



Samarbejde

Grønt teknologisk fremsyn om perspektivrige grønne teknologier med erhvervspotentiale



Ministeriet for Videnskab
Teknologi og Udvikling

Maj 2003

Hovedrapport

Indholdsfortegnelse

Indhold	Side
Forord	3
1. Sammenfatning	4
1.1 Grønt teknologisk fremsyn – fase 1	4
1.2 Fokusområder	4
1.2.1 Fleksible energisystemer med øget vindkraft	4
1.2.2 Systematisk energioptimering af bygninger	5
1.2.3 Mere miljøvenligt jordbrug	6
1.2.4 Design af grønne produkter og materialer	7
1.3 Mål og udfordringer for fremsynets fase 2	8
2. Indledning	10
2.1 Baggrund	10
2.2 Formål med grønnt teknologisk fremsyn	10
2.3 Projektets deltagere	11
2.4 Grøn teknologi	12
2.5 Sådan er fokusområderne udvalgt	12
2.6 Sådan er fokusområderne beskrevet	15
3. Fleksible energisystemer med øget vindkraft	16
3.1 Miljøproblem	16
3.2 Scenarier	16
3.3 Beskrivelse af fokusområdet	18
3.3.1 Teknologi og produktion	18
3.3.2 Viden og udvikling	19
3.3.3 Brug og marked	19
3.3.4 Regulering og incitamenter	21
3.3.5 Emner for detailfremsyn	22
4. Systematisk energioptimering af bygninger	24
4.1 Miljøproblem	24
4.2 Beskrivelse af fokusområdet	24
4.2.1 Teknologi og produktion	24
4.2.2 Viden og udvikling	26
4.2.3 Brug og marked	27
4.2.4 Regulering og incitamenter	28
4.2.5 Emner for detailfremsyn	29
5. Mere miljøvenligt jordbrug	30
5.1 Miljøproblem	30
5.2 Scenarier	30
5.3 Præcisionsjordbrug	32
5.3.1 Teknologi og produktion	33
5.3.2 Viden og udvikling	34
5.3.3 Brug og marked	34

5.3.4	Regulering og incitamenter	35
5.3.5	Emner for detailfremsyn	35
5.4	Økologisk jordbrug	36
5.4.1	Teknologi og produktion	36
5.4.2	Viden og udvikling	37
5.4.3	Brug og marked	37
5.4.4	Regulering og incitamenter	38
5.4.5	Emner for detailfremsyn	39
6.	Design af grønne produkter og materialer	41
6.1	Miljøproblem	41
6.2	Scenarier	41
6.3	Beskrivelse af fokusområdet	43
6.3.1	Miljøeffektivitet og design af grønne produkter og materialer	43
6.3.2	Produkttilgang og teknologitilgang	44
6.3.3	Procedure for identifikation af grønne designmuligheder	44
6.3.4	Innovationspotentialiet for danske virksomheder og forskningsinstitutioner	45
6.3.5	Viden og udvikling	50
6.3.6	Marked og brug	51
6.3.7	Regulering og incitamenter	53
6.3.8	Emner for detailfremsyn	54
7.	Nominerede fokusområder	56
 Bilag: Executive Summary		
1.1	Green Technology Foresight – Phase 1	58
1.2	Focus Areas	58
1.2.1	Flexible energy systems with increased wind energy	58
1.2.2	Systematic energy optimisation of buildings	59
1.2.3	More environmentally-friendly agriculture	59
1.2.4	Design of green products and materials	61
1.3	Aims and Challenges of Foresight – Phase 2	62

Forord

Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling satte i foråret 2002 et grønt teknologisk fremsyn i gang og bad et panel af eksperter - fra et bredt felt af aktører inden for miljøområdet - om at kigge 20 år frem i tiden og udpege de mest perspektivrige miljøteknologier. Teknologier, der både vurderes at kunne bidrage effektivt til at løse fremtidens store miljøproblemer, og som samtidig kan blive en god forretning for danske virksomheder - set i lyset af stigende krav om bæredygtige produkter og services både herhjemme og i udlandet.

I denne rapport præsenteres resultatet af fremsynets fase 1. Disse foreligger i form af panelets anbefalinger til, hvilke teknologiområder regeringen bør prioritere og vurdere nærmere, hvis miljøbelastningen skal afkobles fra den økonomiske vækst, og danske virksomheders konkurrenceevne skal øges. Målet er at gøre disse områder til genstand for en nærmere analyse i fremsynets fase 2.

Som særligt lovende teknologiområder har panelet peget på fleksible energisystemer med øget vindkraft, systematisk energioptimering af bygninger, mere miljøvenligt jordbrug og design af grønne produkter og materialer. Panelet vurderer, at disse teknologiområder kan reducere miljøbelastningen radikalt i fremtiden og samtidig bringe danske virksomheder yderligere i front på det globale marked for bæredygtige produkter og services.

Teknologisk fremsyn er et nyt spændende værktøj i innovationspolitikken. Gennem dialoger og analyser kigger eksperterne systematisk på, hvad fremtiden kan bringe inden for forskellige teknologiske områder. Målet er ikke at forudsige, hvad der kommer til at ske, men at sætte flere fremtider til debat. Hermed styrker vi vores videngrundlag for de beslutninger, vi skal træffe i dag for at realisere den fremtid, vi ønsker.

Det grønne teknologiske fremsyn er det tredje i en række af teknologiske fremsyn, som ministeriet offentliggør i de kommende år.

Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling
København, maj 2003

1. Sammenfatning

1.1 Grønt teknologisk fremsyn – fase 1

Ofte er der en modsætning mellem miljøbeskyttelse og økonomiske hensyn - i hvert tilfælde på kort sigt. Denne modsætning findes ikke i dette grønne teknologiske fremsyn. Tværtimod. Filosofien bag fremsynet er at pege på muligheder for, at danske virksomheder får kommerciel succes med at producere teknologier, udstyr og viden, som løser miljøproblemer. Det overordnede budskab er, at der findes en række områder, hvor Danmark har helt særlige muligheder for at udvikle teknologiske løsninger, der kan bidrage til at løse miljøproblemer - nationalt såvel som internationalt. Denne rapport peger på de mest oplagte.

Processen i grønnt teknologisk fremsyn – fase 1 har været:

1. At skabe overblik over miljøproblemerne på et 10-20 års sigt og over eksisterende og potentielle teknologiske løsninger.
2. Dernæst at afdække kompetencer i det danske innovationssystem (virksomheder og offentlig forskning, teknologisk service, uddannelse mv.) og eventuelle markeds-mæssige og politiske muligheder og barrierer for at tage teknologierne i brug.
3. For til sidst at munde ud i en udvælgelse af teknologiske fokusområder, som er særligt perspektivrige og strategisk vigtige for dansk erhvervsliv.

Fremsynet er sat i værk på initiativ af Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling. Ministeriet nedsatte et stort ekspertpanel, og fremsynet er gennemført i et samarbejde mellem ekspertpanelet, ministeriet og en ekstern konsulent. Panelet afsluttede sit arbejde ved at udvælge fire teknologiske fokusområder, som er beskrevet i denne rapport, og som panelet anbefaler bliver gjort til genstand for separate fremsyn i fase 2.

De fire fokusområder er valgt med udgangspunkt i 69 teknologiske miljøløsninger, hvoraf 13 blev vurderet som særligt lovende og formuleret som potentielle fokusområder. Den valgte prioritering er udtryk for panelets ekspertskøn. Den er derfor i sagens natur udtryk for et kvalificeret, men subjektivt bud på fremtiden. Panelet understreger, at også en lang række af de øvrige teknologiske løsninger, som har været behandlet i fremsynsprocessen, rummer væsentlige miljømæssige og erhvervsmæssige potentialer. De fire mest perspektivrige fokusområder er resumeret nedenfor.

1.2 Fokusområder

1.2.1 Fleksible energisystemer med øget vindkraft

Danske virksomheder er førende på verdensmarkedet for vindmøller - og markedet forventes at blive mere end firedoblet de næste 7 år. Allerede i dag har vi på vindkraftmarkedet en markedsandel på 50% og ved at bygge videre på vores styrker, kan vi bevare den andel de næste mange år. Ved at øge udnyttelsen af vindkraft bidrager vi samtidig til, at vi opnår Koytoprotokollens målsætninger om at reducere CO₂-udledningen.

En af de store udfordringer inden for øget brug af vindkraft i Danmark er at løse problemer med overkapacitet - eloverløb - i perioder med megen vind og lavt forbrug. Det kræver nye teknologiske løsninger, og netop her har det danske innovationssystem et enestående udgangspunkt for at være blandt de første.

Fleksible systemer til el- og varmeproduktion er kernen i at øge udnyttelsen af vindkraft, og Danmark arbejder over en bred front med at udvikle hardware og software. Eksempelvis samarbejder Risø og DTU og nogle få større danske virksomheder med udenlandske virksomheder og institutioner i udviklingen og produktionen af brændselsceller, hvor brint er lagringsmedie, og Aalborg Universitet arbejder med incitaments-systemer, som skal sikre en forbedret koordinering af forskellige energityper.

Markedsudviklingen på energiområdet vil gøre visse politiske initiativer nødvendige udover afgifter og tilskud. Et effektivt samspil mellem energiforsyningsanlæg kræver en ansvarlig aktør for den fælles optimering. Et øget antal vindmøller kræver også planer, som er acceptable for borgerne - udfordringer, der måske kan løses ved at forankre udbygningerne i lokale energifællesskaber.

Danske virksomheder kan forblive på forkant med udviklingen ved fortsat at optimere økonomien i vindmøllerne og ved at demonstrere, at det er muligt at indpasse en endnu højere andel vindkraft i energiforsyningen.

1.2.2 Systematisk energioptimering af bygninger

Halvdelen af vores energiforbrug - og dermed også halvdelen af CO₂-udledningen - skyldes opvarmning og drift af bygninger. Vi kan reducere energiforbruget i bygninger med to tredjedele gennem systematisk energioptimering.

Den systematiske tilgang forbedrer miljøet og energiøkonomien, men den skal også sikre en høj komfort og et godt indeklima. Elforbruget til ventilation og til drift af husholdnings- og kontorapparater nedbringes mest effektivt samtidigt - det kræver en systematisk tilgang til energibesparelserne. I forhold til de tidligere gennemførte besparelser ved øget isolering og nye vinduer, skal der nu tages fat på næste trin, der også inddrager en optimering af bygningernes anvendelse.

Vi har et stort potentiale for energibesparelser ved at (videre)udvikle integrerede systemer og koncepter. For eksempel inden for nybyggeri er mulighederne at sammentænke materialevalg og lysindfald og systemer til opvarmning og afkøling. For eksisterende bygninger ligger potentialet bl.a. i nye koncepter for renovering med forbedret isolering, vinduer og tekniske installationer. Ikke mindst ventilation, belysning, husholdningsapparater og kontorudstyr bør tænkes ind i en energioptimeret drift, der også sikrer et godt indeklima og høj komfort.

Danmark har i en årrække drevet omfattende forskning i energibesparelser i bygninger. Det betyder, at vi har skabt betydelige kompetencer i forskningsverdenen, teknologiske institutter og ingeniørfirmaer. Inden for byggekomponenter og -materialer er vores forskningskompetencer i international målestok. Isolering, vinduer og reguleringskomponenter er blandt de største succeser; energieffektive motorer og kompressorer venter kun på at komme i brug.

Siden midten af 1970'erne er efterspørgslen i byggesektoren svinget væk fra nybyggeri over mod renovering både i Danmark og udlandet. Da regulering bruges til at øge energi- og ressourceeffektiviteten i byggeriet, er fremtidige regler herhjemme såvel som i EU af stor betydning for det fremtidige marked.

Motivationen til energibesparelser er stærkt afhængig af prisen på energi. For private boliger belønnes besparelsetiltag direkte, men der kan være brug for at gøre det lettere at investere i langsigtede besparelsesinitiativer. I meget erhvervsbyggeri gør afgiftsreglerne, at det er mindre attraktivt at spare på energien end i private boliger. En øget motivation for energibesparelse i erhvervsbyggeri vil kunne fremme bæredygtigt erhvervsbyggeri, både i eksisterende og nye bygninger.

1.2.3 Mere miljøvenligt jordbrug

Ved at satse på at udvikle alternative og fremtidssikrede dyrkningssystemer, nemlig præcisionsjordbrug og økologisk jordbrug, kan et af Danmarks mest traditionsrige erhverv, landbruget, bidrage til bæredygtig vækst. En lang række danske forskningsinstitutioner og virksomheder har således stor fokus på at udvikle teknologiske potentialer, der kan bidrage til et renere miljø og økonomisk vækst.

Perspektiverne ved at satse på disse områder er:

- Præcisionsjordbrug og økologisk jordbrug er videnintensive og gør det muligt at øge fokusering på højværdiafgrøder.
- Danmark besidder viden om de avancerede teknologier, som indgår i præcisionsjordbrug.
- Præcisionsjordbrug vil være en drivkraft for teknologiudvikling inden for det økologiske jordbrug.

I **præcisionsjordbruget** anvendes en kombination af IT-, sensor- og robotteknologi og videreudvikling af traditionelle landbrugsredskaber. Det gør det muligt at anvende gødning, kalk og pesticider i varierende mængde på marken alt efter den konkrete afgrødes specifikke behov og sygdoms- og jordbundsforhold. På den måde minimerer man mængden af tilførte stoffer og dermed omfanget af miljøproblemer. Inden for husdyrproduktion dækker præcisionsjordbrug over eksempelvis monitoring af sundheds-, adfærds- og produktionsforhold omkring de enkelte husdyr baseret på computervision.

Det teknologiske udviklingspotentiale kan illustreres ved nedenstående eksempler, hvis teknologiindhold i nogle tilfælde allerede er under udvikling:

- sensorer/computervision til at fastlægge udbytteforhold, plantekvalitet, ukrudtsforekomster, plantesygdomme og skadedyr foruden jordens udbyttepotentiale
- præcisionsradensere, computerstyrede systemer til dampning af ukrudt og maskiner til punktsprøjtning for ukrudt
- modeller for gradueret spredning af husdyrgødning i forhold til jordbundsforhold mv.
- "intelligente" redskaber og driftsformer, som for eksempel intelligente plove og stalde
- software til brug for samspillet mellem de forskellige teknologielementer og til systemernes anvendelse i den egentlige landbrugsproduktion.

En række danske virksomheder har stor kompetence inden for udvikling og produktion af landbrugsmaskiner/redskaber og sensorteknologi. Udfordringen ligger i at kombinere denne viden med bl.a. den robotteknologiske viden, der findes i Danmark. Der er tale om et markedsområde, som er i sin vorden, og hvor man forventer, at stigende miljøkrav til landbruget vil fremme markedspotentialet. Det er først og fremmest de store landbrug i de europæiske lande, USA, Canada og Østeuropa, som udgør markedet.

