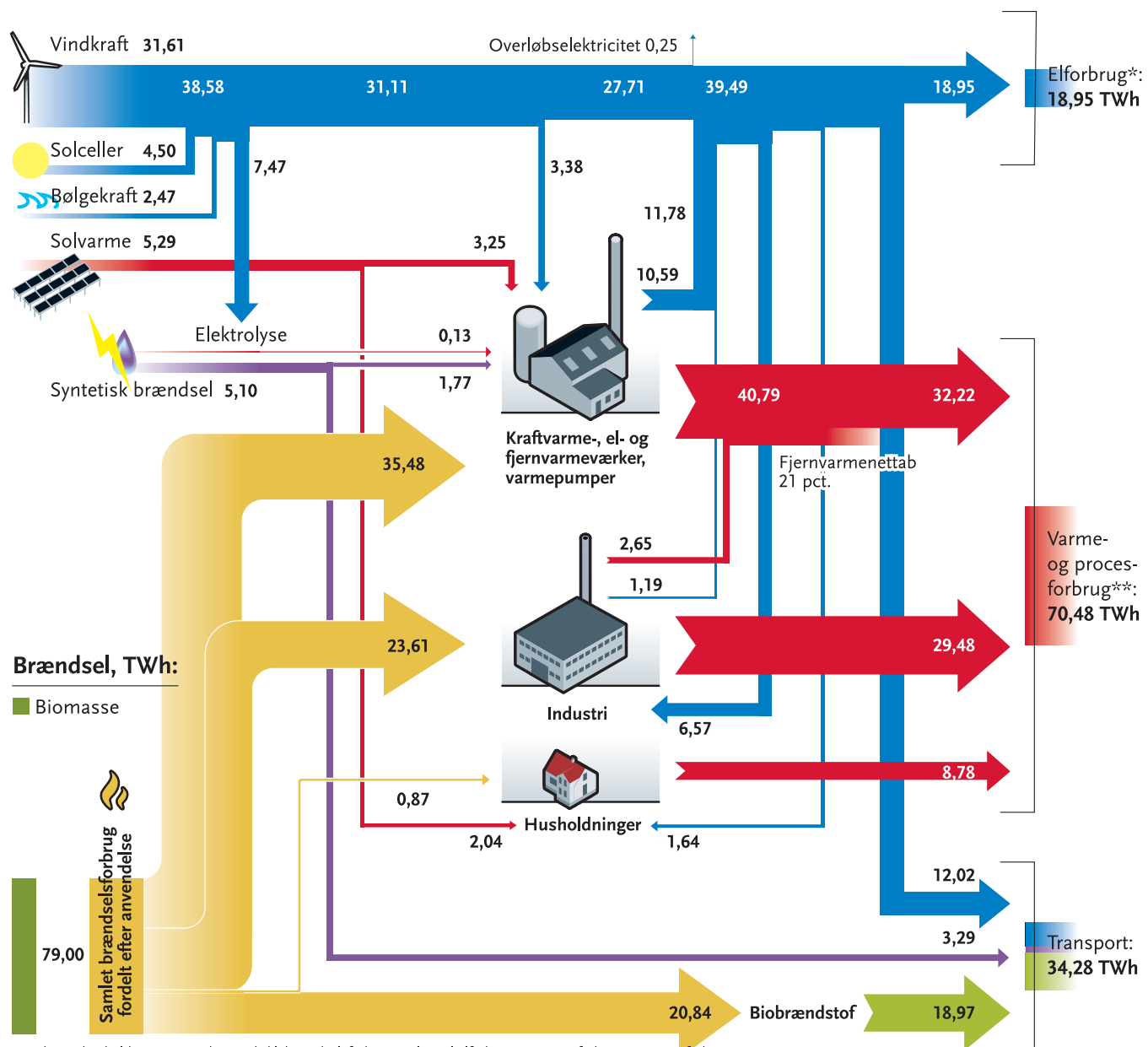
Danmark bør gennem EU arbejde for en så ambitiøs international klimaaftale som overhovedet muligt. Danmark bør selv gå foran ved at udmelde et mål om, at udslippet af drivhusgasser skal være reduceret med 90 % i 2050.

IDA's Klimaplan

2050

100% vedvarende energi. Primærenergiforbrug:

122,86 terawatt-timer (TWh)



Energisystemet og energiproduktion

Resumé:

Energisystemet og energiproduktion

Bruttoenergi forbrug (2008): 845 PJ

Delmål Klimaplan 2050

2015

- Det totale danske energiforbrug er på 707 PJ.
- 67% af el-forbruget udgøres af vedvarende energi
- 30 % af det totale energiforbrug udgøres af vedvarende energi
- Det samlede varmeforbrug er ca. 160 PJ og fjernvarme dækker 53-63 % af varmebehovet

2030

- Det totale danske energiforbrug er på 556 PJ.
- 85 % af el-forbruget udgøres af vedvarende energi
- 47 % af det totale energiforbrug udgøres af vedvarende energi
- Det samlede varmeforbrug er ca. 141 PJ og fjernvarme dækker 63-70 % af varmebehovet

2050

- Det totale danske energiforbrug er på ca. 442 PJ
- Det samlede elforbrug er knapt 45 TWh. Heraf dækkes ca. 60-65 % af vindmøller, ca. 22 % af biomasse og biogas, ca. 9 % af solceller, ca. 1% syntetisk brændsel og ca. 5 % af bølgekraft
- Hele Danmarks energiforbrug er baseret på vedvarende energikilder.
- Det samlede varmeforbrug er ca. 138 PJ. Det leveres af fjernvarme der er baseret på afbrænding af biomasse og noget affaldsforbrænding i kraftvarmeverker, varmepumper, solvarme og geotermi. Varmebehovet i bygninger uden for fjernvarmeområdet er baseret på solvarme og varmepumper.

VIRKEMIDLER

- En detaljeret udbygningsplan for hav- og landmøller der rækker frem til 2050, og hvor egnede vindmølleplaceringer udpeges, bør udarbejdes snarest.
- Der bør udvikles nationale og lokale varmeplaner, der udstikker rammerne for, hvordan varmesystemet kan udvikles mest effektivt. Energisparekrav bør kunne opfyldes kollektivt i områder med fælles forsyning baseret på vedvarende energikilder og spildvarme.
- Forskning og udvikling af nye teknologier er grundstenen i et radikalt forandret energisystem og afgørende for, at der kan udvikles nye danske erhvervsmæssige styrkepositioner på energiområdet. Midlerne til forskning, udvikling og demonstration af effektive og vedvarende energiteknologier bør øges til 4 mia. kr. årligt i 2020.
- Der bør udvikles et marked, der understøtter udvikling og udbygning med vedvarende energiteknologier. For at vedvarende energi kan opnå en dominerende position i det danske energisystem bør der være feed-in tariffer for landmøller, som ligger på samme niveau som tarifferne for off-shore møller. Udviklingen af biogas bør på lige fod med vindmøller understøttes af feed-in tariffer.
- Det nyetablerede vindmøllesekretariat bør sikres en fast driftsbevilling, og den særlige værditabsordningen for naboer til vindmøller bør afskaffes.

- Udbredelsen af solceller og bølgekraftanlæg bør fremmes ved at udbyde produktionskvoter med fast afregningspris.
- For at fremme et fleksibelt elforbrug bør der stilles krav om, at gamle el-målere udskiftes med nye energimålere, der kan minutmåle og fjernaf-læse. Samtidig bør der også udvikles åbne kom-munikationsstandarder for køb og salg af el.
- Der bør afsættes mindst 150 mio. kr. til test og demonstration af store brændselscelleanlæg.
- Kraftvarmeværker bør kunne få godtgjort deres afgift af op til 10 % af egenproduceret el anvendt i varmepumper til fremstilling af fjernvarme.
- Der bør stilles krav om anvendelse af termisk solvarme uden for fjernvarmeområderne.
- Indførelse af lagringsmuligheder er et cen-tralt element i IDAs Klimaplan 2050, dette skal understøttes igennem tiltag der gør det muligt at lade batterier i fx elbiler indgå i energisystemet samt gennem udvikling af in-telligente forbrugsapparater til private.

Energisystemet og energiproduktion

Med et mål om at reducere udslippet af drivhusgasser med 90 % i 2050 og samtidig fastholde en høj dansk selvforsyning med energi, stilles der krav om et radikalt anderledes energisystem. Hele energisystemets grundlag og paradigme må gentænkes.

Det danske energisystem er gennem 200 år opbygget på fossile brændsler og stadig i dag er langt størstedelen af det danske energiforbrug baseret på fossil energi. Det vil derfor være nødvendigt at vanetænkning brydes og at traditioner, gamle anlæg og systemer ikke blokerer for nytænkning.

I år 2050 er energisystemet i IDAs Klimaplan 2050 alene baseret på vedvarende energikilder. Energisystemet vil som nu, være baseret på et elsystem og et varmesystem. Men i forhold til i dag vil det samlede energisystem i højere grad være baseret på decentrale og distribuerede energiproduktioner fra en bredere vifte af teknologier. En række store "centrale" vindmølleparker vil dog kombineret med enkeltstående møller og biomasseproduktion fordelt på forskellige teknologier dominere i systemet. Samtidig er systemet designet så fleksibelt som muligt (under afvejning af den effektive energiuudnyttelse en samproduktion kan give). Varmesystemerne og el-systemet forsøges adskilt så de ikke er indbyrdes afhængige af hinanden.

I IDAs Klimaplan 2050 er el-systemet båret af vindkraft, biomasse og biogas, solceller, bølgekraft, elektrolyse og brændselsceller, samt af lagerkapacitet. Varmesystemerne er i byerne og mindre bymæssige bebyggelser baseret på fjernvarmesystemer med biomasse- og affaldsforbrænding, solvarme, geotermi, og overskudsvarme fra industrien. Ligesom fjernkøling er en del af systemerne. Enkeltstående huses varmesystemer er baseret på biomasse og solvarme.

Det er helt nødvendigt, at fremtidens energisystem er fleksibelt. Morgendagens energisystemer skal integreres så energiforbrug og energiproduktion er tættere forbundet. Med et minimeret og effektivt styret energiforbrug kan produktionskapaciteten løbende tilpasses og designes derefter.

Indførelse af lagringmuligheder er et centralt element i IDAs Klimaplan 2050. Lagring i brændselsceller og batterier i fx elbiler og udnyttelse af el i varmepumper samt i en kombination med intelligente forbrugsapparater frem mod 2050, skal samtidig støtte et jævnt og lavt forbrug.

Vindkraft skal være krumtap i det vedvarende energisystem

Vedvarende energiproduktion med vindmøller er Danmarks store styrke i dag og vindkraft er også krumtappen i det danske vedvarende energisystem i IDAs Klimaplan 2050. Med en vindandel på 18-20 % af elforbruget i 2008 ligger styrken både i en internationalt førende viden om integrationen af denne fluktuerende energiform på el-nettet og i selve mølleudviklingen.

Der lægges i planen op til at genopbygge et innovativt hjemmemarked for vindmølleteknologi, hvor 60-65 % af elforbruget i 2050 dækkes af vind og hvor efterspørgslen efter møller og et aktivt forsknings- og udviklingsmiljø er med til at skabe og vedligeholde viden om hav- og land-vindmøller, der er nødvendig for at udbygge eksporten og en voksende international markedsandel. Herunder ikke mindst udviklingen af viden om systemtilpasning og regulering på el-nettet.

Vindsektoren skaber nationalt en stor beskæftigelse og en markant international eksport, som er baseret på et tæt samarbejde mellem forskning, distributions- og produktionsselskaber og vindmølleindustri. Positionen som internationalt markedsledende på både land- og havbaserede vindmøller er imidlertid stærkt truet. Hvis væksten i vindmølleindustrien fortsat skal stige, er det helt nødvendigt, at den stagnerende internationale førerposition på vindenergi vendes, så Danmark igen kommer i førertrøjen. På trods af den økonomiske krise og en umiddelbar stagnation i 2009-2010 er der med forventede vækstrater på vindteknolo-

logi på op til 15-20 % årligt på de internationale markeder stadig betydelige vækstpotentialer indenfor området. Adskillelige lande, med England, Tyskland og Spanien, som europæiske eksempler og Kina, som asiatisk eksempel, har kraftige udbygningsplaner. I IDAs Klimaplan 2050 anbefales det at Danmark genoptager tilsvarende ambitiøse planer.

STATUS FOR VINDMØLLEUDBYGNING I DANMARK

Der er i 2009 opsat godt 5100 vindmøller fordelt ud over landet. Heraf er de godt 4900 møller placeret på land og 214 møller på havet. Møllerne udgør ca. 3100 MW installeret vindkraft, og de producerer ca. 7,3 TWh/året eller ca. 20 % af Danmarks elforbrug på 36 TWh i 2009. Møllerne er små møller på 150W og ofefter. De seneste par år er der ikke installeret nye landmøller i Danmark og efter et længere stop er udbygningen af havmøller først kommet i gang igen i 2009.

Møllernes levetid anslås at være ca. 20 år hvorefter de må forventes at være udtjent og blive nedlagt. Den samlede eksisterende vindmøllepark må derfor forventes at blive nedlagt frem til 2025. I Figur 5 fremgår det hvordan udfasningen af antal møller og installeret MW forventes at foregå.

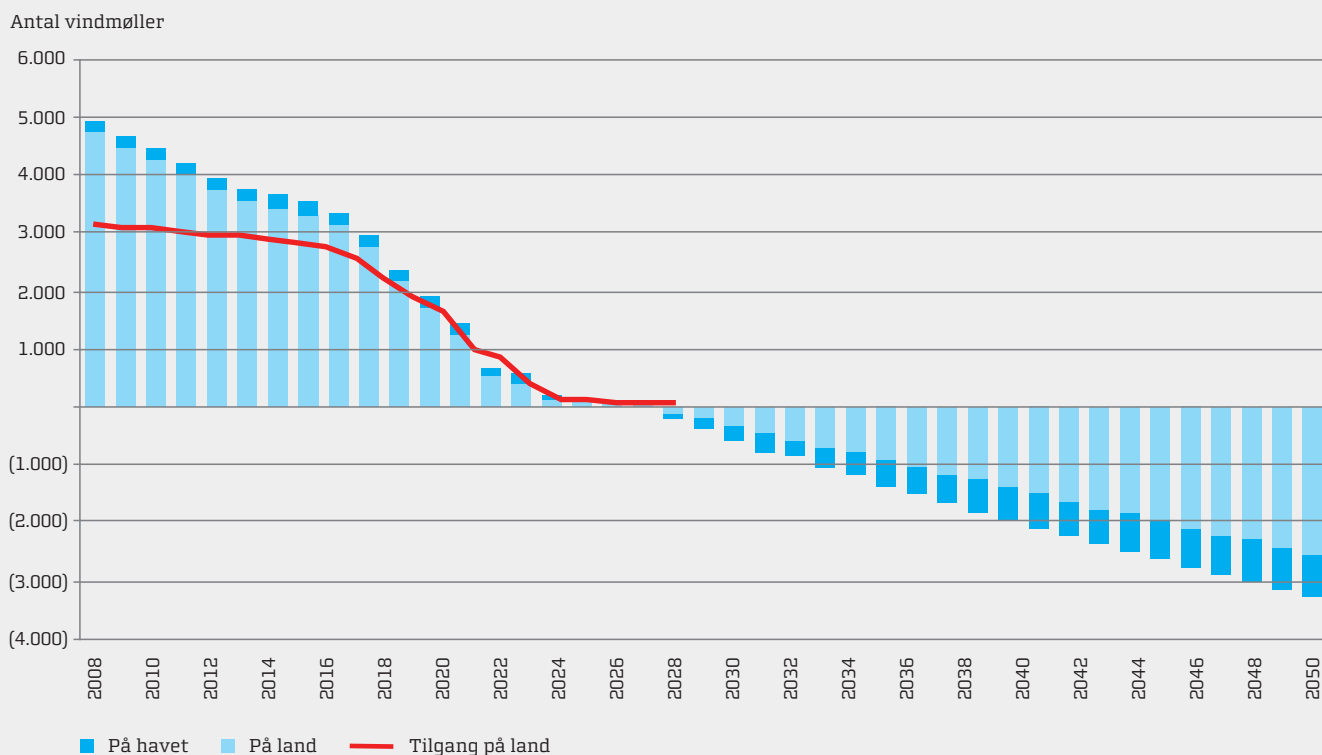
TEKNOLOGI- OG UDBYGNINGS-POTENTIALER MED VIND

I IDAs Klimaplan 2050 lægges der op til, at de eksisterende møller substitueres med nye større og mere effektive møller på land, og at der yderligere opsættes en stor kapacitet på havet. 4500 MW installeres på land (on-shore) og 4600 MW installeres som havmøller (off-shore) og kystnære (in-shore) møller, i alt 9100 MW frem til 2050³.

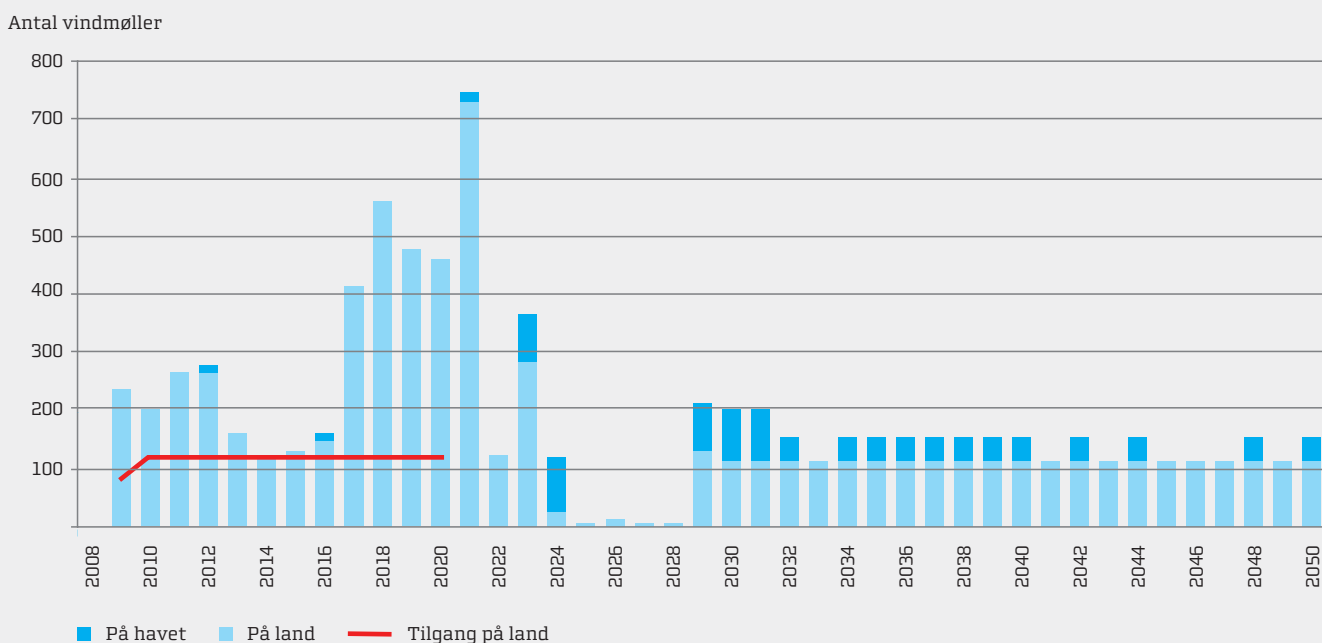
De installerede 4500 MW landmøller skal erstatte de nuværende 3100 MW installerede møller, men med færre møller. I 2050 kan et antal på ca. 2300 landbaserede møller producere op til 12 TWh/året. Havmøllerne skal hovedsagligt placeres ved Vesterhavet hvor effektiviteten er størst, og med et antal på 925 møller kan der produceres op til 20 TWh/året. Placeringen af havmølleparkerne skal dog også vurderes ud fra æstetiske, anlægstekniske, produktionstekniske, praktiske og maritime hensyn, således at Vesterhavet, Kattegat og Østersøen samt de mere kystnære vande alle inddrages.

3. Beregninger i afsnittet er baseres på kendte vind-data fra "Energi og MiljøData" op til januar 2009 omkring effektivitet af de eksisterende opstillede møller i Danmark. Herunder data omkring den årlige effektivitet fra både In-shore havmølleparken i Nysted og Off-shore mølleparken på Horns Rev (Vesterhavet). Data fra Horns Rev er delvist skønnede/beregnet ud fra foreløbige kendte data. Dataene er analoge til Energistyrelsens ENS data omkring vindforholdene, men alt efter møllernes størrelse, placering og ruhedsklasse er effektiviteten større i beregningerne foretaget af Ingeniørforeningen og Energi og Miljødata. Anvendes ENS gennemsnits data, bliver den forventede effektivitet lidt lavere.

Udfasning af nuværende vindmøller ved 20 års levetid

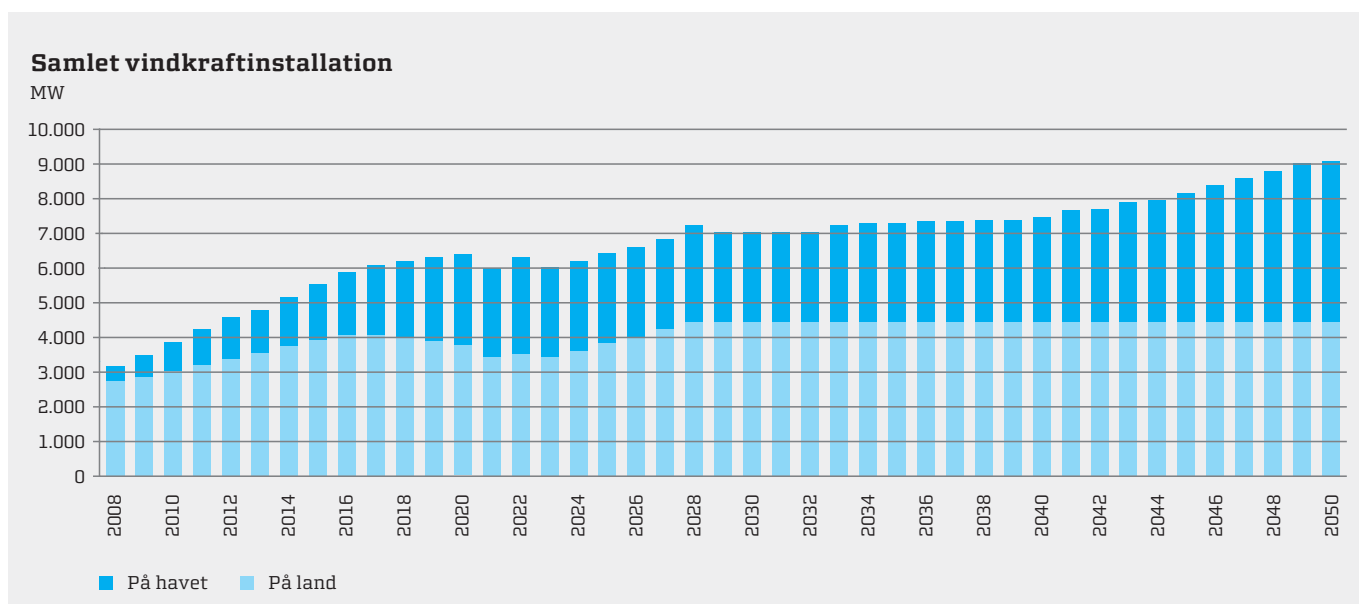
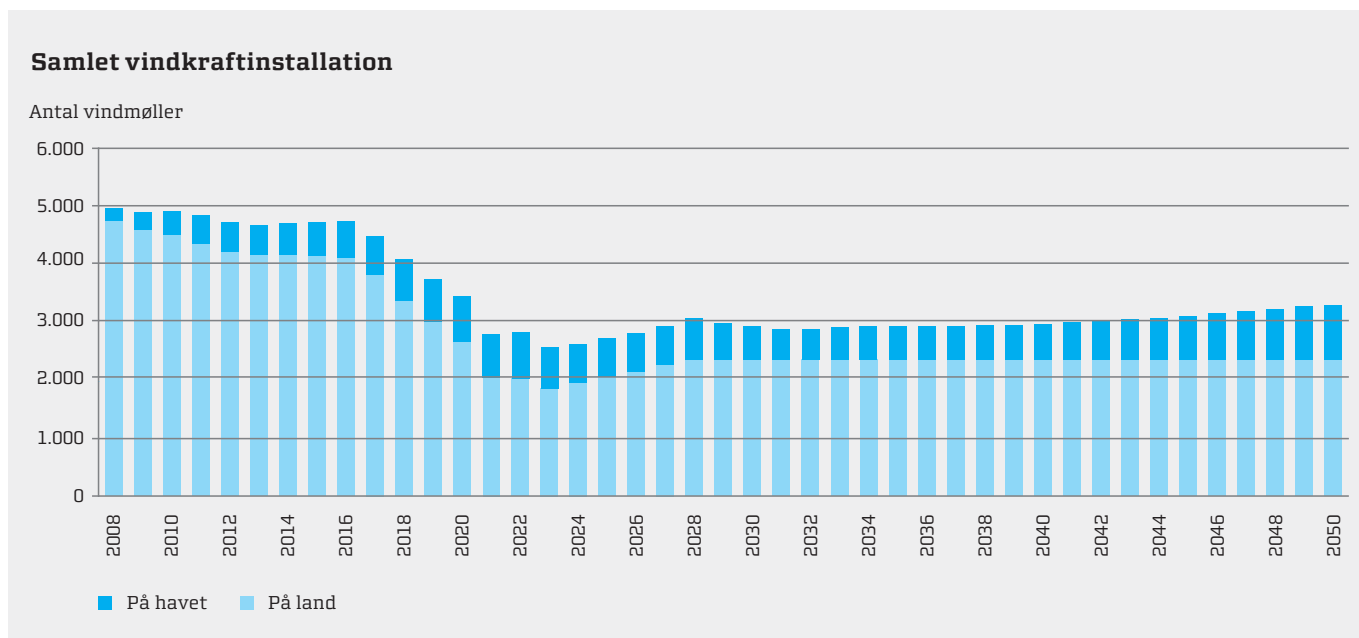


Årlig afgang sammenholdt med tilgang på land



Figur 5: Udfasning af nuværende vindmøller ved 20 års levetid og årlig afgang.

Kilde: EMD(Energi og MiljøData, Per Nielsen), Vindmølleforeningen og Ingeniørforeningen.

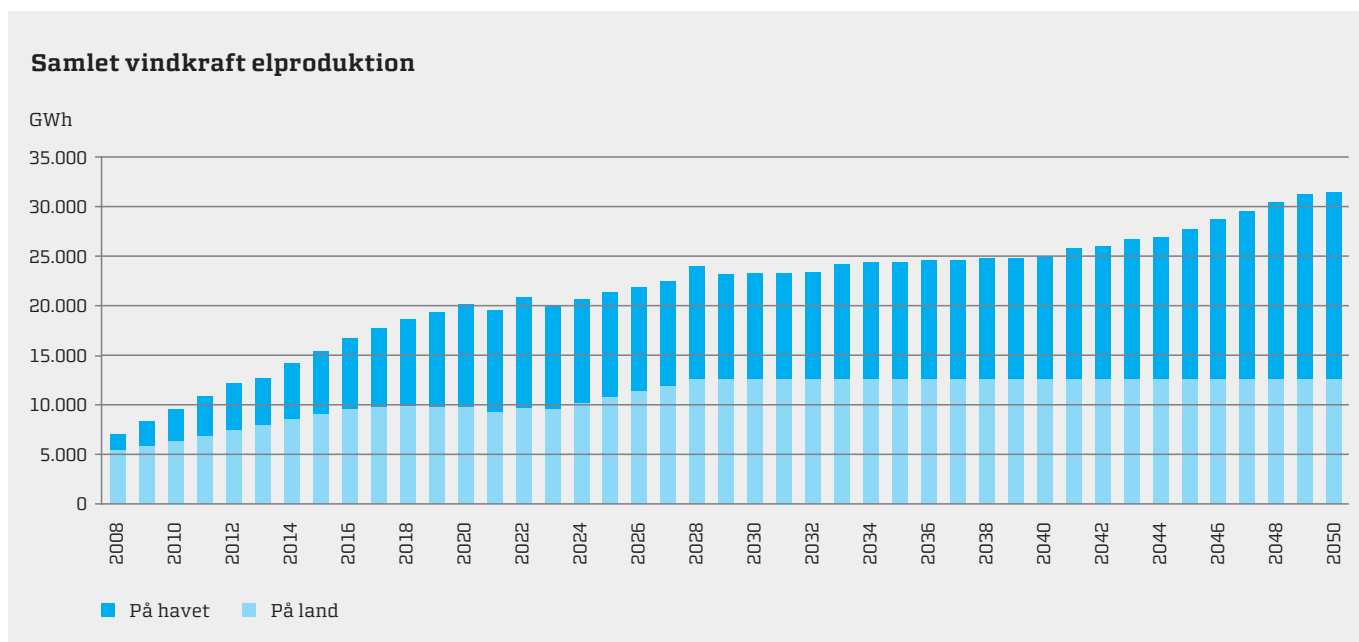
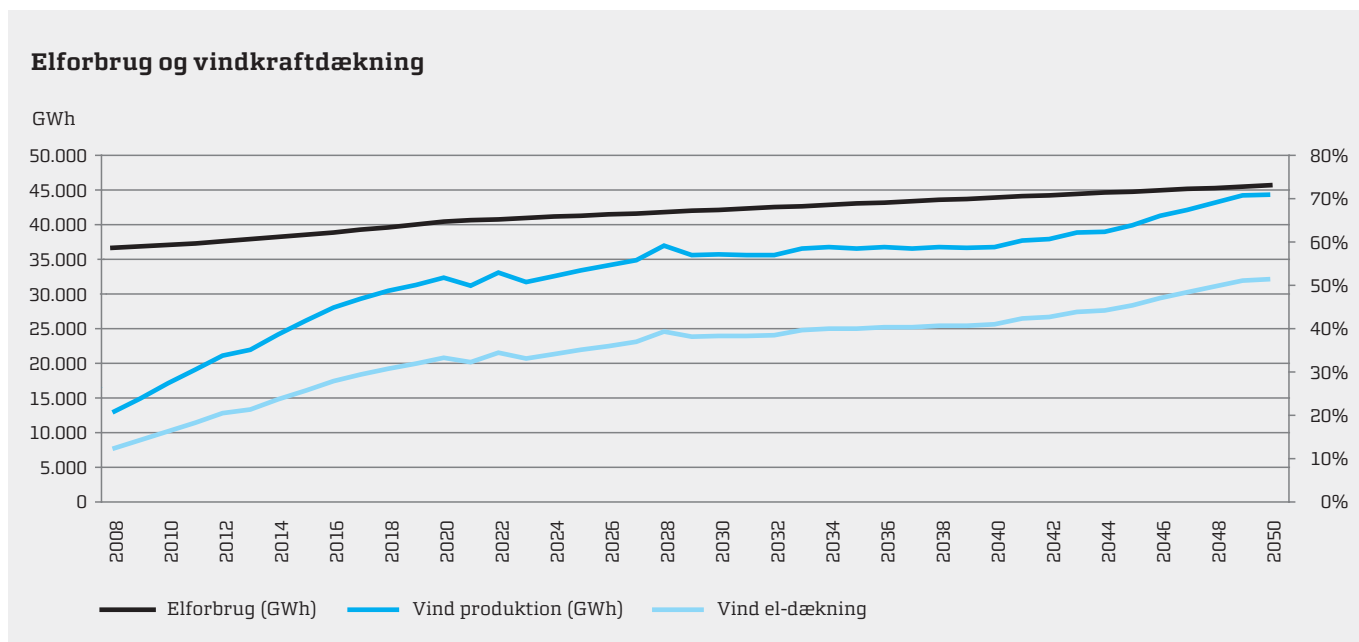


Figur 6: Samlet vindkraft installation, antal møller og MW.

Kilde: EMD(Energi og MiljøData, Per Nielsen), Vindmølleforeningen og Ingeniørforeningen

En udbygning som den skitserede medfører, at der med et samlet antal møller på ca. 3260 kan produceres mellem ca. 30 til 32 TWh/året. Det svarer til ca. 60-65 % af det skønnede elforbrug på ca. 50 TWh om

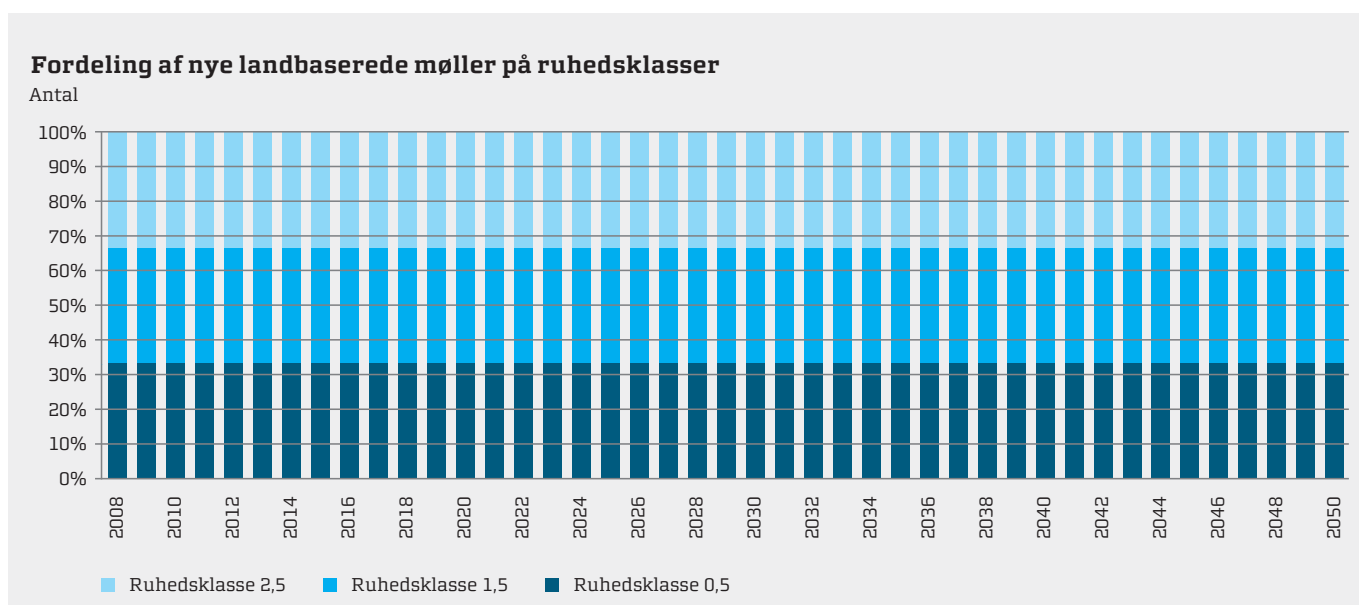
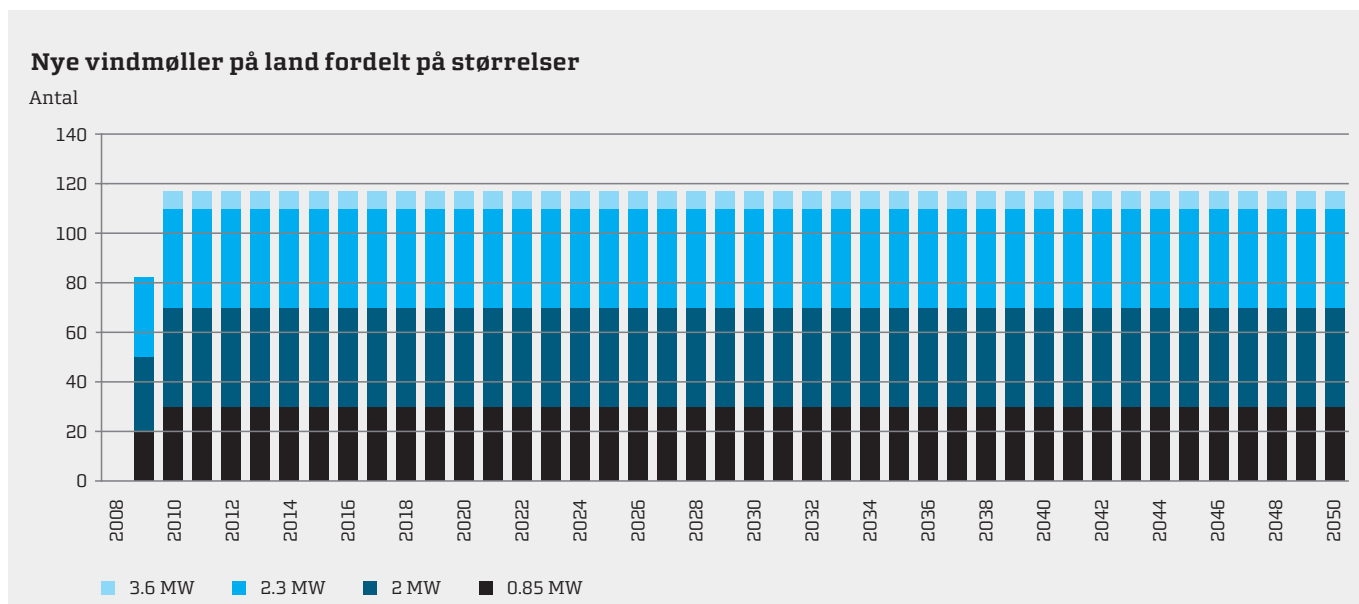
året i 2050. Når elforbruget i klimaplanen er stigende er det en konsekvens af el-besparelser i husholdninger, industri, samt et forøget elforbrug til elbiler og varmepumper.



Figur 7: Elforbrug og vindkraftdækning.

Kilde: EMD(Energi og MiljøData, Per Nielsen), Vindmølleforeningen og Ingeniørforeningen.

Energiaftalen for 2008 har sikret en havmølleudbygning frem til 2012, men en ny aftale om udbygning i faser helt frem til 2050 bør etableres snarest.



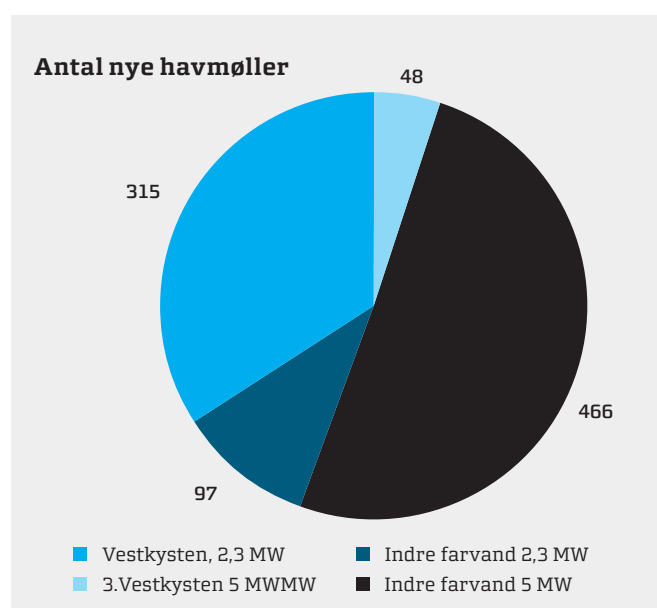
Figur 8: Nye møller fordelt på størrelser og ruhedsklasser.

Kilde: EMD (Energi og MiljøData, Per Nielsen), Vindmølleforeningen og Ingeniørforeningen

Vindmøllernes størrelse og effektivitet er afgørende for gennemførelsen af strategien. Den foreslåede udbygningsplan baseres på, at de opsatte landmøller er fordelt på henholdsvis, 0,8MW, 2MW, 2,3MW og 3,6MW møller. Møllerne placeres på forskellige ruhedsklasser. Placeringen er helt afgørende for effektiviteten,

og det vil derfor være af stor betydning, om der kan findes egnede placeringer. Det nyetablerede vindmøllesekretariat kan her være til stor hjælp i kommunerne. Forlængelse af sekretariatet ud over de afsatte 2 år bør sikres, for at holde kommunerne fast på en udbygningsplan. For både hav og landmøller er

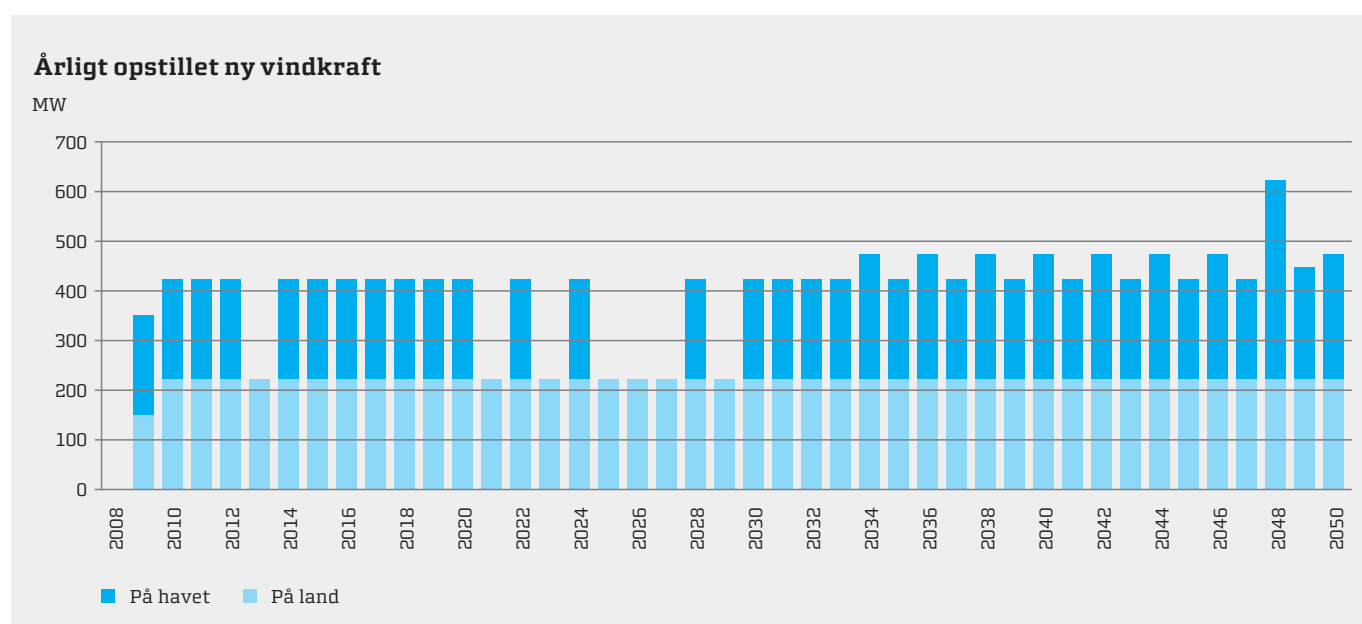
planlovgivningen en faktor, der kan nedsætte hastigheden, hvormed udbygningen kan foregå. Regelsæt, der gør denne proces mere smidig skal styrkes for at undgå forsinkelser i udbygningen. Udpegning af egnede vindmølleplaceringer, der svarer til den ønskede kapacitet, bør iværksættes hurtigst muligt.



Alt afhængig af udfaldet af kommunernes og plansystemets placeringer og møllestørrelser vil landmøllerne bidrage med mellem ca. 10 -12,6 TWh for de 2300 installerede møller.

En stor andel af de landbaserede møller fastholdes til fordel for de mere effektive off-shore og in-shore møller. Det begrundes med at befolkningens inddragelse i udbygningen er nødvendig og vigtig, men også at opsætning, vedligeholdelse og reparation er mindre omkostningsfuld.

For både havmølleparkerne og de kystnære mølleanlæg forventes det, at møllestørrelserne vil være på henholdsvis 2,3MW og 5 MW for både off-shore anlæggene og in-shore møllerne. In-shore møllestørrelsen begrænses pga. de synsindtryk, deres højde og roterende vinger vil have på det kystnære landskab. Møllernes effekt har direkte sammenhæng med højde og rotordiameter. Men da de skal indpasses i landskabet, og der skal findes egnede placeringer, må højden vige for andre hensyn. Det kan derfor ikke forventes, at 6MW møller eller endnu større møller placeres tæt på kysten eller ved fugletrækruter.



Figur 9: Antal nye havmøller og årligt opstillet ny vindkraft.

Kilde: EMD(Energi og MiljøData, Per Nielsen), Vindmølleforeningen og Ingeniørforeningen

Nye landbaserede møller er i dag næsten konkurrencedygtige med andre former for elproduktion, men aftrapningen af afregningspriserne har været så voldsom, at udbygningen er gået i stå. Det foreslås derfor at hæve afregningen i form af en feed-in tariff, så der igen kommer fart på udviklingen. Afregningen bør aftrappes løbende med den forventede teknolog udvikling.

Havmøller er på grund af udgifter til især fundamenter og infrastruktur meget dyrere end landmøller, og det foreslås derfor løbende at sende havmølleparker i udbud, så der bliver fri konkurrence om at anlægge den ønskede kapacitet billigst muligt.

Anlægsinvesteringen i vindenergi frem til 2050 forventes at være ca. 55,5 mia. kr. for udbygning med 4600 MW havbaserede møller og for 4500 MW landbaserede møller på ca. 35,6 mia. kr.⁴ Gennem genindførsel af "feed-in-tariffer" og aftagepligt, samt udbud forventes det at energiselskaberne DONG Energy og Vattenfall vil investere i udbygningen af havmøller og landmølleparker, og at befolkningen gennem vindmøllelaug vil investere i landbaserede vindmølleparker.

Et væsentligt bidrag til realisering af en udbygningsplan à la den skitserede er befolkningens og kommunernes store opbakning. Forståelse for nødvendigheden af udbygningen kan styrkes ved at engagere befolkningen i produktionen. Placering af landmøller (og solceller) i nærhed af borgerne kræver deres støtte, og der skal være et engagement i lighed med den interesse, der skubbede på udbygningen gennem 1980'erne. Det skal derfor gøres lettere for vindmølle- og (solcelle-)laug samt enkeltpersoner at investere i både landplacerede vindmøller og i kvoter af havmøller gennem udbud.

4 nye ordninger og ny VE-lov

Med loven har folketetinget aftalt at styrke udbygning med biomasse, vind og anden vedvarende energi ved at øge den økonomiske støtte og ved at etablere de fire ordninger: 1: køberet, 2: grøn ordning, 3: garantifond og 4: værditab på vindområdet.

Ordningerne gælder 25 meter høje land- og havmøller eller derover. Køberet omfatter ikke forsøgsmøller. Grøn ordning gælder kun for landmøller. Ingen af ordningerne gælder for havmøller, som staten sender i udbud eller for forsøgsmøller.

Overgangsordning i ny VE-lov

Ret til andele og værditab gælder for vindmøller, der bliver tilsluttet elnettet efter 1. januar 2009. Undtaget er vindmølleprojekter, som allerede er sat i gang. Dvs. møller på land, hvor kommunen inden den 1. marts 2009 har offentliggjort kommuneplantillæg med tilhørende VVM-redegørelse, eller har offentliggjort, at møllen ikke er VVM-pligtig. Undtaget er også møller på havet, hvor opstilleren har fået tilladelse til forundersøgelser inden 1. marts 2009. For at møller kan blive undtaget skal de også være nettilsluttet inden 1. september 2010.

Vind

Kommunerne kan få assistance i vindmølleplanlægning af det helt nyoprettede sekretariat, Vindmøllesekretariatet. Sekretariatet kan vejlede, få planlægningen i gang, rejse ud hvor der er brug for det, levere analyser af landskaber og placeringsmuligheder, og levere næsten færdige slagplaner for kommuner, der har brug for det.

Figur 10: VE lov. Kilde Energistyrelsen, www.ens.dk, 16.04.09

4. Prisen per installeret MW vindkraft er høj idet efterspørgslen på vindmøller er større end udbuddet. Men prisen for installerede MW i både havmølleparker og landmølleparker forventes at falde med et øget udbud.

Folketinget har taget fat på den nye vindmølleudbygning og naboer til vindmøller kan nu investere i lokale anlæg. Ordningen skal dog styrkes så interessen for ejerskab af energiproduktion styrkes og eventuel modstand mod nye landbaserede møller reduceres. Desværre indeholder den ny lov om vedvarende energi to modstridende interessepunkter. Den folkelige interesse for vindenergi, kan nu omsættes i lokale initiativer og lokalt ansvar for nye møller. Lovgivningen sikrer at minimum 20 % af al ny kapacitet udbygges i andele til beboerne i møllernes nærområde. På den anden side indfører VE-loven et helt nyt erstatningsprincip, hvor naboer til vindmøller får særbehandling i forhold til naboer til alle andre bygningsanlæg. Den særlige værditabsordning kan spænde ben for udbygningen af vindmøller på land og bør afskaffes.

DEN ERHVERVSMÆSSIGE SUCCES SKAL FASTHOLDES

Den danske vindmølleindustri beskæftigede i 2008 over 28.000 personer, dog med et fald til 26.000 ved udgangen af andet kvartal 2009 fordelt på 2 primære producenter og en lang række underleverandører. Den typiske virksomhed i branchen har mellem 10 og 50 ansatte, mindre end 10 virksomheder har mere end 500 ansatte.⁵ Eksporten steg til 42 mia. kr. i 2008. Nationalt steg omsætningen til 53,0 mia. kr. i 2008 mod 42,2 mia. kr. i 2007. En stigning på knap 11,0 mia. kr. eller 26 pct. Global omsætning steg til 84 mia. kr. i 2008 mod 65 mia. kr. i 2007. En stigning på 19 mia. kr. eller 29 pct.

Beskæftigelsen består i stort omfang af højtuddannet og specialtrænet personale. Potentialet for at fastholde en stor andel af højtuddannede er stort, hvis udviklingen af hjemmemarkedet etableres for både hav og landbaserede anlæg, og det store samarbejde mellem distributører/producenter, vindmøllebranchen og forskningen fastholdes. Mens produktionen af en del af møllerne må forventes flyttet til nærmarkederne for møllerne, vil udvikling, pilotpro-

duktion og test af nyeste teknologi fastholde andelen af personale med høj viden og indtjening i Danmark. Samarbejdet mellem aktørerne vil også styrke en høj uddannelsesgrad af personale i sektoren.

Biomasse og bioenergi

Udnyttelse af biomasse til energi- og transportformål er helt nødvendigt, hvis det markant skal lykkes at reducere udledningerne af drivhusgasser. Det forventes at dansk landbrug og skovbrug kan producere biomasse, i form af halm, træ og bionedbrydeligt affald samt ved en ny produktion af grøn og brun alger, svarende til ca. 300 PJ pr. år.⁶ Det vurderes, at ca. 284 PJ er nødvendig til energi- og transport formål i 2050.

Biomasse kan omsættes direkte til termisk energi gennem afbrænding, eller til biogas gennem forgasning eller flydende biobrændsler, fx gennem fermentering. Den termiske energi kan anvendes til produktion af varme eller kombineret kraftvarme. Biogas og flydende biobrændsler har en bredere vifte af anvendelser, herunder som brændstof i transportsektoren eller som brændsel i kraftvarmeanlæg eller i industrien.

Omsætningsprocesserne fra biomasse til energi har forskellige energieffektiviteter, afhængig af den energi, der er tilgået til produktionen af biomasse, samt den proces som omdanner biomasse til energi. Hvis målet isoleret set er sænkning af CO₂ udslippet udnyttes biomassen bedst til biogas og kraftvarme-produktion og størstedelen af biomasseressourcen bør derfor anvendes til dette formål.

I dag udgør import af udenlandsk træ en voksende andel af biomassen, som allerede i 2006 var den væsentligste CO₂ neutrale VE ressource sammen med vind i den danske energiproduktion.

5. Branchestatistik, Vindmølleindustrien 2009

6. Se en mere omfattende diskussion af potentialer for produktion af biomasse i Danmark se kapitel om Landbrug, Fødevarer og materialer

PJ	1980	1990	1995	2000	2002	2004	2006
Halm	4,8	12,4	13,1	12,2	15,7	17,9	18,6
Skovflis	0,2	1,7	2,3	3,0	4,2	7,7	8,3
Træaffald	3,7	6,2	5,7	6,9	6,0	6,4	6,3
Træpiller	0,1	1,7	2,3	4,2	6,7	12,8	15,6
Biogas	0,2	0,7	1,8	2,9	3,4	3,7	3,9
Brænde	7,6	8,8	11,5	12,4	13,0	15,7	19,6
Bionedbrydeligt affald m.m.	7,6	11,1	17,5	23,7	26,4	29,4	31,0
Biomasse i alt	24,0	42,5	54,0	65,4	75,4	93,6	103,3

Tabel 1: Biomasse anvendt til energiformål, Kilde: Energistyrelsen, Energistatistik 2006

BIOMASSE I KRAFTVARMEPRODUKTIONEN

De fleste værker producerer kraftvarme. En mindre del af de decentrale værker – ca. hver tredje – producerer stadig kun varme. Stort set alle decentrale fjernvarmeværker og hvert fjerde decentrale kraftvarmeværk bruger i dag miljøvenlige brændsler, dvs. halm, flis, træpiller, biogas eller affald. De resterende – langt størstedelen – anvender naturgas som brændsel. Kraftvarmeværkerne er kommunalt og andelsejede og de forsyner de fleste boliger, institutioner og virksomheder i området med varme via fjernvarmerør. Størrelsen varierer fra levering til en enkelt institution til hele bysamfund som fx Viborg. Udover kraftvarmeanlæg er der en del industrianlæg der også kan være koblet op på specielt varmenettet. El-energi leveres til nettet.

Transporten af biomasse fra det sted biomassen produceres, til det anlæg hvor biomasse afbrændes, resulterer i et mindre tab i det samlede energiregnskab. Anlæggenes placering tæt på en tilstrækkelig forsyning af biomasse reducerer tabet. Det er også nødvendigt at udbygge med energi og sæsonlagre af biomasse tæt på produktionsstedet, så der sikres en tilstrækkelig leverance gennem hele året. Antal kraftvarmeanlæg og størrelser og placeringer forventes at skulle justeres i forhold til det eksisterende antal.

Antal kraftvarmeværker og fjernvarmeværker i Danmark

Kollektiv varmeforsyning (byer)

- 16 centrale kraftvarmeværker
- 285 decentrale kraftvarmeværker
- 130 decentrale fjernvarmeværker

Privat varmeforsyning (virksomheder og institutioner)

- 380 kraftvarmeværker
- 100 fjernvarmeværker

I alt

- 665 kraftvarmeværker
- 230 fjernvarmeværker

Figur 11: Kollektiv henholdsvis privat varmeforsyning.

Kilde: Energistyrelsen www.ens.dk 16.04.09

Kraftvarme baseret på simpel afbrænding af biomasse er effektivt og vil være et nødvendigt bidrag til produktionen af hovedsagelig el og varme. Bindningen mellem el- og varmeproduktion er ikke ønskelig ud fra produktionsfleksibilitet baseret på sæson- og døgnbehov/forbrug, men ud fra en energieffektiv udnyttelse vil kombinerede anlæg fortsat indgå i planen. Fjernvarmeanlæg opretholdes i det omfang de kan være med til at bidrage til en lokal fleksibilitet i produktionen af varme, der ikke er afhængig af elproduktionen.

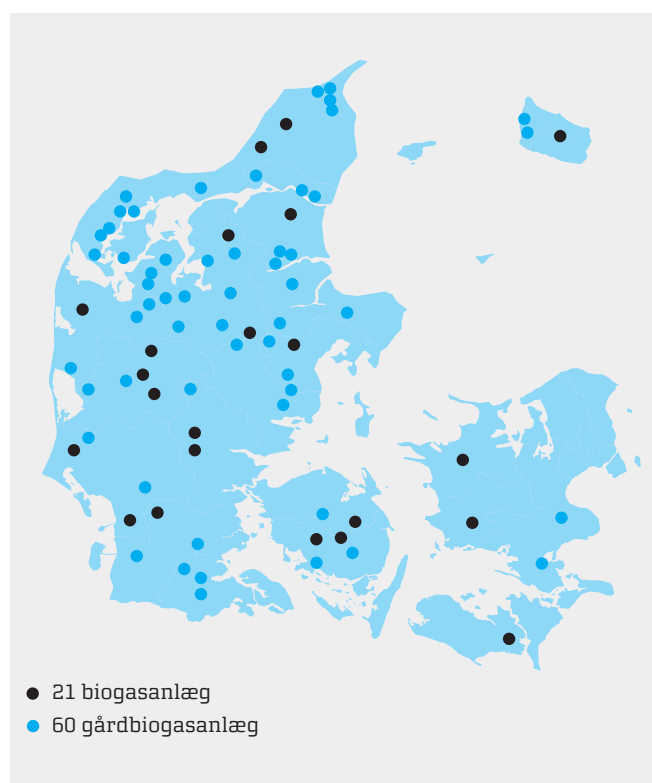
Anlæggene vil samtidig kunne levere et bidrag renset/skrubbet CO₂ til elektrolyseanlæg. En landsplan, der forinden analyserer antal, størrelse, opbygning og placering af elektrolyseanlæg i forbindelse med de biomasse forbrugende kraftvarmeanlæg vil derfor skulle påbegyndes inden anlæggene er færdigudviklede i kommercielle og driftsikre størrelser. I perioder med overskydende vindenergi vil elektrolyseanlæggene producere brændstoffer (Methanol, DME eller lignende), som kan lagres og anvendes i brændselsceller. Der lægges derfor op til at de decentrale kraftvarmeverker baseret på naturgas udskiftes med biomassebaserede anlæg, med tilkoblede elektrolyse anlæg samt varmepumper, efterhånden som de er nedslidte.

Konverteringen af biobrændsel til flydende brændstof til anvendelse i brændselsceller vil medføre et ukendt mindre energitab. Forslaget fastholdes i klimaplanen 2050 for at sikre fleksibiliteten i systemet idet brændselscellerne hurtigt kan sættes ind og tages ud af produktionen efter behov. Kravet om et stabilt elsystem medfører at brændselscellerne passer ind i systemet i et samspil med de fluktuerende produktioner fra vind, bølger og sol. Et passende antal gasbaserede kraftvarmeanlæg bibeholdes og omlægges til at aftage biogas. Biogassen kan lagres og distribueres gennem naturgasnettet til disse værker.

I IDAs Klimaplan 2050 skal 22 % af det samlede el-forbrug på 50 TWh dækkes med biomasse svarende til ca. 11 TWh i 2050, mens bidraget til varmedelen fremgår af varmeafsnittet. Den øvrige mængde biomasse kan indgå som ressource til drivmidler i transportsektoren.

Biogas i Danmark

IDAs Klimaplan 2050 lægger op til at landbrugets husdyrgødning (gylle) og øvrige organiske affaldstyper fuldt ud udnyttes til produktion af biogas. Det forventes, at udnyttelsen af husdyrgødning vil kunne producere 26 PJ energi om året, samt at der ved fuld udnyttelse af de øvrige råmaterialer (organiske affaldstyper) vil kunne produceres yderligere 14 PJ energi. I alt vil der skulle etableres 40-50 store biogasfælles anlæg for at sikre en fuld udnyttelse af hele biogasressourcen.



Figur 12: Biogasanlæg i DK.

Kilde: Brancheforeningen for biogas, 2009

De organiske råmaterialer behandles på enten biogaskårdeanlæg eller på større biogasfællesanlæg, hvor det organiske materiale afgasses.

For at processen kan fungere, er det i dag nødvendigt at blande ca. 20 % andet organisk (affalds)materiale end husdyrgødning i anlægget. For at undgå mangel på andet organisk affald skal nytænkning med

anvendelse af hønsegødning og andre organiske restprodukter inddrages. På sigt vurderes det, at det bliver muligt at producere biogas udelukkende på husdyrgødning og/eller organisk materiale. Gassen leveres til decentrale kraftvarmeværker, der forholdsvis enkelt kan omstilles fra naturgas til hel eller delvis biogasindfyring.

Biogasanlæggene vil i IDAs Klimaplan 2050 skulle levere både el og varme. For at sikre den samlede forsyningssikkerhed i energisystemerne skal biogassen lagres og indgå som el-produktion ved egenproduktion på anlæggene eller ved nærmeste kraftvarmeanlæg/brændselscelleanlæg eller gennem naturgasnettet. De anlæg der har egen produktion af el skal opkobles til de netansvarlige gennem intelligente styringsteknologier.

Potentialet for en yderligere produktion af biogas på 20PJ ved anvendelse af mere organisk materiale som alger og græsser, majs m.v. fra nye arealer er til stede i 2050. I Klimaplan 2050 fastholdes et mål for en produktion på ca. 40PJ ud fra andre hensyn som et bæredygtigt landbrug og arealanvendelse. Begrænsninger på og evt. fald i animalsk produktion i Danmark og dermed mængden af husdyrgødning, samt forskellige driftsformers mulighed for at udnytte gødningen til biogas medfører, at planen ikke baseres på en højere biogasandel. Klimaplan 2050 er robust nok til at integrere og omlægge til en større andel biogas såfremt fremtiden åbner op for denne mulighed.

Biogassen skal oplagres i mængder så tilstrækkelig store, så den kan fungere som eneste leverandør af el i en nærmere given periode. I dag har biogasproducenterne kun mulighed for at etablere egne forsyningsnet til udvalgte kunder. Det sker i meget begrænset omfang med varmesalg til omkringliggende naboer.

ANLÆGGENES PLACERING OG BEDRE LAGRING AF GAS ER AFGØRENDE

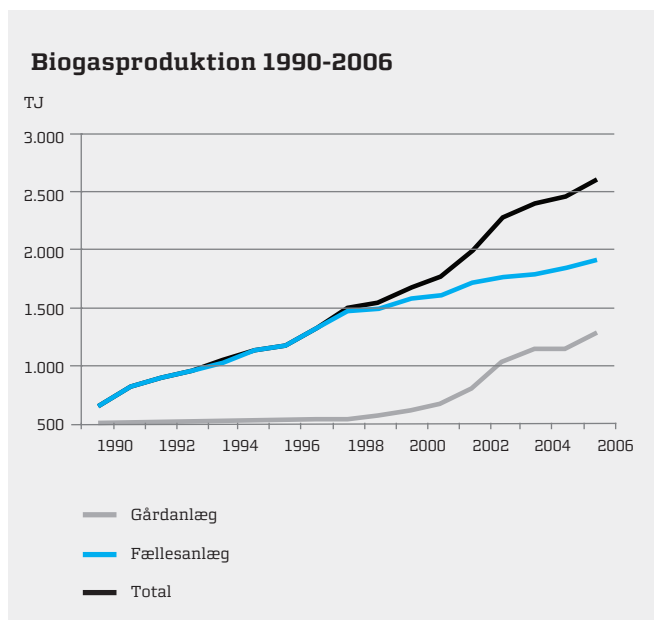
Der er i dag 21 fælles biogasanlæg og ca. 60 gårdbiogasanlæg i Danmark (se Figur 12) og den danske produktion af biogas svarer i dag til 4 PJ pr. år (2008).

I dag, er det hovedsagligt landbruget som anlægger, ejer og driver biogasanlæg som gårdbiogasanlæg og fælles anlæg. Det er i stor udstrækning lokale forhold så som koncentrationen af leverandører af store mængder af gylle og øvrige brugbare biomasser i området; og transport- og afsætningsmuligheder, som afgør om der er forretningsmæssig basis for at etablere et fælles anlæg. Det er et afgørende forhold, at leverandører af gylle ikke er spredt for meget geografisk, da det vil give store transportmæssige omkostninger og svække anlæggets klimamæssige bæredygtighed.

Med de stadigt voksende landbrug vil der i mange tilfælde være basis for et stort gårdbiogasanlæg og i nogen udstrækning kan det være en god løsning at inddrage de tilstødende landbrug i dette og rørføre deres gylle til anlægget.

Et væsentligt forhold er afsætningen af biogasanlæggets produkter: gas, el og varme. Der findes en række potentielle kunder til biogas eller biogasbaseret energi, men noget reelt marked findes ikke. Al handel sker lokalt og er bestemt af individuelle forhold. For gassens vedkommende ligger prisen typisk på 80 – 90 kr. pr. GJ svarende til ca. 2 kr. pr. m³. Der findes dog lokaliteter hvor prisen kan være i nærheden af det dobbelte. Der er fra politisk side sikret en el-afregningspris for el produceret af biogas på 0,745 kr. pr. kWh. Salgsprisen for varme starter ved ca. 0,10 kr. pr. kWh.

I dag er det mest fordelagtigt at levere energien til forbrugere, som benytter dyrere afgiftsbelagt energi i olie- eller naturgasproduceret energi baserede på enten individuelle anlæg eller kraftvarmeværker (eksempelvis industrierhverv.) Driftsmæssigt vil der være mange interesserede erhvervs- og industrikunder. Industriens omstilling til biomasse vil i mange tilfælde kunne drage fordel af biogas. Ved industrikunder vil afgiftsfritagelsen dog have mindre betydning, da industrien i forvejen betaler mindre afgifter for energi.



Figur 13: Biogasproduktion.

Kilde: Brancheforeningen for biogas, 2009

Biogas egner sig i dag bedst som grundlastleverandør, da gassen kan være vanskelig at lagre på grund af stor risiko for afdampning/diffusion af drivhusgasser til omgivelserne. Højtrykslagring er en relativ dyr løsning både investerings- og energimæssigt. Løsningen anvendes i nogen udstrækning i forbindelse med gasdrevne køretøjer. Dette har relativ stor udbredelse i Sverige, hvor biogasdrift af biler er sat i system.

Lokalt på biogasanlæggene findes mindre driftslagre, som skal kompensere for almindelige udsving i gasproduktionen. Disse lagre er lavtrykslagre, hvor gassen derfor har et stort volumen.

Der bør derfor iværksættes en teknologisk udviklingsindsats af gaslagre uden diffusionsrisiko, så gassens bredere anvendelse kan sikres. Den bedste og mest indlysende lagringsmulighed er at benytte naturgasnettet, hvor der findes lagringsløsninger.

TILTAG TIL UDBREDELSE AF BIOGAS

De største barrierer for udbygning med biogas er finansiering, varmemforsyningsloven og naturgasloven. Forudsætningen for at nå en maksimal udbygning er, at der dels findes den nødvendige kapital til investeringen, og dels skabes løsninger, som giver en acceptabel økonomi for ejerne af anlæggene.

For at understøtte udbygning med biogas anbefales det, at der gives støtte til opstart af nye anlæg i form af stats- eller kommunegaranti, med mulighed for at låne lavtforrentede midler til investeringen i fx: Kommunekredit. Der anbefales samtidig at der afsættes midler, ca. 100.000 kr. pr. projekt til forprojekter i forbindelse med anlæggelse af større fællesanlæg. Samtidig bør der åbnes for muligheden for naboinvesteringer, i lighed med hvad der er muligt på vindmølleområdet.

Det er samtidig nødvendigt, at der etableres afgiftsfri transmission af den energi der produceres på biogasanlæg. Det ville fremme biogasproducenternes muligheder for at operere på et større marked og give den nødvendige fleksibilitet i forhold til de tekniske løsningsmuligheder. Når den eller afgiftsfrie biogasele i dag føres ud på el-nettet, bliver den afgiftsbelagt. Det samme gælder for opgraderet⁷ biogas, der føres ud på naturgasnettet. Rent afgiftsteknisk er det forholdsvis let at friholde biogassen eller dens produkter for afgift på nettet. Det gør man allerede i andre lande.

En national handlingsplan for biogas ville understøtte de foreslåede initiativer.

7. Biogas består af en blanding af metan og CO₂. Forholdet kan variere lidt over året og derfor vil energiindholdet pr. volumenenhed også variere. Derfor må CO₂ fjernes fra biogassen, således at der kun er ren metan før gassen sendes ind på naturgasnettet. Denne såkaldte opgradering er endnu relativt dyr og ligger på ca. 1,50 kr. pr. m³ N-Gas. Denne omkostning er sammen med et afgiftstillæg med til at gøre det umuligt at benytte løsningen.

Teknologi- og udbygningspotentialer for solceller

I IDAs Klimaplan 2050 lægges der op til at solcelleanlæg i 2050 dækker 9-10 % af elforbruget. Velplacerede hustage på boliger, industrianlæg og offentlige bygninger og konstruktioner skal indgå. Renoveringer og investeringer i boligforbedringer skal samordnes med en investering i solceller. For offentlige bygninger og anlæg skal en udbygningsplan etableres med henblik på placering af større solenergianlæg.

Solcelleanlæg er i dag relativt dyre. Alligevel har efterspørgslen på solcelleanlæg på verdensplan i de sidste par år langt oversteget produktionskapaciteten, hvilket blandet andet har betydet at prisen på forarbejdet silicium, som cellerne er baseret på, er steget fra 32 US \$ pr. kilo i slutningen af 2004 til over 150 US \$ i 2006⁸. Dette skyldes ikke mangel på silicium, som findes i store mængder over hele verden, men er udelukkende begrundet i manglende produktionskapacitet. De solceller, der i dag produceres, er baseret på siliciumplader. Kapaciteten er dog stærkt stigende og prisen forventes at falde igen efterhånden som produktionskapaciteten stiger.

Forskningen i og udbygningen med solcelleanlæg foregår i dag hovedsagligt i Tyskland, USA og Japan og med en stigende vækst i andre sydeuropæiske lande. Danmark har en producent af silicium: Topsil, og en produktion af el-konvertere til elnettet: Danfoss-Solar Inverters. 2. og 3. generations solcelleteknologi baseret på tyndfilm eller polymerteknologi udvikles bl.a. også i danske firmaer og forskningsinstitutioner. Investeringer i og støtte til innovation af disse teknologier er nødvendig for en fremtidig dansk deltagelse i udviklingen af kommercielle anlæg.

Solceller er en vedvarende energiteknologi, der indenfor en kort årrække forventes at blive konkurrencedygtig med konventionel el, og som på sigt spås en fremtid som et betydningsfuldt element i både EU's og i den globale el-forsyning. I internationale studier forventes den globale omsætning på solcelleområdet således at overstige omsætningen indenfor vindenergi senest i år 2015⁹.

Umiddelbart kan det måske syntes, at de fremherskende klimatiske forhold i Danmark ikke begunstiger anvendelsen af solceller; fakta er imidlertid at der er tale om værdier på linje med forholdene i Tyskland, hvor der aktuelt er installeret ca. 200 gange så mange solceller pr. indbygger som i Danmark og hvor omkring 70.000 personer er beskæftiget i solcelleindustrien.

Solceller udmærker sig i forhold til andre vedvarende energiteknologier ved som den eneste teknologi at kunne producere højværdi energi i form af elektricitet, og samtidig kunne indpasses i bygninger og som distribueret energikilde direkte ved forbrugsstedet. Som et yderligere element kan fremhæves, at produktionsprofilen for solcelleanlæg er i god harmoni med den fremherskende elforbrugsprofil. Solcellerne producerer el om dagen, hvor elforbruget også er højest.

STEJLE LÆRINGSKURVER OG HØJE PRISFALD I VENDE

Baseret på læringskurver (pris pr. installeret effekt) over de seneste 30 års udvikling af krystallinsk silicium celler, ved man at det årlige prisfald er gennemsnitligt 20 %. Hvorvidt dette prisfald vil forsætte, er dog svært at forudsige. Trods de store årlige prisfald er el produceret fra solcelleanlæg stadig markant dyrere end el produceret på traditionelle kraftværker, og de solcelleanlæg, der hidtil er etableret i Danmark, er derfor i stor udstrækning sket med udgangspunkt i andre årsager end økonomiske. Blandt andet:

8. Ingeniøren, 6 november 2006.

9. Photonics International, 2008

- Ud fra et ønske om at udvise miljø- og klimavenlige adfærd og/eller at blive delvist selvforsynende med elektricitet.
- Fordi anvendelsen af solceller frembyder gunstige muligheder i forbindelse med opfyldelsen af de energirammebetingelser, der er påkrævet i bygningsdirektivet i forbindelse med nybyggeri og større renoveringer.

Inden for en kortere årrække forventes situationen imidlertid at ændre sig radikalt, idet solcelleanlæg i vil forventes at få et gennembrud og prisen forventes at falde betragteligt. Således forventes det at solcelleproduceret elektricitet bliver konkurrencedygtig med forbrugerprisen på køb af afgiftspålagt elektricitet i Danmark indenfor perioden 2015 til 2020. Samt at solcelleproduceret elektricitet bliver samfundsøkonomisk interessant omkring 2030, hvor den faktiske produktionspris eksklusive afgifter vil være direkte sammenlignelig med den tilsvarende pris for traditionel kraftværksproduceret elektricitet.

Disse fremskrivninger er betinget i, at der gradvist sker udmøntning af resultaterne af den forsknings- og udviklingsaktivitet, der pågår nationalt og – især – internationalt. Der sker således løbende fremskridt indenfor dels modulområdet, hvor nye typer tyndfilmsceller de senere år har nået et kommercielt stade og aktuelt udgør ca. 10 % af nye installationer i 2008¹⁰, dels på BOS området, hvor nye inverterteknologier sikrer optimal udnyttelse af den elektricitet, der produceres.

Udviklingen i tyndfilmsteknologier og de store fremskridt på modulområdet betyder nye integrationsmuligheder i bygninger og udstyr, og således at anvendelse og udbredelse kan foregå hurtigere end tidligere forventet.

En anden vigtig parameter til sikring af stadig forbedret pris/ydelsesforhold, er den omkostningsreduktion, der fremkommer i takt med den øgede industrialisering og skala af produktionsprocessen. Tra-

ditionelt er prisen pr. Wp halveret hvert 7. år, og med baggrund i de senere års udvikling, hvor der er set årlige vækstrater på mere end 40 % i produktionsvolumen, forventes denne tendens at fortsætte.

Ovenstående afspejles i et studie udarbejdet på foranledning af EU Kommissionen¹¹, hvor anlægsprisen for et funktionsdygtigt, nettilsluttet solcelleanlæg forventes reduceret fra 3 €/W i 2010¹² over 2 €/W i 2020 til 1 €/W i 2030. Prisudviklingen er konservativt estimeret, og der er stærke indikationer fra markedet for solanlæg at prisen kan mindskes yderligere for både traditionelle silicium baserede anlæg og tyndfilmsanlæg.

SOLCELLER INTEGRERET I BYGNINGER OG ANLÆG

I IDAs Klimaplan 2050 lægges der op til, at 10 % af elforbruget i 2050 er baseret på solenergi. 5 % skal etableres som bygningsintegrerede solceller, mens de øvrige 5 % skal integreres på offentlige bygninger og offentlige anlæg. Se kapitel "Bygninger".

Med udgangspunkt i de nuværende solcelleteknologianlæg og et samlet elforbrug på 50 TWh i 2050 kræves en installation af knapt. 40 km² solcelleanlæg. Men med de forventede øgede effektiviteter i anlæggene og den fortsatte udvikling af anlægstyper og mulig integration i bygninger vil det nødvendige areal kunne sænkes.

Fra tidligere studier skønnes det, at der i Danmark vil være et solcelleegnet bygningsareal på ca. 150 km², hvilket altså er fuldt ud tilstrækkeligt til at opfylde det ovenfor nævnte arealkrav uden behov for inddragning af arealer, der aktuelt anvendes til andet formål.

Udbredelsen af solceller bør fremmes ved at udbyde kvoter af store solenergianlæg som innovationsmarkeder, med en fast afregningspris.

10. PA Energy 2009.

11. A strategic Research Agenda for PV Solar Energy Technology

12. 22.500 DKK/W – ved kurs 7,50kr/€

Bølgeenergi – et muligt styrkeområde

Vedvarende energiproduktion med bølgeenergi er teknologisk endnu ikke færdigudviklet i fuldskalaanlæg og til et økonomisk rentabelt niveau. Potentialet i bølger er stort, energien er mere stabil end vind, men kræfterne er langt sværere at "indfange" og omsætte til elektricitet.

Til trods for teknologiens tidlige udviklingsstadiet er der gode forventninger til effektiviteten af bølgeenergianlæg. Desuden vil en udbygning med bølgeenergi komplementere vindenergien, idet bølgeenergi fungerer over længere perioder og mindre abrupte fluktuationer end vind og er tidsforskudt til vindenergien.

I IDAs Klimaplan 2050 lægges der op til at bølgeenergi dækker ca. 5 % af det samlede elforbrug i 2050 og at der i 2050 er installeret 700 MW bølgekraft. Andelen kan kun opnås, såfremt den store forventede effektivitet med drift på op til 40-45 % fuldlasttimer kan fastholdes.

TEKNOLOGI- OG UDBYGNINGS-POTENTIALER MED BØLGER

Danmark har i dag ca. 9 iværksættere, en række investorer og mindst én teknologisk forskningsinstitution der arbejder på at udvikle bølgeenergianlæg. Herudover findes et antal rådgivere med stor indsigt i bølgeenergimarkedet. Danmark deltager både i EU's wavepower initiativer, men er også internationalt anerkendt som aktiv innovatør på udviklingsmarkedet. Denne position som innovativ bølgeenergination er et godt udgangspunkt for at skabe de første fuldskalaanlæg og opnå en driftserfaring.

Kreative forslag og antal af typer anlæg på verdensplan er i dag oppe på godt 200, men der er endnu ikke udviklet anlæg, der kan producere på kommercielle vilkår. De første udenlandske anlæg, der er solgt til elproduktion, er opstillet i Portugal, hvor der er store tilskud til afregningsprisen.

Teknologien kan i modsætning til de øvrige VE teknologier ikke løbende udvikles, men langsomt gøres større og mere effektiv efterhånden som erfaringerne opnås. Placeringen på havet medfører, at anlæggene skal designes til de konkrete vilkår på de konkrete placeringer, og at vedligeholdelse, reparationer og tilpasninger ikke kan foretages uden store omkostninger. Teknologierne skal være udviklet til driftssikre fuldskalaanlæg, før de kan placeres på de udvalgte steder, og initialomkostningerne er derfor forholdsvis høje, inden det første anlæg kan komme i drift. Til gengæld kan fungerende anlæg hurtigt skaleres og tilpasses andre placeringer.

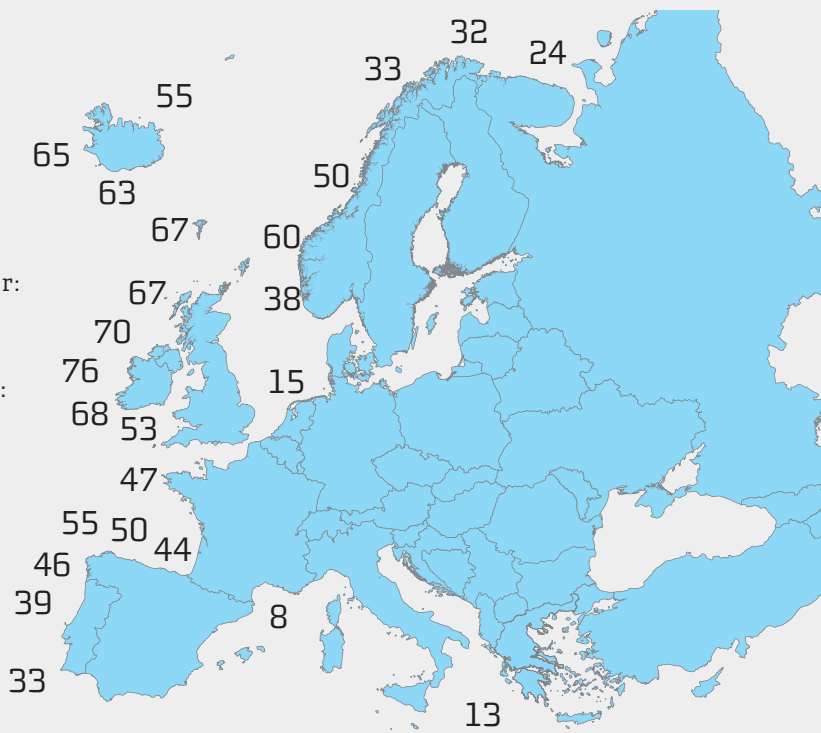
For at udvikle teknologien skal fuldskalaforsøg af en række af de mest lovende teknologier sættes i søen. Der er et stort behov for at få afprøvet hvilke af teknologierne, der kan modstå bølgekræfterne i Nordsøen. Nordsøen er desuden en god afprøvningsplacering, da bølgeenergi-anlæggene kan ligge tæt på kysten, og bølgehøjden er moderat sammenlignet med de store have. I modsætning til vindmøllerne kan udviklingen af bølgeanlæg godt bestå af forskellige koncepter, alt efter deres geografiske placering.

Det er oplagt at placere bølgeanlæg tæt på øvrige offshore anlæg som havmølleparker og platforme for at minimere infrastrukturomkostningerne til kabler og tilkobling til land. Vedligeholdelsen kan samtidig indgå i vedligeholdelsen af de øvrige anlæg, og udbygningen kan foretages sideløbende med havmølleudbygningen.

Der lægges i IDAs Klimaplan 2050 op til, at der udvælges og satses på de mest lovende anlæg, og at der ikke satses på én teknologi. Det foreslås derfor, at der sættes store engangsbeløb af til demonstrationsprojekter. Til forskning, udvikling og demonstrationsanlæg foreslås det, at der afsættes 75 mio. kr. om året.

Potentialet i bølgeenergi

- Danmarks el-forbrug: 3,7 GW
- Ved den danske vestkyst (offshore):
 - » op til 25 MW/km
 - » middel ca. 16 MW/km
 - » ca. 150 km til rådighed ~ 2,4 GW
- I Nordatlanten ved europæiske kyster: 25-75 MW/km
- I Middelhavet: 4-11 MW/km
- Totalt potentiale ved Europas kyster: ca. 320 GW
- 10-30% af Danmarks forbrug kan dækkes af bølgeenergi



Figur 14: Potentialet i bølgeenergi. Kilde: Peter Frigaard, AAU 2006.

MULIGHEDER FOR ET NYT ERHVERVSEVENTYR

Investeringen i bølgeenergi er høj. Baseret på teknologikataloget fra Energistyrelsen er anlægsprisen på 14 mio kr. pr. MW-e, hvilket er i underkanten af markedets forventninger. Ved en installation af 700 MW er investeringen på godt 10 mia. kr. frem til 2050 og økonomien og rentabiliteten i anlæggene er meget afhængig af, at forudsætningerne holder. Anlæggene skal producere 40-45 % fuldlasttimer, driftssikkerheden skal være høj og der skal ikke foretages større reparationer og vedligeholdelse i perioden. I en ny uprøvet teknologi er dette høje krav, men det er forventningen, at teknologien kan udvikles frem til 2050, hvis forsøg og test af de første anlæg sættes i søen inden for kort tid.

Det kan forventes at produktionsselskaber har en interesse i at investere i bølgeanlæg, hvis produktionsforudsætningerne holder. Det foreslås derfor, at der udvikles innovationsmarkeder, hvor markedet sættes i gang ved at der udbydes en bestemt kvote på f.eks. 20 MW, som sikres en kWh pris på f.eks. 2-2,50 kr/kWh i anlæggets levetid. Findes der interesserede virksomheder, der kan producere el til den aftalte pris, fyldes kvoten, ellers ikke. Da kvoten er lille i forhold til den samlede el-produktion, vil dens prisvirkning ved den foreslåede kWh pris, efter 5 år og ved en fuld udnyttelse af kvoten i perioden være ca. 2 øre/kWh. Samtidig vil de forskellige bølgeteknologier komme i direkte konkurrence med hinanden, og ikke-levedygtige koncepter vil efterhånden blive sorteret fra. Ved fra dansk side at støtte udvikling af bølgeenergi er der gode muligheder for, i lighed med vindmølleområdet, at skabe et nyt erhvervsmæssigt styrkeområde.

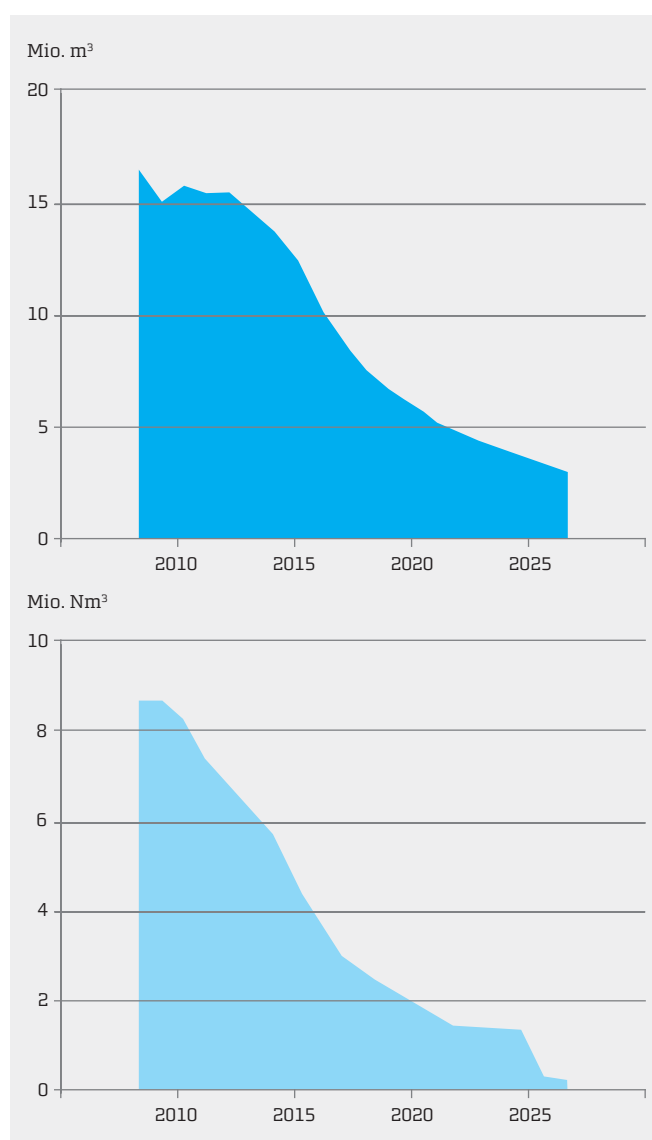
Olie- og gasressourcer og indvinding

Danmark er de sidste 30 år gået fra at importere stort set al olie og gas, til i dag at stå i den historiske situation, at vi producerer væsentligt mere gas og olie end vi forbruger, og olie er blevet en af Danmarks største eksportvarer.

I forhold til IDAs Energiplan 2030¹³ og den tidligere energifremskrivning fra Energistyrelsen er der på olie og gas området indgået nye aftaler om nedbringelse af energiforbruget til indvinding. Den forventede udvikling på energiforbruget ved indvinding af olie og gas medfører, at industrien gennemfører en række foreslåede besparelsesforslag med avancerede teknikker og teknologiforbedringer. I Energistyrelsens nye reference forventes energiforbruget i Nordsøen at ligge på ca. 30 PJ frem til produktionsstop. I Klimaplan 2050 sættes der ikke yderligere mål for reduktion af energiforbruget frem til produktionens ophør. En kort beskrivelse af indvindingen indgår i IDAs Klimaplan 2050 idet bidraget herfra er medtaget i beregningen af det samlede drivhusgasudslip, og fordi det forventes at olie og gas indvinding vil foregå så længe en produktion er mulig.

Både olie- og gasproduktionen er faldende (Figur 15), men der er gode muligheder for, at den danske nettoselvforsyning med olie opretholdes de næste 25 år (Figur 16) og for gas de næste 15 år, uanset hvad olien og gassen anvendes til. Selvforsyningsgraden vil være afhængig af, hvorvidt det lykkes at finde og udvikle nye reserver, øge udvindingsgraden på de kendte felter og nedsætte det indenlandske forbrug af olie og gas, med fx vedvarende energi¹⁴. Specielt vil reduktion af olieforbrug via innovation i transportsektoren kunne udsætte tidspunktet for tilbagevenden til nettoimport af olie med yderligere mange år.

Tilsvarende vil anvendelsen af naturgas til opvarmning kunne udfases og erstattes af andre varmekilder som jordvarme, solvarme, og geotermi. Naturgasressourcens anvendelse i elproduktion, vil således kunne opretholdes i yderligere en årrække uden nettoimport.

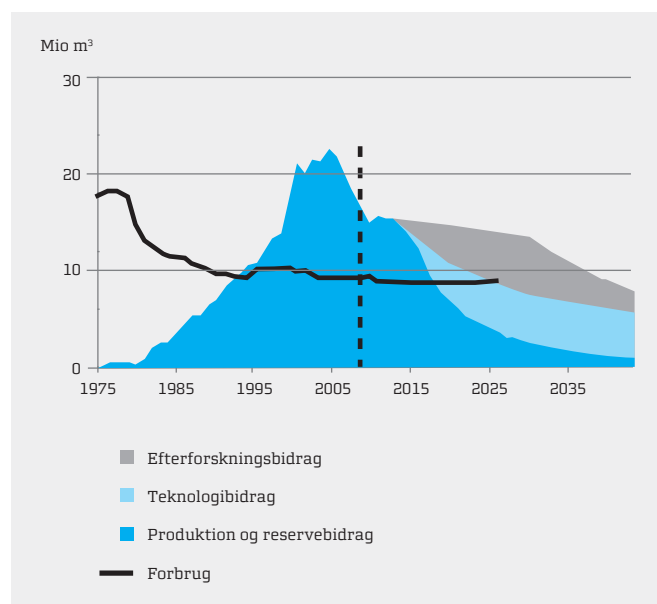


Figur 15: Prognose for Danmarks olie- og gasproduktion, hvis der kun tages hensyn til kendte reserver (Energistyrelsen 2008).

13. Energiplan 2030, IDA 2006

14. En del olie og naturgas ressourcer vil ved stigende oliepris overgå til reserver. De bliver tilgængelige i og med at de bliver økonomisk attraktive at udvinde, og mere omkostningstung med effektiv teknologi kan tages i anvendelse.

En forbedret indvindingsgrad vil have en stor økonomisk værdi. Et procentpoint af indvindingsgraden repræsenterer en værdi på 40 – 50 mia. kr. Omkring 60 % af indtægterne fra Nordsøen tilfalder staten, som således har en stor interesse i en højere indvindingsgrad. En øget indvinding af olie og gas i Danmark forventes at kunne opnås gennem en forøgelse af indvindingsgraden på de eksisterende felter (det såkaldte teknologibidrag), dels gennem efterforskning, hvor det forventes at finde flere felter (det såkaldte efterforskningsbidrag). Teknologibidraget er et udtryk for, at teknikker til olieudvinding er under konstant udvikling. Det vurderes at indvindingsgraden ved langsigtet planlægning af anvendelse af avancerede teknikker på sigt kan komme helt op på 50 % på nye felter



Figur 16: Prognose for Danmarks olieproduktion og -forbrug. Reservebidrag er den forventede olieproduktion fra kendte felter med kendt teknologi. Teknologibidrag er produktion som resultat af forventede forbedringer i indvindingsmetoder o.l. Efterforskningsbidrag er produktion fra forekomster, der forventes at blive fundet ved kommende efterforskningsaktiviteter. Det forventede olieforbrug er her anført som en direkte fremskrivning af det nuværende. Hvis olieforbruget nedsættes vil tidspunktet for netto olieimport kunne udskydes (Energistyrelsen 2008).

Et oliefelts produktionsperiode opdeles i tre produktionsfaser. I den tertiære produktionsfase presses indvindingsgraden meget højt op ved at benytte en række mere avancerede teknikker, såkaldt Enhanced Oil Recovery (EOR), såsom dampinjektion, polymerinjektion og CO₂-injektion. CO₂-injektion virker ligesom injektion af naturgas ved at olien presses frem mod borehovedet. Typisk skal der anvendes 1-3 ton CO₂ pr. ekstra ton indvunden olie¹⁵. Der bør i lighed med Norge laves en handlingsplan for teknologisk udvikling inden for olieindvinding. Den foreløbige plan er at der i 2020 skal foretages EOR i form af CO₂-injektion (CO₂-lagring og CO₂-WAG). Vandinjektion med produktionsfremmende kemikalier. Da flere af EOR-metoderne er meget energikrævende, bør der anvendes CO₂ budgetter – og regnskaber som styringsinstrument i forbindelse forskning og udvikling af EOR-teknologi. Desuden efterspørger vindmøllebranchen viden fra olie/gas sektoren til fortsat udbygning og forbedringer af off-shore anlæg.

MULIGHEDEN FOR CO₂-INJEKTION OG LAGRING

Teknologier til opsamling, behandling og distribution af CO₂ er udviklet, når det drejer sig om lagring og anvendelse af CO₂ til olieudvinding på land (Carbon Capture Storage (CCS)). EU har gennem længere tid arbejdet med et demoprogram, hvor 12 fuldskala anlæg skal opføres rundt omkring i Europa, og i Danmark arbejder Vattenfall på at opføre et anlæg nord for Ålborg.

CCS består konkret af "røggas renserier", der sættes ind i røggasstrengen mellem kraftværket og skorstenen, og som kan udskille CO₂ til lagring efter tryksætning. Den udskilte CO₂ lagres i undergrunden, i sandsten eller tilsvarende, der er karakteriseret ved at have et dæklag over, som hindrer CO₂'en i at sive op til overfladen igen. Ofte vil udtjente olieletter blive brugt, eller der vil blive boret nye lagre tilsvarende de lagre, som tidligere har været anvendt til lagring

15. Wolfram Kleinitz, Gaz du France. Oplæg Vidensseminar olie-gas 2006

af naturgas. Danmark ligger umiddelbart godt placeret i forhold til lagerforhold, bl.a. i kraft af Nordsøen.

I oliefelter kan den opsamlede CO₂ anvendes til at forøge udvindingen af olie, Enhanced Oil Recovery (EOR), med op til 10 %. Der foreligger ikke en entydig miljøvurdering af risiciene ved CO₂-lagring, herunder teknologiske og geologisk relaterede risici.

En række forskellige teknologier til CO₂-indvinding fra punktkilder er under udvikling eller under implementering (Figur 17).

2010

Post-combustion capture (opsamling af CO₂ efter forbrænding).

2015

O₂/CO₂ recycle combustion (Oxyfuel) med capture (opsamling efter forbrænding og delvis recirkulering af CO₂ som en del af brændslet).

2020

Pre-combustion capture – Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) (opsamling af CO₂ i forbindelse med gasifikationsproces for forbrænding).

2030

IGCC med Oxyfuel¹⁶.

Figur 17: CCS-teknologier.

Det er vigtigt at planer for CO₂-opsamling og -lagring udvikles og vurderes i et systemperspektiv, hvor der på én gang ses på mulighederne for opsamling og anvendelse af CO₂. Endvidere skal teknologier til reduktion af CO₂-emissioner sammenholdes med andre tiltag til reduktion af CO₂-emissioner som energibesparelser og øget anvendelse af vedvarende energi.

En væsentlig problemstilling er, at opsamling af CO₂ fra kraftværker er energikrævende, og vil forøge brændselsforbruget på kraftværker med mellem 10-40 %¹⁷. I et vedvarende energiscenarium som IDAs Klimaplan 2050, vil dette øge behovet for biomasse-ressourcer.

Udbygning af kraftværker med CCS vil samtidig kræve store investeringer i udvikling og drift. Den samlede CCS-streng fra kraftværk til lager vurderes med udgangspunkt i dagens teknologi og stade at betyde en meromkostning i området 21-91 % alt efter placering af kilde og lager.¹⁸

I IDAs Klimaplan 2050 sker der en gradvis udfasning af kul, olie og gas, samtidig med at en relativ større andel af det samlede udslip af drivhusgasser vil ske fra diffuse CO₂-kilder. Det betyder, at det er begrænset, hvor stor en andel af de fremtidige danske CO₂-udledninger, der kan opsamles, da opsamlingen af CO₂ nødvendigvis må ske fra store punktkilder som kraftværker.

Konsekvensberegninger, der tager udgangspunkt i planerne om at udbygge Nordjyllandsværket med CCS, viser da også, at CCS i økonomisk henseende ikke vil være hensigtsmæssig at implementere i IDAs Klimaplan 2050¹⁹. Derfor indgår der ikke målsætninger for indvinding og deponering af CO₂ i IDAs Klimaplan 2050.

Hvis teknologien implementeres i større grad internationalt kan det forventes at den øvre CO₂-pris i fremtiden vil være bestemt af omkostningen ved at lagre CO₂.

16. Mogens B. Laursen, Dong Energy. Roadmapseminar olie gas 2006

17. IPCCs "Special report on Carbon Dioxide Capture and Storage (2005) opgives 25-40 %. I International Energy Agency's informationsblad "CO₂ Capture in Power Generation" nævnes 10-15 %. Vattenfall opgiver, at de forventer at der ved implementering af CCS på Nordjyllandsværket vil ske effektivitetsnedgang i el-produktionen fra 372 MW – 301 MW, altså ca. 20% (Se faglig notat "Konsekvensanalyse af tilføjelse af CCS-anlæg til IDAs Klimaplan").

18. IPCCs "Special report on Carbon Dioxide Capture and Storage (2005)

19. Faglig notat "Konsekvensanalyse af tilføjelse af CCS til IDAs Klimaplan 2050".

Indpasning af vedvarende el-produktion i energisystemet

Den voksende mængde af fluktuerende og bunden el-produktion²⁰ skaber et behov for lagringskapacitet i energisystemet og fleksibilitet i anvendelsen af el. Allerede i dag er det til tider nødvendigt at eksportere el til meget lave priser, såkaldt el-overløb. Det sker på en blæsende kold vinterdag, hvor vindmøllerne producerer deres maksimale, og kraftvarmeværkerne dækker et stort varmebehov ved samtidig produktion af el. Hvis el-overløbet bliver for stort vil det økonomisk underminere en videre udbygning med bl.a. vindmøller.

El-overløbsproblematikken kan løses med forskellige midler. Enten ved at udbygge og forbedre transmissionsforbindelserne til Norge, Sverige og Tyskland eller ved at skabe et mere fleksibelt energisystem indenlands, der kan indpasse den fluktuerende energiproduktion. De teknologiske muligheder og økonomiske vilkår taler for, at fokus først og fremmest rettes mod sidstnævnte.

I forbindelse med, at det er vedtaget at kabellægge nye og løbende også kabellægge gamle transmissionsledninger har de regionale transmissionsselskaber og Energinet.dk udarbejdet en kabelhandlingsplan. Her er fokus på 132-150 kV transmissionsnettet. Planen viser, at det ved denne omlægning over en 30-årig periode kan redesigne disse net, så de understøtter meget mere vedvarende energi. Det nuværende eltransmissionsnet er oprindeligt baseret på placeringen af de centrale kraftværker i forhold til forbrugerne i by- og industriområder.