Økologisk jordbrug bygger på en målsætning om, at driften skal indgå i et naturligt biologisk kredsløb. De centrale mål er at undgå forurening af miljøet, at bevare/øge jordens frugtbarhed og at arbejde for mere lukkede stofkredsløb. Økologisk jordbrug er karakteriseret ved et alsidigt sædskifte, hvor landmændene bruger flerårige og kvælstoffikserende afgrøder sammen med gødning af organisk oprindelse.

De teknologiske potentialer omfatter at udvikle viden om det økologiske dyrknings-system som helhed (næringsstoffer, ukrudtstryk, dyrkningspraksis, muligheden for økologiske planteværn mv.). Endvidere består det i at udvikle redskaber til såning, lugning og bearbejdelse af jorden, herunder videreudvikling af en række mekaniske løsninger til bl.a. behandling af ukrudt og forbedret håndtering af husdyrgødning. Endelig er produktudvikling af økologiske fødevarer et vigtigt element.

Selv om Danmark i en årrække har været i front med forskning og produktion, haler andre store økologiske fødevarerproducerende lande hurtigt ind på de danske kompetencer. Men markedet for økologiske produkter har oplevet en høj vækst hidtil, og den forventes at fortsætte. Udviklingspotentialet består derfor både i at udvikle nye og mere forarbejdede økologiske produkter og i at udvide produktionen. En række virkemidler, bl.a. af økonomisk karakter, vil formentlig skulle tages i anvendelse for markant at udvide økologisk jordbrugs andel af den samlede danske landbrugsproduktion.

Samlet set betyder en satsning på et mere miljøvenligt jordbrug i form af præcisions-jordbrug og økologisk jordbrug en markant teknologiudvikling inden for landbruget, et øget videnindhold i dansk landbrug og endnu større fokus på højværdiafgrøder.

1.2.4 Design af grønne produkter og materialer

Den industrialiserede verden forbruger som aldrig før, og hvis ikke vi gør noget ved det, står vi over for en stigning i forbruget af ikke-fornybare ressourcer på 50% over de næste 20 år. Forbruget vil generere kolossale miljøproblemer, der ud over ressourceknaphed omfatter øget luftforurening, affaldsmængder og udvaskning af miljøfarlige stoffer.

Men denne situation giver Danmark et enormt udviklingspotentiale, fordi vi på en række områder er i front med udviklingen af grønne produkter med anvendelse af miljøvenlige materialer og processer - det, der også kaldes grønt design.

Tanken bag design af grønne produkter og materialer er at få mere service eller velfærd ved mindre brug af ikke-fornybare ressourcer og tilsætningsstoffer:

- Man bygger bæredygtighed ind i produkterne og opnår på den måde store besparelser i forbruget af materialer, energi og andre ressourcer.
- Man kan også gøre produkterne enkle at vedligeholde, fx ved at opbygge dem i moduler. Det gør det lettere at skille dem ad og øger samtidig mulighederne for at genbruge materialerne.
- Eller man kan gøre produkter grønnere ved at bruge nye ressourcebesparende materialer og produktionsteknologier. Det vil sige, at produkter og serviceydelser bliver set i relation til hele deres livscyklus fra råstofudvinding, produktion og distribution til affaldshåndtering.

Initiativerne til at gøre produkterne grønnere skal først og fremmest være drevet af virksomhederne og forbrugerne selv. Virksomhedernes udvikling og design af grønne produkter og materialer skal være styret af klare visioner for, hvordan man gennem et miljøoptimeret design kan få optimal værdi ud af materialerne og den energi og andre ressourcer, der er brugt til at fremstille produkter og medgår i dets driftstid.

Innovationspotentialet for dansk erhvervsliv er særdeles stort. Ud over business-to-consumer markedet i form af grøn produktudvikling er der business-to-business markedet i form af udvikling og produktion af miljøvenlige materialer og procesteknologier. Særligt livscyklusvurderinger (LCA) har stort potentiale med hensyn til udvikling af metoder og udbredelse af tankegangen blandt industrivirksomhederne. Den store udfordring ligger i at koble disse kompetencer sammen i dynamiske designsamarbejder mellem virksomheder, forbrugere og F&U-institutioner.

Hvis prisen er højere, er det et mindretal, der efterspørger grønne produkter alene på grund af deres miljøvenlige karakter. Det potentielle marked for grønne eller renere produkter forventes dog at blive stort set i lyset af den stigende miljøbevidsthed blandt både private forbrugere og virksomheder. Markedsudviklingen hænger nøje sammen med eksistensen af en række politiske instrumenter som miljøskatter, producentansvar, lovgivning om emission mv.

1.3 Mål og udfordringer for fremsynets fase 2

Det grønne teknologiske fremsyn har til formål at identificere og debattere teknologiske fremtider samt at identificere de udfordringer, der er forbundet med realiseringen af disse. Det drejer sig om at pege på de rette udviklingsspor. Sagt med andre ord: Hvad er forholdene i dag, og hvad skal ændres for at nå den ønskede situation i fremtiden?

Miljøbelastningen - men også miljømæssige forbedringer - kan opfattes som resultatet af samspillet mellem en række drivkræfter:

- *økonomiske drivkræfter* (økonomisk vækst/udvikling, globalisering, handel og internationale investeringer)
- *sociologiske/samfundsmæssige drivkræfter* (værdier og livsstile, demografisk udvikling, ændrede forbrugsmønstre mv.)
- *teknologiske drivkræfter* (forskning, afkastmotiver i virksomheder, forbrugerbaseret teknologi-pull, nye markeder for høj kvalitetsprodukter, forbrugerkrav og offentlige krav om miljørigtig produktion og adfærd)
- *politiske drivkræfter*, der via politiske processer og lovgivning påvirker miljøet.

Fase 1, der som nævnt er en radarundersøgelse af potentielle grønne teknologiske udviklingsmuligheder, har foretaget en overordnet afdækning af disse drivkræfter og sammenhænge. På det grundlag har panelet udpeget og beskrevet fire fokusområder. Panelet anbefaler, at disse gøres til genstand for separate, detaljerede fremsyn i fase 2.

Denne anden fase omfatter en detaljeret analyse af de nævnte drivkræfter og deres samspil. Panelet anbefaler, at fase 2 beskriver de tiltag, man samfundsmæssigt kan iværksætte for aktivt at bidrage til, at de miljømæssige og kommercielle potentialer realiseres.

Endemålet med de to faser er således at komme med anbefalinger til, hvad der skal til for markedsfølsomt og politisk at understøtte udviklingen og udbredelsen af de teknologiske miljøløsninger og afledte produkter, som er beskrevet i arbejdet.

2. Indledning

2.1 Baggrund

Tanken om grøn eller miljøvenlig teknologi er et resultat af den voksende miljøbevidsthed, som opstod i den industrialiserede verden i 1960'erne. Men med den stigende opmærksomhed mod forurening og affaldsproblemer og ikke mindst udtømmning af ikke-fornybare ressourcer fulgte der en kritik af den hidtidige teknologiudvikling. De sidste 30 års miljøpolitik har ført til betydelige forbedringer inden for nogle miljøproblemer og med stor variation fra land til land.

Både herhjemme og internationalt står vi stadig over for store miljøudfordringer, især på grund af befolkningstilvæksten og det stigende forbrug pr. indbygger. Hertil kommer barriererne for at løse miljøproblemerne i det eksisterende system:

- Investeringerne i den eksisterende teknologi er store, og ejerne ønsker naturligvis at afskrive disse investeringer.
- Borgerne har vænnet sig til deres levevis, og det kræver noget af en indsats at ændre rodfæstede opfattelser.

Men med fokus på teknologien er det muligt at bidrage væsentligt til miljøforbedringer. Danske virksomheder og innovationsmiljøer er meget langt fremme på det teknologiske område. Fremtiden er at lade økonomisk vækst og bæredygtig udvikling gå hånd i hånd, således at vi gennem miljøorienteret innovation øger virksomhedernes konkurrenceevne og afsætning af miljøvenlige produkter.

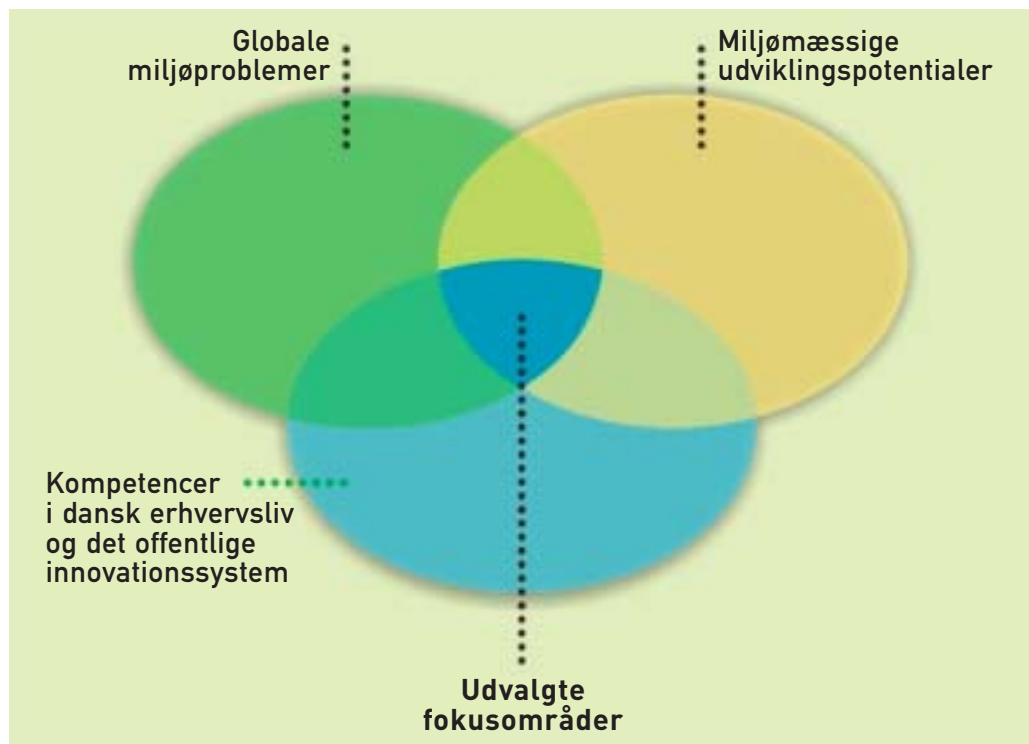
2.2 Formål med Grønt teknologisk fremsyn

Traditionelt har man set en modsætning mellem miljøbeskyttelse og økonomiske hensyn. Dette grønne teknologiske fremsyn ser derimod miljøudfordringerne som et udtryk for et stort udviklingspotentiale for dansk teknologi og viden, der kan bidrage til at løse miljøproblemerne, og som virksomheder kan udnytte kommercielt.

Fremsynet består af to faser. Fase 1, som denne rapport omhandler, har til formål at udpege fokusområder, dvs. områder, hvor der er et særligt sammenfald mellem miljømæssige udfordringer, mulige teknologiske landvindinger og forventninger om, at danske virksomheder og institutioner kan udnytte mulighederne kommercielt.

Som illustreret i følgende figur befinder fokusområderne sig i krydsfeltet mellem:

- de globale miljømæssige problemer set i et 10-20 års perspektiv
- de teknologiske løsningsmuligheder med særlige miljømæssige udviklingspotentialer og
- kompetencerne i danske virksomheder og offentlige F&U-institutioner til at udnytte potentialerne kommercielt, i Danmark såvel som på eksportmarkederne.



Disse fokusområder vil blive analyseret nærmere i fremsynets fase 2. Tanken er, at Miljøministeriet og andre ministerier overtager resultaterne fra fase 1. Fokusområderne er derfor beskrevet på en sådan måde, at de kan tjene som indledende projektoplæg til efterfølgende detaljerede teknologiske fremsyn.

Grønt teknologisk fremsyn er dermed et redskab til at prioritere den teknologiske innovationsindsats i Danmark. Indsatsen skal reducere miljøbelastninger og ressourceforbrug samtidig med, at den bidrager til at styrke virksomhedernes konkurrenceevne, især set i lyset af den tiltagende globale fokus på bæredygtige produkter og services.

2.3 Projektets deltagere

Fremsynets fase 1 er gennemført på initiativ af Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, der også har finansieret projektet. Ministeriet nedsatte et ekspertpanel bestående af resourcepersoner fra erhvervslivet, forsknings- og videnformidlingsinstitutioner, NGOer og offentlige myndigheder. Projektet blev gennemført i et samarbejde mellem ekspertpanelet, ministeriet og en konsulentgruppe bestående af COWI A/S, Wuppertal Institut for klima, miljø og energi og to forskere fra Aalborg Universitet.

Panelets rolle har været at rådgive ministeriet om projektets gennemførelse, deltage i udvikling af scenarier på de berørte teknologiske områder og udvælge de teknologiske fokusområder, som er præsenteret i denne rapport. Det har været betjent af en arbejdsgruppe fra ministeriet og af konsulenten. Ministeriets arbejdsgruppe har primært stået for den organisatoriske og administrative side af opgaven. Konsulenten har forestået styringen af procesforløbet og bidraget med faglige analyser til processen. Panelets arbejde er afsluttet med offentliggørelsen af denne rapport, som er udgivet af ministeriet.

Panelet har bestået af:

- Kim Klastrup, direktør, Grundfos Management A/S (Formand)
- Poul Dyhr-Mikkelsen, teknologidirektør, Danfoss A/S
- Per Falholt, forskningsdirektør, Novozymes A/S
- Jakob Sørensen, koncerndirektør, Rockwool International A/S
- Per Kudsk, forskningsleder, Danmarks JordbrugsForskning
- Steen Christensen, underdirektør, Danisco A/S
- Søren Kerndrup, lektor, Aalborg Universitet
- Jesper Jerlang, afdelingschef, Dansk Standard
- Olav Jull Sørensen, professor, Aalborg Universitet
- Michael Søgaard Jørgensen, lektor, Danmarks Tekniske Universitet
- Christian Ege Jørgensen, sekretariatschef, Det Økologiske Råd
- Jacob Hartmann, civilingeniør, Greenpeace
- Frede Hvelplund, professor Aalborg Universitet
- Astrid Jacobsen, kontorchef, Miljøstyrelsen
- Lisbeth Valentin Hansen, direktør, Dansk Toksikologi Center.

2.4 Grøn teknologi

Udredningen omhandler “grøn teknologi” eller “miljøteknologi”. Det er et bredt begreb, som dækker over renseteknologier, renere teknologier og miljøeffektive teknologiske systemer. I praksis er det vanskeligt at skelne mellem miljøteknologi og ny teknologi, da ny teknologi ofte medfører en øget miljøeffektivitet. Anvendelse af miljøteknologi skal føre til, at der udvikles og markedsføres produkter, der samlet set i hele deres livscyklus er renere og mindre miljøbelastende.

Miljøteknologi omfatter bl.a.:

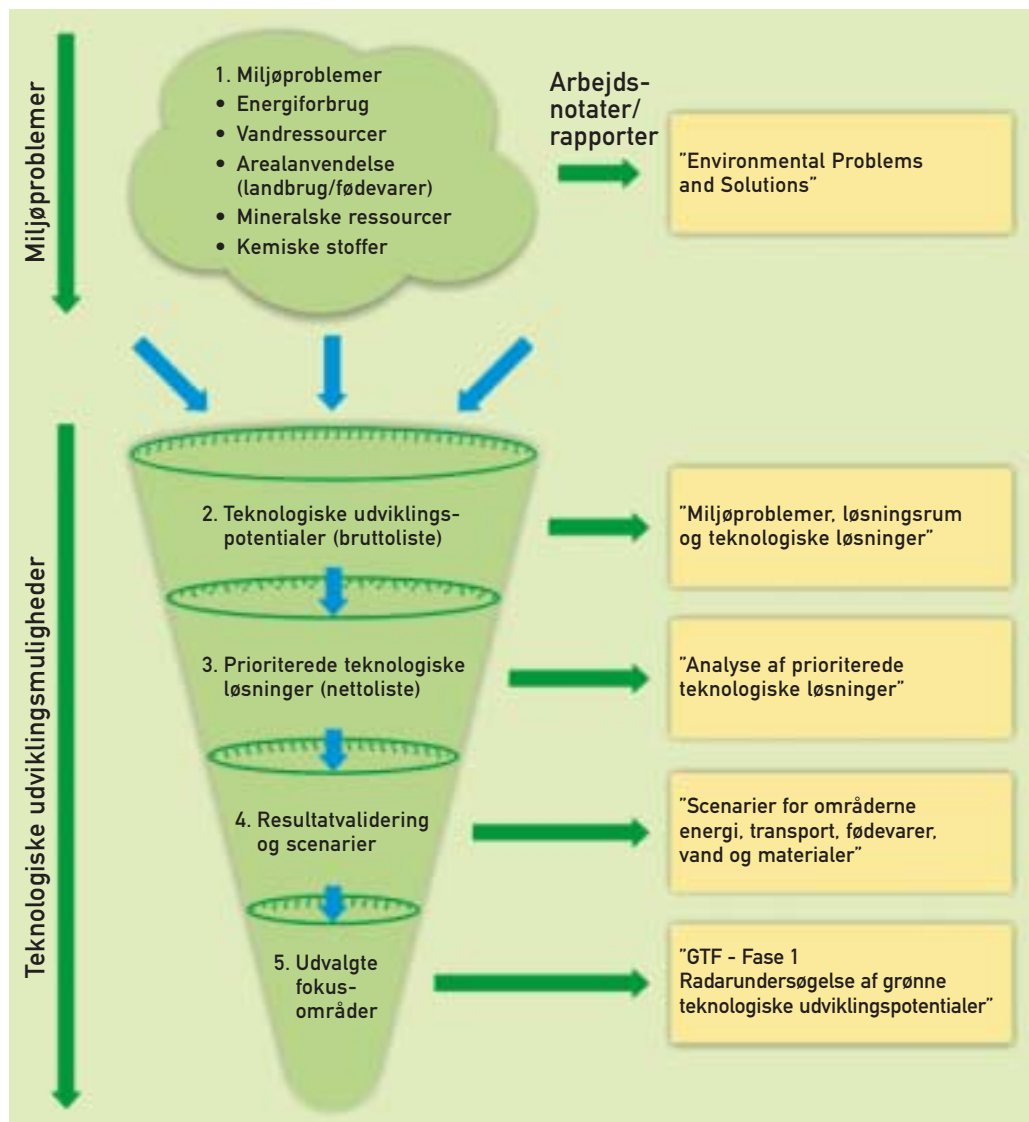
- integreret teknologi, der hindrer, at forurenende stoffer opstår i produktionsprocessen
- rensningsteknologi, der mindsker udslip til miljøet af de forurenende stoffer, som måtte opstå
- nye materialer
- energi- og ressourceeffektive produktionsprocesser
- miljøvenlig know-how
- nye arbejdsmetoder.

“Nye arbejdsmetoder” betyder i denne definition et teknologisk input til en produktionsmåde eller til en produktionsorganisering.

Udvikling og spredning af miljøteknologiske løsninger yder et væsentligt bidrag til, at Danmark er blandt de industrialiserede lande, som er bedst til at begrænse forureningen, og at Danmark inden for udvalgte områder er førende.

2.5 Sådan er fokusområderne udvalgt

Metoden til at nå frem til de fokusområder, der er beskrevet i denne rapport, er illustreret i nedenstående figur. Figuren viser også, hvilke arbejdsnotater eller rapporter der er udarbejdet som led i projektet.



Punkterne 1-5 angivet i figuren svarer til punkterne beskrevet nedenfor.

1. Kortlægning af miljøudfordringerne

Udgangspunktet for fremsynet var en kortlægning af de større globale miljøproblemer. Med afsæt i panelets opfattelse af disse gennemgik konsulenten miljøudredninger fra en række ledende internationale organisationer. De omfattede UNEP, SCOPE, OECD, World Watch Institute, World Resources Institute, European Environment Agency, EU-Kommissionen og German Advisory Council on Global Change. På det grundlag blev en række gennemgående miljøproblemstillinger identificeret. Endvidere blev en serie overordnede, integrerede tilgange til løsning af miljøproblemerne beskrevet.

Resultat: Arbejdsnotat 1: *Environmental Problems and Solutions*, April 2002, jf. cd-rom.

2. Identifikation af teknologiske løsninger med miljømæssige potentialer

På grundlag af panelets viden om teknologiske løsninger identificerede konsulenten en række eksisterende eller forventede teknologiske løsninger med særlige potentialer for at forbedre miljøet. Afdækningen omfattede et litteraturstudie af internationale og danske teknologiske fremsyn og videnskabelig litteratur, interview med danske og internationale teknologiekspertter og konsulentens viden på området.

Resultatet var en bruttoliste, der omfattede 69 grønne - smallere eller bredere - teknologiske løsningsmuligheder tematiseret under overskrifterne:

- energiforbrug
- biologiske ressourcer - vand
- biologiske ressourcer - arealanvendelse
- forbrug af mineralske ressourcer
- forbrug og spredning af kemiske stoffer.

Resultat: Arbejdsnotat 2: *Miljøproblemer, løsningsrum og teknologiske løsninger, juni 2002*, jf. cd-rom.

3. Prioritering og analyse af prioriterede teknologiske miljøløsninger

Panelet prioriterede det store antal teknologier med miljøløsningspotentialer for at fokusere den resterende del af fremsynet. Det førte til en nettoliste på omkring 20 teknologiske løsninger, som konsulenten beskrev mere detaljeret. For hvert område blev der endvidere vurderet relevante kompetencer og potentialer i det danske erhvervsliv og innovationssystem og markedsmæssige og institutionelle muligheder og barrierer. Resultatet var en analyse af de prioriterede teknologiske løsninger, som skulle være udgangspunkt for at udvælge fokusområder til behandling i fremsynets fase 2, jf. punkt 5 nedenfor.

Resultat: Arbejdsnotat 3: *Analyse af prioriterede teknologiske løsninger, september 2002 (opdateret marts 2003)*, jf. cd-rom.

4. Scenarieudvikling og validering af analyseresultater

Inden udvælgelsen af fokusområder udviklede panelet i samarbejde med konsulenten scenarier for områderne energi, transport, fødevarer, vand og materialer. Formålet var at skabe plausible fremtidsbilleder, der kunne hjælpe panelet med at udvælge teknologiske fokusområder med størst innovations- og markedspotentiale.

Resultat: Arbejdsnotat 4: *Scenarier for grønt teknologisk fremsyn, februar 2003*, jf. cd-rom.

For endvidere at sikre, at det hidtidige teknologiske udredningsarbejde havde indfanget de vigtigste teknologiske miljøløsninger, foretog en række udvalgte eksperter en validering af arbejdet. Resultatet var et mindre antal nye teknologiløsninger, der blev føjet til dem, der var behandlet i hidtidige arbejde og beskrevet i arbejdsnotat 3.

5. Udvalgelse af fokusområder

Til sidst udvalgte panelet fire fokusområder på basis af en liste på 13 mulige fokusområder beskrevet af konsulenten. De fire fokusområder er beskrevet i denne rapport. Udvælgelsen blev foretaget på grundlag af fire udvælgelseskriterier: miljøproblemet

størrelse, størrelsen på bidraget til at løse miljøproblemet, erhvervspotentiale for hjemmemarkedet og eksport og danske kompetencer inden for erhvervsliv og F&U-institutioner. Panelet understreger imidlertid, at også en lang række af de øvrige teknologiske løsninger, som har været behandlet i fremsynsprocessen, rummer væsentlige miljømæssige og erhvervsmæssige potentialer.

Resultat: *Grønt teknologisk fremsyn - fase 1. Radarundersøgelse af grønne teknologiske udviklingspotentialer, april 2003.*

2.6 Sådan er fokusområderne beskrevet

I det følgende er de fire fokusområder beskrevet under overskrifterne:

- Miljøproblem
- Scenarier
- Fokusområdets indhold:
 - Teknologi og produktion
 - Viden og udvikling
 - Brug og marked
 - Regulering og incitament

Miljøproblem. Fokusområdet indledes med en kort beskrivelse af det eller de miljøproblemer, som teknologierne vil kunne bidrage til at løse. Disse problemer er udfoldet mere detaljeret i Arbejdsnotat 1: *Environmental Problems and Solutions* refereret ovenfor.

Scenarier. Indeholder fire scenarier for det relevante miljøområde. Et scenario er en beskrivelse af en mulig fremtid. Scenarierne har været anvendt som middel til at udbygge panelets beslutningsgrundlag for at udvælge fokusområder. Ved at diskutere alternative scenarier har panelet haft mulighed for at skønne over teknologiernes mulige anvendelse og udbredelse.

Teknologi og produktion. Beskriver det konkrete teknologiske indhold af fokusområdet illustreret ved eksempler, teknologiens nuværende udviklingsstadium og udviklingspotentiale samt forhold omkring teknologiens produktion. Endvidere angives teknologiens miljøpotentiale og det kommercielle potentiale for danske virksomheder.

Viden og udvikling. Indeholder en overordnet oversigt over produktions- og servicevirksomheder på teknologiområdet i Danmark og en status på deres kompetencer. Tilsvarende beskrives den offentlige F&U af relevans for området.

Brug og marked. Beskriver de vigtigste brugere/aftagere af teknologien eller af de produkter og serviceydelser, som teknologien bruges til at producere – i Danmark og internationalt, inklusive graden af accept blandt brugergrupperne.

Regulering og incitament. Giver en kort oversigt over den vigtigste regulering på området i Danmark og EU, og hvordan denne fremmer eller modvirker teknologiens anvendelse. Peger endvidere på incitament af lovgivningsmæssig eller anden karakter, som kan bidrage til at fremme teknologiernes udbredelse.

For hvert af de sidste fire afsnit er foreslået emner eller spørgsmål, som kan behandles i fremsynets fase 2.

3. Fleksible energisystemer med øget vindkraft



3.1 Miljøproblem

Der er en række miljøproblemer forbundet med omfanget og sammensætningen af vores energiforbrug. Det er et evigt tilbagevendende tema, men de områder, der er i fokus, har skiftet gennem tiden. Energikrisen i 1970'erne satte fokus på energi som en knap ressource og samfundets afhængighed af den. Der arbejdes til stadighed med at finde nye kilder til energiforsyning, traditionelle som nye alternativer. Men samtidig er forbruget på verdensplan kraftigt stigende. Derfor er en reduktion af forbruget ved energisparende teknologi en central udfordring.

Globalt set er energiressourcesituationen på længere sigt kritisk, med mindre der investeres kraftigt i bl.a. fornybare ressourcer.

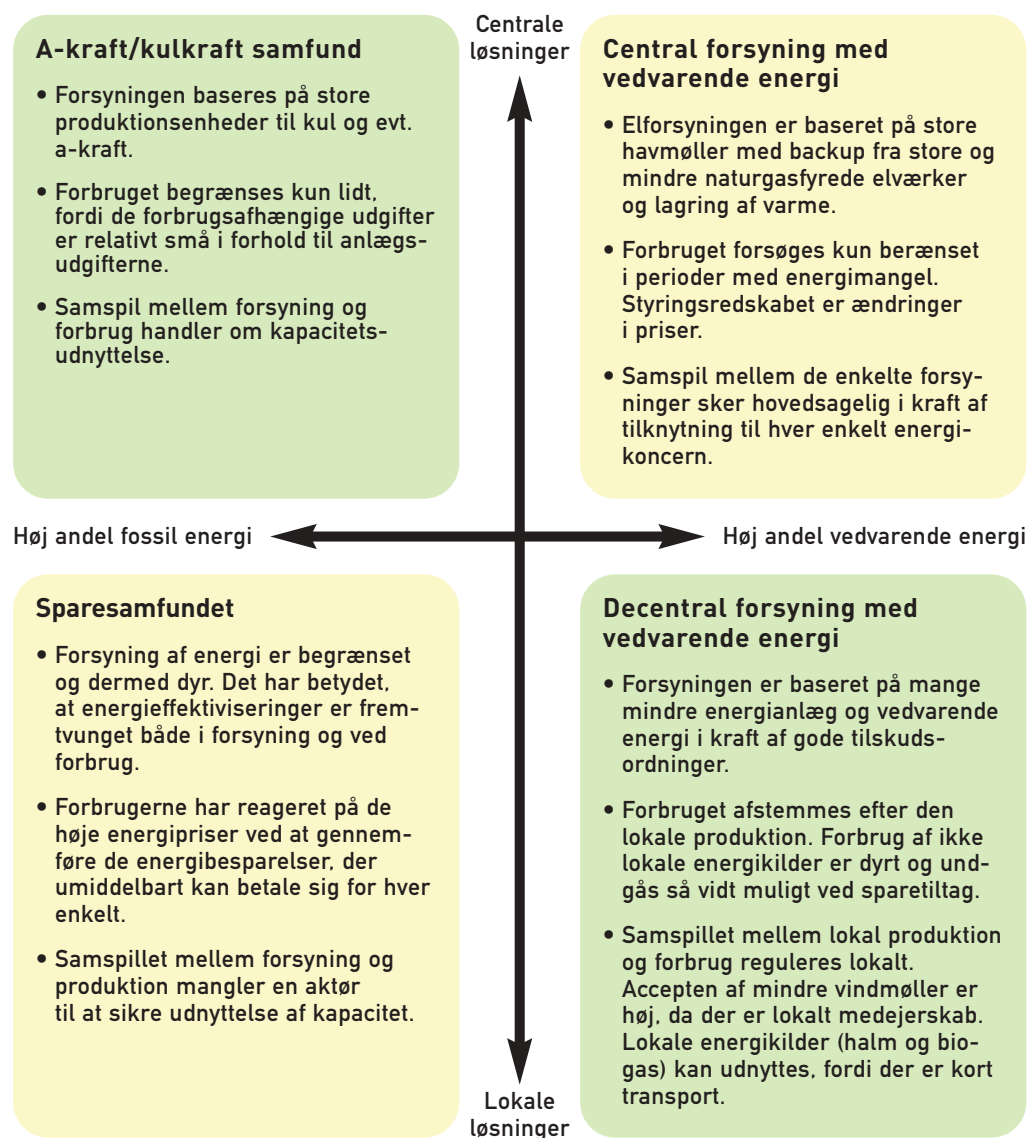
De sidste årtier er fokus for miljøproblemerne ved energiforbruget rettet mod udledningen af CO₂ fra afbrænding af fossile brændsler, der bidrager til drivhuseffekten. Med EU's tilslutning til Kyoto-aftalen er Danmark forpligtet til at reducere udledningen af CO₂. De teknologier, der de seneste årtier har bidraget til at reducere Danmarks energiforbrug, har været udbygning med fjernvarme for at udnytte spildvarme fra el-produktion, anvendelse af vindkraft og en forbedret bygningsstandard.