I denne forbindelse er der valgt at se på mulighederne for at re-designe det samlede transmissionsnet og optimere det i forhold til bl.a. den massive udbygning med vedvarende energi, placeringen af fremtidens

havmølleparker, fremskrivninger af elforbruget, herunder en forventet øget anvendelse af el i varmemeforsyningen og til elbiler til integration af vind. Omlægningen foreslås således foretaget i sammenhæng med principperne for kabellægning og i sammenhæng med, hvor store restlevetider der er på det eksisterende system. Således understøtter de planer som transmissionsselskabet Energinet.dk har for transmissionsnettet de omlægninger, der foretages i IDAs Klimaplan 2050.

Investeringsomkostninger ved at udbygge transmissionskapaciteten til vores nabolande er meget høj, sammenlignet med indtægterne fra eksporten af "overløbs-el"²¹. Det kan samtidig forventes, at den akutte el-markedssituation, når Danmark har en overproduktion af el og ønsker at eksportere, forringes yderligere i takt med, at vindmøller opsættes i det nordlige Tyskland, i Norge og i Sverige. Med de tiltag, der iværksættes i IDAs Klimaplan 2050 sikres det, at Danmark ikke tvinges til at eksportere el til lave markedspriser, men at el i mindre omfang i stedet kan eksporteres, når markedspriserne er mere gunstige.

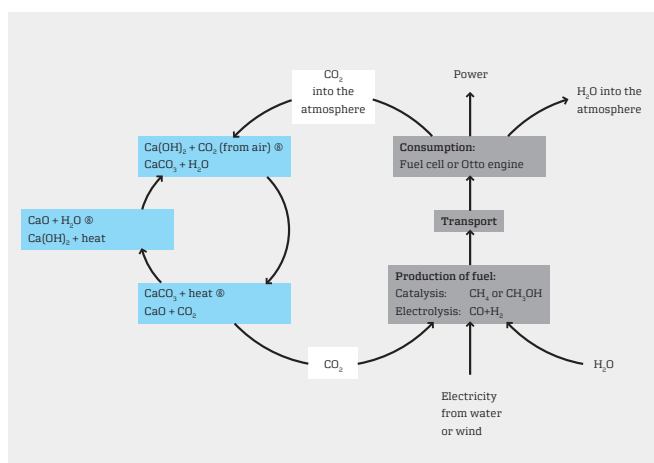
Udbygningen med solceller og bølgekraft betyder, at der sker en udjævning af el-produktionen fra de vedvarende energikilder sol, vind og bølger. Bølgeenergianlæg vil fortsætte med at producere et stykke tid efter vinden har lagt sig, og solcelleanlæg producerer mest om sommeren, hvor de andre produktionsformer producerer mindst. Et mere varieret mix af vejrafhængige energikilder er således fordelagtig og må på langt sigt tilskyndes, men løser dog langt fra udfordringerne i forbindelse med den fluktuerende el-produktion. Hertil vil det være nødvendigt, i langt højere grad end tilfældet er i dag, at bringe kraftvarmesystemets reguleringsmæssige kapacitet i spil. Ligeså må der arbejdes på at skabe et mere fleksibelt el- og varmemeforbrug i forbrugerleddet.

20. El fra vedvarende energikilder, såsom solceller, vind- og bølgekraft, samt el produceret på kraftvarmeværker, hvor el-produktionen er bundet til varmeproduktionen.

21. Rapport fra arbejdsgruppen om kraftvarme- og VE elektricitet. Energistyrelsen 2001

Elektrolyse og brændselscelleanlæg er centrale i fremtidens kraftværksstruktur

Princippet bag elektrolyse og brændselsceller er, at der i elektrolyseprocessen produceres et brændsel/drivmiddel som kan lagres og senere anvendes i brændselsceller. Brændselscellen kan derved levere el når andre vedvarende energikilder ikke producerer. Elektrolyseprocessen igangsættes når der er et overskud (eloverløb) på nettet og derved opnås en stabiliserende effekt på anlæggene.



Figur 18: Elektrolyse princippet.

Kilde: Mogens Mogensen, Risø.

Brændselsceller er en lovende teknologi og brændselscelle kraftvarmenheder vil kunne tilbyde hurtig op- og nedregulering af el- og varmeproduktion, uafhængigt af hinanden. Brændselsceller udmærker sig først og fremmest ved at have meget høje el-virkningsgrader i forhold til øvrige forbrændingsteknologier, og i modsætning til andre forbrændingsteknologier vil de kunne regulere hurtigere og mere fleksibelt i forholdet mellem varme- og el-produktionen, uden nævneværdigt tab i den samlede effektivitet. Brændselsceller på centrale og decentrale kraftvarme-enheder kan således medvirke til at sikre energieffektiv fleksibilitet i energisystemet.

Brændselsceller producerer jævnstrøm som omsættes til elsystemets vekselstrøm gennem en inverter. Inverteren kan desuden bidrage til den nødvendige spændingsregulering og stabilisering i elnettet, og dermed erstatte andre aktive enheder i elsystemet – fx nogle af de termiske kraftværksenheder som ellers udelukkende holdes i drift på grund af stabiliteten i elnettet.

El-virkningsgraden i brændselsceller er stort set skalaneutrale. På store anlæg er der dog mulighed for at opnå endnu højere virkningsgrader, ved at kombinere med gasturbineanlæg. Brændselscelleanlæg er opbygget modulært af mange små brændselsceller, og selv små brændselscelleanlæg har en høj el-virkningsgrad. Brændselsceller rummer derfor også et potentiale i forhold til mikrokraftvarmeanlæg i husstandsstørrelsen, hvilket er et område flere danske virksomheder satser på. Flere analyser viser dog, at individuel opvarmning i fremtiden bør baseres på jordvarmeanlæg eller andre varmepumper²². Der forudsættes derfor ikke etableret individuelle mikrokraftvarmeanlæg i IDAs Klimaplan 2050.

Potentielt forventes det, at fx SOFC brændselscelleværker vil kunne opnå el-virkningsgrader på op til 60-70 %, (i dag ligger de på ca.55-56 %) hvor det maksimalt forventes, at værker med combined-cycle gasturbiner kan nå en el-virkningsgrad på ca. 60 % og kulbaserede værker 50-55 %²³. SOFC (Solid Oxide Fuel Cells) brændselsceller har yderligere den fordel, at de kan anvende forskellige biobrændsler. Som kraftvarme er brændselscelleeffektiviteten helt oppe på 90 %.

22. Varmeplan Danmark, Rambøll, 2008, Fuel cells and electrolyzers in future energy systems, Mathiesen, BV. 2008.

23. Energy Technology Perspectives, Scenarios & strategies to 2050. IEA 2006.

Case	El Eff. %	Cogen Eff %
NG or SNG	56	90
Biogas 50 % CH ₄ /50 % CO ₂	54	86
Methanol	54	90
DME	54	89
Ethanol	55	80
Ammonia	57	90
Diesel	40	90

Tabel 2: Brændstofeffektivitet i SOFC brændselsceller.

Kilde: Haldor Topsøe. 2009

Udviklingen indenfor brændselsceller er de sidste 10-15 år gået hurtigt og det forventes, at kommercielle brændselscelleanlæg i såvel kraftværks- og husstandsstørrelsen vil være på markedet og parate til storskala demonstration i år 2015. Som det første sted i verden er der i Danmark i 2008 etableret en fabrik, med en produktionskapacitet på 5 MW/år. Det forventes at der i 2014 eller 2015 kan etableres en fabrik med en kapacitet på i 100-200 MW/år²⁴.

I forbindelse med energiforsyning forventer vi, at brændselscelleteknologien vil være konkurrencedygtig først inden for forskellige niches og siden inden for stationære kraftvarmeanheder. På sigt kan brændselscelleteknologien også blive interessant inden for mobile anvendelser – altså transportsektoren – fx i forbindelser med hybridbiler, hvor brændselscelleenheden vil fungere som ladeenhed til batterierne og dermed sikre længere distance end de rene elbiler. Nicheanvendelser af brændselscelleteknologier – som fx nødstrømsanlæg, hospitalskøretøjer, strømforsyning til bærbare anvendelser – vil bidrage til den generelle udvikling af teknologien, men hvis brændselscelleteknologien skal bidrage til løsning af energiudfordringerne, skal der sættes målrettet mod udvikling af disse teknologianvendelser.

24. Baseret på oplysninger fra Topsoe Fuel Cells

UDBYGNING MED BRÆNDSCELSCELLE-BASEREDE KRAFTVARMEVÆRKER

I IDAs Klimaplan 2050 lægges der op til, at centrale og decentrale kraftvarmeværker efter 2015, successivt udskiftes med brændselscellebaserede kraftvarmeværker af typen SOFC. Det betyder, at ca. 1/3 af de danske kraftvarmeværker i år 2030 er brændselscellebaserede²⁵, svarende til gennemsnitlig årlig udbygning på 150 MW.

Danmark har opbygget en omfattende vidensressource på brændselscelleområdet²⁶. Forskningsmæssigt er Danmark med blandt verdenseliten, og en række større danske virksomheder arbejder aktivt med området. De erhvervsmæssige potentialer på området er meget store i og med, at brændselsceller i kraft af en høj effektivitet kan tænkes at udkonkurrere en stor del af de nuværende forbrændingsteknologier, der benyttes i energisystemet og i transportsektoren.

For at understøtte udbredelsen af brændselscellebaserede kraftvarmeanlæg og en udvikling som overfor beskrevet, samt for at understøtte danske erhvervsudvikling på området, vil det være afgørende, at der fastlægges en dansk plan for udvikling og udbredelse af brændselsceller i Danmark. En sådan plan skal indeholde markante midler til test- og demonstrationsprojekter på området på omkring 150 millioner kroner årligt og incitamentsstrukturer med bl.a. faste el-afregningspriser, der sikrer teknologiens udbredelse. Fra og med 2015 bør der indgås partnerskabsaftaler med el-producenter, hvor staten med henblik på demonstration og markedsmodning af teknologien medfinansierer opstilling af brændselscellekraftvarmeværker med bestemte effektivitetsmål

25. "Basisfremskrivning af el- og fjernvarmeproduktionen 2005 -2025" for tabel over planlagt skrotning", Teknisk baggrundsrapport til Energistrategi 2025. Energistyrelsen 2005.

26. Primært indenfor brændselscelleteknologierne PEM (Proton Exchange Membrane), en lavtemperaturbrændselscelle der fungerer på brint, og SOFC (Solid Oxid Fuel Cell), en højtemperaturbrændselscelle, der kan forbrænde brint, metan, naturgas mv.

Varmepumper i kraftvarmesystemet

Det danske energisystem er et af verdens mest energieffektive, hvilket i høj grad skyldes en omfattende udbygning med fjernvarme, der udnytter vedvarende energi og overskudsvarme, herunder kraftvarme. Udbygningsgraden med fjernvarme udgør i dag ca. 60 % af varmemarkedet, og over 95 % af varmen produceres med vedvarende energi eller overskudsvarme, hvoraf kraftvarmen udgør 81 %. Denne udnyttelse af marginale energikilder har været afgørende for, at Danmarks bruttoenergiforbrug har været stort set konstant de sidste 30 år. Andelen af fossilt brændsel pr. m² opvarmet areal er faldet til ca. halvdelen af forbruget for 30 år siden, og det er stadig faldende. Således er det faldet 30 % over de sidste 8 år²⁷. Det er vigtigt at bibeholde og udbygge denne mulighed for at forbedre systemets brændselseffektivitet.

Når el-patroner om kort tid bliver tilladt til varmeproduktion i fjernvarmesystemet, bliver brændselseffektiviteten i energisystemet nedsat markant. Derimod kan varmepumper i samspil med centrale og decentrale kraftvarmeverker forbedre systemets brændselseffektivitet.

En udbygning med el-drevne varmepumper på de centrale og decentrale kraftvarmeverker udgør en mulighed for at øge kraftværkernes reguleringssevne og bibeholde systemets brændselseffektivitet. Forsøg med samtidig drift af varmepumper og en kraftvarmeanhed viser tilmed, at et værks totale virkningsgrad kan øges²⁸.

I nærværende plan kalkuleres med en udbygning med varmepumper svarende til en kapacitet på 450 MW el i 2050. En udbygning der samfundsøkonomisk vil være særdeles fordelagtig.

For at skabe de rette rammebetingelser for en udbygning med el-drevne varmepumper lægges der op til, at kraftvarmeverker kan få godtgjort deres afgift af op til 10 % af egenproduceret el anvendt i varmepumper til fremstilling af fjernvarme. Det vurderes, at et sådan tiltag vil gøre det selskabsøkonomisk attraktivt for kraftvarmeverker at investere i el-dreven varmepumpe²⁹.

Et radikalt forandret energisystem

Ovenstående giver et tydeligt billede af at fremtiden energisystemer vil forandres radikalt. Energiproduktionen i energisystemet vil som nu være baseret på en kraft og en varmedel, men for at få et så fleksibelt system som muligt, er det væsentligt at disse ikke er indbyrdes afhængige af hinanden. Synergi mellem kraft og varmeproduktion skal dog udnyttes, hvor dette styrker virkningsgrader og energiudnyttelse, for eksempel via elektrolyseanlæg, brændselsceller og varmepumper.

Det centrale er at systemerne består af en decentral og distribueret produktion baseret på en stor vifte af teknologier, der skal integreres på et el-net og flere varme-net. Der bliver dermed mange produktionsenheder eller anlæg, der skal levere energi. Heraf vil en del være meget små og individuelt ejet og drevet, mens hovedparten kan være større fællesanlæg drevet af mindre sammenslutninger af ejere eller af storproducenter.

Af forsyningsmæssige og anlægs-energieffektivitets årsager er det væsentligt, at der blandt producenterne er produktionsselskaber af en rimelig størrelse, der kan sikre, at systemet har en løbende indreguleringsevne og grundproduktion. Reguleringen og ind- og afkoblingen af produktionsanlæg, der svarer til forbrugsmønstret, vil være væsentligt for syste-

27. Benchmarking statistik 2005-2006. Dansk Fjernvarme

28. Se Ingeniørforeningens Energiplan 2030 (2006), Appendix, note 1.

29. Se Ingeniørforeningens Energiplan 2030 (2006), Appendix, note 1.

mernes stabilitet. Med mange anlæg på nettene vil disse skulle kunne overvåges og reguleres ind efter behov, ligesom der skal opbygges en kraft og varme-lagerkapacitet i overproduktionstider til anvendelse i storforbrugstider. Systemerne skal opbygges så intelligent som muligt og så de er fleksible og robuste over for svingninger i både forbrug og produktion over timer, døgn og uger.

Intelligent energiforbrug og -styring

Udbygning med varmepumper og brændselscelle-kraftvarmeværker vil markant bidrage til et mere fleksibelt elforbrug, men energisystemets effektivitet og evne til at håndtere fluktuerende produktion vil skulle forbedres yderligere, og der bør iværksættes tiltag, der understøtter et fleksibelt og prisfølsomt energiforbrug.

I dag betaler den enkelte forbruger en fast kW pris på el og fjernvarme, og man kan som forbruger ikke se de daglige udsving, da der på regningen kun fremgår et gennemsnit. Større el-forbrugende virksomheder kan købe el på Nord Pool, hvor prisen fastsættes et døgn forud på baggrund af forventninger om dagens el-produktion og forbrug. Der laves desuden forsøg med at koble store forbrugere ud, mod betaling og som regulerkraft i stedet for at starte flere anlæg op i korte perioder.

Dagens energisystem er i høj grad udviklet i en tid, hvor kommunikation og regnekraft ikke er, hvad den er i dag. Der er ikke længere nogle tekniske problemer i et opbygge et energisystem med konstant varierende el- og varmepriser, hvor disse kommunikerer til den enkelte energiforbruger og hvor husstande eller virksomheder indretter el- og varmeforbruget herefter.

Til trods for at en stor del af energiforbruget er vanskelig at flytte tidsmæssigt, er der dog gode muligheder for at flytte en del af forbruget i en kortere periode, hvilket vil have stor betydning for især balancen i el-systemet.

Fx er elforbruget i den samlede bestand af køleskabe og fryserne så stort, at alene en afbrydelse af forbruget på 15 minutter (hvilket ikke ville føre til gener for forbrugere), vil levere hovedparten af Danmarks primære regulerkraft (220 MW). Medtages elforbruget i industriens køle- og frysehuse er tallet endnu større³⁰.

I nærværende plan lægger der op til at 80 % af personbilstransporten er elektrificeret (se kapitlet Transport). Da biler primært benyttes om dagen og generelt størstedelen af tiden står stille, passer batterierne i el-biler godt ind i et fleksibelt el-system med varierende priser. Der vil være gode muligheder for, at el-bilen kan lade, når prisen er lavest og på sigt også fungere som regulerkraft og sende el tilbage på nettet i tilfælde af mangel på kapacitet og høje elpriser³¹.

En række produktionsvirksomheder vil også have fordel af at flytte deres mest energikrævende processer til natten, hvor priserne generelt er lavere. Store industrivirksomheder kan endvidere fungere som regulerkraft, idet de mod betaling kan afbryde produktionen ved pludselig opstået kapacitetsmangel.

INITIATIVER TIL FREMME AF ET EL-MARKED MED KONSTANT VARIERENDE PRISER

En aktivering af det fleksible energiforbrugspotentiale kræver, at der udvikles intelligente kommunikationssystemer, der konstant kommunikerer den aktuelle el- og varmepris, samt at el- og varmeforbrugende apparater og installationer udstyres med elektronik, der gør at de automatisk kan reagere på markedssituationen. Det er yderst vigtigt, at systemet kan køre så automatisk som muligt, og at forbrugers komfort ikke påvirkes negativt.

30. Indpasning af vedvarende energi i det eksisterende danske energisystem. Peter Maibom, Afdeling for Systemanalyse på Forskningscenter Risø 2005.

31. Energinet.dk har analyseret hvorvidt elbiler og varmepumper kan være med til at aftage de store mængder eloverløb der forekommer i perioder og levere tilbage til nettet i perioder med produktionsunderskud. Konklusionen er, at det vil give store CO₂ reduktioner og at det vil være fordelagtigt for både forbrugere for netstabiliteten.

For at fremme udviklingen vil det være vigtigt, at der politisk tages initiativ til at understøtte udbredelsen af fjernaflæste energimålere, og at det stilles som krav til disse, at de kan håndtere minutmåling af energiforbruget. Det foreslås derfor, at der pr. lov stilles krav til energihandelsselskaberne om, at de ved den løbende udskiftning af gamle el-målere udskifter med energimålere, der kan minutmåle og fjernaflæse. Målerne skal endvidere synliggøre forbruget, så forbrugerbevidstheden øges. Det kan eksempelvis gøres ved at vise daglige, ugentlige og årlige energistrømme ud og ind af huset på et centralt display.

I regi af Energinet.dk vil det være vigtigt, at der igangsættes udviklingsprojekter for en hensigtsmæssig udformning af dynamiske tariffer for fjernvarme og el. Med henblik på at etablere et egentlig marked for udstyr der kan overvåge, måle og styre energiforbruget efter brugernes behov og efter aktuelle energipriser, bør der hurtigt muligt igangsættes et udviklingsarbejde, der sigter mod at formulere og fremme åbne kommunikationsstandarder i forbindelse med hjemme automation.

Eftersom markedsprisen på el kun udgør en mindre del af husstandenes elregning vil det fremme det fleksible energiforbrug, hvis også afgiftssystemet fulgte timepriserne og afspejlede den aktuelle produktionssituation. En tidsdifferentiering af el-afgiften vil kunne indrettes, så den i højere grad beskatter den miljøbelastende og den dyre el, hvor et yderligere forbrug kræver investeringer i net eller andet. Energinet.dk bør tage initiativ til en undersøgelse af, hvordan der kan etableres en tidsdifferentiering af el-afgiften, der som udgangspunkt er provenu neutral for staten.

FREMTIDENS BOLIGOPVARMNING

Opvarmningen af boligmassen er en stor udfordring i overgangen fra et fossilt energisystem til et vedvarende energi system. I Danmark er det lykkedes at øge antallet af kvadratmeter, samtidig med, at brændselsforbruget og CO₂ udslippet til boligopvarmning er faldet væsentligt. Dette er sket ved en kombination af rumvarmebesparelser og udbredelse af samproduceret el og varme. Samtidig med denne udvikling er det lykkedes at erstatte olie til opvarmning med andre brændsler og gradvis indføre mere vedvarende energi i boligopvarmningen.

Centrale spørgsmål angående fremtidens boligopvarmning vedrører grundlæggende problemstillinger såsom: Hvordan skal eksisterende bygninger opvarmes i fremtiden? Hvordan skal nye bygninger opvarmes i fremtiden? Hvor langt kan man udbygge fjernvarmen og blokvarmen? Hvordan skal bygninger opvarmes udenfor fjernvarmeområder?

Det fleksible energiforbrug er ikke kun en mulighed i el-systemet. Der er gode argumenter for at også fjernvarmeforbruget gøres fleksibelt, da varmtvandsbeholder og gulvvarme udmærket kan bruges som energilagre og på grund af den termiske træghed er velegnet til kortvarige afbrydelser.

Der er for nyligt foretaget en samlet analyse af energibesparelser og ovennævnte problemstillinger i Danmark³², for et energisystem der gradvis bevæger sig mod 100 procent vedvarende energiforsyning. I øjeblikket opvarmes ca. 40 % af de danske boliger af naturgas-, olie- og biomassekedler samt elvarme også i nærheden af områder med fjernvarme³³.

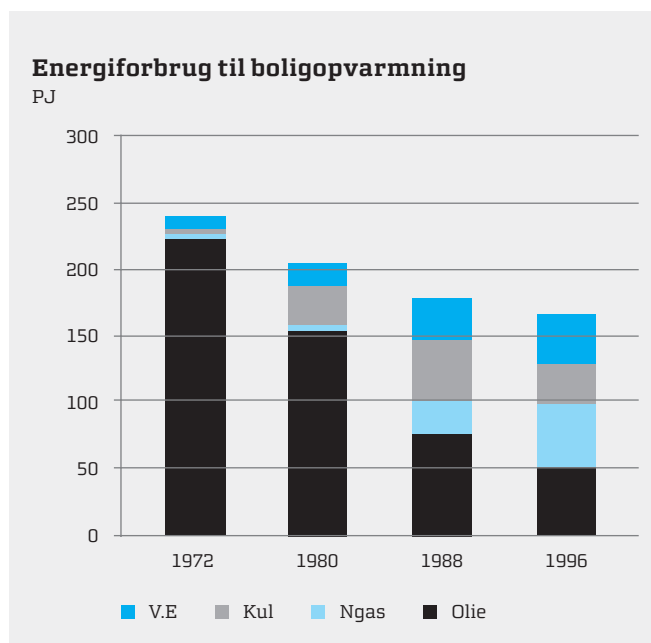
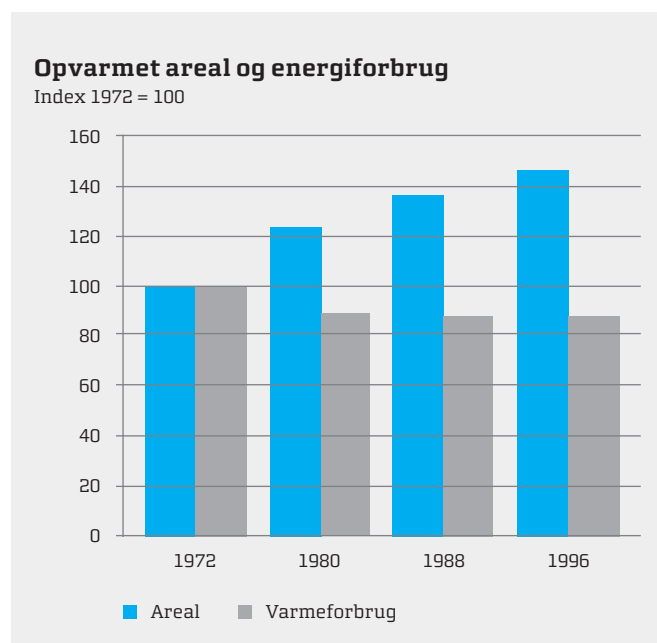
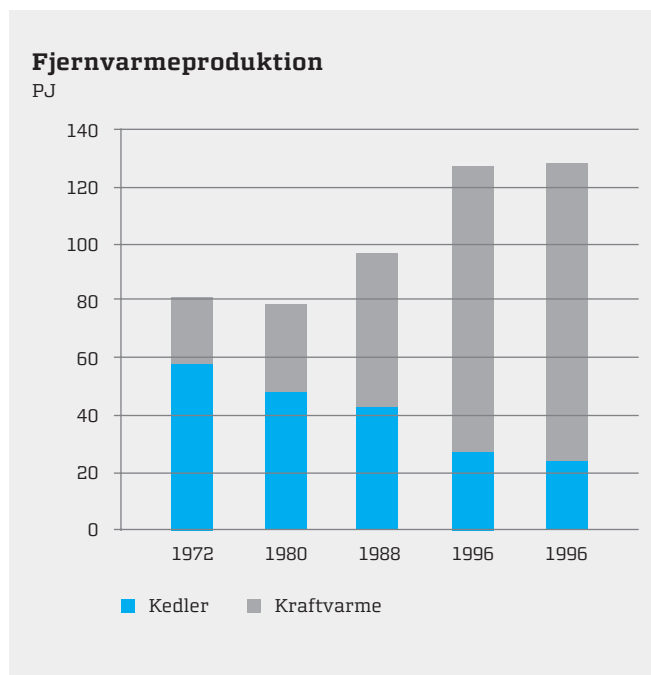
Både med hensyn til brændelseffektivitet, CO₂-emissioner og samfundsøkonomi peges der i analysen på, at det er en god løsning at kombinere en gradvis udvidelse af fjernvarmeområderne og implementere individuelle varmepumper i de resterende bygninger.

32. Varmeplan Danmark, Rambøll og AAU, 2008

33. Energistatistik 2007, Energistyrelsen 2007

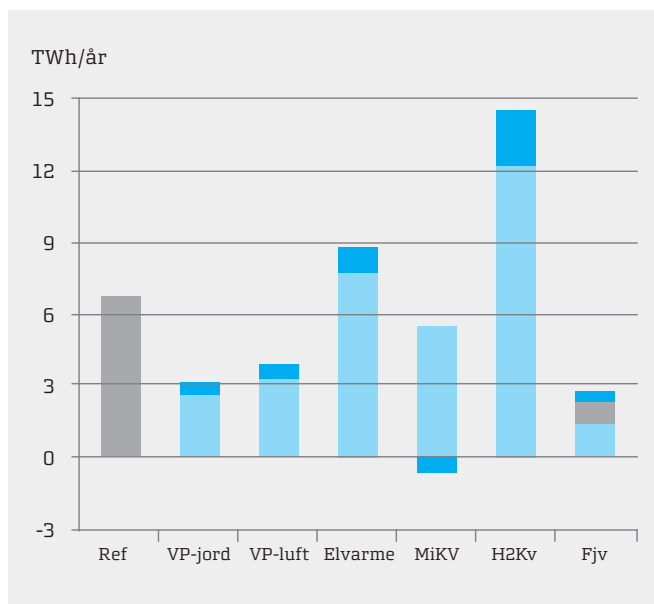
Det gælder også selvom bygningerne gradvis isoleres bedre og varmebehovet nedbringes. Analysen peger på, at det mest optimale er at udvide den nuværende fjernvarmeandel på 46 % til et sted imellem 63 % og 70 % af nettovarmebehovet.

Denne udvidelse af fjernvarmeområderne og om-lægning til jordvarmepumper er en fordel i det nuværende system på kort sigt, men hænger også godt sammen med en kraftig udvidelse med vindkraft på længere sigt³⁴.



Figur 19: Opvarmet areal, fjernvarmeproduktion og energiforbrug til boligopvarmning.

34. Effektiv anvendelse af vindbaseret el i Danmark, Energinet.dk, 2008; Varmeplan Danmark, Rambøll og AAU, 2008



Figur 20, Brændselsforbrug i et 100 procent energisystem, ved analyse af forskellige opvarmningsformer for kedler op til en kilometer fra eksisterende fjernvarmeområder og med 75 procent rumvarmebesparelser.

Udvidelse af fjernvarmeområder

I IDAs Klimaplan 2050 lægges der op til at fjernvarmeområderne gradvis udvides frem mod 2030, til det dækker 70 % af det danske nettovarmebehov. Det forudsættes, at fjervarmen udvides således, at individuelle kedler op til en kilometer fra eksisterende fjernvarmeområder forsynes med fjernvarme. Som delmål lægges der i planen op til at fjernvarmeområderne i 2020 er udvidet til også at omfatte naboområder med varmekedler, dvs. områder som støder op til de eksisterende fjernvarmeområder. Sådanne udvidelser udnytter synergieffekten ved at kombinere besparelser i rumvarmeforbrug og sænkning af returtemperaturen med marginale udvidelser af fjernvarmenettet og tilpasninger af rørdimensioner og spidslastkedler. I nogle områder er der foretaget energibesparelser, men det viser sig også, at bygningsmassen vokser, så energitætheden stadig er betydelig.

Den gradvise udvidelse af fjernvarmens markedsandel er sammenfattet i tabellen nedenfor.

- Udbygningen i scenario 1 op til 53 % markedsandel er den mest fordelagtige udbygning, som er meget samfundsøkonomisk fordelagtig med de nuværende brændselspriser.
- Udbygningen videre fra scenario 1 til 2, fra 53 % til 63 %, er delvis fordelagtig og kunne gennemføres inden 2020 forudsat stigende brændselspriser.
- Udbygningen videre fra scenario 2 til 3, fra 63 % til 70 % frem mod 2030 vil kun være fordelagtig, hvis de fossile brændsler helt skal udfases og brændselspriserne stiger yderligere.

En af de største udfordringer i den kommunale varmeplanlægning bliver at tilrettelægge denne udbygning optimalt og nå frem til den mest fordelagtige områdeafgrænsning mellem de kollektive fjernvarme- og blokvarmeanlæg og de individuelle varmepumper.

Nuværende Varmebehov	Fjernvarme markedsandel	Ny fjernvarme GWh/år
Reference	46 %	
Scenario 1	53 %	4.746
Scenario 2	63 %	10.205
Scenario 3	70 %	15.364
Fra 1 til 2		5.459
Fra 2 til 3		5.159

Tabel 3 Gradvis udvidelse af fjernvarmens markedsandel iht. Varmeplan Danmark.

Omlægninger til lavtemperatur fjernvarme og mulighed for decentral produktion

Det foreslås, at der i kombination med udvidelsen af fjernvarmeområder sker en omlægning til fjernvarme med lavtemperaturdrift. Det betyder, at slutforbrugerne skal blive bedre til at bruge fjernvarmen, så returtemperaturen bliver lavere og de højeste krav til fremløbstemperatur sænkes.

Ifølge Varmeplan Danmark kan dette ske i en kombination af forbedringer i varmeinstallationerne i boligen rent teknisk, samt en incitamentsstruktur i form af tariffer, der fremmer en adfærd der sænker temperaturen. En sænkning af returtemperaturen til 30-35°C vil give besparelser, og dermed mulighed for at forsyne flere boliger med den samme fjernvarme. Derudover giver det lavere udgifter til investeringer i fjernvarmenet, lavere driftsomkostninger og en mere effektiv produktion fra kraftvarme, store varmepumper, geotermi, solvarme, industriel overskudsvarme og kondenserende kedler mv.

Der er behov for at udvikle koncepter for hvordan lavtemperaturvarmeanlæg i lavenergibyggeriet kan udformes mest effektivt i samspil med fjernvarmeforsyningen, således at de samlede omkostninger minimeres (eksempelvis gulvvarme med distribution på langs i kædehuse som alternativ til traditionelle anlæg). For byggeriets parter og fjernvarmeselskaberne er det således en udfordring at udforme enkle, effektive vandbårne varmeanlæg i samspil med fjernvarmen i nyt lavenergibyggeri. Det mest afgørende for at sikre en passende og hensigtsmæssig udskiftning er, at der politisk indgås langsigtede bindende aftaler om reduktioner i varmemeforbrug og returtemperatur i bygninger, således at fjernvarmeproducenterne i god tid kender fremtidens behov, og derfor kan dimensionere deres nye anlæg og rør herefter.

For nybyggeriet er det en kilde til samfundsøkonomiske fejlinvesteringer i boligsektoren, at brændselsbesparelser i fjernvarmesystemerne ikke kan medregnes i energirammen. Det er derfor afgørende,

at bygningsreglementets energiramme ud fra samfundsøkonomiske hensyn udvides til også at inkludere overskudsvarme og solvarme mv. fra de kollektive systemer.

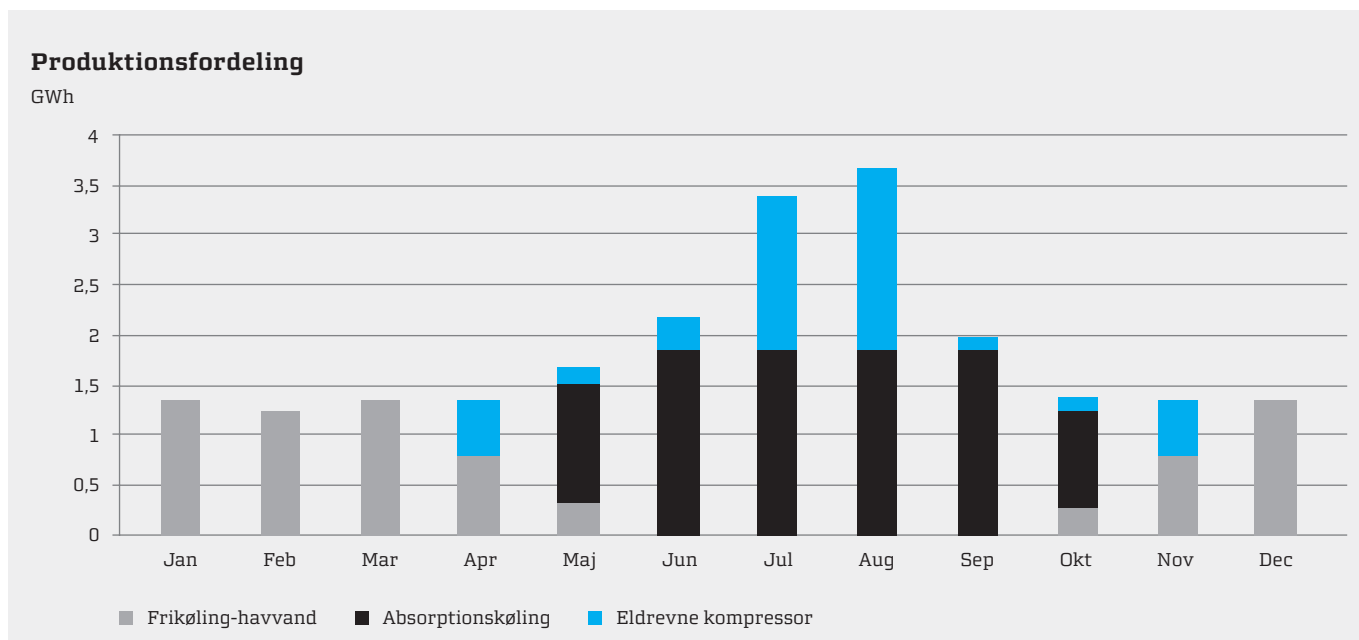
I øjeblikket etableres områder med decentral produktion af fjernvarme fra fx solvarme. Disse koncepter giver mulighed for, at mindske rørdimensionerne, samt f.eks. at lave større solvarmeanlæg, der har lavere omkostninger.

Fjernkølingsteknologien

I dag anvendes køling i mange forskellige bygninger, primært butikcentre og kontorejendomme. Kølingsbehovet har været stigende med nye byggetoder og -former samt i de fortættede byer. Typisk vil kølingen være produceret på mere eller mindre individuelle kølemaskiner, der bliver drevet af el. Den individuelle køling kan erstattes med fælles køling. Fjernkøling vil i princippet kun være en mulig løsning i større bykoncentrationer med store kølebehov, uanset at teknologien kan indføres overalt³⁵.

Definitionen på fjernkøling er produktion og distribution af koldt vand via et fjernkølings-rørsystem (distributionsnet), hvor det kolde vand er produceret på hhv. centrale og decentrale kølecentraler. Ideen med fjernkøling er at udnytte flest mulige ressourcer således at energiforbruget minimeres. Disse ressourcer er fx affaldsvarme, kraftvarme, solvarme eller frikøling. Frikøling er udnyttelse af en lokal ressource i form af fx hav-, grund- eller søvand som kan indvindes med en brugbar temperatur til køleformål. Det vil sige en temperatur lavere end returtemperaturen, således at det indvundne vand kan benyttes til at køle returvandet med. Derved opnår man at en del af køleenergien kan produceres uden brug af energi. Frikøling synes at have det største potentiale.

35. Se mere i Fagligt notat om fjernkøling



Figur 21: Køleproduktionens fordeling på produktionsmetoder over året for et kendt fjernkøleanlæg

Et fjernkølingsanlæg vil distribuere koldt vand til forbrugernes køleflader med en fremløbstemperatur omkring 5 grader C. Returtemperaturen vil være omkring 15-20 grader C. Der skal derfor anlægges et nyt rørsystem til et fjernkølingsanlæg. Da fjernkøling arbejder med en temperaturdifferens på 10-15 grader C, vil dimensionerne på et sådan rørsystem blive relativt store. Større fjernkølingsanlæg vil derfor have behov for flere produktionssteder af koldt vand, end der ses af produktionssteder i et fjernvarmesystem.

INSTALLERING OG CO₂ FORTRÆNGNING

Med vedtagelse af "Lov om Kommunal Fjernkøling" af 17/06/2008 blev der åbnet op for muligheden for at kommunale varmegværker kan etablere fjernkølings-selskaber. Loven har dog ikke ryddet alle hindringer af vejen, idet fjernkøling ikke er sidestillet med andre energiforsyningsarter, da fjernkøling ikke er omfattet af lånerammebekendtgørelsen.

Producers fjernkølingen ved hjælp af frikøling, solvarme, eller ved udnyttelse af overskudsvarme vil dette, ud over noget strøm til nogle pumper, ikke medføre noget ekstra brændselsforbrug, idet overskudsvarmen jo i stedet ville have været kølet væk.

Et fuldt udbygget fjernkølesystem vil give en besparelse på ca. 236 tusind tons CO₂³⁶ om året, hvilket svarer til en investering på ca. 6.000 kr. pr. sparet ton CO₂ med en levetid på mindst 10 år.³⁷ Det kan udledes, at den største besparelse ved fjernkøleanlæg kommer fra frikølingens andel af den samlede køleeffekt.

36. Se flere detaljer i Fagligt Notat: Fjernkøling

37. Til beregningerne er anvendt budgettal fra et kendt større anlæg i Hovedstadsområdet og skal ses som et produkt heraf, se i øvrigt Faglig notat om fjernkøling

OMLÆGNINGER UDENFOR FJERNVARME-OMRÅDER TIL JORDVARME, SOLVARME OG VARMEPUMPER

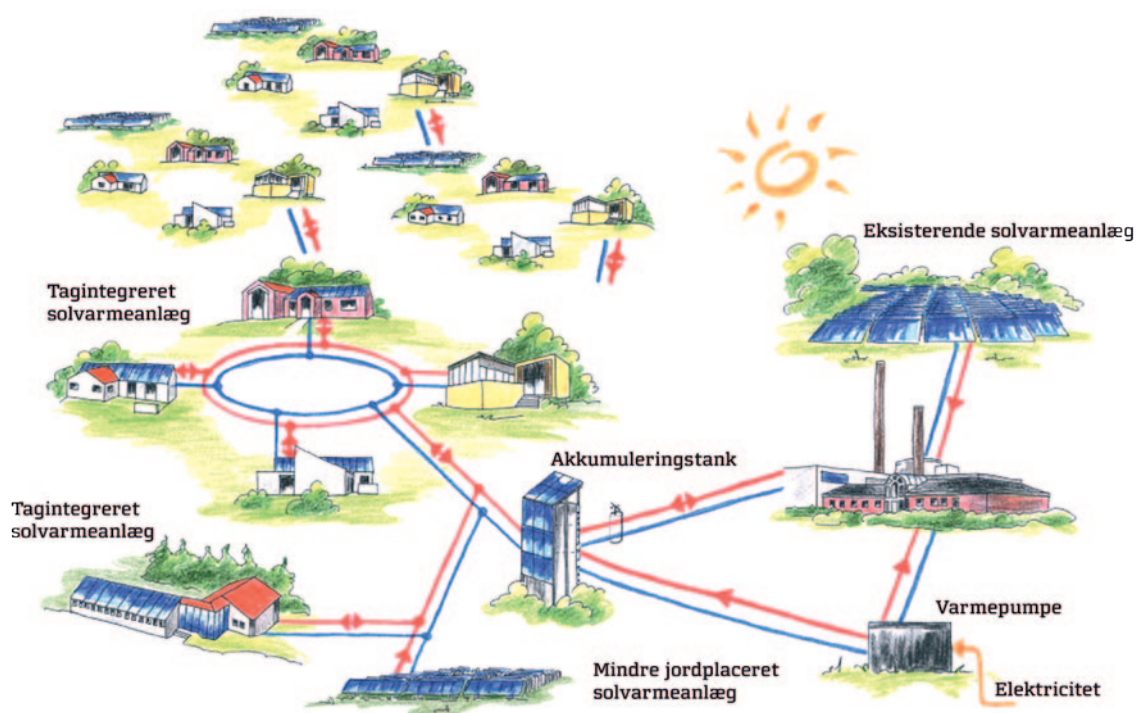
Varmepumper er en effektiv måde at opvarme et hus i områder, der ikke forsynes med fjernvarme. Forudsætningerne er, at varmepumpen har en høj virkningsgrad, baseres på jordvarme (der sikrer en høj effektivitet), og leverer varmt brugsvand og varme i hele bygningen, således at direkte elvarme og el-paneler kan undgås, samt at varmen fordeles via et centralvarmesystem med en lav temperatur. Den høje virkningsgrad bør sikres gennem produktstandarder.

Jf. EnerginetDK vil det endvidere på længere sigt være en stor fordel, at varmepumperne kan afbrydes i perioder med høje elpriser, typisk i perioder hvor vindkraften er på et minimum.

Varmepumper har i dag en meget lav dækning i Danmark. Med skærpede krav til nye bygningers samlede energibelastning, kan det forventes, at effektive varmepumpesystemer vil få betydning i nybyggeri og renovering. Denne tendens ses allerede i dag i forbindelse med de nyeste typehuse.

Det foreslås at 90 % af alle nuværende kedler udenfor de områder, som ikke kan forsynes med fjernvarme, erstattes af varmepumper fordelt med 80 % jordvarmepumper og 10 % luft til vand varmepumper, begge dele gradvis frem mod 2020. De resterende 10 % forudsættes at være biomassekedler. Al elvarme udenfor fjernvarmeområderne omlægges til luft-luft varmepumper. Der forudsættes ikke yderligere ændringer frem mod 2050.

Ring Søpark, Brædstrup



Figur 22: 2. Generations fjernvarmekoncept i Brædstrup.

Solvarme

Solvarme giver et vigtigt bidrag til at nedbringe både brugen af fossile brændsler på kort sigt, men bidrager også på længere sigt med at nedbringe forbruget af biomasse. Solvarmepotentialet i Danmark er stort, og prisen på solvarmeanlæg er faldet væsentligt, så anlæg i dag kan konkurrere med konventionelle teknologier. Det gælder både for små individuelle anlæg, og for større anlæg til fjernvarmeproduktion.

Dansk Fjernvarmeplatform har som mål, at 50 % af varmebehovet dækkes af solvarme i 2050. I Klimaplan 2050 lægger op til en mindre ambitiøs målsætning, men samfundsøkonomisk mere rentabel løsning på i alt ca. 30 % solvarmedækning i 2030³⁸.

Udbygning med store solvarmeanlæg til fjernvarmenettet er yderst fordelagtig i og med, at fjernvarmen ofte har varmelagre, og da storskalaanlæg og varmelagre til fjernvarme er mere omkostningseffektive end individuelt baserede solvarmesystemer. I Varmeplan Danmark³⁹ er det anslået, at der frem til 2030 etableres 4 mio. m² storskala solvarme, til fjernvarmenet som ikke allerede har overskud af CO₂ neutral overskudsvarme om sommeren.

Uden for fjernvarmeområder integreres solvarmen i bygningers hustage, eller der laves små lokale systemer, hvor stordriftsfordele kan høstes. Der lægges op til, at 90 % af bygningerne uden for fjernvarmesystemet har fået integreret solvarme i 2030. Halvdelen af disse anlæg er dimensioneret således, at de dækker 20 % af bygningens samlede varmebehov og placeret sammen med afbrydelige varmepumper og biomassekedler. Den resterende halvdel af anlæggene er dimensioneret, så de dækker 40 % af bygningens samlede varmebehov og er placeret i områder med kedler. Målet er sat højt, men allerede i dag sker der en markant udbygning med individuelle anlæg, og det må formodes, at denne udvikling

fortsætter i takt med at priserne på solvarmeanlæg falder⁴⁰, og der stilles yderligere krav til bygningernes energiforsyning.

For individuelle anlæg kan varmepumper og solvarme med fordel kombineres med en varmeakkumulator, hvilket kan øge effektiviteten af varmepumper⁴¹. Disse anlæg er dog ikke implementeret her.

For at sikre udbredelse og anvendelsen af solvarme bør der stilles krav om anvendelse af termisk solvarme uden for fjernvarmeområderne, og energilovgivning og bygningsreglement bør tilpasses, så energisparekrav kan opfyldes kollektivt i områder med fælles forsyning baseret på vedvarende energikilder og spildvarme.

AFFALDSKRAFTVARME

Det må forventes, at affaldsmængderne falder med ca. 1/3 frem til 2040⁴². Det forudsættes, at en større og større andel af affaldet kan genanvendes, men det forudsættes også, at den del der ikke genanvendes, går til forbrænding.

Frem til 2050 forventes det, at elvirkningsgraden og totalvirkningsgraden øges markant i kraft af at alle nye anlæg er kraftvarmeverker, at lavtemperaturfjernvarme er fremmet, at teknologien fortsat forbedres, at nye anlæg har røggaskondensering eller kondensering vha. varmepumper. Yderligere forudsættes at bortkøling om sommeren kan fjernes ved en kombination af følgende tiltag:

38. I 2020 er det forudsat at halvdelen af de nødvendige anlæg er opført, men der forudsættes ikke yderligere udbygning efter 2030.

39. Varmeplan Danmark, Rambøll og AAU, 2008

40. Integration af termisk solvarme til både vand og boligopvarmning i byggeriet kan gennemsnitlig gennemføres for 35.000 kr./bygning (bolig) i 2006 priser og forventes at falde til 25.000 kr./bygning i perioden 2030-2050.

41. Et eksempel er SUNWELL konceptet, udviklet af N. K. Knudsen.

42. Varmeplan Danmark

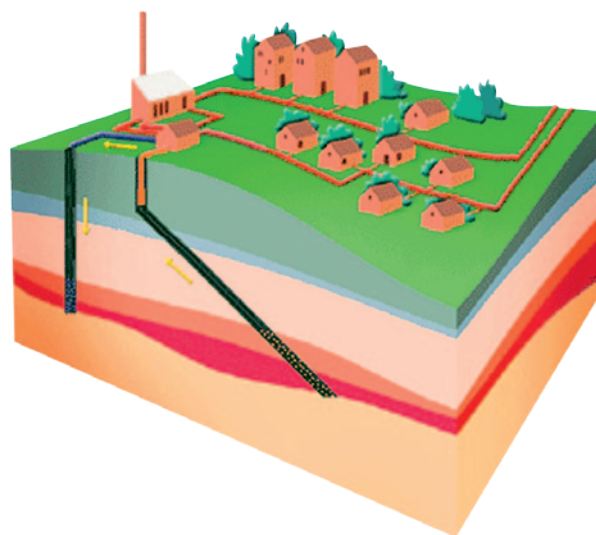
- ved en forbedret mellemdeponering, og/eller udsortering af organisk affald.
- ved transmission af overskydende sommervarme til nabobyer.
- ved sæsonlagring af varme i damlagre i forbindelse med geotermi.

GEOTERMI

Geotermi udnyttes i dag to steder i Danmark, i Thisted siden 1984 og i hovedstaden på Amager siden 2005, og samlet set produceres ca. 1/3 PJ. Potentialet for at udnytte geotermi i Danmark er imidlertid langt større. En undersøgelse af potentialet i København viste, at reserveerne udgjorde 60.000 PJ, idet reservoirerne opvarmes fra omkringliggende lag, hvilket skal sammenholdes med et årligt varmebehov på 30-40 PJ.

Teoretisk set kan hele det danske fjernvarmebehov på ca. 120 PJ dækkes af varme fra geotermi. Det er dog ikke alle steder, at det er rentabelt eller fysisk muligt at etablere et geotermianlæg. Det vurderes at mellem 25 og 40 PJ af varmebehovet kan dækkes af geotermi i 2030⁴³ og ved en yderligere erfaringsopsamling og teknologiudvikling, kan denne andel forøges frem mod 2050 efter behov, og kombineres med de øvrige varmekilder som fx affaldsvarme. Geotermianlæg er i dag mange steder konkurrencedygtige. Det forventes at med de øgede erfaringer, nye boreteknologier og "indbygning" af varmelagre vil anlæggene blive rentable i en lang række områder, hvor det ikke er det i dag.