3.2 Scenarier

Den videre udvikling på energiområdet kan tænkes at ske i fortsættelse af de hidtidige spor, nemlig en forsyningsstruktur med en fortsat udbygning med vedvarende energi, især vindkraft, i samspil med øget udnyttelse af spildvarme. På forbrugssiden er potentialet for at reducere energibehov fortsat stort.

Der er dog en række tekniske og institutionelle barrierer, som skal overvindes, hvis ovenstående scenario skal realiseres. På forsyningsiden er det nødvendigt at tænke i integrerede løsninger, hvor man optimerer samspillet mellem de enkelte produktionsenheder og forbruget. På forbrugssiden vil hver enkelt bygning, installation og apparat også skulle vurderes i sammenhæng med eksempelvis indeklima og forsyningsmuligheder.

Afhængig af, hvilken fremtid man ser for sig på energiområdet, vil de forskellige elementer i en energiplanlægning få forskellig vægt. Nedenfor er der tegnet fire fremtidsbilleder, der danner baggrund for en beskrivelse af de udvalgte fokusområder. Billederne giver en ramme til forståelse af de valg og fravalg, som er gjort ved arbejdet med det grønne fremsyn.



Den lodrette akse er valget mellem en centraliseret og monopoliseret energiforsyning. Den står over for lokal selvforsyning, der opfattes som mere stabil ud fra et sikkerheds- eller uafhængighedssynspunkt. Den vandrette akse udtrykker et energipolitisk valg, evt. fremprovokeret af en forsyningsknaphed på ikke-fornybare brændsler.

Scenariet “decentral forsyning med vedvarende energi” har været udgangspunktet for de to prioriterede fokusområder, som er beskrevet i kapitel 3 (fleksible energisystemer med øget vindkraft) og 4 (systematisk energioptimering af bygninger).

For løsningsområdet med øget vindkraft i samspil med den øvrige el- og varmeproduktion kan der indgå elementer fra det centrale forsynings-scenarium, fx havmølleparker. Men samspillet mellem de forskellige forsyningsanlæg reguleres på lokalt niveau.

For løsningsområdet med systematisk reduktion af bygningers energiforbrug, vil der indgå elementer fra sparesamfundet. Eksempelvis kunne en forsyningsknaphedssituation fremprovokere individuelle spareløsninger uden koordinering med det lokale forsyningsystem.

3.3 Beskrivelse af fokusområdet

3.3.1 Teknologi og produktion

Den eksisterende kapacitet på vindkraftområdet dækker knap 20% af elforbruget i Danmark, og med fortsat udbygning vil den de kommende årtier kunne dække mindst halvdelen. Det giver et betydeligt bidrag til at nedbringe CO₂-udledningen, da brændselsforbruget til elfremstilling udgør ca. en tredjedel af det samlede brændselsforbrug. Men allerede i dag opstår der konflikter i perioder, hvor både vindmøller og kraftvarmeværker producerer el for fuld kraft samtidig med, at elforbruget er lavt. Hvis den producerede el ikke kan eksporteres, er man i praksis nødt til at standse elproduktionen fra vindmøllerne, da varmen fra kraftvarmeanlæggene ikke kan undværes.

Løsningen er at udvikle mere fleksible systemer til el- og varmeproduktion, der i kombination med lagring og energiudveksling med de nordiske landes vandkraftforsyning kan udnytte energiresourcerne optimalt frem for blot at afbryde vindkraften. Systemerne vil skulle omfatte flere lande med hensyn til elproduktionen, men kan være baseret på mere eller mindre lokale enheder på varmesiden.

Teknologien består dels af software til udveksling af informationer til styring af produktion og forbrug, dels af hardware, der omfatter installation af fleksible produktionsenheder som fx varmpumper og lagre på kraftvarmeværkerne. Også øgede muligheder for styring af forbruget kan være med til at udjævne døgnvariationer. Danske elproducenter og forskningsinstitutioner har allerede i længere tid arbejdet med området. I kraft af de aktuelle problemer med eloverløb kan Danmark få et forspring i forhold til andre lande, hvor problemerne endnu ikke er aktuelle.

Lagring af energi er en nærliggende mulighed for at tilpasse en variabel forsyning til et variabelt forbrug. Lagring til opvarmning er mulig i form af varmt vand, og som døgnlager kan det være en økonomisk god løsning. Lagring af el er endnu forbundet med store omkostninger og tab af energi, og backup fra nordisk vandkraft eller naturgas-turbiner er den løsning, der anvendes i stedet. På længere sigt er der store forhåbninger til anvendelse af brint som lagringsmedie, især fordi denne lagringsform også vil være egnet til brug i transportmidler. På det område vil danske virksomheder evt. kunne gøre sig gældende på nogle områder, fx udvikling af brændselsceller.

Videreudvikling af vindkraften i Danmark er bl.a. afhængig af, om det lykkes at etablere et energisystem, hvor den kan indpasses. Eksportpotentialet er imidlertid enormt på markeder, hvor der endnu ikke er problemer med indpasning af en høj andel af vindenergi. Øget eksport forudsætter en fortsat forbedring af økonomien (prisen pr. installeret kW og driftsomkostninger), da der er stigende konkurrence fra bl.a. Tyskland. Parametre som holdbarhed og ydelse er centrale.

En af de vigtigste forudsætninger for høj ydelse er viden om vindens natur på de lokaliteter, hvor vindmøllerne placeres. Det er et område, hvor danske virksomheder kan drage nytte af en af verdens bedste meteorologiske tjenester, der sammenholdt med driftserfaringer fra et stort antal møller kan give grundlag for meget præcise forud-

sigelser af vindpotentialet. Meteorologiske data til at forudsige produktionen inden for det nærmeste døgn er også forudsætningen for, at indpasningen af vindenergien i forsyningsystemet kan optimeres.

3.3.2 Viden og udvikling

Problemerne med eloverløb er opstået inden for de seneste år, hvor udbygningen med vindkraft har været meget kraftig med en årlig kapacitetsstigning på over 30%. Elværkerne pegede allerede i 2002 på nødvendigheden af F&U-projekter til løsning af problemerne. Bl.a. pegede de på etablering af et system til fjernkontrol af mange små produktionsanlæg og evt. også af forbrugsapparater.

Et andet initiativ med stor indvirkning på problemet er elværkernes arbejde omkring NordPol, der er en nordisk børs for køb og salg af el. Det igangværende arbejde med at etablere et marked for grøn el kunne føre til en prisstruktur, som ideelt set kunne øge udnyttelsen af vindkraft, men det modsatte kan også blive resultatet. Problemet med overløb vil måske ikke kunne løses, før staten sætter nogle rammer, inden for hvilke alle aktører skal samarbejde. Danske forskningsinstitutioner med energiforskning har gode kvalifikationer til at løse opgaverne, og nødvendigheden af at finde en løsning rummer et stort incitament.

Alternativt kan man tænke sig, at der opstår en række lokale aktører, som etablerer forsyning med el og varme i et nærområde. De første tiltag kan ses i nogle af de eksisterende fjernvarmeværker og biogasanlæg, der forsyner et nærområde. Der er mange styrker ved en lokal model, bl.a. i forhold til brugernes accept af løsningerne og forståelse for fx regulering af forbruget.

Udvikling af brintteknologien til udnyttelse bl.a. i transportsektoren er godt på vej til at være køreklar, dog mest i de bilproducerende lande. De danske aktører findes på forskningsinstitutioner som Risø, DTU og AAU og i nogle få større virksomheder, der evt. i samarbejde med udenlandske virksomheder vil kunne forestå produktion af brændselsceller. Der er fortsat et stort behov for at videreudvikle kompetencerne, hvis der skal være en chance for gennembrud før udenlandske konkurrenter.

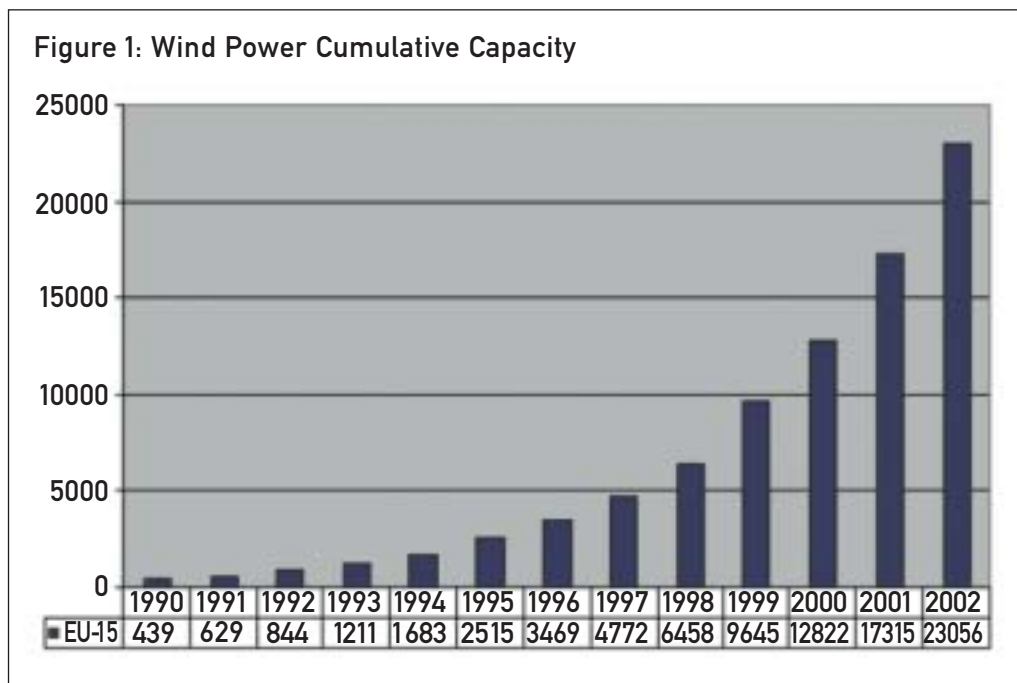
Vindkraftområdet er i dag en veletableret industri med nogle få større virksomheder og en skov af underleverandører. Selve videreudviklingen af møllerne er således i gode hænder. Men der kan være behov for forskning og udvikling inden for områder af generel karakter, fx materialeteknologi til store vinger. Der er i dag gode uddannelsesmuligheder inden for ingeniørfag på langt de fleste områder, der er relevante for udvikling af vindmøllernes komponenter.

Derimod er der en række forskningsopgaver omkring forståelse af vindens natur, som bedst varetages af det offentlige. Risø og DMI er her centrale aktører, og de regnes blandt verdens bedste på vind- og meteorologiområdet.

3.3.3 Brug og marked

Markedet for energi er kraftigt voksende på verdensplan. Samtidig vil efterlevelse af Kyoto-aftalens krav om at reducere CO₂-udledningen lægge grunden for en forøgelse af markedet i det kommende årti. I lande, hvor vindkraft dækker en mindre andel af elforbruget, er der umiddelbart et potentielt marked for vindmøller.

Udviklingen i kumuleret vindkraftkapacitet i EU



Source: 1990-2000: BTM Consult / 2001 and 2002: EWEA
Kilde: www.ewea.org.

Som det fremgår af figuren, er den samlede kapacitet af vindmøller i EU-landene vokset fra 439 MW i 1990 til 23.056 i 2002. Markedets størrelse afhænger helt af udviklingen i energipriser og eventuelle subsidier i de enkelte lande. Her har især det danske og nordeuropæiske marked været gunstigt op gennem 1990'erne. De sidste par år har det spanske og tyske marked været i kraftig vækst, mens det danske marked fra 2003 er gået i stå pga. manglende tilskud. Det europæiske marked for vindmøller var i 2002 på næsten 44 mia. kr., hvoraf Danmark stod for knap halvdelen af salget. Det globale marked forventes ifølge den europæiske vindmølleindustri at blive på over 190 mia. kr. i 2010. Især det engelske marked forventer man bliver meget stort, nu hvor England har tilkendegivet, at vindkraft er en central del af landets strategi for at opfylde Kyoto-målene.

Den kommende internationale handel med CO₂-kvoter vil muligvis øge salget af vindmøller til fx Polen og andre østeuropæiske lande. Modellen kan være "Joint Implementation", hvor fx Polen sælger CO₂-kvoter til Danmark mod at investere i dansk producerede vindmøller til at dække kvoterne ind. Fordelen er umiddelbart, at møllerne producerer på et el-net, hvor "overløb" endnu ikke er en realitet.

Indpasning af en høj andel af vindkraft i det danske energisystem forudsætter, at der findes løsninger på problemet med overløb og de dårlige afregningsforhold, der er for vindmøller fra 2003. Når problemet er løst i Danmark, vil der givetvis være basis for systemeksport af styringsteknologi og know-how til lande med høj udbygning af vindenergi.

Et vigtigt element i den fortsatte udbygning med vindkraft, både i Danmark og udlandet, er befolkningens accept. Vindmøller kan gøres næsten støjfri og placeres smukt, men de bliver aldrig usynlige, og dermed vil de altid genere nogen. Det er derfor vigtigt, at der arbejdes med metoder til at øge borgernes accept af vindmøller i landskabet. En metode, som lå til grund for udbygningen midt i 1990'erne, var lokalt medejerskab og økonomiske fordele. En anden metode har været at placere møllerne til havs. Begge metoder kræver studier og videreudvikling som input til udarbejdelse af en handlingsplan for den videre udbygning af vindkraften.