Et geotermianlæg kan forsyne omkring 5.000 husholdninger og det vurderes at byer som Ålborg, Brønderslev, Frederikshavn, Helsingør, Hillerød, Hjørring, hovedstadsområdet, Næstved, Randers, Ringsted, Slagelse, Sønderborg, Thisted og Århus kan forsynes med varme fra geotermianlæg. Der bores normalt ned i 1-2,5 km dybde og vandet er normalt mellem 35 og 80 °C. Varmepumperne til geotermi drives normalt af 160 °C varme fra et kraftvarmeværk eller andet.

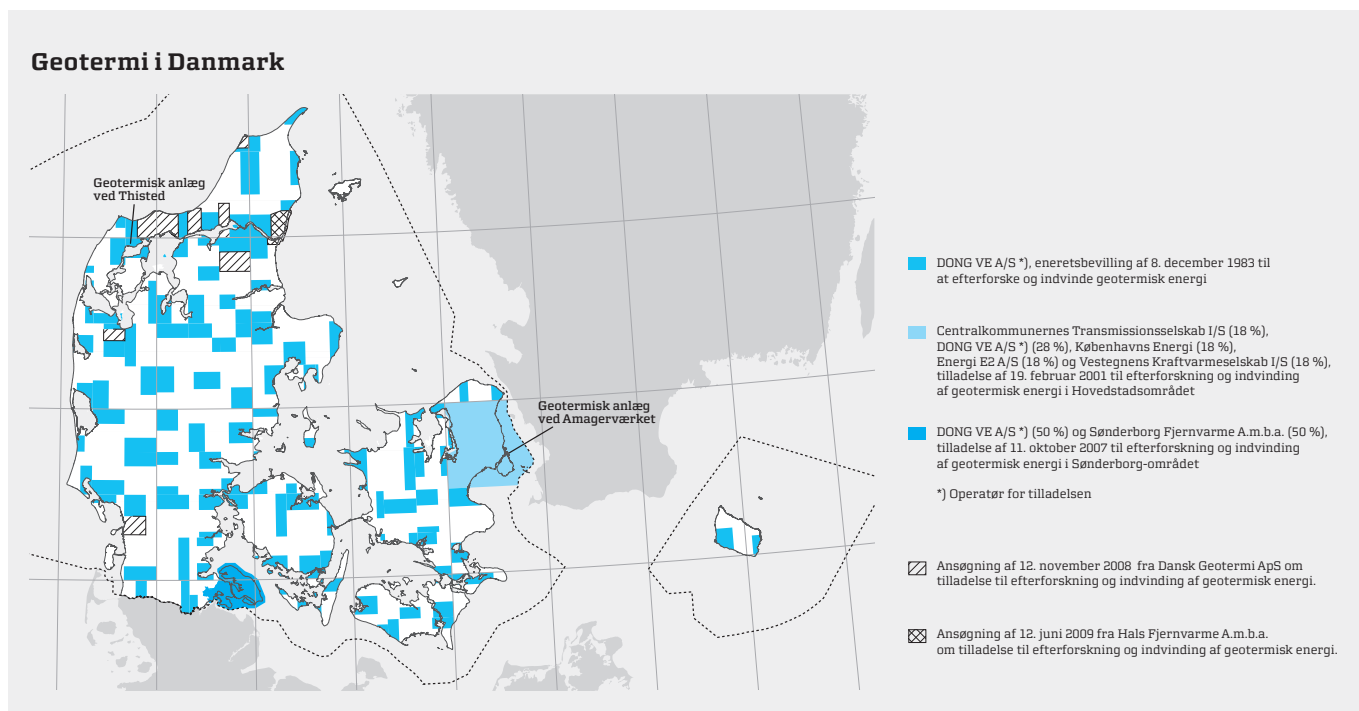


Figur 23: Model af geotermianlæg

Geotermi har endvidere den fordel, at det kan bruges sammen med en lagerboring for overskudsvarme fra fx affaldskraftvarme eller fra varmepumper. Ca. 90 % kan tilbageføres og udnyttes igen. Endnu mangler der dog at blive lavet forsøg med sæsonlagring.

I IDAs Klimaplan 2050 forudsættes det, at geotermi i 2030 dækker 15 % af varmebehovet i centrale kraftvarmeområder svarende til etablering af ca. 8-10 anlæg i de større byer, og 10 % i decentrale kraftvarmeområder (antal af anlæg er afhængig af lokale forhold). Desuden etableres lagringsmulighed i kombination med affaldskraftvarme, så al overskudsvarme fra affaldskraftvarme kan sæsonlagres i 2030 i Ålborg, Århus, Esbjerg, Odense og København. I 2020 forudsættes halvdelen af disse anlæg at være etableret, men der påregnes ikke en yderligere udbygning frem til 2050.

43. Jesper Magtengaard, Dong Energy og www.geotermi.dk



Figur 24: Geotermiske anlæg og tilladelser i Danmark (Energistyrelsen 2008).

STRATEGISK VARMEPLANLÆGNING

Forudsætningen for at sikre ovenstående omlægnin-
ger og udvidelse af varmesystemet, så det bliver så
effektivt som muligt, er at der udformes såvel natio-
nal som lokal varmeplanlægning.

Varmeforsyningslovens formål må udvides med hen-
blik på at tilfredsstille den termiske komfort i bygnin-
ger på den mest samfundsøkonomiske måde og med
det langsigtede mål, at udslippet af CO₂ skal reduce-
res. I den samfundsøkonomiske vurdering må der
tages højde for mulighederne indenfor alle relevante
områder, herunder varme, køling, el og klimaskærm.

Den nationale strategi skal udstikke rammerne og den
lokale varmeplanlægning skal understøtte de natio-
nale mål, baseret på lokale vurderinger. De teknologi-
ske vilkår kræver, at der gennemføres en langsigtet
planlægning, der tager højde for, at det for eksempel-
vis tager mellem 4 til 6 år at etablere geotermi.

Atomkraft

Atomkraft indgår ikke i dansk energiplanlægning og
vil heller ikke indgå i IDAs Klimaplan 2050.

Der er flere grunde til dette. Anlægsprisen for et
atomkraftværk er høj. Af foretningsmæssige og
driftmæssige årsager er anlæggene bedst egnede til
at producere kontinuerligt som grundlastdrift. Vær-
kerne er ikke optimale til en fleksibelt og fluktueren-
de energiproduktion (med vind), som udgør rygraden
i IDAs Klimaplan 2050.

Derudover sker en vis udledning af CO₂ i forbindelse
med brydningen og berigelsen af uran. Hertil kom-
mer at Danmark ikke har nogen erhvervsmæssige
kompetencer af betydning på området eller sandsyn-
ligvis har geologisk sikre deponisteder.

Landbrug, fødevarer og materialer

Resumé:

Landbrug, fødevarer og materialer

Delmål Klimaplan 2050

2015

- Drænede jorde taget ud af landbrugsdrift.
- Reduktion af kvælstofoverskud i landbruget.
- Bedre foderpraksis med fokus på mindre klimabelastning.
- Fordobling af det økologiske landbrugsareal til ca. 13 %.
- Reduktion på 1,6 mio. tons CO₂-ækvivalenter fra landbrugs- og fødevareproduktionen i Danmark.

2030

- Firdobling af det økologiske landbrugsareal til ca. 25%.
- Reduktion på 5 mio. tons CO₂-ækvivalenter fra landbrugs- og fødevareproduktionen i Danmark.

2050

- Forøgelse af biomasseproduktion på land til ca. 200 PJ og af marin biomasse fra alger til ca. 100 PJ.
- Reduktion på 9,5 mio. tons CO₂-ækvivalenter fra landbrugs- og fødevareproduktionen i Danmark.
- Klimabelastningen fra kosten vil være 0,9 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år for danske og importerede fødevarer.

VIRKEMIDLER

- Reduktion af klimabelastningen fra landbruget bør integreres i landbrugspolitikken og i principperne for tildeling af landbrugsstøtte og anvendes til at fremme implementering af en række miljø- og klimatiltag i landbruget.
- Naturlig carbon capture – dvs. forøget CO₂-optag i planter og kulstofbinding i jorden – bør være del af en fremtidig integreret natur- og landbrugspolitik og fremmes gennem bl.a. ændrede kriterier for landbrugsstøttens fordeling, hvilket EU allerede åbner mulighed for.
- Der iværksættes initiativer med henblik på at fremme sund og klimaoptimal kost og reducere husholdningers fødevarespild. Dette kan gøres gennem oplysningskampagner, kogebøger, pris-mekanismer for fødevarer m.m. rettet mod husholdninger, detailhandel, fødevareindustri samt restauranter og kantiner. Der skønnes at være behov for en permanent indsats på ca. 50 mio. kr. pr. år, inkl. ressourcer til løbende at analysere erfaringerne og videreudvikle aktiviteterne.
- Alle biomasse-initiativer bør planlægges og vurderes miljømæssigt og socialt i globalt livscyklusperspektiv. Der er behov for udvikling af lovgivningsmæssige rammer for kommuners og virksomheders involvering af borgere, miljøorganisationer m.fl. i planlægning og vurdering af biomasse-initiativer.
- Der iværksættes et forsknings- og innovationsprogram for flerårige energiafgrøder med henblik på at udvikle og anvende metoder til at analysere miljømæssige (bl.a. økologiske, naturmæssige, biodiversitetsmæssige og materialeflowmæssige) og sociale aspekter af dansk produktion af denne form for energiafgrøder.
- Der iværksættes et forsknings- og innovationsprogram for havbaseret produktion af biomasse fra alger med henblik på at kunne iværksætte miljø-

mæssig og social bæredygtig dansk produktion af biomasse fra alger. Der iværksættes forsknings- og innovationsprogrammer for biomassebaserede materialer og produkter fra biomasse fra landbrug, skovbrug og marine områder. Programmerne skal være baseret på involvering af erhvervs- og miljøorganisationer, og bl.a. have fokus på integreret miljøvurdering i innovationsprocesser og udvikling af strategier for markedsudvikling for forskellige biomassebaserede materialer, med henblik på at reducere miljø- og klimabelastning fra produktion og forbrug af materialer og produkter. Der skønnes at være behov for ca. 200 mio. kr. pr. år.

- Udvikling af langsigtet strategi for dansk landbrug baseret mindre på animalsk produktion og mere på en kombination af vegetabiliske og animalske produkter, som led i klimaoptimering og sikring af fremtidig beskæftigelse og eksport. Der bør iværksættes et 10-årigt strategisk udviklingsprogram med en bevilling på 15 mio. kr. pr. år med nedsættelse af et dialogforum og mulighed for, at interessantgrupper kan søge midler til analyse- og dialogprojekter.

Landbrug, fødevarer og materialer

Arealanvendelsen i samfundet, og herunder i landbruget, er i praksis en konkurrence mellem forskellige formål. Begrænsningerne udgøres af mange faktorer; miljøkrav, æstetiske krav, økologiske muligheder og begrænsninger, økonomiske rammer og andre samfundsmæssige faktorer. Landbruget producerer i dag og forventes også fremover at producere råvarer til fødevarer, energi og materialer i samspil med en række industrier.

Landbrug som producent af fødevarer, energi, foder og materialer

Mulighederne for at reducere udledningerne af drivhusgasser fra produktionen af fødevarer, energi, foder og materialer afhænger af, hvilke forudsætninger man stiller op for fremtidens produktion og forbrug. En række centrale problemstillinger er:

- Skal fødevareproduktionen have den sammensætning, den har i dag, hvor 80 % af landbrugsarealet både globalt og i Danmark bruges til produktion af foder til kødproduktion?
- Hvordan skal natur- og miljøkrav i bl.a. vandrammedirektiv, biodiversitetskonvention m.m. opfyldes?
- Hvordan opnås en langsigtet sikring af jordkvalitet, herunder af opbygning og vedligeholdelse af kulstofindholdet i jorden?
- Hvor stor en del af energiforsyningen skal afhænge af biomasse?
- Skal dansk biomasse også kunne forsyne Danmark med materialer til byggeri, husholdningsprodukter m.m.?

Klimabelastningen fra landbrug og fødevarer kan, som for alle andre sektorer, opgøres både ud fra et produktions- og et forbrugsperspektiv⁴⁴. Opgørelser af dansk landbrugs og fødevareindustris klimabelastning fra et *nationalt produktionsperspektiv*, som er det perspektiv der anvendes i Kyoto-aftalen – dvs. inklusiv fødevarer til eksport, men eksklusiv foderimport og import af fødevarer, viser (baseret på data fra omkring 2006) en samlet klimabelastning på ca. 19 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år⁴⁵. Af de ca. 19 mio. tons CO₂-ækvivalenter udgøres ca. 12 mio. tons af de ikke-energirelaterede bidrag fra husdyrs fordøjelse, forskellige omsætningsprocesser knyttet til anvendelse af gødning i landbruget samt ændringer i jordens anvendelse og betydningen heraf for CO₂-optag og frigivelse, mens ca. 7 mio. tons CO₂-ækvivalenter stammer fra energiforbrug i landbrug og fødevareindustri.

Hvis man opgør dansk landbrugs og fødevareindustris klimabelastning i et *internationalt produktionsperspektiv*, skal der tillægges en klimabelastning fra import af udenlandsk foder, som er på ca. 25 % af det samlede foderforbrug⁴⁶, og er beregnet til ca. 16 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år – dvs., at dansk landbrug set i internationalt perspektiv, har en klimabelastning på i alt 35 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år.

De største bidrag til landbrugets og fødevareindustriens klimabelastning i Danmark udgøres af husdyrenes fordøjelse, lattergas fra udvaskning og fordampning af kvælstofforbindelser, oxidation af kulstof i humusjorde, opbevaring og udkørsel af husdyrgødning og kunstgødning samt energiforbruget i landbrug og industri.

44. Sidstnævnte også kaldet et end-user eller slutbrugerperspektiv

45. Heri er ikke inkluderet husholdningers, kantiners m.fl. energiforbrug til indkøb og opbevaring, men dog tilberedning i form af f.eks. kogning for en del produkter hvor det er en gængs forarbejdningsform

46. Dansk Landbrug i tal 2008

Hvis man opgør klimabelastningen i et *forbrugsperspektiv* og ser på klimabelastningen knyttet til det danske fødevarerforbrug (dvs. inklusiv import af foder og fødevarer, men eksklusiv fødevareeksport) er klimabelastningen på ca. 2,8 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år – svarende til 15 – 16 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år for den danske befolknings samlede forbrug.

Analyserne, der præsenteres senere i kapitlet viser, hvordan klimabelastningen fra dansk produktion og forbrug af fødevarer kan reduceres gennem reduceret spild af fødevarer, ændrede kostvaner i retning af de nationale kostråd – dvs. bl.a. mindre forbrug af mejeriprodukter, kød og kødprodukter og højere forbrug af grønsager og visse typer fisk, samt en mere miljøvenlig landbrugspraksis. Potentialet for reduktion afhænger af, hvordan ændrede kostvaner hos danskerne påvirker den fremtidige samlede danske landbrugsproduktion. Hvis et reduceret dansk forbrug af animalske fødevarer ikke fører til en reduceret produktion af animalske produkter, men til en øget eksport af samme produkter, så bliver reduktionen af klimabelastningen væsentligt mindre.

Der er mulighed for en stigning i produktionen af biomasse fra det nuværende landbrugsareal – udover produktionen af fødevarer – fra en brændværdi på ca. 87 PJ til ca. 207 PJ – svarende til en stigning på ca. 120 PJ. Hertil kommer at det skønnes muligt at producere biomasse fra danske marine områder i form af alger svarende til en brændværdi på ca. 100 PJ. Hvordan denne øgede produktion af biomasse vil påvirke klimabelastningen fra dansk produktion og forbrug, afhænger bl.a. af hvilke former for biomasse der er tale om, herunder hvilken CO₂-binding der opnås ved dyrkningen, samt hvordan biomassen anvendes. Hvis der ikke sker et øget CO₂-optag i planter, og biomasse i vid udstrækning anvendes til forbrænding, vil reduktionen af klimabelastningen være begrænset.

Biomassen foreslås i IDAs Klimaplan 2050 anvendt til en kombination af foder, gødning, og biomassebaserede materialer (diskuteres i dette kapitel) samt

kraftvarmeproduktion i biogasanlæg (se kapitel om energisystemer og -produktion), og biobrændstoffer til transport (se kapitel om transport). I IDAs Klimaplan 2050 er den fremtidige produktion af biomasse-baserede materialer analyseret gennem beregninger af behovet for biomasse og landbrugsareal, knyttet til et par eksempler på mulige fremtidige biomassebaserede materialer.

At se på Danmark isoleret, som Kyoto-protokollen lægger op til, er lidt af en tilsnigelse, da både fødevarer og biomasse er internationale produkter. Ligesom der vil være konkurrence mellem forskellige udnyttelser af biomasse (foder/fødevarer vs. energi vs. materialer), så vil energiafgrøder konkurrere med energiafgrøder fra andre steder i verden. Omvendt så er det ud fra principper om recirkulering og gennemskuelighed, og ud fra et ønske om ikke i fremtiden at løse den danske klimaforpligtelse ved blot at importere produkter og materialer fra større udenlandske arealer end i dag, vigtigt at analysere det danske landbrugs klimaaspekter. Det er derfor nødvendigt med grundige vurderinger af fremtidig produktion af forskellige former for fødevarer og biomasse, herunder i hvilket omfang, det fører til konkurrence om areal på land og til havs, nationalt og internationalt. Samt vurderinger af de miljømæssige virkninger af ændringer i produktion og forbrug af forskellige former for fødevarer og biomasse, med hensyn til bl.a. indvirkning på emissioner af drivhusgasser, næringsstoffer og pesticider, biodiversitet, og grundvandsstand.

Det har således været et udgangspunkt for udviklingen af en klimastrategi for landbrug, fødevarer og biomasse til energi og materialer, at klimabelastningen skal reduceres uden at andre miljøparametre forværres samt at det opdyrkede land i Danmark ikke skal forøges, og der heller ikke skal "importeres" mere biomasse og dermed beslaglægges mere areal end hidtil i udlandet.

Fødevarers klimabelastning

Set i et jord-til-bord perspektiv (livscyklusperspektiv) bidrager fødevarer i alle led til klimabelastning. De væsentligste typer bidrag i de forskellige led af en generel produktkæde for fødevarer "fra jord til bord" ses i Figur 25 og 26.

Landbrug og fiskeri

- CH₄ (methan) fra husdyr og husdyrgødning
- N₂O (lattergas) fra udbringning og omsætning af husdyr- og handelsgødning samt udvaskning af kvælstof fra jorden
- CO₂ (kuldioxid) fra forbrænding kulstof i humuslaget i jorden, herunder kul-dioxid fra ændringer i arealanvendelse (fx fældning af skov og dræning af jord til dyrkning af afgrøder)
- CO₂ fra direkte energiforbrug til maskiner m.m.
- CO₂ fra indirekte energiforbrug til produktion af hjælpemidler, især handelsgødning

Figur 25 Klimabidrag fra landbrug og fiskeri.

Fødevarereproduktion

- CO₂ fra direkte energiforbrug (afhængig af energikilde) til forarbejdning og opbevaring
- CO₂ fra indirekte energiforbrug til fremstilling af emballage

▪

Fødevaredistribution

- CO₂ fra transport (afhængig af motortype og drivmiddel)
- CO₂ fra direkte energiforbrug til opbevaring

▪

Fødevarerforbrug

- CO₂ fra transport i forbindelse med indkøb (afhængig af transport-form og drivmiddel)
- CO₂ relateret til direkte energiforbrug ved opbevaring og tilberedning

Figur 26 Klimabidrag fra fødevarer.

Størrelsen af klimabelastningen fra de forskellige led i en produktkæde for en fødevare afhænger bl.a. af effektiviteten af de forskellige processer – dvs. hvilket spild der opstår, fx i form af fødevarer der kasseres i forbindelse med distribution og forbrug.

Klimabelastningen fra den samlede fødevarerektor afhænger af hvilke fødevarer der produceres og i hvilke mængder. Der er således stor forskel på klimabelastningen fra forskellige typer fødevarer, hvilket illustreres af nedenstående CO₂-pyramide, hvor en række fødevarer er placeret efter deres klimabelastning, således at produkter med størst belastning pr. kilo er placeret øverst. Som det fremgår af pyramiden, så har en del animalske produkter en relativ høj klimabelastning samtidig med at der er forskel inden for de enkelte fødevaregrupper⁴⁷.

47. Opdateret figur fra Philip G. Lund & Lars K. Madsen. Måltiders klimapåvirkning, Fagprojekt, DTU Management 2008, der illustrerer de forskelle der er mellem klimabelastningen inden for og mellem forskellige grupper af fødevarer. Figuren er først og fremmest baseret på tal for energiforbrug fra Carlsson-Kanyama, Ekström & Shanahan 2003: Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency, Ecological Economics, vol. 44, pp. 293-307. Artiklen opgør energiforbrug i livscyklusperspektiv, inklusiv transport i landbrug og industri. For de enkelte fødevarer er der i en del tilfælde vist forskellige former for forarbejdning for samme fødevare for at illustrere forarbejdningens betydning. Tallene anvendt i pyramiden er i nogle tilfælde gennemsnit for en hel fødevaregruppe.



Figur 27: CO₂-pyramide. Opdateret version baseret på (Lund & Madsen 2008).

OPGØRELSE I PRODUKTIONS- OG FORBRUGSPERSPEKTIV

Ved et *produktionsperspektiv* på fødevarer opgøres den belastning, der hidrører fra produktionen i et land (inklusive det der eksporteres). Et produktionsperspektiv kan være *nationalt*, hvor fx import af foder, kunstgødning m.m. og klimabelastningen fra

deres produktion uden for landets grænser ikke medtages, eller *internationalt*, hvor importens belastning medtages. Kyoto-protokollen anlægger som tidligere nævnt et nationalt produktionsperspektiv, idet den klimabelastning, der finder sted inden for et lands grænser opgøres, men ikke den belastning der hidrører fra import til produktionen.

Et *forbrugsperspektiv* opgør den belastning der hidrører fra det der forbruges i et land (inklusive importens belastning), mens eksporten fra landet fratrækkes – fx fratrækkes belastningen fra de store dele af dansk produceret svinekød, der eksporteres, i et dansk forbrugsperspektiv.

For Danmarks vedkommende er der ret stor forskel på opgørelser og strategier i henholdsvis et produktions- og et forbrugsperspektiv, da Danmark har en ret stor fødevarereksport – fx er der en såkaldt selvforsyningsgrad for svinekød på 622 %, for ost på 228 %, for smør på 157 % og for fjerkrækød på 139 %⁴⁸. Det vil sige, at Danmark eksporterer ca. 80 % af produktionen af svinekød, ca. 60 % af den producerede mængde ost osv. Der er med andre ord ret stor forskel, ikke mindst for nogle af de animalske produkters vedkommende, på et produktions- og forbrugsperspektiv. Danmark har samtidig en fødevarerimport, der svarer til ca. 25 % af det danske fødevarerforbrug, herunder importeres også en del animalske produkter.

I det følgende anlægges både et produktionsperspektiv (både nationalt og internationalt, hvor det er muligt) og et forbrugsperspektiv på dansk landbrug og fødevarer.

PRODUKTIONSPERSPEKTIV PÅ FØDEVARER

Danmarks areal udgør i alt 4.310.000 ha, hvoraf 62 % er opdyrket⁴⁹ og ca. 80 % af landbrugsarealet anvendes til foderproduktion⁵⁰. Den danske foderproduktion dækker ca. 75 % af foderanvendelsen i Danmark vægtmæssigt, men kun 58 % proteinmæssigt. Dvs. der importeres en del foder⁵¹ – især sojaprotein⁵².

Klimabelastningen fra selve landbruget opdeles ofte i de *energirelaterede* udledninger af drivhusgasser, dvs. fra forbruget af energi til traktorer, i stalde, drivhuse m.m., og de *ikke energi-relaterede* udledninger der stammer fra omsætning af næringsstoffer, husdyrs fordøjelse m.m. I dette kapitel analyseres først og fremmest de ikke-energirelaterede udledninger, idet kapitlet om industri analyserer energiforbruget og dets optimering i alle erhverv. For at give et fuldstændigt billede af klimabelastningen knyttet til landbrug og fødevarer berøres energiforbruget dog også i analysen af landbrug og fødevarer.

En analyse fra 2003 (→ se Tabel 4) viser, at de største bidrag til landbrugets klimabelastning i Danmark udgøres af husdyrenes fordøjelse (knap 20 %), lat-tergas fra udvaskning og fordampning af kvælstof-forbindelser (knap 20 %), oxidation af kulstof i humusjorde (ca. 17 %), energiforbruget (ca. 15 %) samt opbevaring og udkørsel af husdyrgødning (ca. 15 %) og kunstgødning (ca. 8 %)⁵³. Tabellen viser at den samlede nationale klimabelastning fra selve landbruget i 1990 var cirka 18 mio. tons CO₂-ækvivalenter, mens belastningen i 2003 var faldet til ca. 14 mio. tons CO₂-ækvivalenter, hvoraf ca. 12 mio. tons var ikke-energirelaterede og ca. 2 mio. tons fra energiforbruget i landbruget (traktorer m.m.). Faldet skyldes især reduceret anvendelse af handelsgødning (kunstgødning) og øget anvendelse af naturgødning, reduceret energiforbrug og øget kulstofbinding i mineralske jorde.

48. Landbrugsrådet (2008): Energistatistik. Fødevarerhvervet 2006

49. 2007 blev der dyrket 2.663.000 ha

50. Landbrugsrådet (2008): Energistatistik. Fødevarerhvervet 2006

51. Foder svarende til 25 % af foderets vægt og ca. 40 % af proteinindholdet

52. Landbrugsrådet (2008): Energistatistik. Fødevarerhvervet 2006

53. Vurdering fra Olesen (red.): Jørgen E. Olesen (red.): Drivhusgasser fra jordbruget – Reduktionsmuligheder, DJF rapport Markbrug nr. 113 • Januar 2005, Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Jordbrugsproduktion og Miljø, 2005

Udledning	Kilde	1990	2003	Ændring (%)
Metan (CH₄)	Husdyrs fordøjelse	3,05	2,66	
	Husdyrgødning	0,75	0,99	
	Reduktion biogasanlæg	0,00	-0,02	
	I alt	3,79	3,63	-4
Lattergas (N₂O)	Husdyrgødning	0,66	0,55	
	Afgræsning	0,29	0,27	
	Handelsgødning	2,35	1,17	
	Husdyrgødning udbragt	1,08	1,06	
	Slam udbragt	0,02	0,06	
	Ammoniak fordampning	0,53	0,38	
	Udvaskning	3,35	2,22	
	N-fiksering	0,27	0,20	
	Afgrøde rester	0,35	0,32	
	Humusjorde	0,07	0,07	
	Reduktion biogasanlæg	0,00	0,01	
	I alt	8,97	6,31	-30
Kuldioxid (CO₂)	Energiforbrug	2,42	2,13	
	Kalkning	0,56	0,23	
	Kulstof i mineraljorde	-0,14	-0,63	
	Kulstof i humusjorde	2,60	2,42	
	Hegn	0,02	-0,13	
	Skovrejsning	0,00	-0,11	
	Andet	0,13	0,12	
	I alt	5,59	4,03	-26

Tabel 4: Landbrugets emission af drivhusgasser i 1990 og 2003 samt ændring 1990-2003 (Olesen (red.) 2005).

Der er meget stor forskel på hvor meget forskellige jordtyper påvirker klimabelastningen. Mens mineralske jorde således bidrager til at reducere klimabelastningen, bidrager oxidation af kulstof fra drænede humusjorde

til at øge klimabelastningen⁵⁴, og udgør 15-20 % af klimabelastningen, mens disse jorde kun udgør 5 % af landbrugsarealet, og giver et relativt lavt udbytte.

54. De ikke-energi-relaterede drivhusgasser fra landbrug der skyldes ændringer i arealanvendelsen og dertil knyttede ændringer i optag og afgivelse af CO₂ fra jord og vegetation kaldes under ét ofte for "Land Use and Land Use Change and Forestry" – forkortet LULUCF.

	Oliepro- dukter	Naturgas	Kul og koks	El	Fjern- varme	Bygas	Vedva- rende energi	I alt Brutto energi TJ	CO2-ækvi- valenter 1000 tons
Landbrug	19.777	840	197	12.556	0	119	2.554	36.045	2.390
Gartneri	1.633	1.154	2.001	625	1.969	12	60	7.454	489
Primært land- brug i alt	21.410	1.994	2.198	13.181	1.969	131	2.614	43.499	2.879
Forsyning og forarbejdning (andels-baseret)	7.668	8.191	1.508	10.127	397	58	21	27.969	1.898
Andels-baseret fødevarer- erhverv i alt	29.078	10.185	3.706	23.308	2.366	189	2.635	71.468	4.777

Tabel 5: Landbrugets og den andelsbaserede fødevarerforarbejdnings energiforbrug samt de relaterede udledninger af drivhusgasser opgjort som primært energiforbrug og CO2-ækvivalenter i 2006.

(Data for energiforbrug fra Landbrugsrådet, 2008).

Også en del importeret foder er dyrket på arealer, hvor der tidligere har vokset træer eller har været vådområder – dvs. at der sker en ændret anvendelse af naturareal – lige som ved fx dræning af danske jorde. Sådanne ændringer af naturen indebærer øget klimabelastning, som følge af afbrænding af den tidligere bevoksning samt oxidation af kulstoflagret i jorden, der kan være i op til 30 – 40 år.

Økologisk jordbrug har en række miljø-, natur og sundhedsmæssige fordele sammenlignet med konventionel jordbrug som følge af større afgrødediversitet, brug af organisk gødning i stedet for kunstgødning, lavere næringsstofoverskud i jorden m.m.⁵⁵ Dyrkningsformen har også indflydelse på klimabelastningen fra fødevarer. Undersøgelser peger således på at klimabelastningen pr. kilogram økologiske drivhusgrønsager er større end for konventionelle grønsager, som følge af et lavere udbytte pr. m² driv-

hus, mens klimabelastningen fra et animalsk produkt som svinekød er mindre, som følge af at økologiske jordbrug typisk har lavere kvælstofoverskud end konventionelle jordbrug, og dermed giver anledning til lavere produktion af lattergas.

En opgørelse af landbrugets og den andelsbaserede fødevarerforarbejdnings energiforbrug beregnet som primær energiforbrug samt de energi-relaterede udledninger af drivhusgasser i 2006 ses i Tabel 5.

Landbruget bruger ca. 50 % af energien, gartnerierne ca. 10 %, mejerierne ca. 13 % og slagterierne ca. 11 %. Tabellen viser stor forskel mellem anvendelsen af de forskellige energiformer i de forskellige dele af fødevarerhvervet. Opgjort for produktgrupper udgør energiforbruget i svineproduktion i landbruget og forarbejdningen på slagterierne 29 % af energiforbruget. Forbruget af energi har været nogenlunde konstant siden midten af 1990'erne, lige som der heller ikke er sket de store ændringer i de forskellige energikilders rolle. Bag disse tal gemmer sig en reduktion i det primære landbrugs energiforbrug

55. Alrøe & Halberg (red.): Udvikling, vækst og integritet i den danske økologisektor. Vidensyntese, ICROFS, 2008

og en tilsvarende stigning inden for forsyning og forarbejdning. Der er sket en reduktion i sektorens samlede el-forbrug på ca. 10 %, gennem besparelser i gartnerierne⁵⁶.

Hvis den ikke-andelsejede del af fødevarerindustrien antages at have emissioner i samme størrelsesorden, som den andelsbaserede forsyning og forarbejdning, dvs. knapt 2 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år, så har landbruget og fødevarerindustrien i alt energirelaterede udledninger af drivhusgasser på ca. 7 mio. tons CO₂-ækvivalenter. Sammen med de tidligere nævnte ikke-energirelaterede drivhusgasudledninger fra omsætning af næringsstoffer i jorden m.m. på ca. 12 mio. tons CO₂-ækvivalenter betyder det en samlet udledning af drivhusgasser fra landbrug og fødevarerindustri i Danmark (nationalt produktionsperspektiv) på ca. 19 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år.

Hvis man vil anlægge et *internationalt* produktionsperspektiv på landbrug og fødevarer, er det nødvendigt også at inddrage den udenlandske foderproduktion og produktion af kunstgødning m.m. Et skridt i retning af en sådan opgørelse er at tage udgangspunkt i at ca. 25 % af foderet til dansk landbrug, som tidligere nævnt, importeres. Det drejer sig især om proteinfoder, idet 42 % af proteinet i husdyrfoder importeres⁵⁷. Ikke mindst LULUCF-effekt af udenlandsk foder er central idet den som globalt gennemsnit udgør 16 kg CO₂-ækvivalenter pr. kg kød. Hvis det således antages at klimabelastningen i udlandet fra foderproduktion til danske husdyr (i alt ca. 2,4 mio. tons kød) udgøres af denne LULUCF-effekt, svarer det til en klimabelastning på $0,42 \times 2,4 \times 16 = \text{ca. } 16$ mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år⁵⁸. Det betyder at dansk landbrugsproduktion globalt set har en samlet klimabelastning på $19 + 16 = 35$ mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år. Det internationale produktionsperspektiv bliver ikke brugt i IDAs Klimaplan 2050, men

er interessant i forhold til, hvad dansk produktion indebærer i et globalt perspektiv og det kan være et perspektiv, der bliver aktuelt i fremtidige internationale klima-aftaler.

FORBRUGSPERSPEKTIV PÅ FØDEVARER

Danmark har siden 1990'erne tradition for at gennemføre nationale kostundersøgelser. Ved hjælp af tal fra sådanne undersøgelser kombineret med tal for de enkelte fødevarers klimabelastning i livscyklusperspektiv er det muligt at lave en opgørelse af dansk fødevarerforbrugs klimabelastning fra et forbrugersperspektiv, dvs. hvor også importen af fødevarer medtages, men hvor landbrugseksporten omvendt ikke indgår. En opgørelse baseret på 14 forskellige fødevarergrupper er vist i tabel 6.

Det fremgår af tabellen at de største bidrag kommer fra animalske produkter, der tegner sig for mere end 50 % af klimabelastningen (ved at addere tallene fra tabellen for mælk, ost, kød og fjerkræ). Forskellige former for opgørelser har ret forskellige tal for det danske kødforbrug, hvilket er ret afgørende, da kød som vist i tabel 6 er et meget klimabelastende produkt. Mens tabel 6 viser et gennemsnitligt årligt kødforbrug pr. dansker på ca. 50 kg, så viser Danmarks Statistik et årligt kødforbrug på ca. 93 kg⁵⁹ og en opgørelse fra World Resources Institute 140 – 145 kg pr. dansker pr. år i 2002⁶⁰. Ifølge sidstnævnte opgørelse er det danske kødforbrug et af de højeste i verden. Forskellene i de forskellige opgørelser kan skyldes opgørelsesmetoden – fx om der regnes i mængde på tallerkenen eller mængder solgt fra slagterier til detailhandlen. Det er vigtigt, i det videre arbejde med en dansk klimastrategi på fødevarerområdet, at få afklaret sådanne uoverensstemmelser i forbrugsopgørelser.

56. Dansk landbrug i tal 2008

57. Dansk Landbrug i tal 2008

58. Vurdering af Torben Chrintz 2009 på baggrund af bl.a. FAO: Livestocks long shadow. Environmental issues and options, 2006

59. Her refereret fra Dansk Landbrug i tal 2008

60. http://earthtrends.wri.org/searchable_db/index.php?step=countries&cID%5B%5D=50&theme=8&variable_ID=192&action=select_years (4. maj 2009)

Fødevaregruppe	Mængde pr. pr. voksen dansker pr. dag (gram)	Mængde pr. dansk barn pr. dag (gram)	Klimabelastning (kg CO ₂ -ækvivalenter pr. kg. fødevare)	Andel af kostens årlige klimabelastning (vægtet gennemsnit for børn og voksne)
Mælk og mælkeprodukter	323	466	1,35	12,50
Ost og osteprodukter	33	21	12,14	9,80
Korn og brød	213	204	1,34	7,50
Grøntsagerfx. kartofler)	157	124	1,57	6,20
Frugt (ekskl. juice)	204	178	1,66	8,80
Kød og kødprodukter	108	87	10,23	27,70
Fisk og fiskeprodukter	21	11	6,95	3,50
Fjerkræ og fjerkræprodukter	23	19	2,71	0,70
Æg og æggeprodukter	17	12	1,65	1,40
Fedtstoffer og fede produkter	35	32	3,05	13,20
Sukker og slik	34	41	1,73	2,60
Drikkevarer ekskl. vand, mælk, juice og saftkonc.	1.357	390	0,41	13,20
Kartofler	102	71	1,03	2,60
Juice	73	94	0,78	1,60
Gennemsnitligt forbrug pr. dansker pr. dag (gram)	2.700	1.750		
Gennemsnitlig klimabelastning pr. dansker pr. år (CO₂-ækvivalenter)				1,4 tons

Tabel 6: Nuværende fødevarerforbrug i gram pr. dansker for henholdsvis voksne og børn) samt forbrugets bidrag til klimabelastning i tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år som vægtet gennemsnit for børn og voksne⁶¹

61. Beregninger foretaget på baggrund af Danskernes kostvaner 1995 – 2006: Status og udvikling med fokus på frugt, grønt samt sukker, Fødevareinstituttet 2008, (Carlsson-Kanyama et al 2003) og (Lund og Madsen 2008) omfattende den enkelte fødevare i livscyklusperspektiv fra landbrug eller fiskeri og frem til en forarbejdet fødevare, dog eksklusiv forbrugerens transport. Ved at tage udgangspunkt i fødevarerforbrugets enkelte produkter i livscyklusperspektiv er der mulighed for at foreslå ændringer i forbruget som led i en klimastrategi. Typisk medtages ved denne måde kun de miljøbelastninger, der er snævert knyttet til produktionen af den enkelte fødevare og ikke de belastninger, der er knyttet til fremstillingen af maskiner og andre former for udstyr, der anvendes i et produkts livscyklus. Denne form for belastning vil derimod blive inkluderet ved de såkaldte input/output-opgørelser, der dog giver en del usikkerhed i tallene, da der ofte skal laves nogle grove omregninger fra værdi til mængde af materiale m.m. for hele produktgrupper.

Klimabelastningen kan således reduceres, hvis fødevareforbruget ændres. Denne viden kan bruges af den enkelte forbruger til at omlægge til en kost, der er både sund og klimavenlig, men kan også bruges i alle de sammenhænge, hvor det offentlige står for kosten eller hvor private virksomheder står for drift af kantiner, restauranter m.m.⁶²

Der er i ovenstående opgørelse også inkluderet en del klimabelastninger uden for Danmark, idet kostundersøgelserne ikke tager hensyn til, om fødevarer eller foder er fra Danmark eller fra udlandet. Der er således anvendt gennemsnitstal for de fødevarer, hvor tal for produkter fra forskellige dele af verden har været til rådighed. Som tidligere nævnt importeres 25 % af foderet til dansk landbrug og selve fødevareimporten er af samme størrelsesorden – ca. 25 %.

FØDEVARETRANSPORTENS ANDEL AF KLIMABELASTNING

En opgørelse af transportbidraget fra forskellige danske og udenlandske fødevarer solgt i Danmark viser, at transporten for et produkt fra råvareproduktion og forarbejdning og frem til detaileddet kan udgøre op til 2/3 af klimabelastningen for importeret frugt og op til ca. 15 % for importeret kød (inklusive transport af foder)⁶³. Omvendt kan klimabelastningen fra danske drivhusgrønsager være væsentligt højere end de tilsvarende importerede produkter fra Sydeuropa, også inklusiv transporten fra Sydeuropa til Danmark, som følge af et stort energiforbrug til opvarmning og belysning i danske drivhuse.

FØDEVARESPILD

For at få beregninger i forbrugsperspektiv til at basere sig på de mængder fødevarer, der er produceret (og dermed har belastet klimaet), og ikke kun den mæng-

de, der er spist, skal der til ovenstående tal lægges tal for fødevarespild. En undersøgelse af fødevareaffald fra England viser, at ca. 30 % af de indkøbte fødevarer ender som affald. Danske opgørelser peger på spild i samme størrelsesordener. Den engelske undersøgelse viser at 2/3 af spildet er mad, der smides ud (kaldes "undgåeligt" spild), mens den sidste tredjedel er gulerodsskræller m.m. (kaldes "uundgåeligt" spild). Det betyder at ca. 20 % af de indkøbte fødevarer ender som affald,⁶⁴ der kunne undgås⁶⁵.

Klimabelastningen på 1,4 tons pr. dansker pr. år opgjort i Tabel 6 er således kun udtryk for klimabelastningen fra ca. 70 % af de indkøbte fødevarer. Klimabelastningen for det samlede fødevareforbrug inklusiv fødevarespild bliver således ca. 2 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år⁶⁶.

BELASTNING FRA ÆNDRINGER I AREALANVENDELSE

En opgørelse af fødevareproduktionens klimabelastning i forbrugsperspektiv bør også inkludere klimabelastningen fra ændringer i arealanvendelsen ved fx rydning og efterfølgende opdyrkning af skovområder eller vådområder i form af de tidligere nævnte LULUCF-udledninger, der således kan være knyttet til landbrugsdelen af en fødevares produktion. Ikke mindst animalske produkter er som tidligere nævnt årsag til sådanne udledninger. For dansk foder kan, som et overslag for LULUCF, anvendes den oxidation af kul på drænedde jorde, som vist i tabel 4 skønnes at være ca. 2,4 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år for 58 % af foderet til 2,4 mio. tons kød – svarende til et bidrag på ca. 0,58 kg CO₂-ækvivalenter pr. kg. kød. For de 42 %

62. Se en mere indgående beskrivelse i Grøn Fremtid – brikker til en bæredygtig fremtid

63. Charlotte Jensen: Transportens Betydning for Miljøbelastningen fra Fødevarer. Bachelorprojekt, DTU Management 2008

64. Af de ca. 20 % er ca. 8 % affald, der skyldes at der blev tilberedt for meget mad, mens ca. 12 % af den indkøbte mad smides ud uden at være blevet tilberedt på grund af for store indkøb

65. The food we waste, WRAP 2008

66. Dette tal er lidt lavere end en beregning af Chrintz 2009 af fødevareforbrugets samlede klimabelastning vurderet ved hjælp af input/output-analyser, der viser en klimabelastning pr. dansker på ca. 2,4 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år.

udenlandsk proteinfoder anvendes det globale gennemsnit på 16 kg CO₂-ækvivalenter pr. kg kød – svarende til et bidrag på 6,72 CO₂-ækvivalenter pr. kg. kød.

Et gennemsnit for foderets LULUCF-bidrag bliver således ca. 7 kg CO₂-ækvivalenter pr. kg kød. Hvis der regnes med et brutto-kødforbrug pr. dansker på ca. 93 kg pr. år og et LULUCF-bidrag på 7 kg CO₂-ækvivalenter pr. kg kød, inkl. spild, skal der tillægges klimabelastningen et LULUCF-bidrag på ca. 0,7 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år således, at den samlede klimabelastning fra en gennemsnitsdanskers kost bliver på ca. 2,8 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år⁶⁷⁶⁸.

Forslag til reduktion af klimabelastning fra landbrug og fødevarer

I det følgende præsenteres en række overvejelser om muligheder for at nedbringe klimabelastningen på baggrund af de analyser af klimabelastningens størrelse og årsager fra landbrug og fødevarer, som er præsenteret i de foregående afsnit.

REDUKTION AF FØDEVARESPILDET I HUSHOLDNINGER

Det antages at være muligt at halvere det "undgåelige" fødevarespild i husholdninger således, at der i fremtiden "kun" er et spild på 10 % af de indkøbte produkter (ud over det "uundgåelige" spild på ca. 10 %). Ud fra en samlet nuværende klimabelastning på 2,8 tons CO₂-ækvivalenter pr. år, så vil det redu-

cerede spild nedbringe fødevareforbruget med 10 % – svarende til en reduktion i belastningen på ca. 0,28 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år.

Hvis det antages at spildet i dag fordeler sig ligeligt på forskellige fødevaregrupper og på importerede og eksporterede varer, og 75 % af det danske fødevareforbrug produceres i Danmark, så vil besparelsen i et nationalt produktionsperspektiv (hvis det antages at mindre spild fører til mindre indkøb og mindre produktion) være på ca. 0,21 tons pr. dansker pr. år, svarende til i alt ca. 1,2 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år for den del af produktionen som den danske befolkning forbruger⁶⁹.

ÆNDREDE KOSTVANER

Hvis danskerne i højere grad spiste i overensstemmelse med de nationale kostråd og samtidig i valget af fødevarer inden for de enkelte fødevaregrupper valgte klimaoptimalt (fx muslinger som skaldyr frem for rejer), så kunne klimabelastningen fra danskeres kost i 2050 reduceres med ca. 30 %, gennem et reduceret forbrug af mejeriprodukter, kød og kødprodukter samt et øget forbrug af grønsager og fisk, hvor der også vælges klimaoptimalt inden for disse produktgrupper. For mælk er der regnet med 10 % reduktion, for ost 50 % reduktion og for kød og kødprodukters 75 % reduktion i 2050. Forslaget om et reduceret forbrug af kød og kødprodukter skal ud over de sundhedsmæssige fordele også ses i lyset af at det gennemsnitlige kødforbrug pr. dansker, som nævnt, er blandt de allerhøjeste i verden.

67. Dette tal er noget lavere end en beregning af Chrintz 2009 af fødevareforbrugets samlede klimabelastning inklusiv LULUCF-effekt vurderet ved hjælp af input/output-analyser på ca. 4,1 tons med LULUCF, hvor der er anvendt den globale LULUCF-værdi for hele kødforbruget. Forskel- len på ca. 50 % skyldes, at der ved Chrintz' beregning er anvendt det globale gennemsnit for køds LULUCF-belastning for hele den danske kødproduktion.

68. LULUCF-effekten er ikke inkluderet i tallene, der danner baggrund for CO₂-pyramiden i figur 27.

69. Antagelsen om en ligelig fordeling har baggrund i følgende overvejelser: En stor del af den reducerede klimabelastning vil komme fra mindre spild af kødprodukter, da de vejer relativt tungt som følge af den store klimabelastning. Omvendt vil en del af reduktionen fra mindre spild af kødprodukter til dels ske i udlandet fra sparet udenlandsk foder, der har en ret høj klimabelastning, jf. beregningerne af køds LULUCF-bidrag til klimabelastningen.

En detaljeret analyse af typiske danske middagsretter fra den seneste nationale kostundersøgelse viser, at det er muligt at reducere klimabelastningen fra middagsretter med ca. 40 % ved at spise flere grøntsager, mere fisk og mere fjerkræ og samtidig spise mindre okse- og kalvekød – fx ved at ændre på forholdet mellem kød og grøntsager i den enkelte ret eller ved at spise egentlige vegetarretter 1-2 gange om ugen. Forbruget af fisk skal samtidig ændres i retning af et større forbrug af de mindre klimabelastende fisk som makrel og sild og mindre af bl.a. torsk og laks⁷⁰.

En 30 % reduktion af klimabelastningen fra kosten svarer til en reduktion på gennemsnitligt 0,84 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år. Hvis det antages, at denne reduktion sker ligelig fordelt på danske og udenlandske fødevarer, vil reduktionen for de 75 % dansk-producerede dele af forbruget være ca. 0,63 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år, svarende til 3,5 mio. CO₂-ækvivalenter pr. år.

Et mere klimavenligt dansk landbrug

Det vil også være muligt at reducere klimabelastningen fra fødevarer gennem en mere klimavenlig praksis i landbruget og en anden anvendelse af landbrugsarealet. Nedenstående tabel viser en række forslag til reduktion af klimabelastningen fra dansk landbrug med fokus på bl.a. dyrkningspraksis med mindre kvælstofoverskud i jorden, dyrkning af flerårige energiafgrøder på arealer der frigøres fra foderproduktion som følge af lavere kød- og mælkeforbrug samt udtagning af lavbundslande fra landbrugsdrift.

I alt giver disse forslag en reduktion af landbrugets klimabelastning i et nationalt produktionsperspektiv på ca. 5,4 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år ud af de nuværende 12 mio. tons relateret til emission af metan og lattergas samt indholdet af kulstof i jorden. Hertil kommer en reduktion af klimabelastningen fra en øget mængde biomasses fortrængning af fossil energi (her antaget som fortrængning af naturgas⁷¹) – i alt ca. 3,7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år). Forslaget om en reduceret kvægbestand og svinebestand er en konsekvens af forslaget om ændrede kostvaner i retning af et mindre forbrug af mejeriprodukter, kød og kødprodukter, for at disse ændringer skal betyde en reduceret klimabelastning (og ikke blive opvejet af øget eksport). Samtidig med reduktionen af husdyrbestanden, er nødvendig at frigøre landbrugsareal til dyrkning af flerårige energiafgrøder, jf. det frigjorte areal på 300.000 ha.

Sammenlignende analyser af miljøbelastningen fra produktion af svinekød i forskellige lande peger på, at den danske produktion ikke er mindre miljøbelastende end produktionen i Holland, Spanien, USA og Brasilien⁷². Dvs. at der ikke ud fra en miljømæssig betragtning kan argumenteres med, at Danmark skal opretholde den største mulige produktion af animalske produkter.