3.3.4 Regulering og incitamenter

Det er vanskeligt at give et dækkende overblik over alle de reguleringsmæssige tiltag på energiområder. Det gælder både de eksisterende og mulige nye tiltag. Eksempelvis de nuværende CO₂-afgifter for alle private brugere og nogle dele af erhvervslivet, men også tildeling af CO₂-kvoter og andre reguleringer af bl.a. elproduktionen.

Derfor tager den efterfølgende redegørelse udgangspunkt i, hvordan reguleringen konkret påvirker de fire behandlede udviklingsområder: Systemer til samspil mellem forsyningsformer, udvikling af brint som lagringsmedie, videreudvikling af vindkraft og accept af vindkraft.

Udviklingen af systemer til at forbedre samspillet mellem vindenergi og kraftvarmeforsyningen kræver en aktør, der kan forestå gennemførelsen af de nødvendige energimæssige omlægninger af energiforsyningen. Elværkerne, fjernvarmeverkerne, naturgasleverandører og offentlige affaldsforbrændingsanlæg er centrale aktørgrupper, som hver især har særinteresser at varetage.

Det er formentlig nødvendigt med et lovgivningstiltag, der fastsætter, hvordan samspillet mellem de forskellige energiproducenter og forbrugere kan reguleres. Som udgangspunkt er energiforsyningen i dag kraftig reguleret, fx er kraftvarmeverker omfattet af reglerne om prioriteret el. Det vil sige, at problemet med bindingen mellem el- og varmeproduktion til dels skyldes eksisterende lovgivning, som skal tilpasses udviklingen.

Et kommende detailfremsyn bør også undersøge, om der er brug for en uafhængig, koordinerende aktør, der på grundlag af et lovgivningstiltag kan stå i spidsen for at udvikle et fleksibelt el- og varmeforsyningssystem. Man må regne med, at udviklingen på området vil kræve løbende indgreb og justeringer, og derfor er der et behov for en overordnet styring.

Det kan formentlig også være nødvendigt at justere energiafgiften på forskellige brændsler for også at give et økonomisk incitament til en energieffektiv omlægning. Fx betaler erhvervslivet mindre energiafgift end private husholdninger, og et incitament for at øge investeringen i energibesparelser kunne være at ændre dette og tilbagebetale pengene som tilskud til investering i energibesparelser.

Lagring og overgang til brint som lager og transportenergi er et område, som kræver store forskningsmidler, da et kommercielt gennembrud formentlig først sker om ca. 10 år. Det er et højt prioriteret område for EU's F&U-aktiviteter på energiområdet, som Danmark bidrager til. Denne politik skal fortsættes og evt. udbygges, hvis Danmark skal spille en aktiv indsats på området.

Videreudvikling og indpasning af vind i forsyningssystemet har været gennem en rivende udvikling de sidste 20 år. Ikke mindst i de sidste 10 år har tilskud til den producerede el givet møllerne en god økonomi, hvilket de ikke ville have haft i et marked med faldende energipriser. Tilskuddet er imidlertid stoppet fra 2003, og fremtiden er uvis. Danmark har som de øvrige EU-lande tilsluttet sig Kyoto-protokollen og forpligtiget sig til at reducere udledningen af CO₂ – eller ved at bidrage til projekter, som reducerer CO₂-udledningen i udlandet – enten i Østeuropa (såkaldt “Joint Implementation”) eller i ulandene (Clean Development Mechanisms).

Markedsprisen på CO₂-kvoterne kendes ikke endeligt endnu, men forventes at blive mindst 10 øre pr. kWh. Lægges det til en markedspris for el på 15-25 øre pr. kWh, giver det væsentligt mindre end de op til 43-60 øre pr. kWh, som vindmøller kunne få indtil 2003. Hvis vindkraftudbygningen i Danmark skal fortsætte, er det sandsynligvis nødvendigt at revurdere tilskudspolitikken samtidig med, at man vurderer erfaringerne fra det liberaliserede marked for grøn el.

Begrundelsen for at øge andelen af vindkraft ud over opfyldelse af Kyoto-protokollen er at give en forsyningssikkerhed – et aspekt, der lægges meget vægt på i EU's tanker om en energiforsyningspolitik.

Befolkningens accept af øget vindkraftudbygning kan ikke vindes ved lovgivning alene. Planlovgivningen, som regulerer placeringen af vindmøller, er grundlaget for at udpege de lokaliteter, hvor vindmøller kan placeres. I dag er udbygningen af møller på land i praksis standset. Hvis der sættes et målrettet arbejde i gang for at øge antallet af vindmøller på land, må man sikre, at planlovgivningen ikke kommer hindrende i vejen, hvis det skal have en effekt.

3.3.5 Emner for detailfremsyn

Følgende emner kunne overvejes i forbindelse med gennemførelse af et detailfremsyn. Emnerne er grupperet som i fremstillingen ovenfor.

Teknologi og produktion

- Status og potentialer for udvikling af systemer (hard- og software) til regulering af el- og varmeproduktion.
- Status og potentialer for videreudvikling af avancerede meteorologiske modeller til forudsigelse af vind på forskellige placeringer og tidspunkter.
- Potentialer for materialeteknologisk udvikling til fx konstruktion af større møllevinger.
- Relevansen af udvikling af el-lagre og brintteknologi på længere sigt.

Viden og udvikling

- På vindkraftområdet kræver et internationalt program for videreudvikling af redskaber til forståelse og forudsigelse af vindfænomener F&U-midler.
- På flere uddannelsesinstitutioner mangler der viden omkring udvikling af systemer til overordnet regulering af energiforsyning. F&U-midler vil bidrage til at igangsætte forskning på området og dermed også øge de uddannelsesmæssige kompetencer.

Brug og marked

- Vurdering af perspektiverne for accept af vindmøllers placering.
- Udnyttelse af Joint Implementation og Clean Development Mechanisms, fx ved eksport af vindmøller.
- Analyse af det grønne el-marked, hvor den nuværende model ikke sikrer vindmøller en rimelig afregningspris.

Regulering og incitamenter

- Undersøgelse af, hvilke aktører der på grundlag af et lovgivningsmæssigt tiltag kan stå i spidsen for udviklingen af et fleksibelt el- og varmforsyningssystem.
- Vurdering af muligheden og konsekvensen for tilskud til brintforskning.
- Revurdering af tilskud og prisdannelse for vindenergi.

4. Systematisk energioptimering af bygninger



4.1 Miljøproblem

Optimering og reduktion af energiforbruget vil sammen med en fleksibel energiforsyning med høj andel af vindkraft markant kunne reducere miljøbelastningen fra vores energiforbrug. Scenarierne for denne udvikling er beskrevet i kapitel 3. I det følgende uddybes, hvordan energiforbruget i bygninger kan halveres, og hvilke kompetencer det danske innovationssystem og erhvervsliv har til på området.

4.2 Beskrivelse af fokusområdet

4.2.1 Teknologi og produktion

Teknologi til energibesparelse i bygninger omfatter en lang række tekniske enkeltkomponenter og materialer til opførelse og drift og viden om samspillet mellem de mange enkeltkomponenter.

Panellet ser et væsentligt perspektiv i at videreudvikle systemer og koncepter for samlede løsninger, der både sikrer opførelse af nye bygninger med et minimalt energiforbrug og giver gode løsninger til mindst en halvering af energiforbruget i den eksisterende bygningsmasse. Den helhedsprægede tilgang skal sikre gennemtænkte løsninger, der tager højde for energiforbrug, komfort og økonomi.

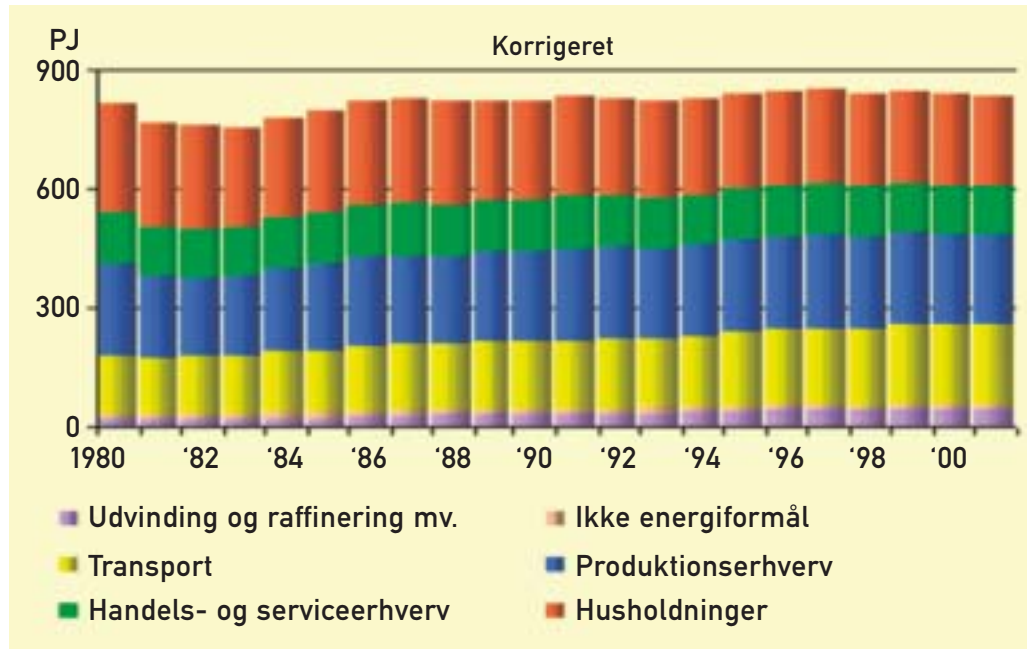
Panelet ser et væsentligt perspektiv i at videreudvikle systemer og koncepter for samlede løsninger, der både sikrer opførelse af nye bygninger med et minimalt energiforbrug og giver gode løsninger til mindst en halvering af energiforbruget i den eksisterende bygningsmasse. Den helhedsprægede tilgang skal sikre gennemtænkte løsninger, der tager højde for energiforbrug, komfort og økonomi.

I nye byggerier er der behov for sammentænkning af fx materialevalg og lysindfald samt produkter og systemer til opvarmning og afkøling. Dette gælder såvel i forbindelse med opførelse og drift, og systemerne må udvikles, så der tages størst muligt hensyn til driftssikkerhed og levetid. I eksisterende byggerier, som måske rummer det største potentiale for energibesparelser, er perspektivet at udvikle nye koncepter for renovering, som omfatter forbedret isolering, vinduer og tekniske installationer, der ud over lavt energiforbrug og en rimelig økonomi sikrer en god komfort.

Inden for de seneste 30 år har der været en stigning i bygningsarealet, men samtidig et fald på ca. 25% i det samlede energibehov til opvarmning. Udviklingen har således reduceret energiforbruget til bygningernes opvarmningsbehov pr. m² ganske betydeligt. Samtidig er tekniske installationer, herunder ikke mindst elforbrugende apparater, steget i antal. Nogle apparater, fx køl og frys, er blevet mere energieffektive, men ganske mange er blot blevet flere uden effektivisering. Anvendelse af de tekniske installationer skal indgå i de systemmæssige betragtninger, bl.a. afgiver de varme, som skal indgå i en optimeret drift af bygningerne. Et eksempel er behovet for køling i kontorområder pga. varmeafgivelse fra computerudstyr.

Samlet set udgør husholdningssektorens energiforbrug til el og varme godt 30% af det nationale energiforbrug, heraf står opvarmningen for 80%. Figuren nedenfor viser energiforbrugets fordeling på sektorer. På boligområdet og inden for handels- og servicevirksomheder tegner rumopvarmningen, lys og ventilation sig for størstedelen af energiforbruget. På industriområdet anvendes derudover procesenergi til drift af en lang række maskiner og installationer.

Danmarks bruttoenergiforbrug fordelt på anvendelse



Kilde: www.energi styrelsen.dk, 2003.

Det miljømæssige potentiale ved energimæssige forbedringer af bygningsmassen er en betydelig reduktion af CO₂-udledningen. Danske virksomheder er gennem de sidste 25 år kommet i front internationalt, både hvad angår komponenter og udvikling og afprøvning af koncepter.

De energimæssige gevinster ved at renovere med efterisolering, nye vinduer og forbedrede opvarmningsanlæg er velkendte. Men ofte går man formentlig ikke radikalt nok til værks, fordi gevinsten først kommer over en lang årrække ved sparet energiudgift. Nye vinduer kan i sig selv nedbringe energitabet markant, fordi de nyeste typer på markedet ikke kun er coatede, men også gasfyldte og koster omtrent det samme som almindelige termoruder. Alligevel anvendes der stadig mest almindelige eller kun coatede ruder, hvilket kan skyldes manglende hensyntagen til driftsøkonomien og effektiviteten.

Nye boliger skal som minimum leve op til byggeregulativerne, men her er kravene ikke vidtrækkende nok til at sikre en kraftig reduktion af energiforbruget. Her er det vigtigt, at arkitekt og bygherre foretager en samlet analyse af husets energibehov, ventilationsbehov og opvarmningsanlæg. Eksempelvis vil ekstra isolering og gasfyldte energiruder kunne reducere opvarmningsbehovet, så der kan installeres en mindre (og billigere) kedel. Samtidig er det vigtigt at være opmærksom på, at nye huse er meget lufttætte og har behov for enten naturlig eller mekanisk ventilation. Det sidste bør være med varmegenvinding. Her kan der også etableres ventilationsformer, som ikke kræver energi til driften.

Der er opført mange eksperimenterende boliger. Villa Vision ved Teknologisk Institut er et eksempel på, hvordan man ved at anvende avanceret teknologi i materialer, energiforsyning og ikke mindst styring faktisk kan bygge et nul-energihus i det danske klima.

Inden for service og handel er kravene til bygninger ofte lidt anderledes end i boliger. Bl.a. kan der være behov for store vinduer til udstillingsbrug eller kraftig belysning. I kontormiljøer er computerne rykket ind de sidste 15-20 år, og varmeafgivelsen herfra er mindst ligeså høj som fra de personer, der arbejder ved dem. Det betyder, at køling ofte er det mest energikrævende udstyr, og opvarmning kan ofte være helt overflødig. Ved udvikling af koncepter til løsning af sådanne problemer kan man gå i flere retninger. I forbindelse med Danmarks Radios nye bygninger projekteres der et anlæg til køling ved hjælp af kulde fra undergrunden.