70. Der vil her være tale om langsigtede ændringer, idet fiskekvoter i dag kan tænkes at vanskeliggøre ændringer i udbuddet (fangsten) af fisk

71. Oplæg om flerårige energiafgrøder, Uffe Jørgensen, Århus Universitet, 10. juni 2009

72. Miljøprojekt 1028, Miljøstyrelsen 2005

Mio. tons CO ₂ -ækv.	Reduktions- potentiale CH ₄ + N ₂ O	Reduktions- potentiale Kulstof i jord	Reduktions- potentiale Bioenergi	Reduktions- potentiale I alt	Forudsætninger
Reduceret N-overskud	1,48			1,48	Ved en afgift på 12 kr/kg N
Flerårige energiafgrøder (elefantgræs)	0,33	0,99	2,76*	4,08	På 300.000 ha
Skovflis til biobrændsel			0,55	0,55	Udnyttelse af tyndingstræ og hugstaffald
Øget fedt i kvægfoder	0,44			0,44	Ved 563.000 malkekøer
Udtagning af lavbundsjord af landbrugsdrift	0,07	1,01		1,08	Ved 100.000 ha
Skovrejsning på højbund	0,06	0,26		0,32	Ved 100.000 ha skovrejsning
Reduceret kvægbestand	(0,45)			(0,45)	Ved 15 % reduktion**
Reduceret svinebestand	(0,24)			(0,24)	Ved 15 % reduktion***
Nitrifikationshæmmere	0,30			0,30	200.000 N pr. år i handelsgødning
Husdyrgødning til biogas	0,55	-0,09	0,35	0,81	Ved 45 % af resterende gylle
I alt	3,23	2,17	3,66	9,06	Under hensyn til overlap****

Tabel 7: Forslag til reduktion af landbrugets klimabelastning opgjort som reduktion i CO₂-ækvivalenter.

Egne beregninger samt (Olesen (red.) 2005), (Jørgensen 2009)⁷³ og (Ministeriet for Landbrug, Fødevarer og Fiskeri 2008)⁷⁴

- * Heri indgår også en mindre reduktion af energiforbruget ved dyrkning, hvis det antages der omlægning sker fra tidligere dyrkning af korn
- ** Et skøn vurderet ud fra hvor stor en del af kvægbestanden der kan siges at være knyttet til dansk forbrug af mælk, ost og oksekød.
- *** Et skøn baseret på at der også sker en reduktion i 2050 på 75 % af svinekødsforbruget. Da der i dag er en selvforsyningsgrad for svinekød i Danmark på 622 % (Dansk Landbrug i tal 2008), så vil en reduktion på 75 % af det danske forbrug betyde en reduktion på ca. 15 % af den samlede svinekødsproduktion.
- **** Det antages at den reducerede klimabelastning fra en reduceret bestand af kvæg og svin er medregnet i reduktionen fra ændrede kostvaner, der også indeholder belastningen fra landbruget

73. Oplæg om flerårige energiafgrøder, Uffe Jørgensen, Århus Universitet, 10. juni 2009

74. Landbrug og Klima. Analyse af landbrugets virkemidler til reduktion af drivhusgasser og de økonomiske konsekvenser, Fødevareministeriet december 2008

Ud over de nævnte forslag vil en øget omlægning til økologisk jordbrug også kunne betyde en reduceret klimabelastning, idet økologisk jordbrug som tidligere nævnt ofte har et mindre kvælstofoverskud, og dermed en mindre klimabelastning end konventionelle jordbrug. En omlægning til ca. 25 % økologisk landbrugsareal i 2030 – dvs. en firdobling fra de nuværende ca. 6 % af arealer – vil betyde en reduktion i klimabelastningen på ca. 0,7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år. En reduceret klimabelastning kan derudover komme fra et mere klimavenligt økologisk landbrug – dvs. ved at de nuværende og fremtidige økologiske landbrug drives mere klimavenligt. En opgørelse af potentialet, ved i højere grad at afgasse plantemateriale fra økologiske jordbrug og derefter dels udnytte gassen, dels bringe det afgasse materiale tilbage på jorden, skønnes at kunne reducere klimabelastningen med yderligere ca. 0,4 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år⁷⁵.

Hvis denne reduktion lægges til de førnævnte forslag, der først og fremmest er rettet mod det konventionelle landbrug, kan der opnås en reduktion i klimabelastningen fra dansk landbrug på ca. 7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år uden biobrændstoffer, og ca. 11 mio. tons inkl. biobrændstoffer (denne reduktion fra biomasses fortrængning af fossil energi indgår i beregningerne i kapitlet om energisystem og energiproduktion).

Den samlede reduktion ved initiativer i forhold til fødevarerproduktion og fødevarerforbrug

Set i et *nationalt produktionsperspektiv* vil forslagene til ændret praksis hos danske forbrugere i form af reduktion af klimabelastning fra reduceret fødevarer-spild (1,2 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år), ændrede kostvaner i overensstemmelse med kostrådene (3,5 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år), samt forbedret

landbrugspraksis, inklusiv en firdobling af økologisk jordbrug (7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år), i alt kunne give en reduktion af klimabelastningen knyttet til dansk landbrugs- og fødevarerproduktion på ca. 11,7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år, ud af en årlig belastning på ca. 19 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år – svarende til lidt over 60 % reduktion. **Klimabelastningen fra dansk landbrugs- og fødevarerproduktion (dvs. inklusiv eksport) i 2050 vil således være ca. 7,3 tons CO₂-ækvivalenter pr. år, svarende til ca. 1,3 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år.** Hertil kommer reduktioner fra energibesparelser i landbrug og industri på linje med andre erhverv, som beregnet i kapitlet om industri og produktion. Endvidere en reduktion fra øget produktion og forbrug af biomasse til energiformål som led i substitution af fossil energi på ca. 3,7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år, som er medregnet i de kapitler hvor biomassen anvendes (biomasse til energi- og materialeformål diskuteres senere i dette kapitel).

I et *internationalt produktionsperspektiv* skal også medregnes ændringer i klimabelastningen fra aktiviteter i udlandet knyttet til forsyninger til dansk landbrug, hvilket først og fremmest vil sige forsyningen med proteinholdigt foder til husdyrproduktionen (produktionen af kunstgødning er en anden udenlandsk forsyning til dansk landbrug, der kunne være medtaget). Da der er regnet med en reduktion af husdyrproduktionen på ca. 15 % i 2050 (jf. tabel 7), vil det betyde, at det udenlandske LULUCF-bidrag knyttet til dansk kødproduktion vil blive reduceret med 15 % af 16 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år – svarende til 2,4 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år, således at LULUCF-bidraget vil være 13,6 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år. Det betyder, at dansk landbrugs klimabelastning i internationalt produktionsperspektiv i 2050 vil være 7,3 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år fra aktiviteterne i Danmark og 13,6 fra aktiviteter i udlandet, i alt ca. 21 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år, svarende til en reduktion på kun 40 %.

En kombination af de nævnte forslag i et *forbrugs-perspektiv* for den gennemsnitlige danskers fødevarerforbrug giver følgende reduktionsmuligheder: Den

75. Notat fra Michael Tersbøl, Økologisk Landsforening, 2009

nuværende klimabelastning knyttet til en danskers årlige dansk fødevareforbrug på 2,8 tons CO₂-ækvivalenter pr. år pr. dansker kunne reduceres med 0,28 tons fra reduceret fødevarespild, 0,84 tons fra ændrede kostvaner. Den reducerede klimabelastning fra et mere klimavenligt dansk landbrug på 11,7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år vil kun give en reduktion i klimabelastningen for det danske fødevareforbrug svarende til det danske forbrugs andel af den danske landbrugsproduktion.

Da der er stor forskel på det danske hjemmemarkedsforbrugs andel af landbrugsproduktionen, er det nødvendigt at foretage nogle skøn. Foderproduktionen til den animalske produktion er central i og med den udgør ca. 80 % af landbrugsarealet. Derfor kan hjemmemarkedsforbrugets andel af foderforbruget anvendes som indikator for hjemmemarkedsforbrugets andel af landbrugets klimabelastning.

Det danske hjemmemarkedsforbrug af mælk (forbrugt som konsummælk og ost) skønnes at være ca. 30 %, af okse- og kalvekød ligeledes ca. 30 % og af svinekød ca. 16 %⁷⁶. Ud fra de relative mængder af de tre produktgrupper, skønnes foderforbruget relateret til hjemmemarkedsforbruget at være ca. 20 %. Det danske forbrugs andel af den reducerede klimabelastning fra bedre landbrugspraksis kan således skønnes til 20 % af 11,7 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år – svarende til ca. 2,3 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år – svarende til 0,4 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år.

Tilsvarende kan det danske forbrugs andel af LULUCF-effekten fra udenlandsk foder også skønnes at være ca. 20 % – svarende til at det danske forbrugs reducerede belastning fra reduceret LULUCF-belastning vil være 20 % af ca. 2,4 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år – svarende til yderligere 0,4 tons CO₂-ækvivalenter pr. dansker pr. år. Adderes disse bidrag fra reduceret

	Udgangspunkt	Klimaplan 2050	Reduktion i % af udgangspunkt
Dansk landbrugs- og fødevareproduktion i nationalt produktionsperspektiv (totalt)	19 mio. tons CO ₂ -ækvivalenter pr. år, heraf 7 mio. tons CO ₂ -ækvivalenter pr. år fra energiforbrug	Ca. 7 mio. tons CO ₂ -ækvivalenter pr. år ekskl. forbedringer fra energibesparelser og biomasses substitution af fossil energi	Ca. 60 %
Dansk landbrugs- og fødevareproduktion i internationalt produktionsperspektiv (totalt)	35 mio. tons CO ₂ -ækvivalenter pr. år	21 mio. tons CO ₂ -ækvivalenter pr. år – ekskl. forbedringer fra energibesparelser og biomasses substitution af fossil energi	Ca. 40 %
Dansk fødevareforbrug i forbrugsperspektiv (totalt)	15,4 mio. tons CO ₂ -ækvivalenter pr. år	5,0 mio. tons CO ₂ -ækvivalenter pr. år	Ca. 68 %
Dansk fødevareforbrug i forbrugsperspektiv pr. dansker	2,8 tons CO ₂ -ækvivalenter pr. dansker pr. år	0,9 tons CO ₂ -ækvivalenter pr. dansker pr. år	Ca. 68 %

Tabel 8: Oversigt over klimabelastning fra landbrug og fødevarer – udgangspunkt og potentielle reduktioner i 2050

76. Egne beregninger på baggrund af Dansk Landbrug i tal 2008

belastning fra spild, ændrede kostvaner og ændret landbrugspraksis bliver den samlede reduktion i et forbrugsperspektiv $0,28 + 0,84 + 0,4 + 0,4 = \text{ca. } 1,9$ tons CO_2 -ækvivalenter pr. dansker pr. år. Det betyder, at Klimaplanens forslag betyder en **reduktion af det nu-værende gennemsnitlige fødevarerforbrugs klimabelastning pr. dansker fra ca. 2,8 tons CO_2 -ækvivalenter pr. år til ca. 0,9 tons CO_2 -ækvivalenter pr. år – svarende til en reduktion på 68 %**. Her er heller ikke medregnet eventuelle reduktioner fra øget anvendelse af biomasse samt energibesparelser i landbrug og fødevarerindustri.

Tabel 8 viser en oversigt over klimabelastningen fra landbrug og fødevarer ud fra forskellige perspektiver og de reduktioner, der kan opnås i 2050, hvis planens anbefalinger realiseres.

Biomassepotentiallet til energi og materialer i Danmark

Ud over at producere fødevarer har landbrug også en rolle i produktion af energi og materialer. I takt med øget fokus på behovet for at reducere brugen af energi og materialer baseret på fossile energiresourcer er forventningerne til forsyning fra landbruget med ressourcer til energi og materialer steget voldsomt. Dette kan betyde øget pres på landbrugsareal og fokus på hvad landbrugsareal anvendes til, jf. diskussionen om kostvaner i den foregående del af kapitlet.

I denne del af kapitlet analyseres først og fremmest mulighederne for på en bæredygtig måde at producere biomasse til energiformål, mens analyserne af anvendelse af biomasse til materialer er mere overordnede.

Langt de fleste scenarier og prognoser for anvendelse af biomasse, udarbejdet de senere år, har først og fremmest haft fokus på anvendelse af biomasse til energiformål (el, varme, drivmiddel til transport).

Bioenergi kan i princippet dække hele verdens energiforsyning, men det reelle tekniske og økonomiske potentiale er meget lavere. I Danmark udgjorde bio-

masse i 2008 ca. 7 % af energiforbruget. Gennemsnittet i udviklingslandene er på cirka 35 %, og i de mindst industrialiserede afrikanske lande udgør bioenergien helt op til 90 % af det samlede energiforbrug⁷⁷.

I takt med det stigende fokus på behovet for at substituere fossilt baserede råvarer – og ikke kun råstoffer til energiformål – er der kommet fokus på integreret udnyttelse af biomasse, herunder bl.a. såkaldt bioraffinering, hvor det er muligt med en del landbrugsprodukter samtidig at producere energiråstoffer og andre produkter, der kan erstatte fossilt baserede stoffer, til fx. kemisk industri.

Den integrerede udnyttelse af biomasse fra jordbrug, akvakultur, gartneri, fiskeri og industri fremgår af figur 28⁷⁸

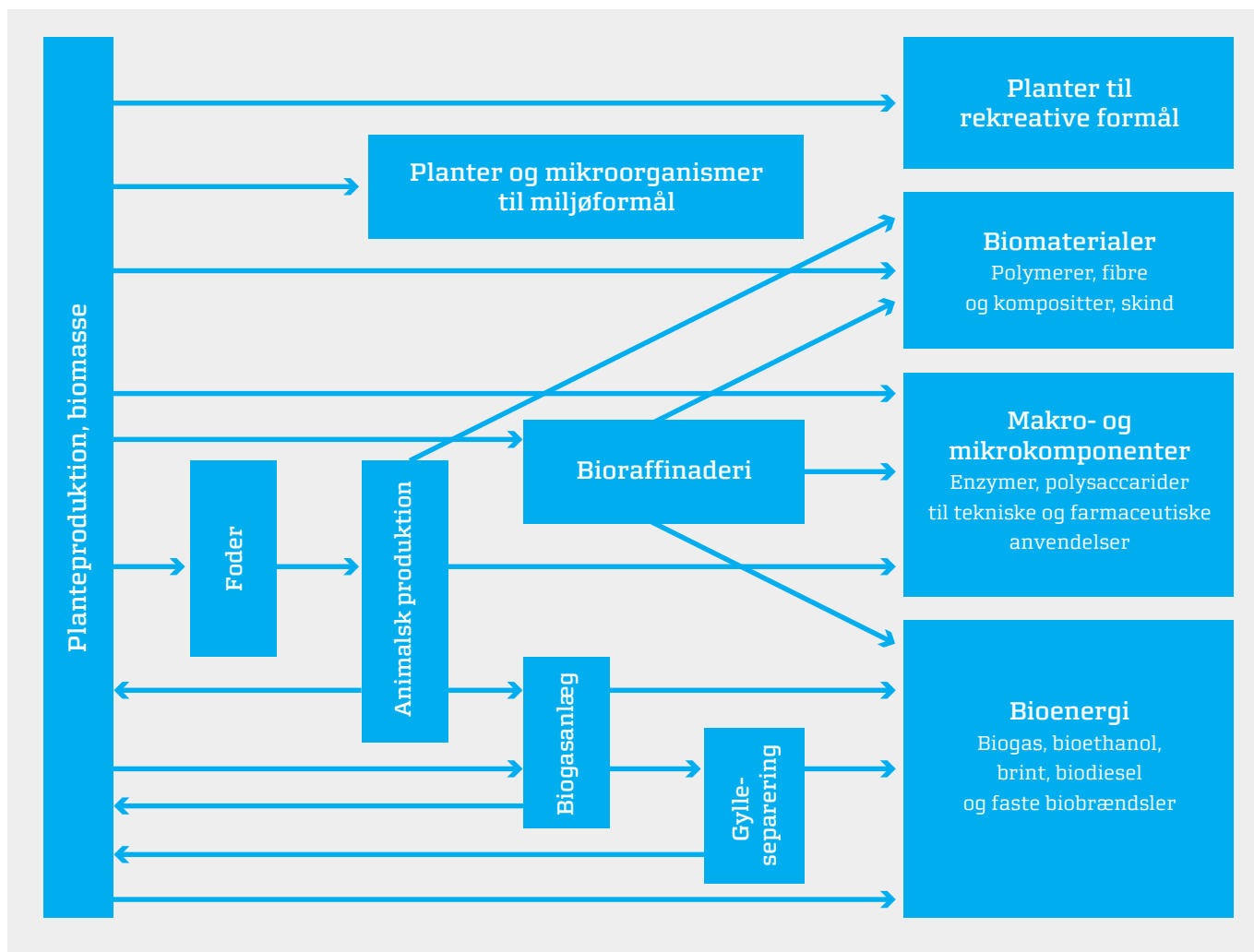
SCENARIER FOR BIOMASSE I DANMARK

Overvejelserne om den fremtidige produktion af biomasse til energi- og materialeformål i Danmark er dels baseret på vurderinger af behovet for biomasse, dels overvejelser om hensyn til natur og miljø. I nedenstående tabel er vist status for produktion og import af en række former for biomasse, Energi styrelsens bud på et dansk potentiale for biomasse, IDA's forslag og potentiale fra Energiplan 2030 samt Klimaplanens forslag.

Forskellene i de forskellige potentialer for biomasse for Danmark (Energi styrelsen, IDA's Energiplan og Klimaplanens) skyldes forskelle i vurderinger af udbyttet fra energiafgrøder, størrelsen af areal med sådanne afgrøder, mængden af halm, der er nødvendig til andre formål end energi, typer afgrøder, nødvendige miljøhensyn (pesticider, næringsstofudvaskning, natur m.v.).

77. http://www.risoe.dk/rispubl/Risnyt/risnytpdf/ris0403/risnyt_4_2003.pdf

78. Biotechnologisk forskningsstrategi for non-food og foder, 2006.



Figur 28: Integreret udnyttelse af biomasse og sidestrømme fra jordbrug, akvakultur, gartneri, fiskeri og industri.

Kilde: Biotechnologisk forskningsstrategi for non-food og foder, 2006.

Ressource\ PJ	Forbrug af danske ressourcer (ENS 2006)	Import (ENS 2006)	Dansk potentiale (ENS 2006)	IDA Energiplan 2030	Potentiale i IDA Energiplan	IDA Klimaplan 2050
Halm	18	0,0	55	25	55	30
Træ	38	16,1	40	40	40	50
Gylle til biogas	4	0,0	40	32	40	40
Fiber fra gylle			0	0	108	5
Flerårige energiafgrøder			0	54	144	52
Bionedbrydeligt affald	30	0,0	30	30	30	30
Alger						100
I alt	90	16,1	165	180	417	307

Tabel 9: Ressourcer af biomasse til energiformål i Danmark: Forbrug 2006 og forskellige scenarier. Tal er angivet som PJ (i form af brændværdien af de forskellige former for biomasse).

Scenariet, som IDAs Klimaplan 2050 bygger på, er sammenlignet med potentialet identificeret i Energiplan 2030 baseret på en reduceret anvendelse af halm til energiformål (for at bibeholde muligheden for anvendelse til jordstruktur, foder og strøelse). Og en mere miljømæssig forsigtig tilgang til energiafgrøder på land, for at undgå for stor naturmæssig påvirkning, økologisk og æstetisk. Der vurderes heller ikke at være det potentiale i gyllefibre, som forudsagt i 2006.

Omvendt er der i IDAs Klimaplan 2050 scenariet inkluderet et væsentligt bidrag baseret på alger, idet det vurderes at være mere sandsynligt at gøre det fremtidige energiforbrug mere bæredygtigt med et sådant bidrag, end med et større bidrag af flerårige energiafgrøder (hvor naturfølsomme områder kunne komme under pres som dyrkningsområder). Eller ved at inkludere et endnu større bidrag fra gylle. Sidstnævnte ville i mange år fremover fastlåse dansk landbrug på en meget stor produktion af slagtesvin. Potentialet for den skitserede produktion af flerårige

energiafgrøder muliggøres arealmæssigt, som tidligere nævnt af den reducerede husdyrproduktion, og dermed det reducerede behov for arealer til foderproduktion. Hermed bliver det muligt at dyrke andre former for biomasse på disse arealer, og det undgås samtidig at brakjorde og lavbundsarealer skal udnyttes til kommerciel biomasseproduktion. Disse arealer kan dermed alle tages ud af landbrugsdrift.

FLERÅRIGE OG ENÅRIGE ENERGIAFGRØDER

Flerårige afgrøder har generelt en anden miljøprofil end etårige afgrøder. Det skyldes, et permanent rodnet, en lang vækstsæson samt at der ikke skal jordbearbejdes årligt i en flerårig afgrøde. Næringsstofhusholdningen er langt bedre for flerårige afgrøder, lige som der formodes at ske en lagring af kulstof i jorden ved dyrkning af flerårige afgrøder, idet fraværet af jordbearbejdning betyder mindre mineralisering af jordens organiske stof, og det dybe permanente rodnet formodes at afsætte mere kulstof i jorden end etårige afgrøder gør.

Dyrkning af etårige afgrøder vil i de fleste tilfælde tære på jordens kulstofpulje – hvor meget vil dog afhænge af, om der gødes med husdyrgødning, og om halmen fjernes eller nedmuldes. Flerårige energiafgrøder er normalt hårdføre og kvalitetskravene til energiafgrøder er mindre end til fødevarer. Derfor er pesticidforbruget i fx pileproduktion betydeligt lavere end i det øvrige landbrug. Flerårige afgrøders lange vækstsæson medfører et stort vandforbrug, og pil forbruger særligt meget vand. Det kan være et problem i Østdanmark, hvor nedbørsoverskuddet er begrænset og vandforbruget er højt. Elefantgræs bruger derimod mindre vand end pil⁷⁹.

Nettoenergiudbyttet ved produktion af biomasse afhænger meget af, hvilke afgrøder man dyrker, og hvilket biomasseprodukt man opfatter som slutproduktet. Som et groft overslag kan følgende nettoenergiudbytter (dvs. hvor energiforbrug til dyrkning og omsætning er fratrasket) forventes ved produktion af:⁸⁰

- Pileflis eller helsædskorn 150 GJ/ha.
- Biogas ud fra kløvergræs 60 GJ/ha.
- Ethanol og lignin fra helsæd 45 GJ/ha.
- Ethanol fra hvedekerner 20 GJ/ha.
- Rapsolie eller biodiesel fra raps 15 GJ/ha.

Energiafgrødernes betydning for natur og landskab er også et væsentligt aspekt, når større arealer skal dyrkes. Eksempelvis bliver piletræer 6 m høje og fylder således meget i landskabet, mens elefantgræs fylder ligesom en majsmark, og normalt bliver høstet hvert år⁸¹.

Alger som marin biomasse-ressource

Som nævnt i biomasse-scenariet for 2050 regnes der med at det bliver muligt at producere i alt 100 PJ fra alger til energi- og materialeformål. Der regnes med en kombination af produktion af brunalger (makroalge) på dybt vand svarende til ca. 50 PJ og en produktion af grønalger (mikroalge) på lavt vand eller i bassiner svarende til ca. 50 PJ.

Der er for begge produktioners vedkommende tale om koncepter, der i disse år endnu er under udvikling til biomasseproduktion i større skala. Der arbejdes med brunalger på bl.a. Færøerne og med grønalger på bl.a. Lolland. At udvikle disse to koncepter til produktion i dette omfang indebærer en række udfordringer af både teknologisk, biologisk og miljømæssig karakter, som kræver omfattende forsknings- og innovationsaktiviteter med involvering af en række aktører og med integration af sociale og miljømæssige hensyn for bl.a. løbende at foretage grundige og transparente – og dermed legitime – vurderinger af fremskridt, potentialer og barrierer.

Brunalger kendes i dag som råvare til produktion af bl.a. et fødehjelpestof som carragenaan. En fremtidig systematisk produktion af denne form for alger i dansk havområde kan tænkes at foregå ved at algerne "dyrkes" (vokser) på liner, der hænger ned fra en lang hovedline. Det skønnes at en produktion af brunalger med en brændværdi på 50 PJ pr. år vil kræve et havareal på 80 – 100 km²⁸².

Det er samtidig en afgørende forudsætning for en sådan produktion, at den kan kombineres med en produktion af såkaldte "højværdiprodukter" som carragenan o.l., idet de 20 % af brunalgernes masse kan anvendes til sådanne produkter, mens de resterende 80 % af biomassen skal anvendes til energiformål. Der vil antagelig blive tale om så store mængder af

79. Uffe Jørgensen 2009

80. Uffe Jørgensen m.fl.: Energi fra biomasse – Ressourcer og teknologier: vurderet i et regionalt perspektiv, DJF markbrug nr. 134, januar 2008

81. Uffe Jørgensen 2009

82. Notat fra Gilli Trond og Vilhjamur Nielsen, juni 2009. Fagligt notat om Alger i Energiproduktion.

sådanne højværdiprodukter fra en dansk produktion i det skitserede omfang, at det vil påvirke verdensmarkedspriserne for disse kemiske stoffer. Dermed bliver den form for produktion af alger afhængig af forretningsplaner for ikke bare biomasse til energi, men også for en række kemiske stoffer. Konceptet bygger på dyrkning af havarealer på så dybt vand, at der ikke naturligt vokser denne form for alger. Det betyder på den ene side, at der ikke er risiko for skyggevirksomhed i forhold til naturlige forekommende alger, men på den anden side introduceres algerne i områder, hvor de ikke naturligt har etableret sig.

Produktion af grønalger kan ske på lave vanddybder til havs (offshore), i bassiner eller i lukkede reaktorer. Ved dyrkning på lavt vand synes én af udfordringerne at være de påvirkninger af økosystemer der kan ske, hvis der på lavt vand etableres omfattende produktion af biomasse. Omvendt kan produktionen tænkes etableret i områder, hvor der er et relativt højt næringsstofindhold, således at biomasseproduktionen samtidig kan anvendes som en vandrensningsteknologi, hvilket ligeledes kan ske ved dyrkning af grønalger på land, hvor dels næringsstoffer fra spildevand, dels CO₂ fra forbrænding af f.eks. biomasse i biogasanlæg er i fokus som næringsstoffer til grønalgeproduktion.

Grønalgerne synes især at være i fokus som stivelseskilde og dermed som udgangspunkt for fermentering til bioethanol. Denne nævnte form for synergi synes samtidig at være nødvendige for at etablere en miljømæssig og økonomisk bæredygtig produktion af grønalger på land. Økonomisk set er der ret store omkostninger til dyrkning i tankanlæg, til høstprocesser og til tørring af de meget vandholdige alger, som skal dækkes gennem dels et højt udbytte (100 – 150 tons tørstof pr. hektar – svarende til 10 gange produktiviteten for korn), dels den nævnte økonomisk synergi med anlæg, der har CO₂ og varme i overskud^{83,84}.

De lukkede reaktorer er klart de dyreste investeringsmæssigt – ca. 1 mio. USD pr. acre – ca. 25 gange dyrere end etablering af åbne bassiner på land⁸⁵. Som følge af de store omkostninger ved etablering af produktion på land, er der derfor også interesse for etablering af grønalge-systemer i lavvandede områder. Disse lavvandsbaserede systemer kan dog også være dyre i investering og drift, da der vil være store investeringer i udstyr til høst og transport af de høstede alger ind på land.

Dyrkning af grønalger til havs med en brændværdi på ca. 50 PJ – svarende til ca. 50 % af IDAs Klimaplan skønnede behov for biomasse til transport i 2050 – vil antagelig kræve et areal på ca. 40 km²⁸⁶.

83. http://videnskab.dk/content/dk/miljo_natur/alger_skal_satte_skub_i_biogasanlag (29. juni 2009)

84. <http://ing.dk/artikel/84439-danske-forskere-dyrker-alger-til-biobraendstof-med-kraftvaerksroeg> (29. juni 2009)

85. <http://wind-sea-algae.org> (29. juni 2009)

86. Gilli Trond og Vilhjamur Nielsen

Anlæg til kombineret produktion af energi, foder og materialer

Ud fra en arealbetragtning kan en flersidet udnyttelse af en del af biomassen, fx. anvendelse af halm fra kornproduktion til både foder og ethanol, frigive yderligere areal til energiafgrøder – ud over de ca. 15 % af det nuværende landbrugsareal, der frigives ved den nævnte reduktion af husdyrproduktionen. Eksempelvis er foderprotein med den nuværende animalske produktion en mangelvare, og ved valget af omsætnings- og raffineringprocesser kan dette forhold evt. tages i betragtning ved bearbejdningen af afgrøder, således at importen af foderprotein kan reduceres.

En sådan flersidet anvendelse i såkaldte bioraffinaderier betyder, at det ikke altid giver mening at lave estimater af, hvor meget biomasse i form af mængde ud fra vægt, mængde ud fra energiindhold eller dyrket areal, der bør afsættes til energiproduktion, og hvor meget der kan afsættes til kemiske stoffer og produkter.

Danske projekter som IBUS (Integrated Biomass Utilisation System) og Bioraffinaderi Lolland er meget fokuserede på omdannelse af biomasse til biobrændstoffer, men de produkter der fremkommer i raffineringprocesserne kan også anvendes til materialeproduktion. Fx har den svenske virksomhed Xylophane udviklet en metode til at anvende hemicellulose til fremstilling af bioplast-film.

Et eksempel på muligt fremtidigt anlæg til kombineret produktion ud fra forskellige former for biomasse er Bioraffinaderi Lolland, som er etablering af en fysisk platform for udnyttelse af lokale biomasse-ressourcer fra flere teknologigenerationer som led i Lollands kommunes satsning på biomasserelaterede projekter. Biogas produceres af gylle, halm og andet planteaffald. For at sikre halm og andet planteaffald kan forgasses, etableres et IBUS-anlæg til forbehandling. I dette anlæg trykkes planteaffaldet, så mikroorganismene kan omsætte det til biogas. En symbiose mellem et lokalt fjernvarmeverk, landbrug og andre lokale virksomheder er en forudsætning.

Etableringen af et sådant fuldskala anlæg vil være det første af sin art på verdensplan.⁸⁷

Beregninger ved anvendelse af udbyttet af vinterhvede fra 1 hektar i et IBUS-anlæg viser at produktionen af biobrændstoffer kræver en væsentlig mængde energi som input – svarende til ca. 50 % af energimængden i de producerede produkter⁸⁸. Produktion af biobrændstoffer er således langt fra energimæssigt gratis, hvorfor det er nødvendigt at regne med nettoenergiudbytter, når potentialer for biomassebaserede produkter skal vurderes, lige som afgrødevalg og færdigprodukt som tidligere nævnt også har stor betydning for udbyttet.

Materialer fra biomasse

Det fremhæves ofte at biomasse-baserede materialer kan være en klimamæssig fordel. Umiddelbart synes den primære mulighed at være erstatning af råvarer baseret på fossile ressourcer som plast fremstillet af gas og olie med fornyelige råvarer, hvor de fornyelige råvarer ved deres vækst i naturen binder CO₂ fra luften.

En anden mulighed er, at biomasse-baserede materialer er mindre klimabelastende at fremstille end de materialer de substituerer. Det viser sig i livscyklusanalyser at papiruld er det produkt, der har den mindste klimabelastning for de bio-baserede, mens hør har den højeste klimabelastning som følge af et stort energiforbrug ved fremstilling af kunstgødning. Alt i alt har mineraluld det mindste energiforbrug⁸⁹. Eksemplet illustrerer samtidig hvor

87. www.bass.dk

88. Claus Felbys vurderinger i 2006: 1 hektar vinterhvede giver 3.670 l ethanol pr. ha samt 2.510 kg foder og 1.674 kg biomasse til forbrænding. Energiinputtet er 66.000 MJ (fordelt på ca. 15.000 MJ til dyrkning og ca. 51.000 MJ til proces) – svarende til ca. 50 % af brændværdien i det samlede output af ethanol, foder og rest af biomasse til forbrænding – ca. 134.000 MJ

89. Schmidt et al: A Comparative Life Cycle Assessment of Building Insulation Products made of Stone Wool, Paper Wool and Flax. Part 2: Comparative Assessment, Int J L, vol. 9, no.2., pp. 122-129

vigtigt det er, at innovationsstrategier for biomasse-baserede produkter også sætter fokus på selve dyrkningsstrategien. Således vil økologisk dyrkning af hør antagelig reducere produktets klimabelastning væsentligt.

Ved en vurdering af klimafordelen ved anvendelse af biomassebaserede råvarer er det nødvendigt at sammenligne den nye arealanvendelses optagelse af CO₂ fra luften med den foregående arealanvendelses. Kun hvis der er tale om en større binding, vil der fra selve dyrkningen være tale om en klimamæssig fordel. Det vil fx være tilfældet hvis dyrkning af etårige afgrøder som foderkorn erstattes med en flerårig afgrøde, hvor der kan være tale om ca. 60 % større drivhusgasreduktion⁹⁰.

En central problemstilling er spørgsmålet om hvilke mængder og hvilke arealer, der er nødvendige for at kunne substituere nuværende materialer baseret på ikke-fornyelige materialer eller baseret på fossile ressourcer. Der findes en række analyser af mulige anvendelser af biomasse i form af både jomfruelig biomasse og spildprodukter fra forarbejdning af fødevarer m.m., men der er ikke foretaget analyser af, hvilke mængder der kunne være tale om i dansk regi til fx at erstatte fossilt baserede råvarer i centrale danske industrisektorer. Der skelnes mellem biomaterialer, makrokomponenter og mikrokomponenter.

Inden for *biomaterialer* peger den bioteknologiske forskningsstrategi⁹¹ bl.a. på erstatning af syntetiske fibre med biofibre, fx i lette og stærke kompositter. Fiberholdige planter, specielt hør og hamp, kan dyrkes rationelt under danske forhold. De danske plantefiberafgrøder siges at være velegnede til industriel produktion af byggematerialer, isoleringsmåtter, vævede eller spundne produkter, biofiltre til olieabsorption, papir og fiberkompositter. Biopolymerer kan erstatte oliebaserede polymerer, som bruges i traditionel plast.

Makrokomponenter er både produkter i sig selv og udgangspunkt for afledte eller kombinerede produkter. De vigtigste makrokomponenter i dansk sammenhæng er lipider, proteiner, stivelse, lignin og chitosan. I dag fremstilles makrokomponenter typisk industrielt i store mængder, og kiloprisen er generelt forholdsvis lav.

Selektive bioteknologiske metoder kan gøre det muligt at fremstille makrokomponenter, som kan tilføres ekstra værdi via præcise processer i hele produktionskæden. Den økonomiske konkurrence og de stigende miljøkrav kan gøre det attraktivt at ændre industrielle produktioner fra at være baseret på oparbejdning af én råvare til ét produkt, fx stivelse eller sukker, til produktioner, hvor flere højværdiprodukter fremstilles ud fra den samme råvare. Mulige udgangspunkter for oparbejdning til makrokomponenter er: Mask og rodspirer fra ølproduktion, valle fra osteproduktion, roerester fra sukkerproduktion, kartoffelpulp fra produktion af stivelse samt rapskage, hvedeklid, saftrester og ærtebælge.

Mikrokomponenter er kemisk rene stoffer, som isoleres og udvindes fra en råvare. Eksempler på mikrokomponenter er lægemidler, naturmedicin og enzymer til tekniske og industrielle anvendelser. Mikrokomponenter fremhæves ofte som økonomisk interessante, fordi de tilføres værdi og viden gennem en lang værdikæde, og kiloprisen derfor er høj.

Plast er et eksempel der kan illustrere mængde- og arealforhold ved biomasse-basere de materialer, fordi det er muligt at producere plast baseret på biomasse i stedet for fossile ressourcer, i hvert fald i et vist omfang. I øjeblikket anvendes mellem 4 og 5 % af verdens olieproduktion til plastfremstilling.

90. Olesen (red.), 2005

91. Bioteknologisk forskningsstrategi..., 2006

Hvis man går ud fra at halvdelen af den danske produktion af plastprodukter i 2050 skal være biomassebaseret, vil det svare til ca. 200.000 ton biomassebaseret plast. Hvis man antager at en andel produceres ud fra rester af cellulose, eller er en delmængde af produkter der bruges i raffinaderier til flere formål (foder, energi, andre stoffer og materialer) – fx 30 % – så kræves der derudover 140.000 ton plast fra ren biomasse i form af stivelse, hvilket kræver et areal på 56.000 – 70.000 ha.⁹² – svarende til ca. 20 – 25 % af det landbrugsareal, som det tidligere beskrevne biomasse-scenarie antager, at det er muligt frigive. En tilsvarende vurdering af en produktion af isoleringsmåtter af hamp til erstatning af den nuværende produktion af isolering af glasuld og mineraluld vil kræve et areal på ca. 12.000 ha – svarende til ca. 4 % af det frigivne areal.

Ud fra disse to skøn af nødvendige arealer, må det vurderes at være vanskeligt at opnå en væsentlig substitution af de nuværende materialer baseret på fossile ressourcer med biomassebaserede materialer, hvis der kun sker den beskrevne ændring af landbrugsproduktionen med frigivelse af ca. 15 % af landbrugsarealet i 2050. Dvs. det er nødvendigt, at der kan frigøres endnu større arealer fra foderproduktion – ved at der kan opnås væsentlige synergiefekter ved kombineret forarbejdning af biomasse til foder-, energi- og materialeformål og/eller ved hjælp af en mere omfattende reduktion af den danske husdyrproduktion end den reduktion på 15 %, der lige nu antages at ske frem til 2050.

I det videre arbejde med en realisering af klimaplanens anbefalinger vedrørende produktion og anvendelse af biomasse, er det nødvendigt at foretage mere dybtgående vurderinger af sociale og miljømæssige aspekter af produktion og anvendelse af biomasse i regi af forsknings- og innovationsprogrammer med bred deltagelse af interessenter, således at der kan ske en udvikling af koncepter og en implementering heraf med bred samfundsmæssig legitimitet.

92. 1 ha med stivelsesafgrøder giver 2-3 ton bioplast

Industri og erhverv

Resumé:

Industri og erhverv

Delmål Klimaplan 2050

2015

- Brændselsforbruget i industri og erhverv er reduceret med ca. 27 % i forhold til 2008.
- Elforbruget i industri og erhverv er reduceret med ca. 32 % i forhold til 2008.
- Ca. 35 % af brændselsforbruget i industri og erhverv dækkes af biomasse.

2030

- Brændselsforbruget i industri og erhverv er reduceret med ca. 31 % i forhold til 2008.
- Elforbruget i industri og erhverv er reduceret med ca. 43 % i forhold til 2008.
- Ca. 75 % af brændselsforbruget i industri og erhverv dækkes af biomasse.

2050

- Brændselsforbruget i industri og erhverv er reduceret med 33 % i forhold til 2008.
- Elforbruget i fremstillingsvirksomheder er reduceret med 45 % i forhold til 2008.
- 100 % af brændselsforbruget i industri og erhverv dækkes af biomasse

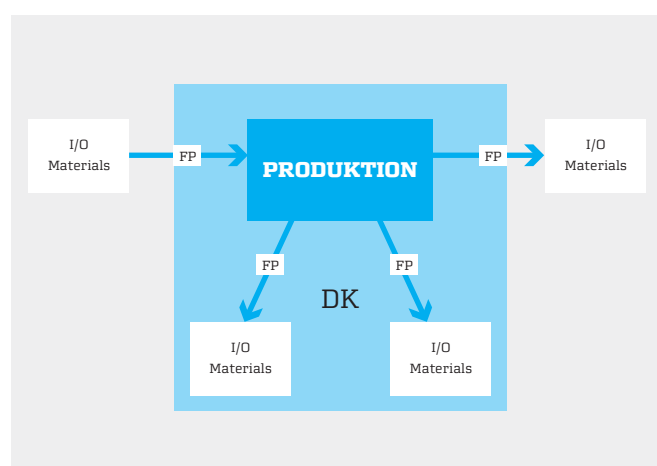
VIRKEMIDLER

- Der bør afsættes midler til fremme af og tilskud til energibesparende foranstaltninger i industrien på i alt 800 mio. kr. årligt. Heraf bør der afsættes 100 mio. kr. til forskning, udvikling, demonstration, markedsudvikling og verifikation af nye energisparende teknologier til brug i produktionserhverv, samt teknologibaseret serviceerhverv.
- Tilskud bør gives i forbindelse med at der indgås bindende aftaler med de enkelte virksomheder om energiledelse. Aftalerne bør relateres til de specifikke energi- og procestyper og eventuelt til efteruddannelse af det personale, der projekterer, indkøber og betjener anlæggene.
- Der bør opstilles mål for udviklingen i energiforbruget og brændselskonverteringen. Til fremme af disse mål tilknyttes motiverende økonomisk ordninger, som fremmer interessen for at investere i energibesparelser og -omlægninger.
- Alle virksomheder med et årligt brændsels- og elforbrug på over 5.000 MWh bør mindst hvert tredje år gennemføre energisyn og procesintegrationsanalyse ved brug af eksterne, kvalitetssikrede rådgivere.
- Der bør udvikles mærkningsordninger af produkter og energigodkendelse af nyanlæg

Industri og erhverv

IDAs Klimaplan 2050 har særlig fokus energibesparelser inden for industri og erhverv. Herved er der en række emner inden for området, der ikke berøres, men som også er relevant i forhold til nedbringelse af klimabelastningen fra området. Særlig to forhold bør fremhæves i den forbindelse:

1. Når man ser på hele varestrømmen fra producent til forbruger ligger en del af de klimagasudledninger, der er forbundet til produktet udenfor Danmarks grænser. IDAs Klimaplan 2050 har et nationalt produktionsfokus og inddrager ikke dette perspektiv, men set i et klimaperspektiv bør klimabelastningen af produktet i hele livscyklusen inddrages, når man som producent vælger én underleverandør frem for en anden.
2. Det andet forhold handler om det materialebundne CO₂ og nye materialer. I kapitlet om landbrug er der taget fat på mulighederne inden for nye materialer, hvor olie-baserede plastmaterialer udskiftes med bio-materialer. Men det har ikke været inden for mulighederne i Klimaplan 2050 at forfølge emnet yderligere.



Figur 29: Den anvendte model for CO₂ fodspor (FP).

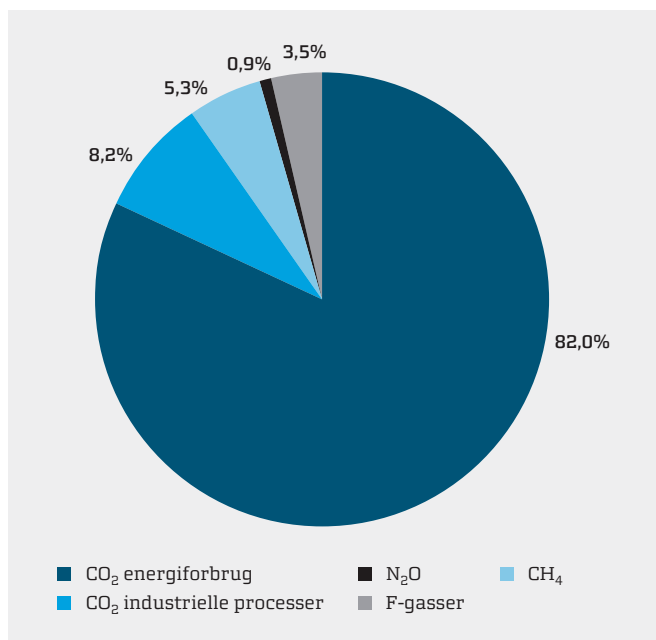
Endnu et væsentligt tema knyttet til produkter er energibesparende bygningskomponenter. Disse er med hensyn til forbrugerperspektivet behandlet i kapitlet om boliger og bygninger. Endelig er der for produktfremstilling et aspekt vedrørende udvikling og anvendelse af mere energirigtige materialer. Eksempler på anvendelse af energirigtige materialer kan være brug af kompositmaterialer i stedet for metallegeringer, eller i det hele taget brug af materialer der er mindre energitunge i fremstilling og bearbejdning. Det har ikke været muligt at behandle dette i nærværende rapport.

I det følgende behandles industriens udledninger af klimagasser og hvilke reduktionspotentialer der anses for opnåelige indenfor de tre delmål for hhv. 2015, 2030 samt 2050. Desuden angives virkemidler til at nå disse reduktioner. Industrien omfatter i denne redegørelse foruden fremstillingsvirksomheder, rafinaderier, bygge- og anlægsvirksomheder, engros-handel, detailhandel samt privat service.

Industriens klimagas-emissioner 2007

Klimagasemissionerne fra industriens aktiviteter, samt fra eksisterende lossepladser, udgjorde 25.035.000 tons CO₂ ækvivalenter⁹³ i år 2007, svarende til godt 38 % af Danmarks samlede emissioner af klimagasser. Industriens emissioner af klimagasser, fordelte sig på de 6 Kyoto drivhusgasser (CO₂, CH₄, N₂O, PFC's, HFC's og SF₆) som angivet i Figur 30

93. Medregnes CO₂ emissioner fra forbrænding af VE er bidraget fra industrien i alt 40 %



Figur 30: Industriens emissioner af klimagasser fordelt på type og delvist kilde

CO₂ emissionerne hidrørende fra industriens forbrug af energi er langt den største kilde til industriens samlede klimagasemissioner. Derfor fokuserer IDAs Klimaplan 2050 netop på energieffektivitet i industrien. Udledning af CO₂ fra øvrige processer i industrien stammer i overvejende grad fra produktion af cement (~84 %), kalk og kalksten (~9 %), tegl (~3 %) og metal (~3 %). Disse CO₂ emissioner er typisk direkte forbundet med produktionen af produkterne og kan kun reduceres ved reduktion af selve produktionsvolumenet eller ved CCS (carbon capture and storage).

Emissioner af metan optræder dels i forbindelse med produktion af energi forbrugt af industrien 7 %, dels i forbindelse med raffinering af olieprodukter 7 % og dels i forbindelse med afgang fra lossepladser 86 %. Metan-emissionen fra danske lossepladser er nedbragt betragteligt i forbindelse med gennemførelsen af stoppet for deponering af forbrændings-egnet affald fra 1997. På deponeringsanlæg med stor gas-dannelse etableredes frem mod stoppet for deponering af forbrændingsegnet affald således en del opsamlingsanlæg for lossepladsgas som enten

afbrændes i fakkel, eller anvendes som brændstof i gasgeneratorer, som fremstiller strøm.

Udnyttelsen på gasgeneratorer toppede omkring år 2000 med 11.000 ton indvundet, men i takt med at gasproduktionen aftager, bliver gasgeneratorerne mindre og mindre rentable at drive, og der etableres ikke længere nye anlæg i Danmark. I stedet udvikles der bl.a. på DTU alternative metoder til nedbrydning af den rest-gas, som måtte være i ældre depoter efter det såkaldte 'biocover-princip', hvor afdækningerne gøres gastætte, men med kontrollerede "vinduer", der opfyldes med et metertykt kompostlag, hvori metan-nedbrydende bakterier opformeres og nedbryder metanen til CO₂⁹⁴.

Som følge af udbygningen af biogasproduktionen vil der være en øget risiko for metanudslip fra utætheder. Det er derfor vigtigt, at der findes sikre metoder både til tætning og overvågning. Sammenfattet forventes en reduktion af metanemissionen på 25 % i 2050.

Emissioner af lattergas er ophørt i Danmark siden 2005 efter lukning af gødningsfabrikken Kemira.

De øvrige emissioner af klimagasserne PFC's, HFC's og SF₆ (de såkaldte F-gasser eller potente drivhusgasser) er siden 2000 underlagt lov om regulering af brug disse, hvilket indenfor en årrække vil reducere bidraget fra disse gasser væsentligt. Hovedanvendelsen af F-gasser er som kølemiddel i mindre stationære kølesystemer samt i størsteparten af mobile kølesystemer. Brug af PFC er forbudt i nye anlæg. Den nye lovgivning omfatter desuden krav om overvågning (detekteringssystem) eller jævnligt tilsyn, med henblik på at reducere emissioner fra køleanlæg. Opskumning af isoleringsmaterialer er i vid udstrækning overgået fra HFC gasser til HC gasser⁹⁵ og i nogle tilfælde CO₂. Der sker for nuværende en kraftig udfasning af F-gasser mod 2015. Forventningerne er,

94. Se yderligere i Fagligt notat om klimagasser fra dansk affaldshåndtering, IDA 2009

95. Cyklopentan og N-pentan

at emissionerne allerede på det tidspunkt vil være reduceret med næsten 80 % i forhold til 2007. Det ventes ikke, at der kan reduceres yderligere indtil 2050.

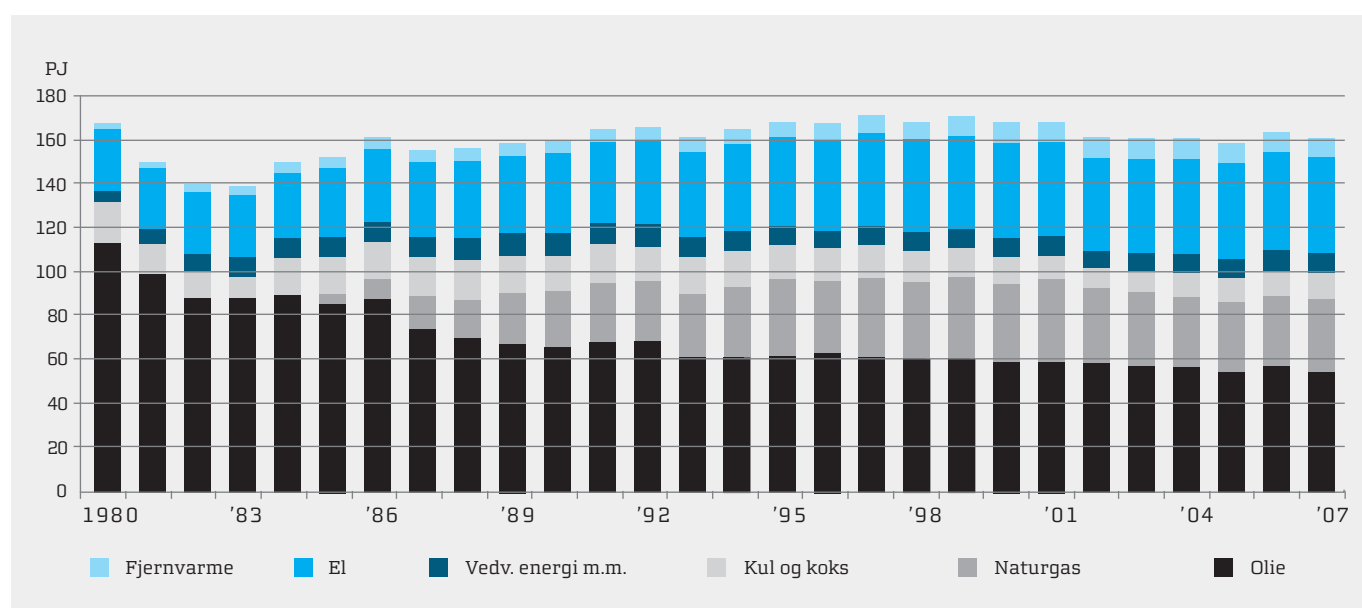
IDAs Klimaplan 2050 omfatter ikke en vurdering af øvrige klimagasser såsom opløsningsmidler, NO_x, CO og SO₂. Bidraget fra emission af disse gasser ligger på 0,2 % af de samlede emissioner af klimagasser (Kyoto konventionen).

Industriens energiforbrug

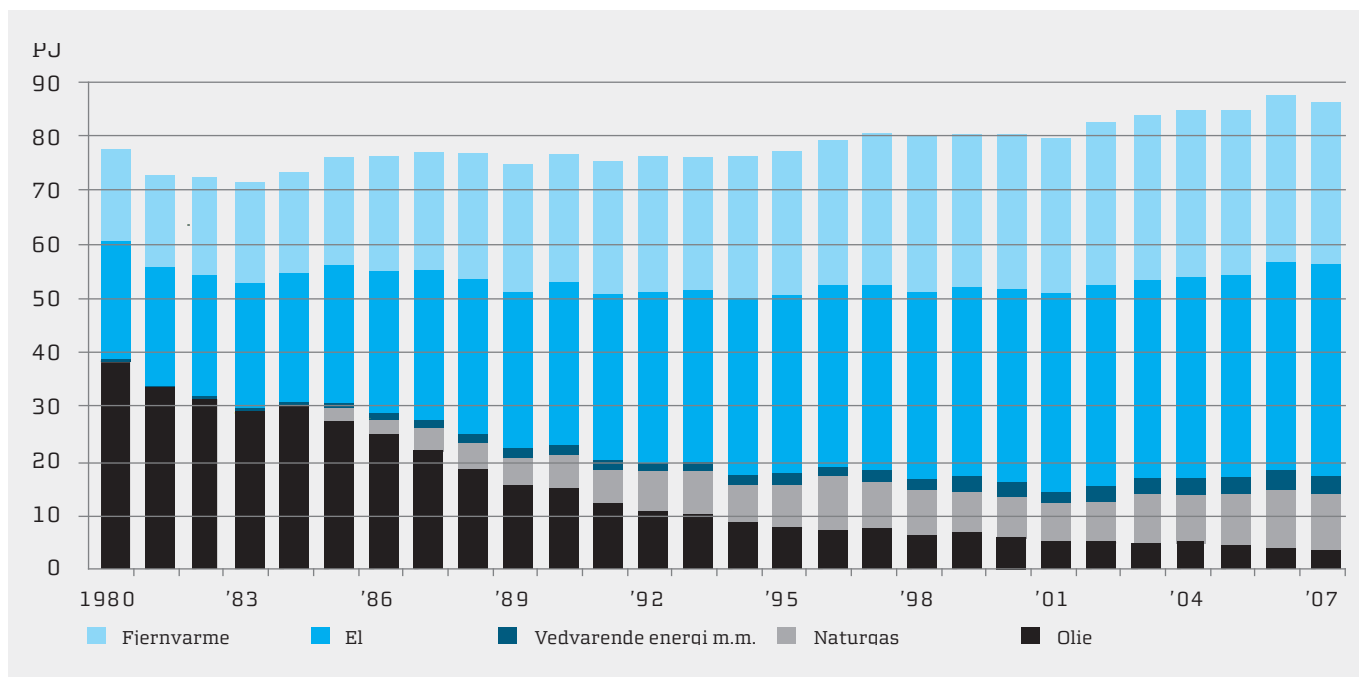
Erhvervslivet står for 35 % af Danmarks endelige energiforbrug; 234 PJ i 2007. De største sektorer er fremstillings-virksomheder, som tegner sig for 49 % af erhvervslivets energiforbrug, samt privat service og landbrug. Af energiarterne udgør fossile brændsler 52 % af energiforbruget, vedvarende energi 5 %, fjernvarme 11 % og el 32 %.

Energiforbruget i produktionserhvervene har været ret konstant i de sidste tyve år, mens forbruget i handels- og servicevirksomheder er steget ca. 1 % årligt. Energiintensiteten, det er energiforbruget i forhold til bruttoværditilvæksten i faste kroner, er væsentlig lavere i dag end i 1990 i de fleste sektorer.

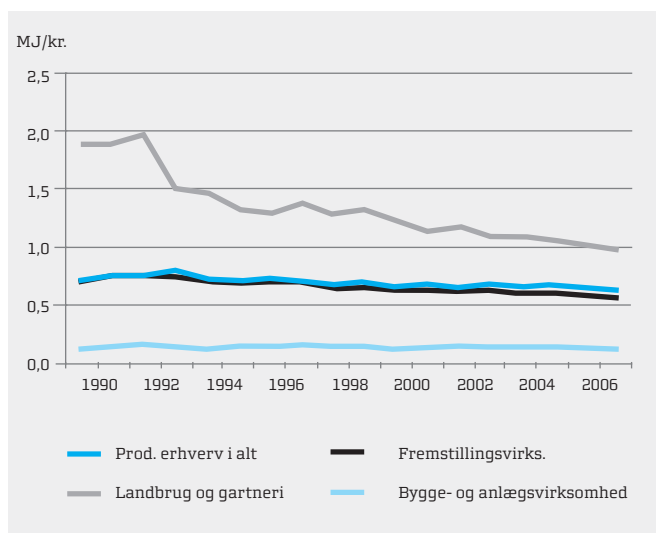
Den reducerede energiintensitet for fremstillings-virksomheder skyldes især strukturændringer, hvor energilette sektorer som bl.a. jern- og metalindustrien fra 1990 til 2006 er blevet relativt større end den øvrige industri. Intensitetseffekten, der kombinerer en lang række faktorer, som på den ene side er energibesparelser og substitution af brændsel med el og fjernvarme (som indebærer besparelser i konverteringstabene), og på den anden side øget mekanisering og automatisering, var derimod næsten den samme i 2006 som i 1990.



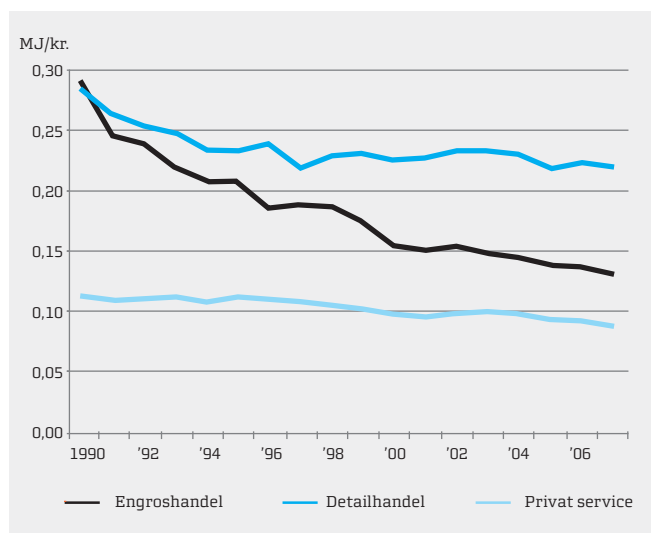
Figur 31: Energiforbrug i produktionserhverv 1980-2007, fordelt på energivarer (klimakorrigeret). Figuren omfatter også energiforbrugene for landbrug, skovbrug, gartnerier og fiskeri.



Figur 32: Energiforbrug i handels- og servicevirksomheder 1980-2007, fordelt på energivarer (klimakorrigeret, inklusive offentlig service)



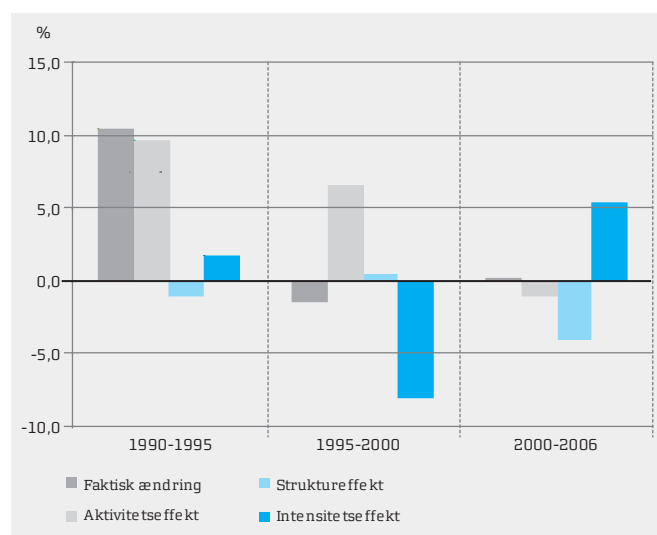
Figur 33: Energiintensitet 1990-2007 i produktionserhverv (kr. er bruttoværditilvæksten i faste 2000-priser)



Figur 34: Energiintensitet 1990-2007 i handels- og service-erhverv (kr. er bruttoværditilvæksten i faste 2000-priser)

For engroshandel er energiintensiteten mere end halveret fra 1990 til 2007, mens den er faldet ca. 20 % for detailhandel og privat service. Det store fald i engroshandelens energiintensitet skyldes formentlig en strukturændring imod energilet engroshandel. For alle tre sektorer spiller en øget andel af fjernvarme (som især erstatter olie, hvor der kan have været 20-30 % tab ved konverteringen) formentlig også en rolle for faldet i energiintensitet.

En analyse af fremstillingsvirksomhedernes energiintensitet viser dog, at der siden 2000 har været en lille stigning i energiintensiteten for virksomhederne under ét, og en større stigning, hvis der tages hensyn til strukturudviklingen. Fremstillingsvirksomhedernes ti branchegrupper bruger således ca. 5 % mere energi i 2006 end i 2000 pr. krone værditilvækst, hvilket peger på, at energibesparelsesindsatsen har været knapt så kraftig op igennem dette årti.



Figur 35: Dekomponering af udviklingen i fremstillingsvirksomhedernes energiforbrug 1990-2006

BESPARELSESPOTENTIALER

Potentialet for energibesparelser i varmemeforbruget (forbruget af brændsel og fjernvarme) samt i elforbruget er vurderet på kort sigt (2015) og på lang sigt (2030 og 2050) ved 7,5 års tilbagebetalingstid⁹⁶. Normalt gennemføres energibesparelser inden for industrien kun ved en væsentlig kortere tilbagebetalingstid (omkring 2-4 år). Dette skyldes at investeringer i energibesparelser konkurrerer med mere strategisk højere prioriterede investeringer. Når denne rapport fremhæver energibesparelsepotentialerne ved 7,5 års tilbagebetalingstid er det ud fra dels den samfundsøkonomiske gevinst og dels ud fra nødvendigheden af at nå fastlagte klimamål. Det vil derfor være helt afgørende, at der gennem diverse reguleringsmæssige virkemidler arbejdes på at øge virksomhedernes incitament til at gennemføre energibesparelser.

Store potentialer i reduktioner af varmemeforbruget

Området omfatter alle former for varmemeforbrug, der dækkes ved indirekte eller direkte fyring med brændsler eller med fjernvarme og el. Området omfatter derfor også rumvarme i erhvervslivet. Det samlede varmebehov i industrien udgør årligt omkring 159 PJ, heraf udgør rumvarme 25 %.

Indenfor varmemeforbruget i industrien forventes der væsentlige besparelsemuligheder inden for alle slutanvendelser og også ved procesintegration samt ved anvendelse af enzymer i produktionen. Besparelsepotentialer for varmemeforbruget med en tilbagebetalingstid på 7,5 år frem går af Tabel 10.

96. De benyttede energipriser er de priser, Energistyrelsen benytter ved samfundsøkonomiske analyser, tillagt de primo 2009 gældende afgifter.

	2015	2030	2050
Besparelse i %	27	31	33
Besparelse i TWh	11,8	13,8	14,6

Tabel 10: Besparelspotentialer i brændselsforbruget med 7,5 år tilbagebetalingstid i IDAs Klimaplan 2050.

Kilde: Potentialer er beregnet på baggrund af den faglige baggrundsrapport; Energibesparelser i erhvervslivet, IDA 2009.

De væsentligste energibesparelser kan opnås gennem anvendelse af varmepumper for varmebehov under 150 °C, konvertering af brændselsforbrug i industrien fra fossile brændsler til biobrændsler samt anvendelse af enzymer til specifikke produktioner. For industriens varmebehov over 150 °C (f.eks. brænding af cement, og smeltning af glas ved omkring 1.500 °C) findes der pt. ikke egnede teknologier indenfor varmepumper.

Der findes desuden en række besparelspotentialer i varmemforbruget i flere forskellige processer i industrien⁹⁷. Inden for inddampningsprocesser ligger der potentialer inden for øget forvarmning, flere inddampningstrin, termisk og/eller mekanisk rekompresion af damp, substituering med omvendt osmose samt bedre processtyring.

Inden for tørringsprocesser er også en lang række muligheder og følgende muligheder forventes at blive anvendt; reduktion af vandindhold før termisk tørring ved f.eks. bedre mekanisk afvanding, forvarmning af råvarer, indirekte tørring hvor dette er muligt og øget varmegenvinding,

Besparelsemulighederne indenfor brænding og sintring forventes at være på baggrund af øget afvanding før tørring, bedre isolering af ovne, øget varmegenvinding, tilsætning af additiver der kan reducere nødvendig procestemperatur. For smelte- og støbe-processer forventes det at besparelsemulighederne

udgøres af øget isolering, øget varmegenvinding med rekuperatorer, øget forvarmning samt anvendelse af oxyfuel combustion.

Optimeret processtyring, kaskadevis destillation, andre separationsteknologier som membraner, flere og mere effektive kolonnebunde forventes som muligheder for energibesparelser indenfor destillationsprocesser.

De største besparelser ligger som ovenfor anført ved varmepumperne. Det forventes at omkring en femtedel af de opnåelige reduktioner af varmemforbrug kan opnås gennem anvendelse af varmepumper, svarende til 10 PJ, 16,4 PJ og 17,6 PJ i henholdsvis år 2015, 2030 og 2050. Ved anvendelse af varmepumper modsvares en del af besparelsen på varmemforbruget dog af et forøget elforbrug svarende til 2,3 og 3,7 PJ (i henholdsvis 2015 og 2050).

Industriens rumvarmebehov udgør 25 % af industriens samlede varmebehov. I Klimaplan 2050 forventes det primært dækket af varmepumper, industriel overskudsvarme samt såvel passiv som aktiv solvarme. Dette kræver at varmebehovet reduceres gennem forbedret isoleringsevne af klimaskærm af både eksisterende bygninger som nye kontorbygninger. De forventede besparelspotentialer for industriens rumvarme er indeholdt i Tabel 10 over samlede besparelspotentialer indenfor varmemforbrug i industrien.

Det forventes at omkring 100 % af industriens forbrug af fossile brændsler kan udskiftes med bio-brændsler. Dog skal det bemærkes, at konvertering til biobrændsler for industriel kraftvarme vil reducere disse kraftvarmeverkers elproduktion til næsten en tredjedel.

Det antages, at enzymer vil kunne bruges i processer, som repræsenterer 5 % af erhvervslivets energiforbrug (primært varme), og besparelspotentialerne gælder kun for disse processer.

97. For en nærmere uddybning se den faglige baggrundsrapport; Energibesparelser i erhvervslivet, IDA 2009.

Elforbrug i industrien skal ned

Det samlede behov for elektricitet i industrien udgør årligt omkring 75 PJ. Besparelspotentialerne med en tilbagebetalingstid på 7,5 fremgår af Tabel 11.

	2015	2030	2050
Besparelse i %	32	43	45
Besparelse i TWh	7,2	9,8	10,2

Tabel 11: Besparelspotentialerne i elforbruget v. 7,5 år i IDAs Klimaplan 2050.

Kilde: Potentialer er beregnet på baggrund af den faglige baggrundsrapport; Energibesparelser i erhvervslivet, IDA 2009.

De største potentialer er vurderet for pumpning, ventilation, køling og trykluft⁹⁸. Disse teknologier er fortsat de mest interessante områder med de største energibesparelspotentialer. Selvom der sker en meget stor indsats med energimærkning af motorer, pumper, ventilatorer, så udestår der stadig en "udrulning" og implementering/udskiftning af de energieffektive komponenter, samtidig med en optimering af de systemer, hvori disse komponenter indgår.

Den væsentligste besparelsemulighed for belysning forventes at være LED (diodelys) med et betydeligt gennembrud og udbredelse inden år 2015. Herudover forventes det at energibesparelsemuligheder for belysning vil være bedre styring (behovstyring).

For pumpning, køling og ventilation er besparelsemulighederne primært anvendelse af højeffektive komponenter, reduktion af behov, optimeret styring samt øget vedligehold. Desuden forventes det at anvendelse af Permanent Magnet Synkron Motorer (PMSM) vil kunne medføre væsentlige energibesparelser for især pumpning og ventilation. For køling vil øget frikøling, solafskærmning og absorptionskøling være blandt mulighederne for fremtidige energibesparelser.

Brugen af trykluft skal så vidt muligt erstattes med direkte eldrev, ellers skal der benyttes højeffektive oliefrige kompressorer. Desuden er reduktion af lækagetab en betydelig mulighed for energibesparelser. For øvrige elmotorer i industrien forventes det, at besparelsemulighederne udover udvikling af yderligere effektive motorer, vil være reduktion af behovet for energitjenesten og optimeret styring efter behovet.

Besparelsemulighederne indenfor smeltning og øvrig procesvarme baseret på el forventes at være optimering af materialeforbrug (optimering af indløbssystemer i støbeforme), minimere smeltning samt afkorte varmholdningstiden og tomgangstiden. Specielt for sprøjtestøbning vil anvendelse af fuldelektriske maskiner være en væsentlig energibesparelsemulighed.

Det skal understreges at besparelsemulighederne kun delvist gennemføres af virksomhederne selv i forbindelse med den løbende indsats for omkostningsreduktion og produktionsoptimering samt ved den naturlige udskiftning af udstyr og processer. Skal de store potentialer realiseres, er det nødvendigt med en palet af virkemidler, der kan motivere og tvinge virksomhederne i gang med energibesparelserne.

Hvordan kommer der gang i energibesparelser?

Energibesparelser og -effektivisering i erhvervslivet er i høj grad afhængig af de økonomiske implikationer. I forhold til de kortsigtede forbedringer er det næsten udelukkende økonomiske og normative virkemidler, som er effektive. Specielt kan fremhæves de kommende afgiftsændringer på energiområdet, som specielt for de energitunge virksomheder vil bringe energibesparelser i fokus. Den offentlige debat om afgifterne understreger dog, at øgede afgifter ligeledes kan betyde en øget udflytning af energitung produktion.

98. For nærmere uddybning se den faglige baggrundsrapport, Energibesparelser i erhvervslivet, IDA 2009.

Når pakken af virkemidler skal sammensættes er det vigtigt at analysere, hvordan afgifterne, der vil fordyre energien, og investeringstilskud, der vil billiggøre besparelserne, kan kombineres så de begge medvirker til at forbedre økonomien i besparelserne. Erhvervslivet er allerede pålagt afgifter på energiforbruget, især rumvarmeforbruget, og øgede afgifter vil naturligvis – alt andet lige – betyde øget interesse i virksomhederne for at reducere energiforbruget.

Afgifter og kvoteordninger som CO₂ kvoterne er redskaber, som er forholdsvis enkle af bringe i anvendelse, men som desværre har nogle alvorlige bivirkninger. Mens energiudgifterne i størstedelen af erhvervslivet kun er 0,5-2 % af omsætningen, udgør de i energitunge virksomheder måske 10 %, og dermed får selv mindre procentvise stigninger i energiudgifterne stor betydning for disse virksomheders konkurrenceevne (med mindre konkurrenterne verden over pålægges tilsvarende stigninger).

Tilskud til energibesparende foranstaltninger forringer ikke konkurrenceevnen, men vil tværtimod forbedre den igennem at sænke omkostningsniveauet. Det kan gøres ved en fond⁹⁹, der skal fremme og yde tilskud til energibesparende foranstaltninger i fremstillingsvirksomheder. Fondens budget bør årligt udgøre 800 mio. kr. Da industriens energiudgifter er omkring 15 mia. kr. årligt, vil en fond af denne størrelse kunne forkorte tilbagebetalingstiden i de energibesparende tiltag med 2-3 år¹⁰⁰. Det vil være et meget væsentligt økonomisk incitament, som vil skabe stor interesse for energieffektivisering i virksomhederne, og formentlig på en effektiv måde kunne vende de senere års uheldige udvikling i energiintensiteten, jævnfør Figur 35. Det vil øge effekten af tilskudsordninger, hvis de kobles direkte til virksomhedernes energibesparelser, enten i forbindelse med

ændringer af eksisterende anlæg, eller i forhold til en benchmarking i forbindelse med nybyggeri. Dermed lægges op til en (fonds-)løsning, som understøtter aktiv energibesparelse – evt. i forbindelse med ESCO-virksomheder som omtalt nedenfor – og dermed en direkte indvirkning på tilbagebetalingstiden.

Økonomiske virkemidler, som bygger på tilskud eller låneordninger, bliver generelt modtaget mere positivt i erhvervslivet, og en energieffektiviseringsfond vil forkorte tilbagebetalingstiden med mellem 2 og 3 år, hvilket svarer til et øget besparelspotentiale på mellem 8 og 19 procentpoint¹⁰¹.

En anden form for økonomisk virkemiddel kan være energitjenesteselskaber eller ESCO-virksomheder, der kan finansiere virksomhedernes besparelserprojekter, og bliver betalt via de opnåede energibesparelser. Udbredelsen af energitjenesteselskaber vil samtidig betyde, at der kommer nye aktører på banen, der har energieffektivisering som deres specialopgave.

Endelig bør forskning og udvikling inden for området opprioriteres kraftigt, idet der er langt større samfundsmæssig gevinst her og nu ved at reducere forbruget af brændsler og el i erhvervslivet, end der er ved at omlægge forsyningen til vedvarende kilder. Denne forskning og udvikling skal følges op af en markedsudvikling for nye produkter.

ØGET INFORMATION OM EFFEKTIVISERINGER

Inden for de informative virkemidler ligger der allerede mange værktøjer og modeller, som kan anvendes til energieffektivisering. Behovet består derfor i at understøtte udbredelsen af værktøjer. Det kan blandt

99. Tilsvarende foreslået i Ingeniørforeningens Energiplan 2030. Hovedrapport. Ingeniørforeningen i Danmark, IDA. December 2006

100. Hvis fonden hvert år bidrager til besparelser på 2% af energiforbruget eller 300 mio. kr., vil 800 mio. kr. kunne korte 2,7 år af tilbagebetalingstiden

101. Det skal nævnes, at energiselskaberne i dag i et vist omfang "køber" energibesparelser af erhvervslivet. Betalingen ligger typisk på 100-250 kr./MWh svarende til, at det korter fra nogle måneder op til et år af tilbagebetalingstiden. En fond vil således være et væsentligt stærkere virkemiddel.

andet ske gennem en opkvalificering af projekterende, sælgere og konsulenter. Endelig kan succeshistorier og metoder udbredes gennem en indsats fra netværk omkring energiledelse og -effektivisering.

Gode værktøjer er vigtige for at overvinde barrierer som manglende viden, manglende ideer og for lidt tid. Værktøjerne skal være en hjælp i den løbende spareindsats, og på det lange sigt skal de gøre det lettere at agere energibevidst ved indkøb og projektering. I 1990'erne blev der udviklet en del værktøjer under Energistyrelsens tilskudsordninger, og de kan med fordel ajourføres, udbygges og gøres nemmere tilgængelige, ligesom de med fordel kan suppleres med gode driftsinstruktioner til energiforbrugende anlæg.

Specielt er den virksomhedsnære indsats omkring medarbejderdeltagelse fremhævet som vigtig både blandt erhvervsrepræsentanter og i tidligere forskningsprojekter (f.eks. MIRT¹⁰²). De informative virkemidler må dog skønnes at have effekt på et længere sigte, og derfor primært i forhold til potentialerne for 2030.

Værktøjer og modeller bringes i anvendelse gennem forskellige aktører, og der er behov for at understøtte de eksisterende aktørers muligheder og kompetencer.

Blandt andet er der brug for efteruddannelse af det personale, der projekterer, indkøber og betjener anlæggene. Men også af sælgerne således, at de kender til mulighederne for at reducere energiforbruget og forstår betydningen af energiomkostningerne, set i forhold til investeringen og de øvrige omkostninger af det udstyr, de sælger. Endelig kan et øget udbud af uddannelser og kurser tilrettet konsulentmarkedet fremme indsatsen for at få indført energieffektivisering gennem en større udbredelse af kompetente energikonsulenter.

Andres erfaringer med energibesparelser vil være en god inspirator for virksomhederne til selv at gå i gang. Erfaringerne kan formidles med brochurer, artikler, åbent hus arrangementer og lignende. En særlig effektiv måde at formidle på, vil være gennem ERFA-grupper, bestående af en kreds af ligesindede virksomheder, der ud fra en benchmarking af energiforbruget i virksomhederne drøfter gode og dårlige erfaringer med indsatsen og forpligter sig gensidigt til at tage nye initiativer og berette om resultaterne. Grupperne kan eksempelvis drøfte én slutanvendelse ad gangen, måske startende med pumpesystemer et år, næste år ventilationsanlæg osv. Det er således en opgave, som med fordel kan løftes af de eksisterende virksomhedsnetværk og -organisationer.

MÆRKNINGSORDNINGERNE PÅ BANEN IGEN

Energimærkning har bidraget til en betydelig effektivisering af husholdningsapparater og kan også med fordel udnyttes i erhvervslivet til apparater, som sælges i stort antal. Energimærkning gør det nemt at vælge den energieffektive løsning og kræver ingen forkundskaber af indkøberen.

I andre tilfælde, hvor udstyret ikke er så enkelt, kan der stilles krav om, at projekter altid gennemføres med energibevidst projektering således, at behovet for energi-tjenesten bliver vurderet, alternative løsninger bliver belyst og totaløkonomien opstilles. Ligesom virksomheder skal have en miljøgodkendelse kunne man forestille sig en ordning, hvor virksomhederne bliver energigodkendt. Det skal dokumenteres, at der er foretaget en energirigtig projektering. Endelig kan der kobles et verificerende organ på, som godkender den energirigtige projektering.

For eksisterende anlæg i energitunge virksomheder kan energibesparelsesmulighederne blive grundigt undersøgt hvert femte til tiende år med deltagelse af personer, der er eksperter og akkrediteret inden for den pågældende branche og de anvendte processer, således at energitilsynet kommer til at fokusere på de helt centrale og mest energiforbrugende processer frem for på hjælpeudstyret.

102. Medarbejderdeltagelse i miljøindsatsen, Læreprocesser i miljøgrupper.v. Børge Lorentzen og Arne Remmen

I de mindre energitunge virksomheder kan en energigennemgang baseres på de gældende ordninger for energimærkning af bygninger og lovpligtigt ventilationseftersyn, som begge kunne udvides til også at omfatte produktionsbygninger, samtidig med at der indføres lovpligtige ordninger på flere områder som belysningsanlæg, køl/frys m.m.

Aftalekonceptet belønner de energitunge virksomheder, hvis de opfører sig energieffektivt. Der er dog konstateret "metallræthed", så måske skal ordningen både ændres og gøres frivillig, så alle, der tilslutter sig, belønnes med afgiftsreduktion og/eller med investeringstilskud til energibesparelser. Kravet kunne være som i den hollandske ordning, at virksomhederne inden for få år skal ligge blandt de 10 % bedste i verden ved en benchmarking.

I forbindelse med at udvide aktørkredsen omkring energieffektivisering kan certificeringsordninger være løftestang for både energikonsulenters arbejde og indførelse af energiledelse. Således kan det internationale arbejde med standardisering indenfor Energiledelse, ESCO samt Energieffektivitet og beregning fungere i sammenhæng med eksisterende ledelsessystemer som ISO 9001, ISO 14001 m.fl. og dermed integrere energiledelse i ledelsessystemerne. På lignende måde vil en certificering af energikonsulenter være med til at kvalitetssikre og markedsføre energirådgivning.

EN PALET AF MULIGHEDER

Både de økonomiske og informative virkemidler kan fungere i sammenhæng med de normative, som fx en energimærkning der både understøtter medarbejderinddragelsen i klimaarbejdet, og kan fungere som basis for en tilskudsordning. En øget regulering af energigennemgang og -tilsyn på virksomhederne kan medvirke til en fokus på energiforbruget, men bliver generelt mødt med en negativ indstilling fra erhvervslivet og bør tænkes ind i forhold til regeringens regelforenklende indsats.

Formaliseret energiledelse, fx i form af certificerede ledelsessystemer vurderes ligeledes at virke positivt, men er igen knyttet op på et samspil med primært de økonomiske virkemidler. Kombinationen af certificeringsmuligheder og lovgivningsmæssige krav kan dog give en større synergieffekt med de økonomiske incitamenter, så ledes at de langsigtede potentialer kan nås.

Bolig og bygninger

Resumé:

Bolig og bygninger

Delmål Klimaplan 2050

2015

- I perioden frem mod 2020 renoveres 75 % af de dårligst isolerede vægge, tage og gulve, ligesom vinduerne udskiftes, hvilket giver en besparelse på 18 PJ allerede i 2015 og 37 PJ i 2020.
- Elforbruget reduceres med 25 % i forhold til 2008.

2030

- Nye bygninger opføres fra og med 2020 som energiproducerende efter Bolig+ standard.
- I perioden 2020-2030 renoveres de vægge, tage og gulve, der er dårligere isolerede end dagens gode middelstandard, hvilket medfører en besparelse på 21 PJ. Renovering af tekniske installationer i perioden fra 2010-2030 giver en besparelse på 20 PJ. Sammen med indsatsen fra perioden 2010-2020 vil det give en samlet årlig besparelse pr. år i 2030 på 78 PJ.
- Bygninger uden for fjernvarmesystemet gøres energineutrale ved at fremme anvendelsen af vedvarende energi i bygninger.
- Fjernvarmesystemet er udvidet og dækker ca. 70 % af den samlede bygningsmasse.
- Elforbruget reduceres med 50 % i forhold til 2008.

2050

- Energiforbruget i bygninger er blevet reduceret og bygninger uden for fjernvarmesystemet er CO₂ neutrale, mens bygninger i fjernvarmesystemet får energi fra vedvarende energi eller spildvarme.

VIRKEMIDLER

- Fremme udviklingen af energiproducerende huse bl.a. ved at gøre Bolig+ konceptet til det endelige mål for bygningsreglementet og til standard fra år 2020.
- Renovering af den eksisterende bygningsmasse fremmes gennem øget forbrugeroplysning, efteruddannelse, skærpselser i bygningsreglementer og forbrugerrettede incitamentsordninger. Det offentlige går foran med særlige krav for offentlige bygninger.
- Finansiering af boligrenovering skal fremmes gennem en kombination af økonomiske incitamenter bl.a. i forhold til differentieret beskatning af boliger, favorabel real-kredit finansiering og offentlige tilskud.
- I perioden 2010-2020 afsættes 675 mio. kr. årligt i støtte til energibesparelser og integration af vedvarende energi i byggeriet. Pengene bør fordeles med:
 - » 400 mio. kr. i form af økonomisk incitament til fremme af boligrenovering.
 - » 100 mio. kr. til integration af vedvarende energi i bygninger.
 - » 100 mio. kr. til særlig indsats i offentlige bygninger.
 - » 50 mio. kr. årligt til efteruddannelse af byggeriets parter, samt udvikling af bedre vejledninger og anvisninger i energibesparende byggeri og komponenter.
 - » 25 mio. kr. årligt til informationskampagner.

Boliger og bygninger

Energiforbruget i bygninger, boliger og erhvervsbyggeri, udgør i dag mere end 40 % af det samlede danske energiforbrug og koster godt 45 milliarder årligt. Skal udslippet af drivhusgasser for alvor reduceres er det derfor afgørende, at det lykkes at reducere energiforbruget i bygninger.

Erhvervsmæssigt vil Danmark nyde godt af en kraftig satsning på mere energieffektivt byggeri. Danmark har i dag verdens strammeste energikrav til bygninger og det er en generel opfattelse, at stadig skrappe krav til energiforbruget – kombineret med flere spydspidsbyggerier, øget forskning og udvikling i energiteknologier samt formidling og læring – kan give danske ingeniører, arkitekter, byggevirksomheder og energiteknologier gode muligheder for at komme i front på det internationale marked¹⁰³.

En særlig udfordring i bygningssektoren, når indsatsområder og energibesparelspotentialer identificeres og vurderes er, at ca. 70-75 % af bygningsmassen i 2030 vil bestå af boliger, der allerede er opført i dag. Bygninger der for langt størstedelen har et langt højere energiforbrug end de bygninger, der opføres i dag og i fremtiden. Det er således den etablerede boligmasse der rummer de største energibesparelser.

Energiforbruget i ældre bygninger fordeler sig på rumopvarmning, godt 70 %, opvarmning af varmt vand, knap 10 % og elforbrug til el-apparater og belysning, ca. 20 %. Det forholder sig anderledes i nye bygninger hvor varmemeforbruget er ca. 30 %, opvarmning af varmt vand ca. 20 % og elforbruget ca. 50 %.

Regeringens energistrategi lægger op til en energibesparelse på 4 % i 2020. Klimaplanens mål er en besparelse på 37 PJ i 2020 og klimaplanens samlede initiativer resulterer i energibesparelser på 78 PJ, og besparelser på 14 PJ (4 TWh) ved integration af vedvarende energi til varmt vand og opvarmning. Klimaplanens oplæg er således betydeligt mere ambitiøs

og kræver en årlig besparelse på ca. 4,5 PJ. For at nå dette mål skal bygningsejerne gennemføre betydelige investeringer og der er brug for incitamenter til at fremme denne udvikling. De samlede besparelser udgør 60 % af det samlede energiforbrug svarende til en årlig besparelse på 27 mia. kr. Den samlede private investering for hele klimaplanens periode er ca. 460 mia. kr., hvoraf en betydelig andel vil være almindeligt vedligehold, såfremt energiinvesteringerne igangsættes i forbindelse med almindelig renovering.

Elforbruget kan reduceres og ved en målrettet indsats og informationskampagne kan elektricitetsforbruget i bygninger reduceres med 50 % i 2030.

En væsentlig del af ovenstående besparelser hidrører fra renovering af klimaskærmen og det bør overvejes, om de energibesparelser, der ikke er direkte rentable skal gennemføres eller om CO₂ reduktionerne alternativt skal ske ved at øge andelen af vedvarende energi og spilvarme i fjernvarmesystemet, alternativt at integrere varmepumper i bygningerne.

Nybyggeri

Der er i dag ikke noget teknisk problem i at bygge huse med et minimalt energiforbrug og det vurderes med den nuværende teknologi at være privatøkonomisk rentabelt at bygge lavenergihuse i den danske lavenergiklasse 1 uden for fjernvarmeområderne¹⁰⁴. Lavenergiklasse 1 kan bygges med marginalomkostninger på 10 % af den samlede byggesum, hvilket kan reduceres til ca. 6 % ved optimering af produktløsninger og ved at optimere materialevalg m.v.

Der er allerede opført de første huse der ikke bruger energi, bl.a. "Bolig For Livet" i Århus¹⁰⁵, samtidig med, at den første BOLIG+ etagebolig¹⁰⁶ forventes opført inden for de nærmeste år i Aalborg. Marginalom-

103. Initiativkatalog fra Erhvervs og Byggestyrelsens partnerskab for lavere energiforbrug

104. SBI 2009:04 Skærpede krav til nybyggeriet 2010 og fremover

105. www.bolig-for-livet.dk

106. www.boligplus.org

kostningerne for at gå fra et lavenergihus klasse 1 til et energiproducerende hus afhænger af hvilken vedvarende energikilde der integreres i bygningen og om bygningerne alternativt indgår i et lokalt lavtemperatur fjernvarme område med vedvarende energi. Marginalomkostningerne ved at gå fra lavenergi klasse 1 til BOLIG+ niveau vurderes at udgøre omkring 5 % af byggesummen.

En af de væsentlige parametre for at gøre fremtidens nybyggeri energineutralt er at fokusere på bygningens form, herunder at udnytte passiv solenergi til opvarmning, hvilket bedst sker gennem et optimalt design. Derudover skal det sikres, at bygninger ikke skal køles, og også her er der behov for at se på bygningens form og sikre afskærmning af bygningen på solrige dage. Her har ingeniørstanden sammen med arkitekter en udfordring som bør tages op for at løse branchens udfordringer.

I forhold til at få gennemført ovenstående initiativer er en bedre forståelse af energidesign, samt en opgradering af viden og kompetencer hos alle byggeriets parter et nødvendigt initiativ, dernæst er skærpede krav i bygningsreglementet et supplerende initiativ, som skal følges op med økonomiske incitamenter fx i form af optimal realkredit til de tiltag, der gør fremtidens bygninger dyrere end standard, ligesom omkostninger til bygningers energiforbrug bør gøres synlige for boligejerne og indgå i de samlede omkostninger til nybyggeri. Med en forudsætning om at investeringerne kan finansieres privatøkonomisk, vil omkostningerne i forhold til nybyggeri være neutrale.

Byggeriets parter bør også overveje nye samarbejdsformer for at fremme energiproducerende huse, og her kan ingeniørstanden være ledende. Et eksempel er det energiproducerende hus "Bolig For Livet" der er udviklet i et tæt samarbejde mellem ingeniør, arkitekt, entreprenør og materialeproducenter. I projekteringsfasen blev der afholdt et antal workshops, som havde til formål at identificere problemstillingerne og udvikle løsningsforslag. Gennem det tværfaglige samarbejde udviklede teamet de løsninger der efterfølgende blev anvendt i projektet.

I energiforliget 2008 blev det besluttet, at stille krav om at energiforbruget i nybyggede huse skal reduceres med 25 % i 2010 (lavenergi klasse 2), med 50 % i 2015 (lavenergi klasse 1) og med 75 % i 2020. Regeringens strategi for reduktion af energiforbrug i bygninger fastholder disse mål, hvilket kan begrundes med et behov for udvikling af viden og kompetencer i branchen, men man bør overveje om der allerede nu bør tages beslutning om at skærpe bygningsreglementet og gøre BOLIG+ til minimumstandard i år 2020.

Der er desuden behov for bedre værktøjer for de projekterende, herunder beregningsprogrammer, som i højere grad er i stand til at beregne og simulere de realistiske forhold som brugerne har i bygningen. Beregningsværktøjerne kan udvikles til også at indeholde data og omkostninger for drift af bygningen, hvilket kan fremme en optimering af bygningen. Her spiller ingeniørstanden og byggeforskningsinstitutionerne en væsentlig rolle.

Erfaringer fra bl.a. Østrig, Tyskland og Schweiz viser, at udviklingen af lavenergi huse og lavenergiløsninger kan fremmes ved at give tilskud til at opgradere bygninger fra standard til lavenergi¹⁰⁷. Der er behov for at udvikle incitamentsordninger, som i perioden 2010-2020 kan få bygningsejere til at bygge bedre end lavenergi standard 1, og udvikle energineutrale bygninger uden for fjernvarmeområdet. Der bør afsættes 25 mio. kr. årligt til fremme af bygninger, der er bedre end den lovgivningsmæssige standard, svarende til at der ydes økonomisk støtte til ca. 250 nye bygninger om året.

107. SBI 2009:06 Virkemidler til fremme af energibesparelser i bygninger

I perioden 2004-2008 er der gennemsnitligt opført ca. 10 mio. m² etagemeter, hvor boligbyggeriet udgør ca. 3,5 mio. m², svarende til ca. 17.000 boliger/år. I 2009 forventes det at nybyggeriet vil udgøre en væsentlig mindre andel¹⁰⁸. Klimaplan 2050 forudsætter, at den årlige tilvækst af nye bygninger, som gennemsnit svarer til 2008 niveau.

Omkostningerne til nybyggeri er ca. 10.000 kr/m² for boliger og 13.000 kr/m² for kontor og andre bygninger. Energibesparelses tiltagene i planen kan gennemføres for en merpris på ca. 6-10 % i perioden frem mod 2020¹⁰⁹ og energineutrale bygninger kan fra 2020 udvikles for en merpris på ca. 10-15 % set i forhold til nutidens priser.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bolig i alt	3.375	4.100	4.625	2.850	2.375	2.075
Parcel- og stuehuse	1.125	2.225	2.625	1.875	1.750	1.500
Række- kæde- og dobbelthuse	700	775	825	450	250	200
Etageboligbebyggelse	800	950	1.050	450	300	300
Øvrige boliger	150	150	125	75	75	75
Erhverv i alt	4.175	4.600	5.725	4.350	4.325	4.150
Fabrikker mv.	650	700	700	650	775	700
Administration og handel mv.	975	1.050	1.550	1.275	1.425	1.300
Landbrug mv.	2.250	2.425	3.125	2.150	1.900	1.900
Øvrige erhverv	300	425	350	275	225	250
Øvrige bygninger	1.875	2.000	1.825	1.300	1.225	1.225
Offentlige institutioner	400	325	275	175	225	300
Ferie- og fritidsbygninger	675	775	675	450	375	325
Garager og udhuse	800	900	875	675	625	600
Bygninger i alt	9.425	10.700	12.175	8.500	7.925	7.450

Figur 36: Nybyggeri 2004-2009, 1.000 m²

108. Danmarks Statistik og Byggemateriale Branchen i Dansk Industri.

109. SBI 2009:04 Skærpede krav til nybyggeriet 2010 og fremover

Renovering af eksisterende bygningsmasse

KLIMASKÆRM 2010-2020

Der er store energibesparelspotentialer i den eksisterende bygningsmasse. En SBI rapport¹¹⁰ har identificeret, at det er muligt at spare 37 PJ (ca. 23 % af energibehovet til opvarmning og varmt vand) i boliger og kontorer, ved rentable energibesparelsetiltag. Forudsætningen for disse besparelser er at 75 % af ydervæggene med en U-værdi over 0,9 W/m² forbedres med 100 mm isolering. Tilsvarende forbedres 75 % af tagene med en U-værdi over 0,3 W/m² ved udlægning af 200 mm isolering. 25 % af gulvene med en U-værdi over 0,5 W/m² antages forbedret med indblæsning af 100 mm isolering i bjælkelaget. Det antages at alle vinduer med en samlet U-værdi over 2,5 W/m², svarende til at alle almindelige 2-lags termoruder forbedres til dagens standard. Der er således ikke tale om en komplet renovering af den danske bygningsmasse, men en målrettet indsats mod de i energimæssigt henseende dårligste bygninger. De samlede omkostningerne forbundet med gennemførsel af disse forbedringer er ca. 198 mia. kr. Disse besparelser er identificeret som rentable og såfremt de foretages i forbindelse med almindelig boligrenovering og sammen med planlagte forbedringer eller udskiftninger er omkostningerne kun ca. 38 mia. kr.

Da investeringerne er rentable vil en betydelig del af omkostningerne kunne dækkes gennem realkreditfinansiering. Der er dog behov for at skabe incitamenter til, at investeringerne gennemføres, hvilket dels kan ske gennem offentlige tilskud til renovering, favorabel belåning, differentieret beskatning og øget forbrugeroplysning. Energimærkningsordningen af bygninger skal udvikles yderligere og anvendes til at identificere de mest rentable renoveringer, ligesom den kan være et værktøj i forhold til belåning. For at fremme energirenoveringen bør der afsættes et årligt

beløb på 400 mio. kr. til direkte eller indirekte støtte til bygnings ejerne, svarende til 2 % af bygnings ejernes totale omkostninger ved renoveringen. Til sammenligning har renoveringspuljen fra foråret 2009 en ramme på 1,5 mia. kr. og det har vist sig, at den private boligejer har haft stor interesse i at udnytte støtteordningen til at fremme bygningsrenovering.

Flere af byggeriets parter og byggematerialeproducenter har gennemført demonstrationsprojekter i forhold til boligrenovering¹¹¹. Der er eksempler på renovering af ældre villaer fra omkring 1930, parcelhuse fra 1960-1980, samt etageejendomme fra 1970. Ligesom ved nybyggeri er projekterne gennemført i et strategisk samarbejde hvor alle af byggeriets parter har bidraget, og det er meget relevant at vurdere, om denne type projekter kan fremmes gennem nye samarbejdsformer, hvor ingeniøren spiller en væsentlig rolle.

Den offentlige sektor bør fremstå som rollemodel i forhold til energieffektivisering og renovering af statens og kommunernes ejendomme bør også fremmes. Der afsættes 100 mio. kr. årligt til at fremme renoveringen af offentlige bygninger.

For at fremme bygningsrenovering er der behov for at styrke byggebranchens viden og kompetencer, samt udvikle anvisninger og løsninger til energirenovering. Der er netop etableret et videncentret for bygningsrenovering. Videncentret er etableret af Energistyrelsen og varetages af et konsortium bestående af TI, SBI, Viegand & Maagøe og Kommunikationskompaniet. Enkelte andre parter er underleverandører til konsortiet. Centrets opgaver er primært at forbedre kompetencerne i byggebranchen, fremme forbrugeroplysning og medvirke til udvikling af løsninger til energirenovering. Videnscenteret har et begrænset budget, der dog gennem offentligt privat samarbejde forventes øget i form af samarbejder med virksomheder. Som supplement til videnscenteret, er

110. SBI 2009:05 Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri

111. Rockwool, Isover, Parvenu, Bjerg Arkitekter, Frandsen & Søndergaard K/S og Rationel Vinduer, m.f.

der behov for at udvikle vejledninger og anvisninger til håndværkere og andre af byggeriets parter, samt at fremme efteruddannelsen af byggeriets parter. Den øgede indsats bør ske i et privat/offentligt samarbejde og der bør afsættes 50 mio. kr. årligt hertil.

KLIMASKÆRM 2020-2030

SBi rapporten¹¹² har desuden identificeret energibesparelser på 58 PJ, hvilket forudsætter, at samtlige de konstruktioner der er dårligere isolerede end en god middelstandard for væg, tag, gulv og vinduer, udskiftes til nuværende renoveringskrav. De samlede investeringer er identificeret til 398 mia. kr. med de nuværende teknologi- og energipriser, hvilket betyder at energibesparelserne på nuværende tidspunkt ikke er rentable.

En betydelig del af de urentable energibesparelser kan imidlertid iværksættes i forlængelse af de rentable besparelser beskrevet tidligere. Det er sandsynligt, at teknologi og erfaring med renovering vil fremme teknologier og løsninger som i dag er urentable, men med 2020 teknologier og 2020 energipriser bliver rentable. Det betyder, at de bygninger og konstruktioner, som ikke er renoveret i forbindelse med de rentable renoveringer, skal renoveres efterfølgende.

De energibesparende foranstaltninger, som iværksættes i de bygninger, der ikke blev renoveret før 2020 vil bringe konstruktionerne ned til et niveau som er sammenligneligt med kravene til konstruktioner i nye bygninger i 2005. Derved kan der opnås en yderligere energibesparelse for boliger og kontorer på 21 PJ (ca. 14 % af det beregnede energiforbrug til opvarmning og varmt vand). De samlede investeringer er ca. 200 mia. kr., hvor ekstraomkostningerne ved at gennemføre forbedringerne sammen med allerede planlagte forbedringer kan estimeres til ca. 62 mia. kr. Baggrunde for at besparelserne er dyrere er, at bygningsindgrebene i de tilbageværende kon-

struktioner, som ikke blev renoveret inden 2020 er mere omfattende. De initiativer, der iværksættes i perioden frem mod 2020, vil resultere i udvikling af nye løsninger og reducere omkostningerne. Derved er det en konservativ betragtning, når nutidspriserne anvendes som reference.