Andre løsninger kunne være ændret belysning eller anvendelse af computere med lavt energiforbrug. Den type løsninger kræver en meget helhedsorienteret tilgang, hvor opførelse og drift tænkes sammen. Ofte viser den slags problemer sig i forbindelse med udarbejdelse af grønne regnskaber, og erfaringerne hermed kan danne grundlag for en bedre planlægning af driften. Der er også muligheder for at konstruere bygninger med passiv ventilation, uden at det går ud over energibesparelserne. Det er givetvis et område, hvor der med mere avanceret styring kan opnås endnu bedre resultater de kommende år.

For de fleste af ovennævnte løsninger er brugerne vigtige aktører eller i de mindste den gruppe, der i sidste ende kan vurdere, om det opnåede resultat giver en god komfort. Udviklingen af koncepterne kan ske på forsøgsbasis, men den konkrete afprøvning skal ske i forbindelse med aktuelle byggeprojekter. For en udbredt anvendelse af systemerne er det imidlertid vigtigt, at det bliver et integreret element i uddannelse af byggerådgivere, arkitekter og ikke mindst håndværkere, der ofte har den afgørende indflydelse på valg af fx opvarmningsanlæg eller vinduestype.

4.2.2 Viden og udvikling

Området for energibesparelser i bygninger har i en længere årrække været båret frem af energiforskningsprogrammerne. Der har således været et program dedikeret til feltet på 10-15 mio. kr. årligt. Bevillingerne giver et billede af omfanget af den forskning og udvikling, som sker på feltet. Allokeringen af disse midler har generelt set været fordelt således, at Byg-DTU, By og Byg, Teknologisk Institut og de rådgivende ingeniørfirmaer hver fik en fjerdedel.

På Byg-DTU har der i årene med energiforskningsprogrammer været en kompetence svarende til 10-12 personer, som dog reduceres til 3-4 personer i løbet af 2002. Tilbage er de selvfinansierede personer på DTU, hvilket svarer til 3,5 undervisere og nogle ph.d.er.

Inden for feltet omkring byggekomponenter og materialer har Danmark ligeledes en række kompetencer internationalt set. Kompetencerne med materialer såsom isolering, rammer og vinduer bliver der arbejdet med på Byg-DTU. Kompetence inden for eksempelvis alternativ isolering og vinduer er af samme størrelsesorden som søsterafdelingen for energibesparelse.

Rådgivningsarbejdet sker dels i private ingeniørvirksomheder, dels på Teknologisk Institut. For sidstnævntes vedkommende er organiseringen af arbejdet placeret sammen i et center for energianvendelse i bygninger, hvor også solenergi ligger. Materialer som "smartwindows", "shading" og avancerede isoleringsprodukter, bl.a. vakuumvinduer, arbejdes der med af det nuværende personale, som udgør 4-6 personer.

Energibesparelser i byggeri er i top internationalt set (hvad dansk forskning angår), hvor de største succeser er isolering og vinduer. For at give en fornemmelse af størrelsesforholdet mellem forskningen på universiteter og i produktionsvirksomheder kan peges på virksomheden Rockwool, hvor der er godt 130 ansatte i virksomhedens division for Forskning og Udvikling.

Der foregår løbende tværgående samarbejde mellem forsknings-, rådgivnings- og produktionsmiljøer. Det skyldes bl.a., at der i det forskningsmæssige arbejde ligger et behov for at føre et demo-projekt videre, hvorved kompetencer fra forskning og producent spiller sammen. Et eksempel er projektet om lavenergihuse, hvor Byg·DTU og Bülow & Nielsen enfamiliehuse har et innovationsmæssigt partnerskab.

Kompetenceniveauet inden for materialer, lavenergihuse og værktøjer er ganske højt. Det gælder den brede grundforskning og udvikling, som primært findes på DTU og sekundært på rådgivningssiden. Inden for produktionsvirksomhederne er potentialet fortsat stort til at udvikle relaterede og forbedrede produkter, som findes inden for de eksisterende områder. Danmark har en klar position på en række produktionsfelter. Det er således ikke primært de teknologiske kompetencer, som forhindrer en udbredelse af disse grønne teknologier, men snarere de institutionelle, politiske og markedsmæssige økonomiske barrierer, som stopper udbredelsen.

4.2.3 Brug og marked

Markedet for byggeri, dvs. nybyggeri, modernisering og forbedringer har indtil videre været domineret af efterspørgsel på hjemmemarkedet. Byggeriet er i Danmark, som det også gælder i mange andre industrialiserede lande, et vigtigt instrument til at påvirke niveauet for samfundsøkonomisk aktivitet.

Efter energikrisen i 1970'erne har byggeaktiviteterne i Danmark aldrig genvundet niveauet fra 1960'erne og begyndelsen af 1970'erne. Til gengæld satte energikriserne gang i energireducerende foranstaltninger og tilhørende produktion, herunder isolering og energistyring foruden øget anvendelse af naturgas og fjernvarme.

Navnlig nybyggeri afhænger af udviklingen inden for socioøkonomiske forhold som befolkningsudvikling, antal og størrelse af husstande og livsstil udtrykt i boligareal pr. indbygger. Siden midten af 1970'erne er efterspørgslen inden for byggeri svinget væk fra nybyggeri over imod renovering. Af de eksisterende ca. 2,5 mio. boliger i Danmark har lidt under 10% én af tre væsentlige mangler, der består i at være uden bad, toilet eller centralvarme. Disse forhold bliver genstand for kvalitetsforbedringer. Aktiviteterne på området vil generelt blive påvirket af, at de senere års udvikling peger på, at velstandsstigninger bl.a. bruges til boligforbrug. Endelig forventes løbende livsstilsændringer at påvirke behovet for om- og tilbygninger.

Eksporten fra ressourceområdet Bygge/Bolig steg stærkt i perioden 1975-85. Herefter har eksporten fulgt udviklingen i eksporten generelt og har i perioden 1988-96 udgjort ca. 12% af den samlede eksport. Markedernes internationalisering, bl.a. hjulpet af forventningerne til udviklingen af EU's indre marked koblet med de udbudsdirektiver, der skal sikre, at kontrakter kommer i internationalt udbud, kan bidrage til øgede eksportpotentialer og realisering af disse.

De senere års udvikling mod renovering på bekostning af nybyggeri gælder ikke alene Danmark, men også en række af de øvrige EU-lande, hvor efterspørgslen på nybyggeri

i nogle lande er ved at være mættet. Udviklingen er med til at forklare en nedgang i beskæftigelse og ressourceproduktiviteten på området i EU generelt. Situationen i Central- og Østeuropa er imidlertid noget anderledes. Her synes efterspørgselen efter nybyggeri – og anden infrastruktur – stadig at være høj.

Den samlede internationale efterspørgsel efter byggeri er ikke i sig selv den mest afgørende faktor for omfanget af dansk eksport til markederne. Eksport af koncepter, teknologi og produkter til reduktion af energiforbruget i bygninger kan forøge andelen på verdensmarkedet, hvis Danmark er konkurrencedygtig på pris og kvalitet.

4.2.4 Regulering og incitamenter

I Danmark har staten forskellige typer hjemler til at regulere omfanget af nybyggeri og bygningsrenovering. Det sker gennem:

- statens finansiering (ved statsligt byggeri)
- regulering af tilskud (ved almennyttigt byggeri eller byfornyelse)
- aftaler med kommuner og amter, eller
- regulering af tilladelser til at igangsætte nyt byggeri.

Efterspørgslen reguleres endvidere via skattepolitikken og de lovmæssige rammer for finansiering af byggeri, navnlig realkreditbelåningen. Reguleringen retter sig både mod omfanget af byggeaktiviteter, men vedrører også kvalitetsforbedringer, eksempelvis som i lavkonjunkturen i 1980'erne, hvor der blev givet tilskud til energibesparende foranstaltninger.

Motivationen til energibesparelser er stærkt afhængig af prisen på energi. Her er særligt store potentialer i erhvervsbyggeri, hvis man gennem skatte- og afgiftsomlægninger sørgede for, at virksomheder betalte mere for energien på linie med, hvad private husholdninger allerede gør i dag. En sådan omlægning kunne via passende tilbageførselsordninger holdes neutral i forhold til virksomhedernes konkurrenceevne.

Både i Danmark og internationalt bruges reguleringen til at sikre, at bygninger opføres og indrettes på en sådan måde, at bygningerne er tilfredsstillende i brand-, sikkerhedsmæssig og sundhedsmæssig henseende. Byggelovgivningningen er derfor en central indgang til øget energi- og ressourceeffektivitet i byggeriet.

I Danmark er det primært Byggeloven – først vedtaget i 1960'erne, der regulerer disse forhold. Loven har til hensigt at sikre, at boliger og ubebyggede arealer har en tilfredsstillende kvalitet. Ud over de ovennævnte sikkerhedskrav om sikkerhed, sundhed og brand er energi- og ressourceminimering et centralt mål i lovgivningen. Der er store potentialer i at stramme kravene til energiforbrug i Bygningsreglementet, idet det i dag er muligt at bygge huse med langt lavere energiforbrug. Desuden kunne man stille krav om efterisolering i forbindelse med om- og tilbygninger, som har langt større omfang end nybyggeriet.

Ud over Byggeloven stiller energilovgivningningen krav til dokumentation af bygningers energiforbrug. Energimærkeordningen stiller krav fx om udarbejdelse af et energimærke for ejerboliger i forbindelse med salg, og ELO-konsulent-ordningen stiller krav til større byggerier om dokumentation af energiforbruget.

På EU-plan blev der den 16. december 2002 vedtaget et "Direktiv om bygningers energimæssige ydeevne". Direktivet stiller krav til medlemslandene om at gennemføre en række initiativer, der sigter på at nedbringe energiforbruget til bygningers opvarmning og afkøling, herunder bygningernes tekniske installationer. Direktivet omfatter både nybyggeri og renovation af eksisterende bygninger.

4.2.5 Emner for detailfremnsyn

Følgende emner kan overvejes i forbindelse med at gennemføre et detailfremnsyn. Emnerne er grupperet som i fremstillingen ovenfor.

Teknologi og produktion

- Vurdering af behovet for forskning og praktisk afprøvning af de mest relevante systemløsninger inden for forskellige typer byggeri.
- Afdækning af de overordnede muligheder for energi- og miljøoptimering af elforbrugende apparater.

Viden og udvikling

- Vurdering af behovet for forskning i systemløsninger der omfatter både nye og eksisterende boliger og bygninger til serviceerhverv og industri. En tilgang hertil kunne være gennem analyse af eksisterende bygninger. Energimærkning af bygninger og grønne regnskaber vil kunne danne grundlag for noget af analysearbejdet.
- Vurdering af behovet for uddannelse på området. Det bør først afdækkes, hvor og på hvilket niveau behovet er størst. Håndværkere er en stor og vigtig målgruppe, og det kræver givetvis en koordineret indsats inden for flere håndværkergrupper.

Brug og marked

- Vurdering af tilskuds- og finansieringsmuligheder for effektive energibesparelser i eksisterende og nye bygninger.
- Undersøgelse af forbrugernes villighed til at investere i energibesparelser samtidig med øget komfort - evt. med gunstige finansieringsordninger.

Regulering og incitamenter

- Vurdering af behov for tilskuds- og finansieringsmuligheder for radikale energibesparelser i eksisterende og nye bygninger.
- Vurdering af mulighederne for anvendelse af en CO₂-kvotepris (ca. 120 kr. pr. ton) som tilskud til energibesparelser.
- Vurdering af barrierer for forbedringer af bygningers energiforhold – fx manglende interessesammenfald mellem dem, der investerer i bygninger, og dem, som er ansvarlige for driften.
- Vurdering af potentialerne for energibesparelser ved omlægning af energiafgifter.
- Energi- og miljømærkning af elforbrugende apparaters drift og anvendelse i bygninger, fx mangler det for ventilations- og kølesystemer.
- Sikkerhed for systemernes effektivitet - garanti/certificeringsordninger.

5. Mere miljøvenligt jordbrug



5.1 Miljøproblem

Gennem to årtier har der været stor opmærksomhed om miljøproblemer forårsaget af landbruget. De miljøproblemer, som oftest fremhæves, er:

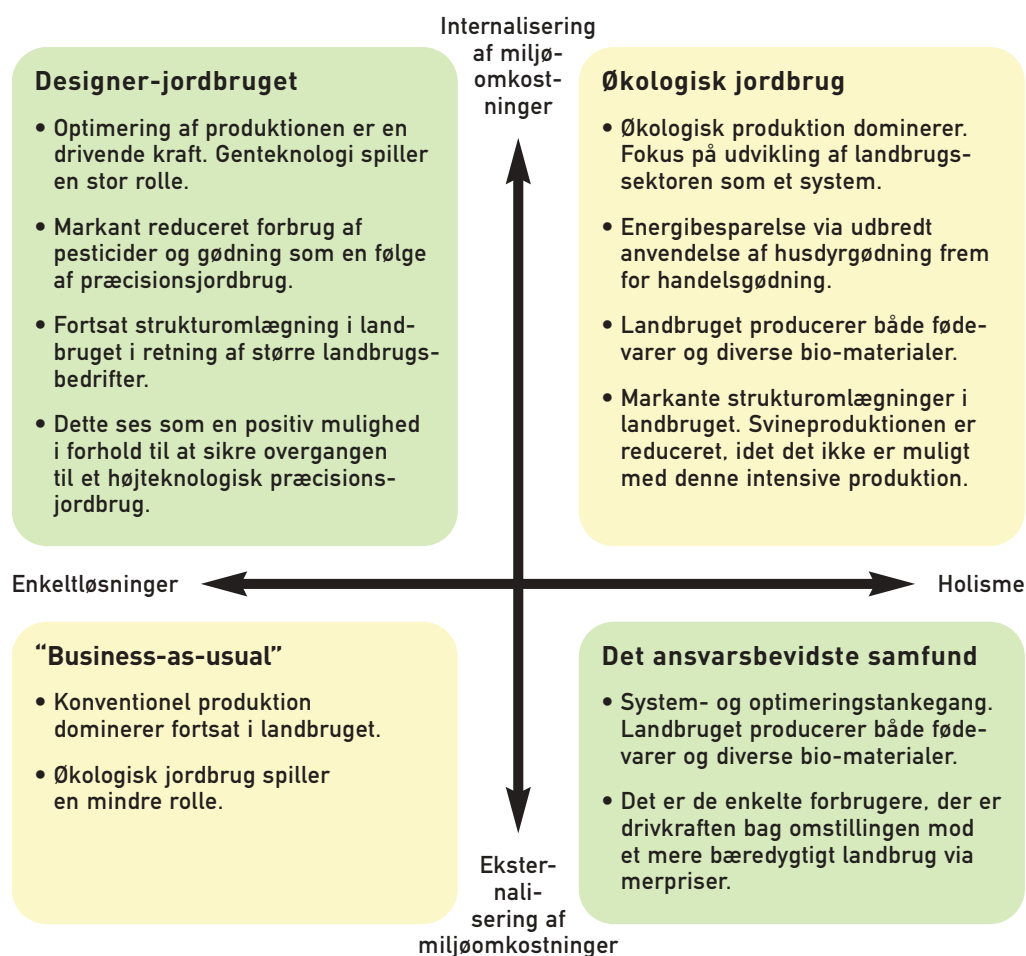
- forurening af overflade- og grundvand som en følge af fosfor- og kvælstofudvaskning fra gødskede arealer og anvendelse af pesticider
 - reduceret biodiversitet i dyrkede såvel som ikke-dyrkede arealer
 - ændringer af flora og fauna i søer, vandhuller og vandløb
- ammoniakfordampning fra stalde og gyllebeholdere
 - energiforbrug dels i selve landbruget, men primært i produktionen af gødning.