Energibesparelserne bør vurderes i forhold til energiforsyningssystemet, således at energibesparelser i bygninger, der er tilsluttet fjernvarmesystemet sammenholdes med alternative muligheder for energibesparelser i fjernvarmesystemet, og alternativt omlægning af fjernvarmesystemet til vedvarende energi og CO₂ neutral energiforsyning. Det er specielt vigtigt at gennemføre denne analyse i alle de tiltag, der kræver væsentlige byggetekniske indgreb¹¹³.

Det forudsættes, at de finansielle muligheder og de økonomiske incitaments ordninger forsætter efter 2020.

KLIMASKÆRM 2030-2050

Klimaplan 2050 forudsætter at så godt som alle de konstruktioner, der blev opført før 1995 er blevet energirenoveret inden 2030, og at der kun er behov for enkelte yderligere initiativer.

Der vil være en løbende udskiftning af de byggekomponenter som har en levetid på mindre end 20-25 år, som fx isoleringsruder. Denne udskiftning vil ske ved almindelig vedligeholdelse og vil bringe energiforbruget yderligere ned.

TEKNISKE INSTALLATIONER 2010-2030

SBi rapporten¹¹⁴ identificerer de potentielle energibesparelser ved forbedring af bygningernes tekniske installationer til ca. 20 PJ. Besparelsen udgør ca. 13 % af det beregnede energiforbrug til opvarmning og varmt vand i boliger og kontorer. De samlede

112. SBi 2009:05 Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri

113. Varmeplan Danmark

114. SBi 2009:05 Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri

omkostninger forbundet med forbedring af bygningernes tekniske installationer er ca. 34 mia. kr. Det er ikke muligt at fremskaffe eksakte informationer om, hvor meget omkostningen ved forbedring af de tekniske installationer kan reduceres, hvis de gennemføres sammen med planlagt forbedring eller vedligehold.

Energirenovering af de tekniske installationer bør ske samtidig med renoveringen af den øvrige bygningsmasse, og skal på tilsvarende vis fremmes gennem de økonomiske incitaments ordninger for bygningsejerne, som er nævnt i tidligere afsnit.

ØKONOMI OG FINANSIERING VED BOLIGRENOVERING

De samlede omkostningerne forbundet med gennemførelse af forbedringer i perioden frem til 2020 er ca. 198 mia. kr. Såfremt investeringerne foretages i forbindelse med almindelig boligrenovering og sammen med planlagte forbedringer eller udskiftninger, er marginalomkostningen kun ca. 38 mia. kr.

De samlede bygge- og anlægsinvesteringer udgør ca. 180 mia. kr. Investeringer i boligbyggeri er på ca. 100 mia. kr., hvoraf ca. 65 mia. kr. er nybyggeri og 35 mia. kr. omhandler renovering¹¹⁵. Renoveringen er primært tilbygning til eksisterende bygninger, nye køkkener og badeværelser. Energirenoveringen er begrænset og det vurderes, at der skal skabes økonomiske incitamenter for at fremme energirenoveringen.

Derfor lægger klimaplanen op til at der skal etableres en årlig støtte på 400 mio. kr. til bygningsrenovering i perioden 2010-2020, svarende til ca. 2 % af omkostningerne hos bygningsejerne i perioden. Denne investering vil sammen med de andre initiativer, der er nævnt, fremme renoveringen.

De samlede investeringer til boligrenovering i perioden 2020-2030 er ca. 200 mia. kr., hvor ekstraomkost-

ningerne ved at gennemføre forbedringerne, sammen med allerede planlagte forbedringer, kan estimeres til ca. 62 mia. kr. Klimaplanen forudsætter at disse investeringer kan iværksættes uden direkte offentlig støtte, men at de iværksættes gennem en langsigtet planlægning, som også skal inkludere drøftelser om energiafgifter og boligbeskatning.

Derfor er der behov for andre initiativer som kan fremme bygningsejernes incitament til at renovere bygninger. Her anbefales at der ses på en differentieret beskatning og belåning af bygninger, således, at de bygningsejere der gennemfører besparelserne også opnår særlige fordele. Det bør vurderes om ejendomsbeskatning kan tage udgangspunkt i energiforbruget. Som eksempel kan energineutrale bygninger i BOLIG+ standarden være helt eller delvist fritaget for ejendomsbeskatning, hvilket vil fremme udviklingen af denne type boliger.

Det anbefales at der oprettes særlige favorable lån, hvilket har vist sig at være et meget værdifuldt incitament til at fremme energibesparelser. Eksempler fra bl.a. Østrig og Tyskland har vist, at favorabel belåning fremmer energibesparelser og integration af vedvarende energi.

De tyske klimamål om at nedskære udslippet af drivhusgasser med 40 % i 2020 (basisår 1990) har fået forbundsregeringen til at sætte ind med ekstra virkemidler, som retter sig mod at energieffektivisere den eksisterende bygningsmasse. Således har forbundsregeringen siden 2005 firedoblet støtten til energisaning af bygninger. Ved siden af forbundsregeringens støtteordninger har de enkelte delstater hver især iværksat deres energieffektiviseringsprogrammer.

I Tyskland gives støtten gennem den tyske genopbygningsbank Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), dvs. gennem det der kaldes KfW Förderbank (tilskudsbank). Banken er en offentlig institution med en årlig omsætning på 4.000 mia. kr. Igennem KfW Förderbank giver forbundsregeringen billige lån, direkte tilskud og skattelettelser for håndværkerudgifter til energirigtig renovering. For årene

115. DI byggematerialer byggeprognose for 2008 og 2009

2006-2009 er rammebeløbet på 1,4 mia. Euro om året. Det overordnede mål er at nå ud til de husejere, der ellers ikke ville have overvejet energibesparelser, når de istandsætter deres bygning. Målsætningen er en årlig CO₂-sanerering af fem procent af de bygninger, der er ældre end 30 år. Støtten gives i form af 30-årige lån til lav rente med mulighed for fem afdragsfrie år.¹¹⁶

Der er også danske eksempler på, at den finansielle sektor arbejder med finansieringspakker til boligrenovering og der er behov for, at denne udvikling fremmes yderligere.

Spar Nord lancerede fx den 1. april 2009 et rådgivningskoncept under overskriften: "Energirigtig Boligrådgivning". Filosofien i dette koncept er at regne totaløkonomi på den enkelte families boliginvesteringer. Rådgivningen har to dimensioner. Den ene dimension er at sænke boligens forbrugsudgifter. Den anden væsentlige dimension er at sikre boligens værdi i et energimarked, hvor det må forventes, at forbrugsudgifterne kommer til at udgøre en større og større andel af familiens boligudgifter.

Den Energirigtige Boligrådgivning bygger på et samarbejde mellem Spar Nord og Energi Nord, hvor Spar Nord opsamler en række nøgledata om den enkelte bolig, og Energi Nord udarbejder en Screening af mulighederne for energibesparelser i det enkelte hus. – en energirapport. Denne rapport sammenstiller de tekniske og økonomiske muligheder i den enkelte bolig, og giver boligejerne et overskueligt beslutningsgrundlag, hvilket dermed gør dem handlingsparate, eller klar til at søge yderligere oplysninger.

Det kan være svært at få gennemført energibesparelser i den almennyttige boligsektor. Derfor er der behov for at vurdere hvorledes denne sektor kan energieffektiviseres. Fra flere sider er der peget på at bringe Landsbyggefondens midler i spil og det bør

indgå i fremtidige overvejelser. En rapport fra socialministeriet peger på at der skal bruges 161 mia. kr. over de kommende 20 år. Her opstår der det paradoks, at de seneste års boligpolitik og anvendelse af landbyggefondens midler til at finansiere nye ældre- og plejeboliger har resulteret i, at Landsbyggefonden kun har begrænset mulighed til at yde støtte til renoveringsprojekter. Det anbefales fra flere sider, at der tages politiske tiltag til at fremme energibesparelser i den almennyttige sektor.

ELBESPARELSER I BYGNINGER, EKSKL. INDUSTRIBYGNINGER

Elforbruget i bygninger vil stige, som følge af flere og flere apparater, hvis ikke der tages selvstændige initiativer. Det vurderes dog, at der såfremt der sættes ind med virkemidler, der fremmer de mest energioptimerede løsninger og udfaser de dårligste, kan elforbruget i husholdninger reduceres til et niveau på 50 % af nutidens forbrug, allerede i 2030.

Elsparefonden vurderer således, at elforbruget i bygninger kan halveres alene ved at udskifte de nuværende apparater med de bedste lavenergiapparater¹¹⁷. Såfremt udskiftningen af apparater sker ved løbende udskiftning, kan det tilmed ske uden ekstraomkostninger.

Elsparefonden initiativer og kampagner har haft en betydelig indflydelse på reduktion af elforbruget, og der bør forsat være fokus på forbrugeroplysning.

For at fremme anvendelsen af de mest energieffektive produkter er det nødvendigt at styrke forbrugeroplysning, forbrugerkampagner og mærkning. Der vurderes, at Elsparefondens midler bør fordobles fra 90 mio. kr./år til 180 mio. kr./år. Klimaplan 2050 anbefaler at alle energispare-aktiviteter samles i en fælles fond, så de forskellige indsatser kan koordineres.

116. SBI rapport 2009.06 Virkemidler til fremme af energibesparelser i bygninger

117. Ingeniørforeningens Energiplan 2030

EU er på vej med en lang række standarder for apparaters maksimale energiforbrug. Indførelse af sådanne krav er formentlig det mest effektive middel til opnåelse af reduktionerne. Danske politikere og EU-parlamentarikere har således en vigtig opgave i arbejdet for, at der i EU regi fastsættes ambitiøse standarder for elforbrugernes apparater.

Integration af vedvarende energi i bygninger

Der kan integreres vedvarende energi i de bygninger, som ikke er tilsluttet fjernvarmesystemet eller som er tilsluttet den del af fjernvarmesystemet, som er baseret på fossile brændsler.

For at fremme anvendelsen af vedvarende energiformer, er der behov for at bygningsreglementet stiller krav om, at alle bygninger uden for fjernvarmesystemet skal have integreret en vis mængde vedvarende energi i forbindelse med renovering. Det langsigtede mål for 2050 bør være at 100 % af energien til disse bygninger skal dækkes af vedvarende energi.

Som supplement til lovgivningskrav kan integration af vedvarende energi øges ved at iværksætte incitamentsordninger svarende til de incitamentsordninger, der iværksættes i forbindelse med energirenovering.

Der bør årligt afsættes 100 mio. kr. til fremme af vedvarende energi i bygninger uden for fjernvarmesystemet.

INTEGRATION AF TERMISK SOLVARME

Termisk solvarme er en simpel teknologi som har været afprøvet gennem mange år, og som er kommet til et udviklingsstadium, der gør løsningerne til standardløsninger. Det er estimeret¹¹⁸, at termisk solvarme

kan producere 4 TWh til dækning af energiforbruget til varmt vand og rumopvarmning, svarende til at der er installeret 6 mio. m² termiske solfangere på bygninger i Danmark.

Halvdelen af dette mål kan nås inden 2020, mens 3/4 af målet kan nås inden 2030, svarende til at der er installeret 4 mio. m² solfangere i 2030. Et anlæg til opvarmning af varmt vand koster ca. 25.000 kr., mens et anlæg til varmt vand og rumopvarmning koster ca. 40.000 kr. Den simple energipris ved termisk solvarme er 0,5 kr./kWh.

ANVENDELSE AF VARMEPUMPER

Varmepumper er ikke vedvarende energi, men en ændring i energiform, hvor varmen produceres ved elektricitet ved en høj virkningsgrad. Der sker en løbende udvikling på området og det er meget sandsynligt at virkningsgraden øges.

Et eksempel på udvikling er udviklingen af en solvarmepumpe, der er udviklet i et samarbejde mellem Danfoss og Sonnenkraft. Solvarmen er primær energiform, som suppleres med en varmepumpe, hvor solenergien anvendes til at øge udnyttelsesgraden i varmepumpen. Solvarmepumpen kan anvendes til opvarmning og varmt vand i boliger.

I energioptimerede bygninger uden for fjernvarmesystemet kan varmepumper og solvarmepumper erstatte traditionelle varmeanlæg, f.eks. oliefyr eller naturgasfyr.

Fordelen ved at anvende varmepumper i eksisterende bygninger er, at fossile brændsler fortrænges af elektricitet, der kan produceres af vedvarende energi.

118. Dansk Solvarme Forening

SAMSPIL MELLEM VEDVARENDE ENERGI I BYGNINGER OG FJERNVARMESYSTEMET

I forbindelse med udbygningen af Fjernvarmesystemet til at dække 70 % af den samlede bygningsmasse er det relevant at overveje, om den vedvarende energi kan integreres i de bygninger der ligger langt fra fjernvarmecentralen. Fordelen ved denne løsning er at energien produceres tæt på hvor den bruges, hvorved et ledningstab, fx om sommeren, minimeres.

Der arbejdes i dag med nogle demonstrationsprojekter hvor vedvarende energi integreres både som store anlæg ved fjernvarmecentralen og i mindre anlæg tættere på bygningerne. Se fig. 18 i afsnittet om energisystemet.

ANVENDELSE AF SOLCELLER I EKSISTERENDE BYGNINGER

Ingeniørforeningens energiplan 2030 identificerede at 2 % af elforbruget i 2030 kan dækkes af bygningsintegrerede solceller til pris på 7500 kr./kW i 2016 og en pris på 3000 kr./kW i 2030.

Klimaplan 2050 forudsætter, at denne udvikling øges frem mod 2050, således at 5 % af elforbruget i bygninger i 2050 dækkes af bygningsintegrerede solceller.

BESKÆFTIGELSE

Antallet af beskæftigede i byggesektoren har i de seneste år været historisk højt og var i andet kvartal 2008 på ca. 177.000 inden for bygge og anlæg. Med en gennemsnitlig årlig investering i byggesektoren på ca. 20 mia. kr. til boligrenovering i perioden 2010-2030, vil investeringerne til boligrenovering stige med 50 % og øge beskæftigelsen i sektoren med ca. 20.000 arbejdspladser/år.

Det er nødvendigt at styrke byggesektorens kompetencer til energirenovering. Derfor er der behov for, at der udvikles vejledninger og uddannelse af byggeriets parter, således at viden om energieffektive løsninger bliver standard. I den forbindelse vil der være behov for at etablerer efteruddannelse og klimaplanen lægger op til, at der i perioden 2010-2020 skal investeres 50 mio. kr. årligt til efteruddannelse af byggeriets parter, samt udvikling af bedre vejledninger og anvisninger i energibesparende byggeri og komponenter.

Dette initiativ vil medvirke til, at den danske byggebranche opnår nogle særlige kompetencer, som også kan anvendes i forhold til eksport af byggematerialer, kompetencer og viden. Værdien af denne øgede eksportmulighed og den samfundsmæssige værdi, er ikke indarbejdet i klimaplanen.

Transport

Resumé:

Transport

Delmål klimaplanen 2050

2015

- Energiforbruget i vejtransporten bliver ca. 0,4 % mere effektivt om året
- Tiltag indenfor transport er igangsat, ellers vil det ikke være muligt at nå mål i 2030 og 2050

2030

- Energiforbruget i transportsektoren reduceret med 21 % i forhold 2008.
- Den samlede biltrafik reduceret 18 %, som følge af fokuseret fysisk planlægning, byfortætning og omlægning af afgiftssystemet.
- 45 % af person- og varebilskørslen omlagt til elektrisk bildrift.
- Halvdelen af væksten i vejgodstrafikken frem til 2030 kan flyttes fra vej til bane og skib.
- 95 % af togtransport kan foregå med elektrisk drevne tog.
- Luftfartens indenrigstrafik reduceret med 95 %.
- Energi-effektivitetsforbedringer i skibsfarten med 40 %.

2050

- Energiforbruget i transportsektoren reduceret med 38 %.
- 80 % af person- og varetrafikken er elektrisk drevet.
- 20 % er drevet af andre alternative brændstoffer (brint, DME el. lign).
- Flytrafikken til destinationer, der kan nås med toget inden for 3 timer, er ophørt.
- Energi-effektivitetsforbedringer i skibsfarten med 60 %.
- Biomasse svarende til 75 PJ i brændværdi bruges i transportsektoren.

VIRKEMIDLER

- Den regionale by- og landsplanlægning skal gennem øget brug af regionsplaner bidrage til begrænsningen af transportens energiforbrug. Nye boligområder centrerer omkring tog- og banestationer og det understøttes, at større boligområder, erhverv og indkøbsmuligheder placeres i samme nærområde. Der gives tilladelse til højere bebyggelsesprocenter omkring station, og yderligere skal afgifts- og skattesystemet også sigte mod at understøtte byfortætning.
- Registreringsafgift omlægges provenuneutralt således, at det yderligere tilskynder til indkøb af mere effektive og sikre biler. Inden for en tiårig periode omlægges registreringsafgifterne til et roadpricingssystem, der understøtter målsætningerne om lave emissioner. Elbilerne bør fortsat have særlige fordele.
- Der bør over de næste 30 år investeres 200 mia. kr. til udbygning af letbaner og metro, samt udbygning og forbedring af jernbanenettet, således at det bliver et reelt alternativ i forhold til at tage bilen.
- Alle danske byer bør gives mulighed for at indføre miljøzoner, der gradvist skærper emissionskravene til køretøjer, der må passere bygrænsen. Slutmålet er, at kun emissionsfrie køretøjer kan komme ind i byerne.
- Trafik og Energiministeriet samt kommunerne bør tage initiativ til at udarbejde en handlingsplan for, hvordan elbiler bedst muligt fremmes.
- Stram regulering af korte flyruter.

Transport

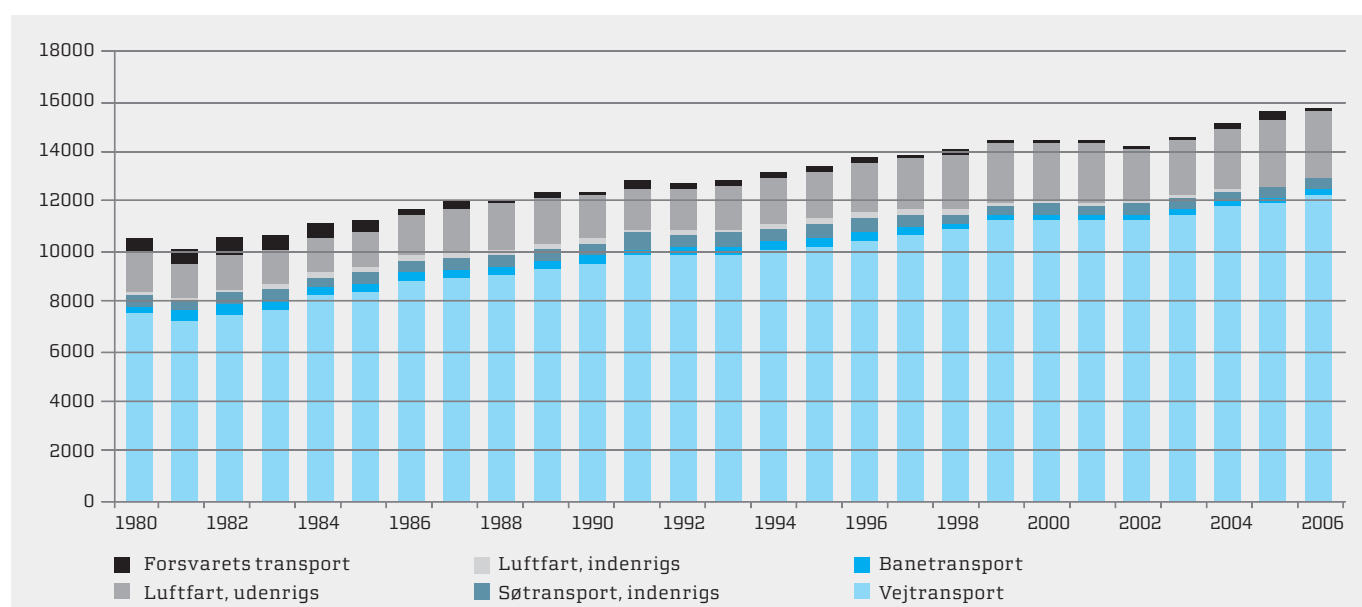
Transporten står for 19 % af de totale danske udledninger af klimagasser og 23 % alene af CO₂ udledningerne¹¹⁹. Transportsektoren er et særdeles vanskeligt område at reducere klimaudledningerne. Dette skyldes flere forhold. Dels er transportarbejdet vokset over de sidste mange år og forventes også at vokse i de kommende år. Dels skal de drivmidler, der skal bruges i trafikken kunne transporteres på en sikker måde og samtidig være energirige. Der er således ikke i dag et realistisk alternativ til fossile brændstoffer, der kan bruges i alle dele af transportarbejdet.

En betydelig reduktion af klimaudledning forudsætter derfor, at samfundet tager alle kendte virkemidler i kraft. Dette omfatter:

- Reduktion af de enkelte transportformers klimaudledninger.
- Overflytning af transportarbejdet til de transportformer, der har de laveste klimaudledninger.
- Fysisk planlægning og byfortætning, der kan reducere transportarbejdet som sådan.

Denne udvikling forudsætter en betydelig teknologisk udvikling frem mod 2030 og 2050. Teknologisk udvikling kommer imidlertid sjældent af sig selv, og det er derfor afgørende at de samfundsmæssige rammebetingelser understøtter den teknologiske udvikling. Et aktuelt eksempel er el-bilen, hvor der ser ud til at være betydelige muligheder for at udvikle brugbare el-bilskoncepter, men hvor denne bestræbelse nødvendigvis må støttes af en passende afgiftsstruktur.

Det skal understreges, at teknologisk udvikling i sig selv ikke er nok. Vi er samtidig nødt til at udvikle andre og smartere måder at omgås vores transportmidler på. Det er således ikke givet, at hver familie skal eje en bil, der så skal bruges til en række forskellige formål. Delebiler og forskellige leje- og leasingkoncepter vil give mulighed for at bruge en type bil til den daglige bolig-arbejdsstedstransport og en anden bil til ferierejser eller større transporter.



Figur 37: Udvikling i transportens CO₂-emissioner fordelt på delsektorer Opgjort i 1.000 tons

119. Danmarks national inventory 2008

En mere gennemført fysisk planlægning, der lægger vægt på, at alle nye boliger og erhvervsområder skal være stationsnære, vil ligeledes være helt afgørende. Bedre integration mellem gang/cykler, biler og offentlig transport vil også have stor betydning.

Byplanlægning – begrænser transportbehovet

Den nuværende dominerende byplanlægning med stadig mere adskilte boligområder, erhvervsområder, indkøbsområder mv. forøger generelt behovet for mobilitet og transport. Dette understøttes desuden af flere af de nuværende skatter og afgifter, fx transportfradraget, den høje afgift på anskaffelse af bil, mens der ingen afgift er på kørte kilometer.

En nødvendig forudsætning for at reducere det daglige persontransportarbejde er, at borgerne i byer og bynære områder har mulighed for at indrette sig således, at især biltransportbehovet begrænses. Det sker bl.a. ved at sikre et varieret udbud af attraktive erhvervs- og indkøbsmuligheder i lokalområdet, gerne i cykelafstand af boligen, samt at der er nem adgang til attraktiv offentlig banetransport – også gerne i cykelafstand.

At reducere det daglige persontransportarbejde kræver yderligere, at borgerne i stigende omfang bor i byer eller bynære områder. At folk flytter fra spredt landbebyggelse til by eller bynære områder giver langt bedre muligheder for betjening med offentlig transport og brug af cykler. Ligeledes bliver afstanden til butikker, skole og fritidsaktiviteter typisk mindre.

Det kræver en langsigtet styring, en række overordnede planlægningsprincipper og planmyndigheder med kompetence og magt til at gennemføre planen. Det er vigtigt, at Miljøministeriet, der efter strukturreformen har fået ansvaret for regionsplanerne, påtager sig denne opgave i samarbejde med regioner og kommuner. Også skatte- og afgiftssystemet skal bidrage til denne udvikling, fx gennem differentierede ejendomsskatter, reduktion eller fjernelse af kørselsfradrag mv.

Væksten i biltrafikken bør stoppes

En omlægning af den danske afgiftsstruktur på personbiler vil være vigtigt med henblik på at reducere biltrafikken.

En mulighed er at omlægge registreringsafgiften til en kilometerafgift, hvor det ikke er indkøbet af bilen men forbruget, der er afgiftsbelagt. Rent teknisk vil en kilometerafgift kunne indføres ved hjælp af et GPS-baseret roadpricing system. Der lægges op til, at en sådan omlægning gennemføres indenfor en 10-årig periode og gennemføres provenuneutralt.

Afskaffes registreringsafgiften fuldstændig og lægges denne ud på en kilometerafgift, vil det svare til, at der indføres en gennemsnitlig afgift på kr. 0,75 pr. km, hvilket vurderes at ville reducere det totale antal kilometer foretaget i personbiler med 15 %¹²⁰. Kilometerafgiften bør samtidig indrettes således, at sikre og energieffektive biler betaler en mindre afgift end store og tunge biler med en dårlig benzinøkonomi. Der bør også kraftigt overvejes, om kørselsfradraget med tiden skal udfases.

Økonomiske virkemidler vil dog formentlig ikke alene kunne dæmpe væksten i privatbilismen.

Der er mange andre grunde end de rent praktiske forbundet med det at eje og benytte bil – fx: Kulturbetingede, vaner og frihedsforfølelsen. Selv ventetiden i køen på motorvejen om morgenen på vej til arbejdet, kan være en kærtkommen fritid (dagens eneste), en god undskyldning for blot at slappe af og høre radio. Det er nødvendigt at forstå disse grunde, hvis man ønsker at påvirke folks transportadfærd. Øget forskning indenfor området vil ligeledes være vigtig.

120. Med en antaget priselasticitet på -0,3 betyder det alt andet lige 15 % færre kilometer foretaget i privatbil. Baseret på vurdering af Per Homann Jespersen, Roskilde Universitetscenter

En udbredelse af delebilskonceptet vil virke dæmpende på privatbilismen, da alle udgifterne forbundet med indkøb og brug af bilen ligger på selve kørslen. I en privatejet bil betales indledningsvis en stor udgift til indkøbet af bilen, hvorefter selve det at køre i bilen er relativt billigt. En udbredelse af delebilskonceptet kan blandt andet støttes ved at give delebiler gratis parkering i byerne, som det allerede er sket i København. Yderligere kan mere fleksible leasing- og lejeaftaler understøtte en mere differentieret brug af biler, hvor det ikke nødvendigvis er den samme bil, der bruges til den daglige pendling som til familieferien.

Bytrafik der baseres på kollektive løsninger og cykler

Såvel hensyn til fremkommelighed i specielt de største byer, som behovet for et reduceret energiforbrug taler for, at der sker en markant omlægning af biltrafikken til kollektive transportformer, og at cyklerne får en mere central rolle i byerne og bynære områder.

Trængselsproblemet omkring de største byer er et selvforstærkende problem, hvor flere og større indfaldsveje ofte øger trængselsproblemerne i byerne, og hvor især den kollektive bustrafik rammes hårdt af øgede trafikbelastninger, hvilket får flere til at skifte til bil. Denne cirkel vil kunne løses ved på forskellig vis at begrænse trafikmængden. Blandt andet ved at indføre trængselsafgifter – i første omgang i København. Roadpricing i hovedstaden vurderes at kunne nedbringe biltrafikken i København med knap 15 %. Det svarer omtrent til trafikken i sommerferieperioden.

En ligeså vigtig forudsætning for at omlægge privattransporten til andre transportformer er, at der skabes attraktive alternativer til privatbilismen, samtidig med, at der skabes forbedrede muligheder for at skifte mellem de forskellige transportformer. Blandt andet vil gode parkeringsforhold (park and ride faciliteter) ved stationer gøre det mere attraktivt at veksle mellem bil og banetransport, når en

rejse foretages. På kortere distancer kan udbygning af stationer med flere adgangsveje samt sikre og hurtige cykelveje kombineret med afgifter for at benytte bilen i byen fordrer en omlægning fra bil til cykel.

En adskillelse af cykelvejene fra den øvrige trafik og en delvis overdækning vil gøre cykeltrafikken hurtig, mere komfortabel og konkurrencedygtig. En større udbredelse af elektriske cykler kan også bidrage til denne udvikling.

Udbygning med moderne letbaner i og omkring de større byer, i København som supplement til Metroen, vil ligeså udgøre et alternativ til bilen i byerne. Samt en udbygning af S-togenes kapacitet. Større kapacitet og udbygningen med letbaner er en effektiv og billig måde at øge fremkommeligheden på.

Også busser spiller en afgørende rolle for overflytningen af biltransport til kollektiv transport. Busserne skal først og fremmest bringe folk fra deres hjem til stationerne, hvor rejsen så kan fortsætte med tog, letbane eller metro. I de områder, hvor der ikke er et udbygget jernbanesystem, kan busserne også fungere som ryggrad i det kollektive transportsystem. Der bør i de kommende år arbejdes videre med udbygning af efterspørgselsstyrede transportsystemer, der integrerer specialkørsel (sygetransporter, skolekørsel mv.) med den almindelige offentlige transport. Det vil styrke den kollektive transports samlede konkurrenceevne. Ligeledes bør busserne i højere grad være i stand til at tage cykler med – dette er især vigtigt for den regionale bustrafik.

SATS MERE PÅ BANEN

Skal jernbanen være et reelt og attraktivt alternativ til den vejbårne transport, vil en omfattende renovering og udbygning være nødvendig. Hvis toget skal være et attraktivt alternativ til bilen skal det kunne tilbyde komfort, hvor transporttiden er kvalitetstid, der kan bruges effektivt til bl.a. arbejde. Der skal være hyppige afgange, koordinerede køreplaner og måske vigtigst: Køreplanerne skal overholdes.

I et VE-energi- og forsyningssikkerhedsperspektiv vil det være vigtigt at store dele af banenettet elektrificeres. Regeringens trafikplan indeholder dette element uden at sætte en præcis tidshorison på. Elektrificeringen kan uden for hovedstrækningerne evt. koncentreres omkring stationerne, hvor togene typisk accelererer og decelererer, og kombineres med hybridtog, hvor batterierne lades op af bremseenergi på de banestykker, der er elektrificeret.

Alle togtyper udrustet med Hybrid-teknologi vil give CO₂ og emissions fordele. I fremtiden vil disse hybridfordele blive endnu vigtigere, for eksempel når lovgivningen yderligere begrænser brugen af forbrændingsmotorer på stationer og i de indre bydele. Ved at anvende hele spektret af hybrid funktioner: Automatisk start-stop funktion, regenerering af bremseenergien, støtte under acceleration (boost), elektriske starter, og last deling forventes et reduceret energiforbrug på op til 30 %. Den største besparelse opnås på strækning med mange start/stop. Endvidere medfører hybridsystemet at fx stationsophold i stor udstrækning kan sker uden start af forbrændingsmotor. Den supplerende systemvægt på grund af ledninger, batteri, og kølesystem er moderate og er opvejes næsten af vægtbesparelser af tilsvarende omfang (ved at gennemføre nedskæringer i forbrændingsmotor, udeladelse af 24 V-batteri, og startforanstaltninger). Hjælpekraft i toget kan – ved anvendelse af passende hybridteknologi – endvidere medføre at forbrændingsmotor kun startes når der er et reelt energiforbrug i toget (Power-on-demand).

Med regeringens trafikplan er der ligeledes lagt op til, at den såkaldte timeplan gennemføres – dvs. at rejsetiden fra København til Odense bliver en time, at rejsetiden fra Odense til Århus bliver en time og at rejsetiden fra Århus til Ålborg bliver en time. Forudsætningen herfor er, at der investeres i nybygningsløsningen København-Ringsted ligesom yderligere infrastruktur skal opgraderes for, at timemodellen kan gennemføres.

Regeringens trafikplan indeholder også en udskiftningen af det eksisterende signalsystem med et nyt,

der er baseret på det fælles europæiske signalsystem ERTMS. Dette vil muliggøre højere hastigheder og større togfølge¹²¹ end det nuværende signalsystem og vil således tillade, at der kan køres egentlig højhastighedstrafik, hvor traceet og sporet tillader det.

Et moderne trafikstyringssystem til jernbanen vil give CO₂ reduktioner via en mulighed for mere ”glidende kørsel” som forhindrer ekstra stop ved signaler fx på grund af forsinkede forankørende tog. mm. Der er stigende international interesse og aktiviteter der kan sikre dette. I nogle lande betegnes det som ECO-controling som bedst kan sammenlignes med det begreb som i vejtrafikken betegnes ITS (Intelligent Trafik Styring)

Af hensyn til konkurrence med flytrafikken vil det være afgørende at Danmark kobler sig på det europæiske højhastighedsnet i form af en ny forbindelse ned over Sjælland til Femern og videre til Tyskland. Da den nye forbindelse København-Ringsted bør indgå i denne forbindelse, bør den også bygges til egentlig højhastighed – gerne 350 km/t. Det vil dog være afgørende for nytten af denne forbindelse, at det tyske net syd for Puttgarden også udbygges og opgraderes betydeligt.

Det vurderes, at der over de næste 30 år skal investeres ca. 200 mia. kr.¹²² for at gennemføre en gennemgribende renovering af det danske banenet og signalsystemer, elektrificering hovednettet, samt udbygning med højhastighedstog, letbaner og udvidet metro i København¹²³. 200 mia. kr. over 25 år er en stor investering, men set i forhold til at trængselsomkostningerne på vejene alene i hovedstadsområdet der beløber sig til næsten 5,7 mia. kr. årligt, og set i forhold til, at investeringen bidrager til at løse en række energimæssige problemer, er den samfundsøkonomisk god.

121. Højere frekvens eller bedre regularitet

122. Dette beløb blev også fremhævet i Energiplan 2030, siden har regeringen lanceret den grønne investeringsplan, men her i er det udelukkende signalprojektet der er pris og tidsfastsat, så derfor er der endnu behov for de store investeringer på området.

123. Baseret på vurdering af Professor Otto Anker Nielsen, DTU.

Dette vil kunne skabe et reelt og attraktivt alternativ til privatbilismen, og det forventes, at en sådan udbygning vil kunne håndtere en fordobling af bane-transportens andel af persontransportarbejdet på bekostning af privatbilismen¹²⁴. Ligesom store dele af den indenlandske flytrafik vil overgå til bane. Kobles det kommende danske højhastighedsnet med svenske og tyske højhastighedsnet, viser erfaringen fra udbygning med højhastighedstog andre steder, at toget vil kunne konkurrere med fly indenfor en distance a la Stockholm og Berlin. Det kan desuden overvejes, at nedsætte priserne på den kollektive transport med henblik på at gøre denne mere attraktiv.

En udbygning med højhastighedsbaner vil samtidig skabe langt bedre vilkår for godstrafikken i og med, at der anlægges helt nye baneanlæg til højhastighedstog. Hermed frigøres andre spor til godstransport, hvis drift ikke længere forstyrrer de hurtigkørende tog, og det bliver muligt at afvikle godstransport med en højere frekvens og hastighed, end tilfældet er i dag, hvilket er helt afgørende for erhvervslivets interesse i at omlægge godstransport til bane. Det vil samtidig være vigtigt, at der udbygges med effektive systemer til omladning mellem bane og lastbil, så varerne nemt og hurtigt kan overgå fra bane til lastbil og vice versa.

Som incitament til at omlægge en del af godstransporten fra vej til bane bør Danmark i lighed med den tyske MAUT¹²⁵ indføre en afgift på godstransport på vej. Sker dette samtidig med den foreslåede udbygning vil man i lighed med privattransporten også kunne forvente en fordobling af andelen af gods på bane i forhold til vej.

PRIVATBILENS ENERGIEFFEKTIVITET SKAL FORBEDRES – ELBILEN HAR MEDVIND

Eksplodingsmotoren er i dag den totalt dominerende teknologi indenfor vejtransporten. Der eksisterer i dag gode muligheder for at øge energieffektiviteten af denne, men set i det lange udviklingsperspektiv må det også konstateres, at der kun er sket en mindre effektivitetsforbedring af eksplodingsmotoren de sidste mange årtier.

I dag ligger den gennemsnitlige CO₂-udledning på 200 g CO₂ per km, men der findes en række biler på markedet, der har væsentligt lavere CO₂ udslip og som omkostningsneutralt kan fremmes ved en kombination af ændrede registreringsafgifter og yderligere skærpelse af den grønne ejeravgift. En ny afgiftsstruktur bør således yderligere favoriserer energieffektive og sikre biler. EU-kommissionen arbejder for at bringe nye bilers CO₂ udledning ned på 100 g per km i 2020. Danmark bør arbejde for, at EU stiller endnu strammere krav til bilproducenter om energieffektivitet og dermed CO₂ udledning.

Brændselscellebaserede biler, hybridbiler og elbiler er alle alternativer, som lover en markant højere effektivitet end traditionelle biler. Af de tre teknologier vurderes det, at hybrid- og elbilen er de to biler der først får deres markedsmæssige gennembrud. Hybridbilen, der kombinerer eksplodingsmotoren og elmotoren, sælges allerede i en række modeller, og udviklingen indenfor batteriteknologi gør, at der må næres betydelige forhåbninger til såvel hybridbilen og elbilen.

Teknologisk udgør hybridbilerne en glimrende overgangsplatform til udvikling af brændselscellebiler og rene elbiler med batterier. Den brændselscellebaserede bil får formentlig først sit gennembrud nogle år ude i fremtiden. Teknologisk kan der i dag udvikles brændselscellebaserede biler på PEM (Polymer Electrolyte Membrane) teknologien med brint som energibærer, men økonomisk er bilerne langt fra rentable. I Klimaplanen er det målet at 20 % af person- og varetransporten kører på brint/DME eller lignende i 2050.

124. Baseret på vurdering af Adjunkt, Alex Landex, DTU.

125. MAUT, betegner den afgift der pålægges køretøjer i Tyskland, Østrig og Schweiz. I disse lande skal alle køretøjer over 3,5 tons betale en ekstra afgift for at benytte motorvejene og nogle landeveje

Den største barriere for elbilernes udbredelse har altid været batterierne. Men de sidste 10 år er udviklingen gået stærkt, og batterierne har efterhånden tilfredsstillende tekniske egenskaber, og der udvikles til stadighed nye billigere batteriteknologier. De bedste litium-polymer batterier har i dag en energitæthed på 0,2 kWh/kg og en opladningstid på mindre end en time. Med elbilernes høje effektivitet (70-80 %) og et ca. forbrug på 0,2 kWh/km for en bil til 4 personer + bagage og en tophastighed på over 100 km/h, giver det en aktionsradius på en fuld opladning på 2-300 km med et batteri på 40-50 kWh og en vægt på 2-300 kg. Til sammenligning vil en bil med eksplosionsmotor bruge 0,5-0,6 kWh/km¹²⁶.

Elbilens effektivitet er således 2-3 gange bedre end eksplosionsmotoren. Da 70 % af elproduktionen i Klimaplanen 2050 er baseret på vindmøller, vil elbiler være yderst fordelagtige set i såvel et forsyningsperspektiv, som i forhold til reduktioner i CO₂-udslippet.

Elbilernes batterier vil i tilgift kunne bidrage væsentligt til en øget fleksibilitet i elsystemet, når de er tilsluttet elsystemet – en fleksibilitet som er nødvendig i forbindelse med høj andel fluktuerende vedvarende energi i systemet. Bilernes intelligente ladesystemer køber strøm fra nettet når der er produktionsoverskud i elsystemet, og strømmen derfor er billig, og sælger strøm til nettet når der er produktionsknaphed, og strømmen derfor er dyr. Elbiler i kombination med vindkraft vil således kunne tilbyde en bæredygtig energiløsning for en del af transportarbejdet. Dette ligger til grund for flere projekter, DONG er i gang med.

Det vurderes, at elbilen i løbet af de næste 10 år kan blive en attraktiv mulighed til visse transportopgaver og på længere sigt kan bidrage væsentligt til det samlede transportarbejde. På længere sigt og efter produktmodning og masseproduktion forventes elbilen at koste det samme som en bil med en eksplosionsmotor, og effektiviteten kan komme op på 90 %. I IDAs Klimaplan 2050 er der overflyttet 45 % af person- og

varebilskørslen til elektrisk bildrift i 2030 og i 2050 er 80 % af person- og varetrafikken elektrisk drevet.

Specielt i byer vil elbiler være yderst attraktive, hvor de vil bidrage til en reduktion af partikelforureningen. Da elbilerne på grund af den trods alt begrænsede radius er bedst egnede til kortere ture, vil det være oplagt at understøtte udbredelsen af elbiler i bynære miljøer. Med henblik på at forbedre bymiljøet har kommunerne en vigtig opgave i forbindelse med elbilernes udbredelse. Kommunerne og Transportministeriet opfordres derfor til at tage initiativ til at udarbejde en handlingsplan for, hvordan elbilernes bedst muligt fremmes.

Miljøzoner i byerne, hvor kun emissionsfrie biler må køre, kunne således på lidt længere sigt være en mulighed. For at kick-starte udviklingen, vil det være givtigt at der indenfor kort tid gennemføres et pilotprojekt i et afgrænset område, med begrænset distancebehov og med overskudsstrøm (fx Samsø).

Der er gode muligheder for at Intelligente Trafiksystemer (ITS) kan bidrage til en effektivisering af trafikken helt generelt. Fx ved at levere konstant opdaterede oplysninger til borgere om trafikens tilstand, muligheder for skift mellem kollektive transportmidler, samt ved at understøtte en bedre trafikregulering, der vil kunne sikre en mere jævn hastighed i byerne, og derved minimere forurenende og energiforbrugende tomgangskørsel i byerne. ITS indgår ikke med et selvstændigt bidrag i Klimaplan 2050, men bidrager til den begrænsning af det overordnede transportarbejde og overflytningen mellem forskellige transportformer.

Stop væksten i luftfarten

Udviklingen i luftfartens påvirkning af klimaet er i stor grad afhængig af den internationale udvikling. Luftfart er derfor et område, der er vanskelig at regulere på nationalt plan. I nedenstående forventes således, at udviklingen i dansk luftfart vil ske i tråd med den internationale udvikling. Dog forventes en regional regulering af korte ruter, der nemt kan gennemføres med tog.

126. Per Jørgensen Møller, formand for Dansk Elbil Komite.

Luftfarten påvirker det globale klima med andet end CO₂, dvs. NO_x, H₂O, SO_x, sod og kondenssskyer. Den nyeste assessment-rapport fra IPCC¹²⁷ har beregnet, at luftfartens klimapåvirkning er 1,2 til 2,7 gange større end selve udledningen af CO₂ fra luftfart som helhed¹²⁸. Et "bedste bud" gives ikke¹²⁹. Korte ruter, fx dansk indenrigs, hvor maskinerne ikke kommer så højt op som på de lange ruter, vil – alt andet lige – påvirke klimaet mindre pr. udledt CO₂ end gennemsnittet. Omvendt vil lange ruter – med en gennemsnitsbetragtning – påvirke klimaet mere pr. udledt CO₂ end gennemsnittet. Erstattes flere korte ruter i fremtiden med fx tog, vil andelen af lange ruter stige, og den resulterende multiplikationsfaktor vil blive større.

	Indenrigs	Udenrigs	I alt
Tons CO ₂	175 000	2 701 000	2 876 000
Tons CO ₂ -ækv.	350 000	5 403 000	5 753 000

Tabel 12: Udledning af CO₂ og samlede klimapåvirkning fra dansk luftfart i 2007 (multiplikationsfaktor 2)

Brændstofeffektivisering af luftfartens trafikarbejde kan deles op i to områder: Dels *trafikstyring og operationelle forbedringer*. Det vil sige koordinering og kontrol af luftrummet, fjernelse af overflødig vægt, optimering af flyenes hastighed, mindre brug af hjælpegeneratoren, når flyet er på landjorden, bedre kabinefaktor og udnyttelse af lastpotentialet osv. Dels *tekniske forbedringer af flyene*. Den gennemsnitlige brændstoføkonomi forbedres, når nye mere effektive fly bliver sat ind. Forbedringer af nye fly sker fx gennem forbedringer af motorerne og aerodynamiske (airframe) forbedringer.

Effektiviteten af nye flytyper bestemmes frem til 2020 med udgangspunkt i producenternes egne specifikationer af fly på tegnebrættet. Fx forventes Airbus A350 og Boeing B787 at være 20 procent mere effektive end deres nærmeste forgængere fra starten af dette årti. Airbus A380 vil være 12 procent mere effektiv end Boeing 747-400¹³⁰. Mindre jetfly forventes også at blive mere effektive end deres nærmeste forgængere.

Udvikling af og udskiftning til nye flytyper tager lang tid. Det er sandsynligt, at flytyper, der ikke på nuværende tidspunkt er på tegnebrættet, vil blive introduceret før 2030. Den europæiske flyproducentbranche har som mål, at nye fly skal være 50 % mere energieffektive i 2020 set i forhold til 2000¹³¹. Tabel 13 viser de forventede brændstofforbedringer af den samlede flyflåde, der giver en samlet effektivitetsforbedring på 30 procent mellem 2005 og 2030.

År	Årlige gennemsnitlige forbedringer i brændstofeffektivitet	
	DfT 2007	IPCC 1999
2005-2010	0,8 %	1,30 %
2010-2020	1,6 %	1,00 %
2020-2030	0,6 %	0,50 %
2005-2010	0,8 %	1,30 %
2005-2030	1,0 %	0,90 %
Samlet 2005-2030	29,7 %	33,00 %

Tabel 13: Årlige gennemsnitlige brændstofforbedringer frem til 2030. Kilde: DfT's rapport¹³²

127. IPCC Fourth Assessment Report, Working Group I Report "The Physical Science Basis", kapitel 2.6

128. Denne værdi tager udgangspunkt i Radiative Forcing Index (RFI). Assesment-rapporten beregner også Emission Weighing Factor (EWT) til mellem 1,2 og 2,7. EWT har en indbygget forsinkelse, hvorfor RFI er en mere relevant matrix for klimapolitiske beslutninger, der omhandler de kommende årtier.

129. I IDAs klimaplan 2050 bruges multiplikations faktoren 2

130. UK Air Passenger Demand and CO₂ Forecasts, november 2007, <http://www.dft.gov.uk/pgr/aviation/atf/ukairdemandandco2forecasts/airpassdemandfullreport.pdf>

131. 2008 Addendum to the Strategic Research Agenda, Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE), http://www.acare4europe.com/docs/ACARE_2008_Addendum.pdf

132. UK Air Passenger Demand and CO₂ Forecasts, november 2007,

Projektioner af brændstofeffektivitet, der specifikt handler om post-2030, er ikke umiddelbart tilgængelige. IPCC vurderer, at effektiviteten vil forbedres med 0,5 % p.a. efter 2021 og DfT regner med en effektivitetsforbedring på 0,75 %. Flådens effektivisering vil forbedres med 15,3 % mellem 2030 til 2050 med udgangspunkt i DfT's prognose.

TEKNOLOGIER BAG EFFEKTIVITETS-FORBEDRINGER

Der findes en lang række mulige forbedringer af brændstofeffektiviteten ifm. luftfart. Et eksempel er propel-fly (turbofan). Disse fly bruger væsentligt mindre brændstof end jetfly. Dog er de langsommere pga. begrænsning i hastigheden af propelspidserne og meget støjende.

Den tekniske udfordring med at udvikle og fremstille alternative brændstoffer, der er egnet til fly, er stor. Det er ikke simpelt at afgøre, om konventionelt jetbenzin er bedre end et alternativ. Noget af det der bør undersøges, er livscyklusen for emissioner af CO₂, NO_x, CH₄, CO, SO_x, UHC, sod osv. Desuden skal disse stoffers klimaeffekt i forbindelse med luftfart indtages, fx om kondenssskyer inkl. cirruskyer bliver kraftigere¹³³. Klimaeffekten fra fly, der benytter alternative brændstoffer som drivmiddel, vil således bl.a. afhænge af, hvor dygtig man bliver til at designe de alternative brændstoffer. Lykkes det ikke at designe et alternativt flybrændstof, der er bedre end fossilt flybrændstof, vil det muligvis være bedre at bruge biobrændstoffet andre steder end i fly.

MED TOG FRA KØBENHAVN TIL ÅRHUS

I 2030 kan man forvente tydelige, ubehagelige tegn på klimaforandringer. Der vil derfor være øget international politisk interesse for at standse væksten i luftfarten. Og muligvis især i luftfarten, da klimaef-

fekten fra luftfart er kraftig på kort sigt. Det antages derfor, at væksten reduceres til et niveau, der svarer til energieffektiviseringen, således at udledningen af CO₂ holdes konstant.

For indenrigsflyvningen er det relevant at se på muligheden for at overflytte alle passagerer til tog, hvor transporten med tog tager under tre timer. Hvis planen om at det ikke skal tage mere end én time mellem byerne på strækningen København-Odense-Århus-Ålborg gennemføres, vil strækningen København-Ålborg tage tre timer med tog. Man kan også forestille sig, at ruten mellem Hamborg og København samt Århus og Hamborg ville kunne forbedres, så de kan klares på under tre timer i tog. Dertil kommer, at svenskerne ønsker at reducere rejsetiden mellem Stockholm og København til tre timer.

I dag tager toget mellem Århus og København omkring tre timer, alligevel vælger mange at flyve. Her ligger en stor udfordring, for klimaplanen lægger op til, at indenrigsflyvning er reduceret til 5 % af det nuværende niveau i 2030. Det vil realistisk set kræve en stram regulering. Planen forudsætter desuden, at alle flyrejser mellem Danmark og byer som Hamborg og Stockholm bliver erstattet med togrejser fra 2030. Det antages at besparelsen ved at undgå flyruter, når togturen ikke tager mere end tre timer, vil give en CO₂-reduktion på, hvad der svarer til den nuværende nationale udledning.

	Indenrigs	Udenrigs	I alt
2005	350 000	5 403 000	5 753 000
2030	175 000	7 609 000	7 784 000
2050	-	7 259 000	7 259 000

Tabel 14: Klimaeffekt fra Dansk luftfart (Tons CO₂-ækv.)

133. Fly drevet af hydrogen medfører 2,6 gange mere vanddamp, IPCC assessment-rapport, Working Group III Report "Mitigation of Climate Change", kapitel 5.3.3

	Nedre grænse	Konsensus estimat	Øvre grænse	Andel af samlede globale CO ₂ emissioner
Samlede nationale og internationale CO ₂ skibsemissioner *	854 mill. tons	1019 mill. tons	1224 mill. tons	3.3 %
Internationale CO ₂ skibsemissioner **	685 mill. tons	843 mill. tons	1030 mill. tons	2.7 %

Tabel 15: IMO konsensus estimater af skibsfartens samlede CO₂ udslip

* Aktivitetsbaserede tal inklusiv national skibsfart og fiskeri, men ekskl. olie til militære fartøjer

** Aktivitetsbaserede internationale tal eksklusiv national skibsfart bestemt ved salg af olie til national skibsfart samt eksklusiv fiskeri

Skibsfartens CO₂ udledninger

Skibsfartens andel i verdens CO₂ udslip er opgjort i Tabel 15¹³⁴. Af oversigten ses det, at skibsfarten er opdelt i international skibsfart, som foregår mellem to havne i forskellige lande, og national skibsfart, der foregår mellem to havne i samme land. Den internationale skibsfarts CO₂ udslip baserer sig på et estimat af det samlede antal skibssejladser (opdelt i skibstyper og størrelser) kombineret med den internationale statistik over olie anvendt til fremdrift af skibe.

134. I de senere år har der på grund af den voldsomme vækst i den globale skibstransport været usikkerhed om størrelsen af det samlede energiforbrug for skibsfarten på verdensplan. Denne usikkerhed og den øgede fokus på skibes miljøforhold, herunder udslippet af CO₂, medførte at FN's internationale søfartsorganisation IMO i 2007, nedsatte en arbejdsgruppe som bl.a. skulle bestemme det samlede olieforbrug til søtransport og det dermed forbundne CO₂ udslip. Resultater i henholdsvis: BLG 12/INF.10 (28 December 2007), REVISION OF MARPOL ANNEX VI AND THE NO_x TECHNICAL CODE, Input from the four subgroups and individual experts to the final report of the Informal Cross Government/Industry Scientific Group of Experts og MEPC 58/INF.6 (1 September 2008): Prevention of Air Pollution from Ships. Updated 2000 Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships. Nærværende redegørelse støtter sig i høj grad IMO's seneste rapport samt på en analyse af de tiltag som for tiden sker på verdensplan for at forbedre skibenes energieffektivitet og dermed for at reducere deres CO₂ udslip.

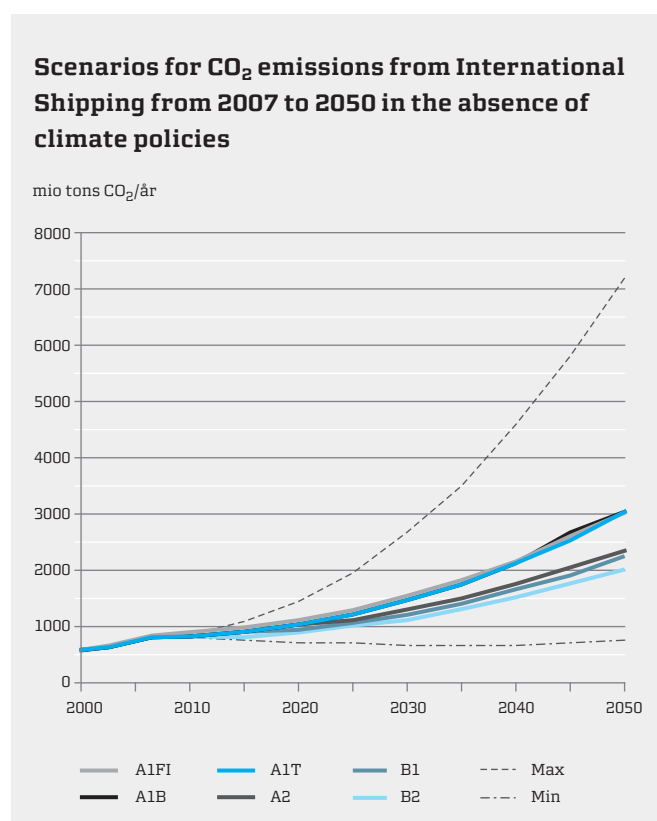
udsætninger for den fortsatte globale vækst har IMO estimeret CO₂ udslippet i henholdsvis 2020 og 2050 på baggrund af IPCC scenarier for fremtidens klima.

I Figur 38 er vist en beregning af det samlede CO₂ udslip for de beskrevne scenarier suppleret med et absolut minimumsscenario samt et maksimumsscenario, hvor sidstnævnte er baseret på "business as usual" og ingen brug af energieffektiviseringer, idet lave energipriser er antaget for dette scenario, hvilket må betegnes at være urealistisk. Ingen af fremskrivningerne udviser nogen signifikant reduktion af CO₂ udslippet frem mod 2050, hvilket blandt andet skyldes, at udviklingen drives af en forventet vækst i den internationale handel, som medfører en øget transport af såvel færdige produkter som råvarer.

I de foretagne fremskrivninger er der benyttet traditionelle antagelser om sammenhæng mellem økonomisk vækst og transport, men der er også taget hensyn til regionale forskydninger i transportmønstrene samt opkomst af nye transportkorridorer. Vækst i transportmønstret vil også medføre behov for større skibe og energieffektiviteten stiger med voksende skibsstørrelse. Også sådanne forhold er medregnet i IMO's forudsigelser.

FREMTIDENS GRØNNE SKIBSFART

Hvis oliepriserne stiger vil den økonomisk optimale fart falde, da energiforbruget er stærkt afhængigt af farten¹³⁵. Med lavere fart skal der selvfølgelig benyttes flere skibe til at opretholde samme flow af varer, men selvom der korrigeres herfor, vil en fartnedsættelse reducere CO₂ udslippet pr. transportenhed, men en række økonomiske beregninger vil stadig danne grundlag for bestemmelsen af fartnedsættelsen.



Figur 38: CO₂ udslip for international skibsfart estimeret for forskellige IPCC udviklingsscenarier [2]

Tekniske tiltag vil kunne forbedre skibenes energieffektivitet i de kommende år, og incitamentet hertil vil bl.a. være energipriserne, men også spørgsmålet, om der kommer en lovgivning, der vil lægge pres på den teknologiske udvikling mod mere energieffektive ski-

be, vil få en afgørende indflydelse. I FN's søfartsorganisation arbejdes der på højtryk for at få fastlagt krav, om at skibe fremover kun må udlede en vis mængde CO₂ pr. transportenhed. Denne grænseværdi, som allerede har fået navnet *Energi Effektivitets Design Index* (EEDI) er kun tiltænkt nye skibe, hvorfor det har fået dets navn.

I Tabel 16 er vist en oversigt over mulige forbedringer indenfor de kommende år, vurderet ud fra den viden vi i dag besidder indenfor moderne skibsteknologi. De viste teknologiske forbedringer er antaget benyttet i de beskrevne udviklingsscenarier bortset fra scenariet baseret på "business as usual" antagelsen.

Teknisk løsning for at reducere energiforbruget	Besparelses-potentiale i pct.
Bedre udnyttelse af spildvarmen fra fremdrivningsmaskineriet (WHR = Waste Heat Recovery)	5 – 10
Optimering af air condition- og pumpe-systemer	1 – 3
Forbedrede skrogmalingstyper	5 – 8
Øget optimering af skrogform ved hjælp af CFD (computational fluid dynamics)	2 – 5
Anvendelse af Kappel propeller	3 – 5
Anvendelse af kontraroterende propeller	5 – 10
Forlængelse af skibets agterspejl ("duck tail")	1 – 3
Brug af "fuel saving devices" (kontravredet rør, "Costa bulb", lokale finner foran propelleren)	2 – 4
Trimoptimering	2 – 10

Tabel 16: Oversigt over mulige tekniske tiltag der kan mindske et skibs energiforbrug i forhold til "standard-løsning – business as usual"

135. Se nærmere forklaring i Fagligt notat om skibsfart

Hvis man samlet set via tekniske tiltag i de kommende 20 år kan forbedre effektiviteten med ca. 30 % vil den samlede gennemsnitlige (ældre tonnage tages i betragtning) forbedring af verdenshandelsflådens energieffektivitet være 25 % i 2030 og ca. 40 % effektivitetsforbedring i 2050 i forhold til i dag. Tages også operationelle tiltag i brug hvor bl.a. en generel fartreduktion er en af mulighederne, kan disse tiltag formentlig give 15 % ekstra i 2030 og yderligere 5 % procent fra 2030 til 2050, så den samlede effektivitetsforbedringer (teknik + operation) bliver i alt 40 % og 60 % i henholdsvis 2030 og 2050.

Overordnet vil skibsfartens samlede CO₂-udledning dog ikke kun afhænge af forbedringerne i energieffektiviseringen, men også af udviklingen i verdenshandelen.

Klimatilpasning

Resumé:

Klimatilpasning

IDAs Klimaplan 2050 behandler klimatilpasning relativt overordnet. En samlet vurdering af behovet for og de nødvendige tiltag samt prisen for dette har det ikke været muligt at lave her. Derfor er IDAs Klimaplan 2050 på klimatilpasning ikke brudt ned på delmål som det er tilfældet med de andre områder, der behandles i planen.

Klimaplan 2050

- De administrative rammer for en robust klimatilpasning er på plads. Danmark har en national klimatilpasningsstrategi, der giver pejlemærker, retningslinjer og indsatsområder for alle de relevante aktører. Her er fordelingen af byrder i samfundet præciseret og ansvarsfordelingen afklaret mellem kommuner, stat og borger.
- En sammenhængende national planlægning for kystudviklingen er gennemført.
- Klimatilpasningen er forankret i kommunerne, da dette giver den bedste mulighed for udvikling af tværfaglige og bæredygtige løsninger ud fra nationale pejlemærker.
- Klimatilpasningsløsninger er bæredygtighedsvurderet og det sikres, at de ikke fører til øgede udledninger af drivhusgasser.
- Danskerne har en generel erkendelse af klimaforandringerne betydning for Danmark og deres eget ansvar.
- Danmark er ledende på markedet for teknologier og viden omkring klimatilpasningsløsninger.

VIRKEMIDLER

Den nuværende danske klimatilpasningsstrategi er en ad hoc strategi. Det anbefales, at regeringen snarest evaluerer, om kommuner, forsyningsvirksomheder, borgere og andre centrale aktører faktisk er bevidste om deres ansvar i den danske klimatilpasning.

- Danmark bør igangsætte systematisk monitorering af tiltag indenfor klimatilpasning.
- Kommunerne/forsyninger bør motiveres til at starte processen vedrørende klimatilpasning fx ved at det obligatorisk indgår i kommuneplanlægningen.
- Der bør gennemføres en sammenhængende national planlægning for kystudviklingen. Dette kræver et brud med den bestående regulering af området, hvor det er den enkelte berørte lodsejer, der er ansvarlig for kystsikringen.
- Danmark bør udnytte og udvikle eksportpotentialet omkring klimatilpasningsløsninger. For at dette kan udnyttes, er det vigtigt at der skabes rammebetingelser for, at viden og erfaringer inden for klimatilpasning kan omsættes til ydelser, der kan eksporteres til resten af verden.

KONSEKVENSI FORHOLD TIL CO₂ UDLEDNINGER

For at få de samfundsmæssigt bedste løsninger, skal der lægges vægt på bæredygtige løsninger, der sikrer at klimatilpasningstiltag ikke fører til øgede udledninger af drivhusgasser og dermed har en negativ påvirkning af balancen.

Klimatilpasning

Det primære formål med at inddrage klimatilpasning i IDAs Klimaplan 2050 har været at få et overblik over behovet for klimatilpasning samt en vurdering af de tekniske og samfundsmæssige bedste tiltag på området.

Det har ikke været muligt at få indarbejdet et omkostningsperspektiv på klimatilpasningen. Et sådant perspektiv kunne have været brugt til at sammenligne omkostningerne ved at forebygge. Men da dette desuden kræver en nærmere diskussion af hvad vi kan forvente af resten af verden, har det desværre ikke været muligt i denne omgang. Derfor er IDAs Klimaplan 2050 på klimatilpasning heller ikke brudt ned på delmål, som det er tilfældet med de andre områder, der behandles i planen.

På baggrund af arbejdet med Klimaplan 2050 vurderes det at de største udfordringer for Danmark i forhold til klimatilpasning er at få de administrative rammer på plads. De tekniske redskaber er til rådighed, men der mangler blandt andet klarhed omkring ansvarsfordelingen mellem borger, kommune og stat. Hvem skal betale de ekstra udgifter forbundet med klimatilpasning – staten, kommunerne eller private?

Vidensdeling er centralt og regeringen har taget initiativ til at viden om klimatilpasning samles på www.klimatilpasning.dk. Det er meget vigtigt, at denne vidensbank bliver brugt aktivt af de involverede parter.

KLIMAFORANDRINGERNES EFFEKT

Jordens klima ændrer sig og forskning på området viser, at det kan forventes, at klimaforandringerne vil tage til i styrke mange år frem, uanset hvad vi gør for at nedbringe udledningen af CO₂ og andre drivhusgasser.

I Danmark kan vi inden for de næste 20 år forvente længere tørke perioder, kraftigere og flere ekstreme regnskyl, kraftigere storme og til en vis grad højere havvandstand. Denne udvikling vil, uanset om det lykkes at nedsætte udledninger af drivhusgasser, fortsætte til det næste århundrede skifte.

De mere konkrete vurderinger af konsekvenserne for Danmark vurderes på baggrund af scenarier. Den danske klimastrategi tager sit udgangspunkt i A2 og B2 fra IPCC¹³⁶ og et scenarie, der arbejder ud fra EU's 2 graders målsætning modelleret efter danske forhold (→ se Tabel 17). På baggrund af scenarierne tages så fat på konsekvenser for de enkelte sektorer og områder.

I 2007 blev der gennemført et dansk udredningsprojekt om klimaændringernes effekt på ferskvandressourcerne. Rapporten bygger på scenarierne A2 og B2 fra IPCC. Konklusionerne fra rapporten¹³⁷ var følgende: For begge scenarier sker en markant forøgelse i gennemsnitlig årlig nedbør. Det drejer sig om 12 % i A2 og 20 % i B2-scenariet. Den øgede nedbør giver stigning i grundvandsspejlet ligesom vandføring i vandløb også vil stige. Samtidig vil sæsonvariationerne stige, så der forventes en reduceret vandføring i sensommeren. B2-scenariet giver den største årlige vandføring, mens A2-scenariet giver de tørreste sommerperioder. Der forventes en stigning i havniveau på ca. 1 meter, hvilket bl.a. vil få konsekvenser for kystsikring og de kystnære grundvandsmagasiner helt op til 10 km. ind i landet. Tilsvarende har andre områder vurderinger af konsekvenserne på deres områder¹³⁸.

136. Scenarierne er beskrevet på IPCCs hjemmeside www.ipcc.ch

137. DANVA (Dansk Vand- og Spildevandsforening) og Københavns Energi har i 2007 gennemført et udredningsprojekt om klimaændringernes effekt på ferskvandressourcerne i Danmark.

138. Se fx www.klimatilpasning.dk

Scenario	A2		B2		EU2C	
Year	2006-2035	2071-2100	2006-2035	2071-2100	2006-2035	2071-2100
Winter temperature	+0.6 °C	+3.1 °C	+0.7 °C	+2.1 °C	+1.0 °C	+2.0 °C
Summer temperature	+0.5 °C	+2.8 °C	+0.6 °C	+2.0 °C	+0.7 °C	+1.3 °C
Winter precipitation	+8 %	+43 %	+6 %	+18 %	0 %	+1 %
Summer precipitation	-3 %	-15 %	-2 %	-7 %	-2 %	-3 %
Maximum daily precipitation	+4 %	+21 %	+5 %	+20 %	+11 %	+22 %
Max. storm strength	+2 %	+10 %	0 %	+1 %	+1 %	+1 %

Tabel 17: Beregnet dansk klimaændring i forhold til perioden 1961-90 for IPCC's A2 og B2 scenarier, samt EU2C svarende til at den globale middeltemperatur ikke stiger mere end 2 °C (Kilde: DMI).

Den traditionelle opfattelse af naturfredning kan være en barriere for håndtering af klimaændringer. Naturen er ikke statisk. Vi er derfor nødt til at acceptere, at naturen hele tiden ændrer sig. Det vigtige er, at vi har en aktiv holdning til, hvordan vi ønsker, at naturen skal udvikle sig indenfor de rammer, som klimaændringerne sætter. Herunder skal vi helt konkret tage stilling til, hvordan vi vil håndtere ændringerne i den tilgængelige vandressource. Det indebærer en afvejning af hensyn til vandforsyning, vandløb, vådområder og søer, risiko for oversvømmelse af bebyggede områder osv.

KLIMATILPASNINGSSINDSATSEN I DANMARK

En væsentlig del af klimatilpasningen har sit udgangspunkt i kommunerne, men der findes ingen samlet vurdering af status på klimatilpasningen i Danmark. For at få et billede af klimatilpasningsindsatsen i Danmark spurgte IDA 400 medlemmer, som til daglig arbejder med klimatilpasning, hvordan de ser på klimatilpasningsindsatsen i dag.

Blandt de adspurgte mener 15 %, at befolkningen har tilstrækkelig opmærksomhed omkring klimaforandringer, mens 17 % synes, at politikerne har den fornødne fokus på konsekvenser af klimaforandringer (→ se Tabel 18). I forhold til viden om klimatilpasning mener 17 % af IDAs fageksperter, at der er tilstrækkelig viden om konsekvenserne af klimaforandringer, mens der kun er 8 %, som mener, at der er tilstrækkelig viden om de økonomiske konsekvenser. 76 % peger på at det er helt afgørende, at der er en øget statslig koordinering af det danske klimaarbejde.

I den forstand ser det ud til at være god timing, at regeringen i marts 2008 lancerede en strategi for tilpasning af klimaforandringer¹³⁹. Imidlertid er der kun 3 % af eksperterne, der mener, at strategien gør Danmark godt rustet til at tilpasse sig fremtidens udfordringer. Yderligere 28 % synes i nogen grad at regeringens strategi rustar Danmark til de kommende klimaforandringer.

¹³⁹. Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark, Regeringen, marts 2008.

Den danske klimatilpasningsstrategi er en ad hoc strategi. Det vil sige, at relevante aktører skal handle, når de finder det nødvendigt. Fagfolkenes vurderinger tyder ikke på, at de væsentlige aktører i den danske klimatilpasning er parate til en sådan tilgang. Derfor anbefales det, at regeringen snarest evaluerer, om kommuner, forsyningsvirksomheder, borgere og andre centrale aktører faktisk er bevidste om deres ansvar i den danske klimatilpasning, samt at regeringen igangsætter systematisk monitorering af området.

Spildevand – en udfordring både nu og i fremtiden

Klimaændringerne vil have en række konsekvenser for spildevandsområdet¹⁴⁰. De ekstreme regnskyl giver et stærkt pres på afløbssystemet. Det betyder at kældre og lavt liggende områder oversvømmes med spildevand. Flere oversvømmelser med spildevand giver dårligere vandkvalitet i åer, søer og deraf følgende også dårligere badevandskvalitet. Oversvømmede kældre er dårligt for huse i almindelighed og har betydning for huspriser samt muligheden for at forsikre sit hus på sigt.

	I høj grad/ i meget høj grad	I nogen grad	I ringe grad/ slet ikke	Ved ikke	I alt
Der er tilstrækkelig opmærksomhed i befolkningen omkring konsekvenser af klimaforandringerne for Danmark	15 %	44 %	42 %	0 %	100 %
Der er tilstrækkelig opmærksomhed blandt politikere omkring konsekvenser af klimaforandringerne for Danmark	17 %	42 %	41 %	0 %	100 %
Der er tilstrækkelig opmærksomhed i medierne omkring konsekvenser af klimaforandringerne for Danmark	26 %	51 %	23 %	0 %	100 %
Vi har i Danmark tilstrækkelig viden om konsekvenserne af klimaforandringerne	17 %	37 %	46 %	1 %	100 %
Vi har i Danmark tilstrækkelig viden om de økonomiske omkostninger ved klimatilpasning	8 %	24 %	68 %	1 %	100 %
Regeringens strategi for tilpasning til klimaændringer gør Danmark godt rustet til at tilpasse sig fremtidens udfordringer	3 %	28 %	65 %	4 %	100 %
Der er brug for en øget statslig koordinering af det danske klimatilpasningsarbejde	76 %	15 %	6 %	4 %	100 %

Tabel 18: I hvor høj grad er du enig i følgende udsagn om klimaforandringerne

140. Spildevand omfatter både afløbssystem og renseanlæg. Afløbssystemet i Danmark består både af fællessystemer (regnvand og spildevand transporteres i samme system) og separatsystemer (regnvand og spildevand transporteres i hver sit system).

En generelt højere vandstand fører til oversvømmelser af fx tekniske anlæg, så som renseanlæg, pumpestationer og ledninger. Den betyder desuden, at det er sværere at komme af med spildevand, dermed bliver også de mindre kraftige regnskyl sværere at håndtere. Derudover vil temperatur-ændringer medvirke til, at proceshastigheder øges og at sammensætningen i spildevandet ændres.

SAMLET LØSNING PÅ VANDOMRÅDET

Løsningen ligger i en helhedsorienteret tilgang til vandområdet i kommunerne. Det skal integreres med tiltag fra fx: Vandrammedirektivet, Badevandsdirektivet, Oversvømmelsesdirektivet, generelt serviceniveau og renovering af spildevandssystemerne.

En mulig proces på en tilpasning, der ser på et samlet perspektiv på vandområdet er vist i Figur 39.

BARRIERER FOR TILPASNING

Løsningerne inden for spildevandsområdet har en række barrierer for tilpasning i praksis. Der findes fx ikke et statsligt udspil fra regeringen, der tydeliggør forventninger til kommunerne og forsyningsvirksomheder. Dermed er det ikke tydeligt hvordan økonomien omkring klimatilpasning skal operationaliseres, ej heller hvem der har hvilke ansvarsområder.

Klimatilpasning af spildevandssystemer hænger meget sammen med andre områder i kommunerne fx: Aktiviteter i kommunernes myndighedsafdeling vedrørende de kommende vandplaner, aktiviteter i byplansafdelingen vedrørende byggemodning og udstykninger, aktiviteter vedrørende kommunens beredskab mv. Spildevandsområdet spiller sammen med stort set alle andre aktiviteter i kommunerne, da vandaflledning er essentiel for kommunens planlægning og infrastruktur generelt.

En helhedsorienteret tilgang til spildevandsløsninger kræver desuden et tværfagligt samarbejde i kommunerne og kommuner imellem. Her ligger også en del udfordringer for de fleste kommuner.

Overblik – status

- Skab et overblik over hele vandkredsløbet. Eksisterende værktøjer – 3D-terrænmodeller, afløbsmodeller og hydrogeologiske modeller kan benyttes. Analyser og prioriter områder ud fra vandstandsstigninger (recipienterne) og oversvømmelser i forbindelse med ekstreme regnhændelser. Udpegning af hotspots, hvor risikoprofilen i forbindelse med klimaændringer er stor. Beregn cost-benefit på udvalgte tiltag for at vurdere, hvorvidt en tilpasning vil være optimal nu eller senere. Analysen skal starte overordnet og detaljeres for udpegede områder.

Opstil en klimatilpasningsstrategi

- Analyser mulige tilpasningsløsninger
 - » Udnyt fx regnvand lokalt
 - » Udnyt eksisterende spildevandssystemer optimalt f.eks. ved styring og regulering
 - » Invester i nyanlæg, der tværfagligt er gennemtænkt og er robuste.
 - » Opstil en beredskabsplan
- Tænk forebyggelse (energireduktion) ind i strategien

Prioriter indsatsen og tænk tiltag ind i kommunens planlægningsværktøjer

- Tværfaglig koordinering i kommunen og måske på tværs af kommuner, der har fælles recipienter
- Opstil en prioriteringsmodel, der kan hjælpe kommunen
- Tiltag indbygges i kommuneplaner, spildevandsplaner, vandplaner mv.

Kommunikér klimatilpasningen

- Hvad skal borgeren selv gøre?
- Hvad gør kommunen?
- Hvad gør forsyningerne?

Implementer valgte tiltag over tid

Figur 39: Proces for en samlet løsning på vand området

Kommunerne er i øjeblikket i gang med selskabsdannelse, hvor spildevandsområdet trækkes ud af kommunen i et separat kommunalt ejet selskab. Forsyningsselskaberne har via DANVA og Elsparefonden opsat en målsætning, der hedder 25 % reduktion af energiforbruget i vandbranchen. Det er vigtigt, at tilpasningstiltag koordineres med forebyggelse, således at energireduktion og dermed CO₂ reduktion også tænkes ind i fremtidige tilpasningsløsninger.

IDAs undersøgelse blandt medlemmer, der arbejder med klimatilpasning¹⁴¹ viste at kun godt og vel hver fjerde fagekspert mener, at tilpasning til klimaforandringer i relation til afløb og spildevand inddrages tilstrækkeligt i den kommunale planlægning. Endnu værre står det til, når det drejer sig om, hvorvidt der er tilstrækkelig opmærksomhed omkring klimatilpasning, når der udbydes kommunale opgaver. Kun 8 % mener, at der her er tilstrækkelig opmærksomhed på udfordringerne i klimatilpasningen. Dette tyder på, at kommunerne i Danmark endnu ikke har tilstrækkelig fokus på opgaven.

IDAs Klimaplan 2050 anbefaler derfor kommunerne/forsyninger at starte processen vedrørende klimatilpasning. Tænk klimatilpasning ind i alle projekter vedrørende håndtering af spildevandssystemer, så systemerne derved fremtidssikres.

Borgerne spiller også en rolle i kommunernes arbejde med klimatilpasning. Her kan tænkes i økonomiske incitamenter for at få borgerne til at tage deres del af ansvaret. Det kan fx være at separere regnvandet fra spildevandet i de områder, hvor det er en god løsning.

Drikkevandsforsyningen

Vandforsyningen i Danmark er langt overvejende baseret på indvinding af grundvand. Betydningen af klimaændringerne for vandforsyningerne vil variere meget, afhængig af de lokale geologiske forhold¹⁴².

Den øgede årlige nedbør vil umiddelbart give en øget vandressource. Men i de områder hvor begrænsningen af vandressourcen er vandstanden, vil den øgede sæsonvariation i indvinding dog give et problem for vandforsyningen i sommerperioden, hvor vandløb og søer risikerer at tørre ud. Andre steder vil en positiv effekt fra grundvandsindvinding til vandforsyning være, at det kan være med til at afhjælpe problemer med oversvømmelse som følge af øget nedbør.

BARRIERER FOR TILPASNING AF DRIKKEVANDFORSYNINGEN

Før forsyningerne kan begynde at arbejde aktivt med klimatilpasningstiltag, er der en række rammebetingelser, som skal afklares. Vandforsyningsplanlægningen i de enkelte kommuner afventer blandt andet implementering af Vandrammedirektiv og de nye vandplaner.

Ændringer i vandforsyningsanlæg indebærer ofte store investeringer. I Danmark har man valgt en decentral vandforsyningsstruktur med mange små vandværker. For det enkelte vandværk kan det derfor være en meget stor økonomisk byrde at skulle omlægge vandindvindingen, hvis der skulle opstå behov for dette. I IDAs undersøgelse¹⁴³ blandt ingeniører blev det fundet, at godt 80 % af de adspurgte IDA-medlemmer mener, at der er behov for klimatilpasning i relation til vandforsyning.

141. IDA Analyse om Klimatilpasning Maj 2009

142. Den tilgængelige ressource er ofte begrænset af hensyn indvindingens påvirkning af vandføring i vandløb og andre overfladerecipienter. Derudover kan begrænsningen bestå i ind- eller optrængning af havvand, tungmetalfrigivelse som følge af iltning eller forurening med miljøfremmede stoffer.

143. IDA Analyse om Klimatilpasning Maj 2009

Der er desuden en klar tendens til, at medlemmerne ikke mener, at der er tilstrækkelig fokus på klimatilpasningen – særligt hos de private vandværker.

Da ændringer i vandforsyning ofte kræver store investeringer, vil disse ofte ske i forbindelse med teknisk nedslidning eller forurening af borer. IDAs Klimaplan 2050 anbefaler derfor at forventede klimaændringer inddrages i vandforsyningsplanlægningen og klimatilpasningsperspektivet skal ind i vandplanerne, ellers vil klimatilpasningen på drikkevandsforsyningen ikke ske i rette tid.

Byggeri og anlæg

Ved nybebyggelser som renovering af eksisterende huse skal man tage højde for fremtidens ændringer i vejrlig. De væsentligste udfordringer forventes at blive de lunere og mere våde vintre med generelt hyppigere og stærkere regnfald, mere intense hede-bølger og kraftigere storme.

Ovennævnte forventninger stiller alle nye krav til fremtidens bebyggelser og renovationer.

Den øgede mængde nedbør giver større risiko for oversvømmelse i visse lavtliggende områder. Det er derfor vigtigt, at kunne lede vand væk fra husene og at stoppe indtrængende vand. De mildere vintre giver generelt bedre betingelser for biologisk aktivitet der fordrer forskellige skadelige vækster som skimmelsvamp til skade for indeklimaet.

Ifølge IPCC's seneste rapport vil de længste hede-bølger vokse fra nuværende 5 dage til hele 14 dage og antal varme sommernætter vokser fra 10 til 30. Varmere somre vil betyde en efterspørgsel efter køling.

Den forventede højere grundvandsstand, højere vandstande i åer og større risiko for stormfloder ved kysterne gør det relevant at sikre bygninger mod indsyning af vand og oversvømmelse. Kraftigere storme gør det relevant at sikre huse og bygninger mod stormskader. Omvendt kan klimaforandringerne bruges konstruktivt, da grobund og vanding af "grønne tage" fordres direkte af de fremtidige større regnskyl.

BARRIERER FOR TILPASNING

Den nationale opmærksomhed – den brede befolknings interesse for klimatilpasning i det hele taget – er en barriere der skal overvindes. Som det ses af tabellen fra undersøgelsen blandt ingeniører, der arbejder med klimatilpasning, er der meget stor enighed om, at det er nødvendigt at tage hensyn til klimatilpasning ved såvel nybyggeri som renovering af eksisterende byggeri. Det gælder i endnu højere grad i kloakeringsprojekter.

Ingeniørerne, der arbejder med klimatilpasning, er blevet bedt om at vurdere hvilke tiltag, der bør prioriteres på byggeområdet. Her mener 95 % at afløb og dræningsforhold bør prioriteres, derudover anses sikring mod storm som et væsentligt fokusområde.

	Høj prioritet/ meget høj prioritet	Mellem prioritet	Lav/ meget lav prioritet	Ved ikke	I alt
Afløb og dræningsforhold	86 %	9 %	2 %	4 %	100 %
Nye normer for sikring mod storm	55 %	30 %	7 %	8 %	100 %
Øget behov for køling om sommeren	21 %	38 %	35 %	6 %	100 %
Nye normer for snelast	17 %	32 %	39 %	12 %	100 %
Mindre behov for opvarmning om vinteren	16 %	37 %	42 %	5 %	100 %

Tabel 19: Hvad bør prioriteres i byggeriet i forhold til at sikre mod klimaforandringer?

Når klimatilpasning indgår i nybyggeri sker det fx via separering af regnvand fra husenes øvrige spildevand. Der findes også muligheder inden for byggeriet, der indarbejder de øgede mængder af nedbør fx: Græstage. Tagene absorberer regnvand og skaber et grønt miljø i byen. Da vi generelt forventer at vores nye huse lever op til 100 år, anbefaler IDAs Klimaplan at klimatilpasning kommer på dagsordenen både i nybyggeri, og når private laver tilbygninger og forandringer af deres huse.

Kystforvaltning

Klimaændringerne vil generelt føre til øget erosion på kysterne og en reduceret sikkerhed mod oversvømmelse for de lavtliggende områder i Danmark, hvoraf mange i dag er beskyttet af diger. Den øgede erosion er en konsekvens af både stigningen i vandstanden og af det hårdere vindklima, som giver større bølger på kysten under storm. Det vil betyde en øget tilbagerykning af kysterne i forhold til det, vi kender i dag. Da de kraftige storme kommer fra vest, vil ikke alle landets kyster blive udsat for samme forøgelse af påvirkninger.

Kystdirektoratet har med udgangspunkt i IPCC scenario A2 vurderet effekterne af klimaændringerne på de danske kyster¹⁴⁴. Kystdirektoratet har anvendt det, som IPCC angiver som den statistiske gennemsnitlige forventede globale vandstandsstigning. Det vil sige, at der anvendes global vandstandsstigning på 42 cm. Dertil kommer en vandstandsstigning foranlediget af ændrede vindforhold. Ved den internationale forskerkonference i København i marts 2009 var det overordnede budskab om fremtidens havstigninger, at havniveauet sandsynligvis stiger mere, end IPCC har forudsagt¹⁴⁵.

Kystdirektoratets beregninger viser, at kysttilbage-rykningen for de beskyttede kyststrækninger og de moderat eksponerede kyststrækninger frem til 2050 vil være forholdsvist beskeden for det beregnede – og optimistiske – scenario A2. Herefter øges tilbage-rykningen væsentlig, så den gennemsnitlige tilbage-rykning i år 2100 vil være ca. 14 m. Kystdirektoratet vurderer desuden, at der i forbindelse med havstigningerne kan opstå problemer bag digerne, fordi den øgede mængde nedbør i fremtiden vil få sværere ved at løbe ud i havet, og dermed skabe større oversvømmelser langs vandløb bag digerne.

Derudover må kystsikringen også tage hensyn til ekstreme hændelser. Med det nuværende klima kan vi forvente, at der én gang hvert 100 år opleves en maksimal vandstand på 1,8 m over dagligvande. I 2096 forventes en tilsvarende hændelse at give vandstand på mellem 2,37 m og 3,13 m over dagligvande¹⁴⁶.

KLIMATILPASNING AF KYSTFORVALTNINGEN

Ifølge dansk lovgivning er det den enkelte lodsejers eget valg at beskytte sig mod oversvømmelse eller kysterosion. Derfor er der ingen love eller regulativer, som fastlægger, om der skal udføres en beskyttelse, og i givet fald til hvilket niveau grundejeren skal beskytte sig. Den forholdsvis beskudne tilbagerykning frem til 2050 betyder, at Kystdirektoratet arbejder med, at diger skal forhøjes, at høfder skal forlænges i takt med tilbagerykningen og, at bølgebrydere skal forhøjes i takt med vandstandsstigningen. For at undgå overinvestering og større vedligeholdelsesarbejde end nødvendigt, lægger Kystdirektoratet op til en strategi for gradvis tilpasning, hvor tiltag og ændret stormflodsberedskab ikke iværksættes, før de faktiske klimabetingede ændringer er konstateret.

144. Klimaændringers effekt på kysten, Kystdirektoratet, marts 2008

145. <http://www.climatecongress.ku.dk>

146. Klimatilpasning af afløbssystemer og metodisk afprøvning, økonomisk analyse. Miljøprojekt nr.1187 2007

Klimaændringerne aktualiserer kystforvaltningens dilemma mellem kystbeskyttelse og naturlig kystdynamik. På den ene side skal kystbeskyttelsen sikre værdier i form af byer, infrastruktur, produktionsjord og eksisterende natur- og landskabelige værdier, og på den anden side er kystlandskaberne noget af den mest oprindelige og urørte, artsrige natur, vi kan byde på i Danmark.

At sikre balancen mellem kystbeskyttelse og fri kystdynamik kræver derfor god planlægning. Fremtidige anlæg og bebyggelse bør placeres, hvor der ikke er stor risiko for oversvømmelser eller kysterosion, og fx vil det muligvis være mest fornuftigt på sigt helt at opgave kystnære sommerhusområder.

Fremtidens kystsikring bør ske med udgangspunkt i en samlet strategi for alle kystområder. En sådan strategi, hvor forskellige interesser er afvejet i forhold til hinanden er et kvalificeret alternativ til en kystforvaltning, hvor digerne gradvist bygges højere, hvor vandløbene et for et forsynes med højvandslukker, og hvor hele fjordsystemer, af hensyn til nogle begrænsede byområder, lukkes af med beskyttende dæmninger. IDAs Klimaplan 2050 anbefaler derfor, at der gennemføres en sammenhængende national planlægning for kystudviklingen. Dette kræver et brud med den bestående regulering af området, hvor det er den enkelte berørte lodsejer, der er ansvarlig for kystsikringen.

Natur og produktion i et forandret klima

Klimaændringer vil medføre ændringer i de danske naturområder. Det forventes overordnet set, at vækstsæsonen forlænges, at primærproduktionen øges, omsætningshastigheden stiger og konkurrenceforholdene mellem arter ændres.

LANDBRUGET UDFORDRES PÅ VAND OG TEMPERATURER

Klimaændringerne vil få effekt på dyrkningsjorden. Det vil ske gennem påvirkninger af blandt andet omsætningen af organisk stof, som er temperaturafhængig, samt erosion og udvaskning af kvælstof, der påvirkes af nedbørsforhold og -mængder. Øget nedbør og stigninger i hav- og grundvandstanden vil visse steder betyde oversvømmelser og vandlidende jorde. Nogle steder kan belastningen afhjælpes med en mere skånsom jordbehandling, men andre steder kan det medføre at jorden ikke længere kan benyttes til landbrug.

Højere temperaturer og en længere vækstsæson vil generelt have en positiv effekt på afgrødeudbyttet og produktionen forventes derfor at stige. Varmetilpassede afgrøder som vintersæd og majs, dyrket frem til modenhed, kan blive mere almindelige, mens vårsæd og måske kartofler kan blive mindsket. Et varmere klima betyder bedre vækstbetingelser for foderafgrøder. Der vil derfor blive mulighed for at dyrke nye foderplanter, som kan erstatte nogle af de importerede.

Klimaforandringerne vil dog også medføre risiko for indførsel af nye husdyrsygdomme, og flere af de sygdomme, vi har i dag, vil få bedre betingelser til at udvikle sig. Der forventes desuden flere nye ukrudtsarter, bedre vækstbetingelser for svampe, plantesygdomme og for insekter, inklusive planteskadegørere. Dette kan føre til et øget behov for pesticider i fremtidens landbrug.

SKOVBRUG – DE UDSATTE NÅLETRÆER

Træer har som langtlivende organismer en relativ høj tilpasningsevne, men evnen varierer fra art til art og afhænger af den specifikke klimaforandring. Da mange af træarterne i Danmark befinder sig tæt på deres nordlige udbredelsesgrænse, og da denne grænse især skyldes for lave temperaturer, vil disse være relativt robuste overfor en let temperaturstigning. Men et fald i sommernedbørsmængden og især sandsynligheden for længere tørkeperioder vil generelt svække alle træarter. Det er dog især nåletræarterne, og her især dem med relativt overfladiske rodsystemer, der vil være mest udsatte.

En forøgelse af stormstyrke og -frekvens skal tages særligt alvorligt i relation til skovbrugets strategier for klimatilpasning. Da de fleste storme optræder i vinterhalvåret, hvor løvtræerne har kastet deres blade, er det også her, nåletræerne er mest stormudsatte. Endelig kan ligevægt mellem træerne og deres skadevoldere påvirkes af forandrede klimatiske forhold, især da visse af skadevolderne vil have forbedrede vækstbetingelser i et varmere klima.

Når man tager skovbrugets lange produktionshorisont og usikkerheden omkring de præcise klimaforandringer i betragtning, bør træarterne ikke helt udfases, men de bør ikke dyrkes i monokultur. Da man ikke kender de præcise klimaforandringer er blandingskov med løvtræer den mest sikre tilpasningsform.

De skovdyrknings tiltag, der bedst muligt sikrer skoven mod mulige og uforudsete klimaændringer, er i stor udstrækning identiske med principperne for den naturnære skovdrift, der blandt andet sigter mod undladelse af renafrifter, aktiv bevoksningspleje via hyppige og svage hugster samt etablering af uensaldrede blandingsbevoksninger af lokalt tilpassede træarter.

FISKERI AF NYE ARTER

Med stigende temperaturer, vil populationer af de arter, der lever på deres sydligste udbredelsesgrænse forgå eller trække mod nord, mens de arter, der nu lever på deres nordligste grænse kunne proliferere, specielt hvis de kan udnytte samme økologiske niche, de nordlige arter taber. Temperaturændringerne vil påvirke fiskenes fødegrundlag i og med påvirkningen på havøkosystemerne.

Bestandene af torsk og sild forventes at mindskes yderligere med klimaforandringerne, mens sydlige arter som brisling, ansjos og sardiner vil vinde frem. Fiskeriet skal derfor omstille sig til at fange brisling, ansjos og sardiner.

De nye arter udfordrer forvaltningen af fiskeriet, der mangler basislinjer for bæredygtig bestands størrelse og viden om den indflydelse, de nye arter har på

det eksisterende økosystem. Der bliver derfor øget behov for ny overvågningsteknologi for at kunne følge ændringerne i økosystemerne og fiskebestandene.

Muslingefiskeri og -opdræt vil også blive påvirket af temperaturforandringerne. Skaldyrsbestandene ændrer sig allerede, formentlig på grund af ændrede temperaturer. Endvidere kan forsuring af havene have indflydelse på både visse muslinger og planktonarter og dermed på fødetilgængelighed for alle fiskearter, inklusive de for fiskeriet vigtigste arter. Højere temperaturer kan endvidere fremme nye typer af sygdomsfremkaldende bakterier og giftige alger, som kan true de vilde fiske- og skaldyrbestande og fisk som opdrættes i havbrug.

NATURFORVALTNING MELLEM BEVARELSE OG FORANDRINGER

Klimaændringer vil medføre ændringer i de danske naturområder. De forventede ændringer omfatter at: Vækstsæsonen forlænges; primærproduktionen øges; omsætningshastigheden stiger; konkurrenceforholdene mellem arter ændres; adfærdsmønstre kan ændres med forhøjet risiko for ubalance i fødekæder og økosystemer; arter med ringe mobilitet, lav genetisk diversitet mv. vil gå tilbage; robuste og mere almindelige arter vil gå frem med faldende artsdiversitet til følge; nordlige arter udskiftes med mere sydlige arter og en øgning af invasive arter fra syd; øget erosion; øget sommertørke med konsekvenser for dyr og planter; hyppigere og længerevarende oversvømmelser; højere eutrofiering af søer, vandløb og indre farvande; faldende salinitet i indre farvande og Østersøen; mere udbredt og højere frekvens af iltsvind; påvirkning/tab af pt. lavvande økosystemer; reduktion af marin bundfauna med resulterende fødegrundlagstab.

Mulige klimatilpasninger for naturbevarelsesindsatsen handler generelt om minimering af stressfaktorer, sikring af genetisk diversitet og vidensoparbejdning, nemlig: Naturgenopretning; etablering af større sammenhængende naturområder og forbindelser med brede spredningskorridorer af fauna-

passager; udvidelse af bufferzoner mellem natur og landbrug for at reducere eutrofiering og blandt andet pesticid-påvirkning; genskabning af alternative arealer med naturtyper, der vil kunne gå tabt blandt andet som følge af havstigninger; re-tablering af bedre fysiske forhold i vandløb; forebyggelse af indførsel og spredning af invasive arter i naturen; monitorering af ændrede artssammensætninger og generel naturovervågning

Samfundsøkonomisk perspektiv på klimatilpasning

Det store spørgsmål i forbindelse med klimatilpasning er: Hvilke tiltag, der kan betale sig at gå i gang med. Denne vurdering kompliceres af en række forhold, dels usikkerheden ved vores viden om behovet inden for de næste 20 – 100 år, og dels den generelle økonomiske udvikling i perioden. Hvad vil samfundsmæssigt bedst kunne betale sig?

Økonomen Nicholas Stern mener, at en manglende prissætning på udledningen af CO₂ er den største markedsmæssige fejltagelse verden endnu har set.

Ved afbrænding af et fossilt brændstof som olie, kul eller gas udsendes forurening, som har nogle negative konsekvenser. Disse konsekvenser er ikke indregnet i prisen på brændslet.

En merpris på kulstof i form af en pris for udledning af CO₂, vil give et redskab at arbejde med i værdisætningen mellem forebyggelse contra tilpasning. Stern vurderer i sin rapport, at prisen for ikke at gøre noget for at forebygge vil ligge omkring 5 % af BNP årligt, og hvis vi ser voldsommere klimaforandringer vil det ligge op i mod 20 % af BNP¹⁴⁷. Dette vil naturligvis være spredt uensartet over jorden afhængig af hvilke klimaforandringer landet eller regionen oplever.

147. The Stern Review, Nicolas Stern 2006.

BESLUTNINGER PÅ BAGGRUND AF COST BENEFIT

Der ikke nogen samlet analyse af området i Danmark og det kan derfor også være svært for både private og kommuner at tage beslutninger på området. Men der findes på nogle områder enkelte undersøgelser.

I forhold til ekstreme hændelser spiller en økonomisk risikovurdering også en væsentlig rolle. Med det nuværende klima kan vi én gang hvert 10 år forvente at opleve en maksimal vandstand på 1,8 m over dagligvande. I 2096 forventes en tilsvarende hændelse at give vandstand på mellem 2,37 m og 3,13 m over dagligvande¹⁴⁸. Oversvømmelser som følge af det vil have meget forskellig effekt afhængig af hvilken kyststækning, der er tale om. For området omkring Roskilde vurderes de samfundsøkonomiske omkostninger af en ekstrem vandstandsstigning i forbindelse med en storm at være 200-300 mio. kr.¹⁴⁹

Udgifterne til at sikre sig mod dette vil være meget store, fordi der er tale om meget store investeringer. Derudover vil voldsomme hændelser som stormflod have langtids effekter, der ikke umiddelbart medtages i økonomiske cost-benefit modeller. Specielt hvis flere byer i det samme område påvirkes, så vil den økonomiske betydning for handelsliv, turisme mv. have betydning i en lang årrække frem. Dette tydeliggøre hvor vanskeligt det vil være for kommuner at tage beslutninger i forhold til de ekstreme situationer. Der er behov for at analysere mere på hvordan kommunerne bør forholde sig til risikoen for ekstreme vejrforhold.

Den økonomiske konsekvens af ekstrem regn er vurderet for Roskilde Kommune og her ses at risikoen for ekstrem regn vil stige sådan, at det vil kunne betale sig at forøge anlægsbudgettet med 10 -20 % for hermed at få et spildevandssystem, der kan give borgerne den samme service, de oplever nu i forhold til risikoen for kælderoversvømmelser mv. i 2096

148. Klimatilpasning af afløbssystemer og metodisk afprøvning, økonomisk analyse. Miljøprojekt nr.1187 2007

149. Klimatilpasning af afløbssystemer og metodisk afprøvning, økonomisk analyse. Miljøprojekt nr.1187 2007

Cost-benefit beregninger for kommunerne på klimatilpasning området er af vital betydning, når der skal tages beslutninger. Derfor anbefaler IDAs Klimaplan 2050 at kommuner og stat går sammen om at udarbejde retningslinier og metoder til en ensartet cost-benefit beregnings metode i forhold til klimatilpasning.

Klimatilpasning som erhverv

En anden vinkel på klimatilpasningen er at se på erhvervspotentialerne i den viden som Danmark opbygger på området. 80 % af eksperterne fra IDAs undersøgelse mener, at de teknologier der udvikles har potentiale til at blive eksportvarer, men samtidig er det kun 24 %, der mener der er fokus på klimatilpasning, når der tildeles forsknings- og innovationsmidler. Samtidig er det kun 12 %, der mener at Danmark udnytter sit potentiale for eksport af viden og teknologier omkring klimatilpasning.

Denne vurdering deles af Erhvervsklimapanelet¹⁵⁰, der har samlet en række vurderinger af vækstraten i eksport for forskellige forretningsområder, der ligger inden for klimatilpasning. Fx: Vandfiltrering/desalinisation, hvor der forventes vækstrater mellem 6-23 % og infrastruktur på 7,6 %. Til sammenligning forventes den generelle vækstrate i eksporten at ligge på 4,4 %.

Der ligger altså en betydelig udfordring for regeringen i at skabe rammebetingelser for at viden og erfaringer inden for klimatilpasning kan omsættes til ydelser, der kan eksporteres til resten af verden. I en situation med finanskrisen og behov for øgede offentlige investeringer, bør der fokuseres på at investere i klimaprojekter.

150. Danske Styrkepositioner på klimaområdet, Erhvervsklimapanelet 2008