Af øvrige miljøproblemer kan nævnes lugtgener fra større svinebrug og arbejdsmiljøproblemer, bl.a. i forbindelse med ensidigt manuelt arbejde. Endvidere er der fokus på dyrevelfærd.

5.2 Scenarier

Udviklingen inden for landbrugsområdet kan følge forskellige spor, og hvert af disse indeholder forskellige teknologiske potentialer og forskellige muligheder for at løse ovenstående miljøproblemer. For at klarlægge de forskellige udviklingsspor har panelet opstillet fire fremtidsscenarier for dansk landbrug i 2020. Scenarierne giver en forståelse af de (fra)valg, der er gjort, og som har ført til, at præcisionsjordbrug og økologisk jordbrug er blevet identificeret som to områder, der kan føre til et mere miljøvenligt jordbrug.

Scenarierne er konstrueret ud fra to akser. Den ene går på, om der tænkes i sammenhængende systemer inden for landbrugsområdet med det formål at gøre landbrugsområdet under ét mere miljøvenligt, eller om fokus er rettet mod at producere enkeltstående varer med en lav miljøbelastning. Den anden akse har at gøre med drivkræfterne bag en grøn omstillingsproces. Det angår, om miljøomkostningerne ved landbrugsproduktion er indarbejdet i de priser, der skal betales for de enkelte fødevarer, eller om det er samfundet i bred forstand, der afholder oprensningsomkostningerne. Nedenfor er de fire scenarier præsenteret i forhold til hinanden.



Panelet har på baggrund af scenarierne udvalgt to fokusområder: Præcisionsjordbrug og Økologisk jordbrug. Begge områder vurderes at have gode muligheder for at mindske landbrugets miljøproblemer, de potentielle markeds-muligheder er lovende, og der findes relevante danske kompetencer. Panelet har også overvejet at satse på en målrettet anvendelse af genteknologien inden for landbrugsområdet. Imidlertid vurderes det, at markedspotentialet ikke fremstår lovende, især i lyset af forbrugernes generelt ringe accept af genmodificerede fødevarer.

De to valgte fokusområder er hentet fra to forskellige fremtidsbilleder, idet præcisionsjordbrug indgår i "Designerjordbruget". Det er derfor en væsentlig problemstilling, om disse spor er forenelige, eller om en satsning på præcisionsjordbrug i realiteten vil føre til, at det dermed bliver vanskeligere at realisere det økologiske jordbrug.

Det er givet, at der er forskellige karakteristika knyttet til de to områder, såsom de følgende:

- Præcisionsjordbrug er et teknologiområde, hvor en yderligere udvikling er påvirket af teknologisk udvikling i andre sektorer, ikke mindst omkring sensorteknik. Det økologiske jordbrug er i mindre grad afhængigt af teknologiuudvikling i andre sektorer.

-
- Præcisionsjordbrug kan ses som en avanceret optimeringsstrategi inden for det nuværende produktionsparadigme. En markant satsning på det økologiske jordbrug vil derimod lede til et radikalt anderledes dansk landbrug, bl.a. med reduceret svineproduktion.
 - De teknologier, som en satsning på præcisionsjordbruget kan lede frem til, er hvad man normalt forstår ved højteknologiske: IT-software, robotter, sensorer og nye (semi-)autonome maskiner i jordbrugsproduktionen, som typisk er rettet mod større landbrug. Ved økologisk jordbrug er der tale om et bredere fokus, nemlig det “økologiske fødevarerprodukt”, ligesom der er tale om særlige økologiske produktionsformer.

Men der er også en række lighedstræk. En del af de teknologier, der udvikles til præcisionsjordbruget, kan vise sig at være gavnlige i det økologiske jordbrug. Der synes således at være mulighed for en både-og strategi, hvor præcisionsjordbruget bliver et lokomotiv for en teknologiudvikling, som også ville kunne implementeres inden for det økologiske jordbrug. Eksempler er udvikling af en lugerobot, sensorbaseret detektering af sygdoms- og skadedyrsangreb, gradueret spredning af husdyrgødning baseret på forudgående detektering af jordens tekstur og vandholdende evne, og overvågning og registrering af det enkelte dyr i store husdyrbesætninger, som også kendetegner det økologiske jordbrug.

5.3 Præcisionsjordbrug

Det er velkendt, at udbytte og behov for hjælpestoffer og regulering af ukrudt, sygdomme og skadedyr inden for en mark varierer betydeligt. Præcisionsjordbrug (eller gradueret eller sted-specifikt jordbrug) har gennem de senere år fået øget opmærksomhed i landbruget, netop fordi denne form gør det muligt at anvende gødning, kalk og pesticider i varierende mængder på marken i henhold til de specifikke planter, sygdoms- og jordbundsforhold.

Landmanden opnår altså et indgående kendskab til markernes særlige beskaffenhed. Der er ligeledes en stigende interesse for præcisionsjordbrug inden for husdyrproduktionen, hvilke de mere end 100 malkerobotter, der i dag er i funktion i Danmark, er et eksempel på. Inden for husdyrproduktionen vil fokus være på at optimere det enkelte dyrs behov for næring, pasning og pleje, bl.a. med henblik på at reducere indholdet af næringsstoffer i husdyrgødningen.

Stedspecifikke behandlinger kan enten styres via geografiske kort (GIS) og et satellitpositioneringssystem (GPS) eller direkte via online sensor/computer-visionmålinger. Rygraden i præcisionsjordbruget er derfor den kombinerede anvendelse af IT, sensor- og robotteknologi.

Det miljømæssige potentiale består overordnet set i at begrænse brugen af gødning og sprøjtemidler, bedre arbejdsmiljø via reduktion af manuelt arbejde, mulighed for bedre produktkvalitet og bedre beslutningsstøtte til den enkelte landmand, hvilket igen kan reducere forbruget af miljøskadelige hjælpestoffer.

5.3.1 Teknologi og produktion

Selv om der gennem de seneste år er foretaget en betydelig udvikling og forskning inden for præcisionsjordbrug, har erhvervet endnu ikke for alvor set konkrete beviser for de økonomiske og miljømæssige effekter af den nye teknologi i praksis. Dette hænger givetvis sammen med, at præcisionsjordbruget endnu først og fremmest er et teoretisk og teknologisk koncept, som først nu er ved at blive omsat til brugervenlige teknologier, og at man hidtil har fokuseret på isolerede anvendelser snarere end hele produktionsprocessen.

Som eksempler på redskaber i anvendelse kan nævnes ECO-DAN radrenseren, som styrer efter planterækker og gør det muligt at rense tættene på planterækken end almindelige redskaber. Fieldstar (Agco/Dronningborg Industries) anvendes til udbytteregistrering og som database for øvrige relevante informationer. "HYDRO sensor" registrerer reflektans (grønhed) fra afgrødemassen. Dette omsættes on line til graderet gødning.

Nedenfor er anført eksempler på konkrete redskaber, som indeholder et teknologisk udviklingspotentiale. Teknologiernes evne til at reducere miljøproblemer er også medtaget i beskrivelsen.

- Udvikling af sensorer/computervision til detektering af ukrudt, plantesygdomme og skadedyr samt jordens udbyttepotentiale med henblik på en differentieret pesticid- og gødningsanvendelse og af udbytteforhold og plantekvalitet på de enkelte marker. Sidstnævnte giver mulighed for selektiv høst af produkter med ens, høj kvalitet. Der kan også ske detektering af jordbundsforhold med efterfølgende tilpasning af jordbearbejdningen.
- Specielt omkring ukrudtsbekæmpelse kan fremhæves, at dette kan ske på to principielt forskellige måder.:
 - Den ene mulighed er udvikling af udstyr til detektering via sensorer af forekomster af ukrudt (art og tæthed). Dette resulterer i et "ukrudtskort", der bruges som input i den efterfølgende sprøjtebehandling med mulighed for graderede doseringer. Hvor meget man kan reducere herbicidforbruget afhænger af variationen i ukrudtsammensætningen, men i forsøg har man kunnet reducere pesticidforbruget med op til 50%.
 - En mere radikal teknik er ukrudtsfjernelse simultant med detektering af ukrudt, dvs. med langsomtkørende maskiner. Denne teknik er under udvikling til række-såede afgrøder. Selve ukrudtsfjernelsen kan ske ved punktsprøjtning af de enkelte ukrudtsplanter. Beregninger har vist, at man med denne teknologi vil kunne reducere pesticidforbruget med op til 90-95%. Alternativt kan ukrudtsfjernelsen ske uden brug af pesticider, eksempelvis via mekanisk ukrudtsfjernelse eller fjernelse ved brug af vand-, damp- eller laserstråler.
- Der foregår ligeledes et udviklingsarbejde omkring graderet spredning af husdyrgødning set i forhold til jordbundsforhold mv. Udvikling af udstyr på dette område vil have stor betydning i Danmark, hvor mængden af husdyrgødning mange steder udgør et problem.

Ovenstående eksempler med kombinationen af højteknologi, videnintensitet og “præcision” er typiske for præcisionsjordbruget. Men samtidig foregår der også udvikling af “intelligente” redskaber og driftsformer, som ikke betjener sig af GPS-teknologien. Inden for redskabsudvikling arbejdes eksempelvis med muligheden for at udvikle lette, semi-autonome redskaber som erstatninger for de ofte tunge, traktordrevne maskiner. Et eksempel er ukrudtsbekæmpelse i gulerødder ved målrettet dampning i smalle bånd om planterækken. Der kan også peges på udvikling af “intelligente plove” med mulighed for pløjetilpasning afhængig af jordbundsforhold og tilstedeværelse af organisk materiale. Endelig arbejdes der med intelligente stalde, som bl.a. omfatter registrering af input-output omkring dyrebesætningen og dermed øget kontrol med gødningsindholdet i husdyraffaldet.

5.3.2 Viden og udvikling

Der findes en klynge af danske virksomheder inden for sensorområdet såsom Foss A/S, Radiometer Medical A/S, HF Jensen Sensor Technology, NOVO og PBI Dansensor. Et vigtigt omdrejningspunkt for udviklingen af sensorteknologi er “Sensor Technology Center A/S”, der er en netværksorganisation etableret af fem GTS-institutter (Biotechnologisk Institut, DELTA, DHI Institut for Vand & Miljø, FORCE og Teknologisk Institut). Klyngens viden-institutioner er bl.a. Risø, Danmarks Tekniske Universitet, Landbohøjskolen, Danmarks JordbrugsForskning, Københavns Universitet og Ålborg Universitet.

Det er imidlertid nødvendigt med et klart tværfagligt sigte for, at den generelle sensor- og robotteknologiske viden kan nyttiggøres inden for landbruget. Det er baggrunden for, at der i 2002 blev iværksat et tværfagligt forskningsområde kaldet “Bæredygtig teknologi i jordbruget” initieret af Fødevareministeriet, Statens Teknisk Videnskabelige Forskningsråd og Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd med en samlet bevilling på 40 mio. kr. Hensigten er at skabe rammer for et samarbejde mellem de nævnte videninstitutioner inden for jordbrugs- og teknologiforskning. Der er bl.a. givet støtte til udvikling af robotbaseret ukrudtbekæmpelse, kemiske sensorer til kvantificering af skadevoldere i marken og et projekt til at udvikle metoder, der på grundlag af computervision kan samle oplysninger om planternes vækst og sundhedstilstand.

Det nye tværfaglige forskningsområde er helt centralt, idet der som nævnt udestår en meget stor udfordring med ikke blot at udvikle den nødvendige sensor- og robotteknologi, men også at “oversætte” denne viden til brugervenlige landbrugsredskaber.

5.3.3 Brug og marked

Der udvises stor forskningsmæssig interesse for præcisionsjordbruget, hvorimod holdningen blandt brugerne og de eventuelle producenter endnu er afventende. Dette bidrager til indtrykket af et teknologiområde, som er i sin vorden. Der findes ikke opgørelser over det potentielle marked for produkter til præcisionsjordbrug. Ifølge de fleste analyser vil præcisionsjordbrug i første omgang rette sig mod de store landbrug i de europæiske lande og landbrug i USA, Australien og Canada. Endvidere kan der tænkes et fremtidigt marked i forhold til de meget store kollektive landbrug i bl.a. Rusland, Hviderusland og Ukraine.

Om markedspotentialet vil blive realiseret afhænger af flere ting. Som allerede nævnt er teknologierne endnu så uudviklede, at det er vanskeligt at vurdere effektivitetspotentialet. Det er også nødvendigt med en reguleringsmæssig incitamentstruktur, som tilskynder det enkelte landbrug til investering i disse redskaber. Andre barrierer er følgende:

- Erhvervet har endnu ikke set konkrete beviser for de økonomiske og miljømæssige effekter af den nye teknologi i praksis.
- Investeringsomkostningerne vurderes at være den største ulempe.
- Der er et stort behov for mere brugervenlig teknologi, bedre rådgivning og bedre dokumentation af det økonomiske afkast.

Det skal bemærkes, at der kun er forholdsvis få eksempler på kommercielt igangsatte produktioner af redskaber til præcisionsjordbrug. Producenterne følger nøje den forskningsmæssige indsats, men er endnu tøvende over for at iværksætte større produktioner.

5.3.4 Regulering og incitamenter

Følgende institutionelle forhold skal nævnes omkring præcisionsjordbrug.

For det første kan man som nævnt forvente, at landbrugsstrukturen i landene får indflydelse på hastigheden, hvormed præcisionsjordbrug indføres. I forhold til Danmark kan bemærkes, at den hidtidige strukturudvikling – tendensen til stadig større landbrugsbedrifter – kan bevirke, at udbredelsen af præcisionsjordbrug bliver større end ellers, idet strukturudviklingen skaber større bedrifter.

For det andet er det en udbredt opfattelse, at præcisionsjordbrug er et middel til at optimere produktionen givet bestemte omkostningsstrukturer. Idet præcisionsjordbrug kan minimere såvel sprøjtning som gødsning, spiller miljøreguleringen en rolle for præcisionsjordbrug. Reguleringen på landbrugsområdet de seneste 10-15 år fremhæves som én af årsagerne til interessen for præcisionsjordbrug. Denne udvikling vil forstærkes, hvis man strammer miljøkravene til landbruget.

For det tredje kan man forestille sig, at tilskudsordninger til landbruget gøres afhængige af, at den enkelte landmand skal reducere forbrug af hjælpestoffer som gødning og pesticider. Dette kunne bidrage til en større udbredelse af præcisionsjordbrug.

5.3.5 Emner for detailfremsyn

I forhold til en yderligere satsning på præcisionsjordbruget skal det sammenfattende bemærkes, at der er tale om et teknologiområde, der er sparsomt udviklet, og som indeholder en række højteknologiske elementer, der skal kædes sammen med jordbrugsfaglig viden for at blive udmøntet i brugervenlige redskaber.

Endvidere er der tale om en landbrugspraksis, som vil være kapitalkrævende og stille store krav til jordbrugernes faglige viden. Endelig er der helt basalt tale om en teknologi, som endnu stort set ikke efterspørges. Disse grundvilkår betyder, at det i et detailfremsyn for præcisionsjordbrug kunne være relevant at fokusere på nedenstående områder.

Teknologi og produktion

- Der er tale om en teknologi i sin vorden med en række behov for udvikling af sensorer, robotteknologi og den konkrete anvendelse. En kortlægning af udviklingsbehovene og en nærmere identifikation af danske niches er relevant.
- På baggrund af denne identifikation kan der opstilles forslag til strategiske tiltag til sikring af danske spidskompetencer inden for udvalgte felter.
- Afdækning i detaljer af, hvordan en satsning på præcisionsjordbrug kan udformes, så det samtidig fremmer det økologiske jordbrug i Danmark.

Viden og udvikling

- Afdækning af muligheden for et mere intenst samarbejde mellem relevante forskningsmiljøer og danske industrivirksomheder.

Brug og marked

- Kortlægning af markedet for præcisionsjordbrug.
- Afdækning af brugernes barrierer for øget anvendelse af præcisionsredskaber.
- Muligheder for en videre udvikling af redskaber i dialog med brugerne med henblik på at sikre brugervenlige redskaber.

Regulering og incitamenter

- Tværfaglige udviklingsprogrammer er nødvendige for at etablere en dialog mellem den jordbrugsfaglige tilgang og den tilgang, der fokuserer på sensor- og robotteknologi på området. Det skal vurderes, om den igangværende indsats er tilstrækkelig.

5.4 Økologisk jordbrug

Økologisk jordbrug bygger på en eksplicit målsætning om etablering af stabile og harmoniske driftssystemer, hvor de enkelte driftsgrene kan integreres i et naturligt biologisk kredsløb. Centrale mål er at arbejde for mere lukkede stofkredsløb, at undgå forurening af miljøet og at bevare/øge jordens frugtbarhed.

I højere grad end konventionelt jordbrug etableres et alsidigt sædskifte med anvendelse af flerårige og kvælstoffikserende afgrøder sammen med gødning af organisk oprindelse. Der anvendes ikke industrielt fremstillede gødninger og pesticider i planteproduktionen, ligesom der i fodermidler ikke anvendes industrielt fremstillede tilsætningsstoffer. Sædskifte og kvælstofsamlende afgrøder bidrager til opnåelse af en god jordfrugtbarhed, ukrudtskontrol og supplerende kvælstofforsyning.

5.4.1 Teknologi og produktion

Fokusområdet "økologisk jordbrug" skal forstås således, at det er betingelserne og perspektiverne i en markant større økologisk jordbrugsproduktion, der skal undersøges. Der er således ikke taget stilling til det ønskede omfang af den økologiske produktion, eksempelvis om der stiles efter et fuldstændigt økologisk jordbrug i Danmark. I givet fald vil det indebære væsentligt forandrede produktionsprocesser, bl.a. med en markant nedgang i landbrugseksporten, jf. det såkaldte Bichel-udvalg (1998).

Det er i den forbindelse gavnligt at tænke i forskellige omlægningsmuligheder. Den ene variant er en inkremental ændring, hvor økologisk jordbrug langsomt får en mere dominerende position via mindre tiltag og fremme. En anden mulighed består i lancering af en mere markant omlægningsstrategi, hvor det gøres til en klar politisk målsætning, at en markant større andel af dansk landbrug skal gøres økologisk.

Teknologiudfordringerne inden for økologisk jordbrug kan udsøndres i forhold til følgende delområder:

- Den økologiske planteproduktion som system, dvs. viden om det økologiske dyrkningssystem som en helhed (næringsstoffer, ukrudtstryk, dyrkningspraksis osv.), muligheden for "økologiske planteværn" mv.
- Teknologisk udvikling i forhold til redskaber til såning, lugning og bearbejdelse af jorden, herunder videreudvikling af en række mekaniske løsninger til bl.a. behandling af ukrudt og forbedret håndtering af husdyrgødning. Inden for redskabsudviklingen kan der som nævnt være store synergimuligheder i forhold til præcisionsjordbrug.
- Produktudvikling af økologiske fødevarer, eksempelvis udvikling af et bredere udbud af produkter til både husholdninger og catering i institutioner, kantiner mv. og udvikling af økologisk fastfood.

5.4.2 Viden og udvikling

Danmark har i en årrække været i front, hvad angår forskning og produktion. En mindre del af forskningen er såkaldt græsrodsforskning, hvor landmænd har kunnet få støtte til udvikling af redskaber baseret på egne erfaringer og behov. Andre store økologiske fødevarerproducerende lande som England, Holland og Tyskland har til en vis grad oversteget de danske kompetencer. Lande som Sverige og Østrig har i dag et økologisk landbrugsareal, der relativt set er på niveau med det danske.

Forskningen i økologisk jordbrug foregår bl.a. i Danmarks JordbrugsForskning. KVL har også større forskningsenheder i jordbrug på områderne for agrohydrologi og bioklimatologi, agroteknologi, plantefibre/-teknologi, planteformodling, planternes ernæring, ukrudtslære og økologisk jordbrug som sådan.

Forskningscenter for Økologisk Jordbrug er et "center uden mure", dvs. med mulighed for koordination og videnuveksling mellem forskere fra forskellige institutter, universiteter og andre forskningsenheder. Der arbejdes inden for plantedyrkning, miljø og vegetabiliske fødevarer, husdyrproduktion, sundhed og animalske fødevarer og jordbrug og samfund. Den første koordinerede forskningsindsats i økologisk jordbrug, "FØJO I", blev gennemført i årene 1996-1999. "FØJO I" omfattede 33 forskningsprojekter og havde deltagelse af 15 institutioner og ca. 100 forskere. "FØJO II" kører videre med samme områder i perioden 2000-2005.

5.4.3 Brug og marked

Økonomi- og Erhvervsministeriet har i sit arbejde med at identificere kompetenceklynger i dansk erhvervsliv beskrevet økologisk jordbrug som en potentiel kompetenceklynge. Det skyldes, at Danmark er ét af landene i front, når det gælder produktion og forbrug af økologiske fødevarer. Eksporten er dog fortsat lille. Forædlingen af råvarerne til økologisk produktion foregår i høj grad i de etablerede virksomheder.

Klyngen omfatter virksomheder som Nutana A/S, Ren Saft ApS, Urtekram A/S, Svansø Food A/S, Thiese Mejeri og Unikost A/S. Klyngens vigtigste konkurrenter ligger i Tyskland, Holland og USA.

Danmark har et af verdens højeste forbrug af økologiske fødevarer pr. indbygger. Det kan forklares med (i) at øko-varer sælges gennem den traditionelle detailhandel, hvor ikke mindst FDB (COOP) har markedsført produkterne, (ii) et stabilt udbud for mange varegrupper opnået bl.a. som en følge af statslig støtte til omlægning til økologisk drift og (iii) at Danmark har en velfungerende, statslig mærknings- og kontrolordning. Antallet af økologiske landmænd er netop faldet. Til gengæld dyrker de et stadig større areal efter de økologiske principper. Udviklingen går således i øjeblikket mod større enheder blandt de økologiske producenter, som det gælder for de øvrige producenter.

Forbrugernes interesse for økologiske produkter er stærk. Det er således blevet vist, at ca. halvdelen af de danske husstande ifølge deres egne opgørelser køber økologiske varer ofte eller lejlighedsvis. Det faktiske forbrug støtter ikke disse høje tal, men de viser, at der blandt forbrugerne er stor interesse for økologiske produkter. Der er således et stort potentiale for at øge afsætningen blandt de forbrugere, der køber økologiske produkter lejlighedsvist.

Et andet marked er storhusholdninger/catering i form af institutioner og kantiner. I en del offentlige institutioner i stat, amter og kommuner anvendes økologiske fødevarer (hel eller delvis omlægning). Der er givetvis store potentialer i yderligere anvendelse af økologiske fødevarer i offentlige køkkener.

Det økologiske landbrug udgjorde ca. 3% af EU's samlede udnyttede landbrugsareal i 2000, og det har udviklet sig til en af de mest dynamiske landbrugssektorer i EU. Det økologiske landbrug voksede med ca. 25% om året mellem 1993 og 1998, og siden 1998 anslås det til at være vokset med ca. 30% om året. I nogle medlemsstater synes væksten dog nu at flade ud. Der er store forskelle mellem landene i forbruget af økologiske produkter. Trods store forskelle i udbytte mellem traditionelt og økologisk landbrug for nogle afgrøder viser erfaringen og analyser, at de højere priser på økologisk produktion kan gøre denne mere profitabel end konventionel produktion.

Studier har vist, at indkomst- og priselasticiteterne er noget højere for økologiske produkter end for traditionelle fødevarer, hvilket betyder, at de økologiske produkter kommer til at fylde forholdsvis mere i indkøbskurven med stigende indkomst og en faldende pris på økologiske varer i forhold til andre fødevarer.

Sammenfattende kan siges, at der har været en høj vækst hidtil, at der fortsat ventes vækst, om end størrelsen heraf er usikker, at udviklingspotentialet derfor både består i at udvikle nye og mere forarbejdede økologiske produkter og i at udvide produktionen.

5.4.4 Regulering og incitamenter

En markant større andel af økologisk jordbrug i Danmark kan næppe tænkes gennemført alene som følge af forbrugernes øgede efterspørgsel efter økologiske fødevarer.

Der er også en række reguleringsmæssige forhold som vil skulle tages i anvendelse, eksempelvis:

- Fortsat håndhævelse af økologi-mærket, så forbrugernes tillid til økologiske fødevarer bibeholdes.
- Udvikling og anvendelse af troværdige internationale økologimærkeordninger.
- Skabe et økonomisk incitament for den enkelte landmand til at omlægge til økologisk produktion ved at øge indtjeningsmulighederne ved økologisk produktion i forhold til konventionel produktion. Afgørende elementer heri er:
 - koblingen mellem EU's støtteordninger og miljøforhold som betingelse for støtte
 - den fremtidige afgiftspolitik på landbrugsområdet (eksempelvis pesticid- og kvælstofafgifter)
 - den teknologiske udvikling inden for især økologisk plante- og svineproduktion.

5.4.5 Emner for detailfremnsyn

Ovenstående rids af perspektiverne for økologisk jordbrug har bl.a. vist, at et detailfremnsyn skal gennemføres ud fra den kendsgerning, at teknologiudfordringerne er meget brede. De angår selve produktionen, forarbejdningen og distributionssystemet. Det er også fremgået, at udviklingen mod det økologiske jordbrug skyldes flere faktorer såsom miljøreguleringen af det konventionelle landbrug og forbrugernes tillid til økologiske fødevarer.

Det vil være naturligt, hvis detailfremsynet tager udgangspunkt i de mange anbefalinger og forslag, som blev givet i "Aktionsplan II - Økologi i udvikling" (Strukturdirektoratet, 1999) og vurderer, hvilke tiltag der er blevet realiseret og med hvilken effekt. Derudover vil detailfremsynet kunne forholde sig til nedenstående emner.

Teknologi og produktion

- Skitsering af en økologisk omstillingsproces. Det er eksempelvis nødvendigt at få afdækket, om erhvervspotentialet vil være størst, hvis en sådan proces foretages skridtvis eller gennemføres over en kortere årrække.
- Direkte dialog med økologer for at få et detaljeret kendskab til de barrierer, som praktikerne oplever.
- Der er visse uløste miljøproblemer knyttet til økologisk jordbrug såsom den eventuelle brug af kobber i frugtavl og problemer med kvælstofudnyttelsen i visse sædskifter. Detailfremsynet bør bidrage til belysning af disse og give forslag til en økologisk jordbrugsform, som ikke kan kritiseres for at føre til nye miljøproblemer.

Viden og udvikling

- Afklaring af, hvordan det økologiske jordbrug mest effektivt kan trække på den agro-industrielle sektor, og hvilke barrierer der findes i det agro-industrielle system i forhold til større satsning på økologisk jordbrug. Dette tager udgangspunkt i, at den danske landbrugssektor er kendt for en høj grad af know-how, uddannelse, afsætningsmuligheder til forarbejdning og effektiv distribution.
- Undersøgelse af mulighederne for synergi mellem teknologiudvikling til præcisionsjordbrug og økologisk jordbrug.

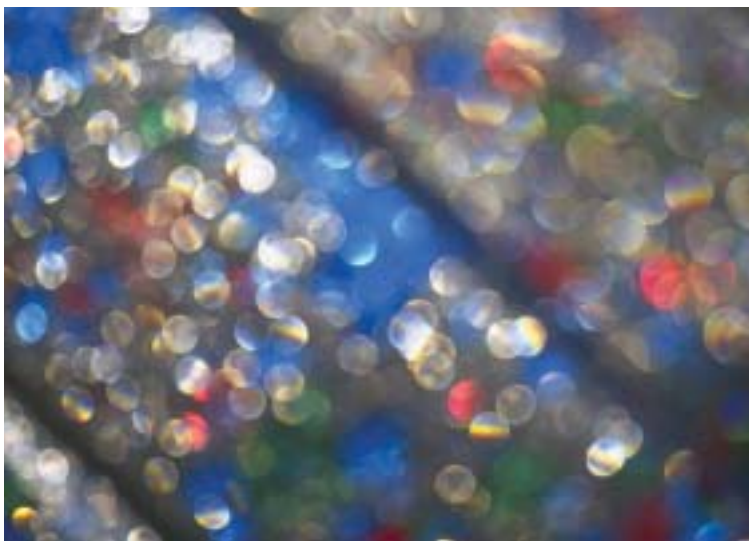
Brug og marked

- Dialog med dagligvarehandlen med henblik på en identifikation af barrierer for, at økologiske fødevarer gives en langt mere fremtrædende plads i sortimenterne.
- Vurdering af den hidtidige betydning af offentlige grønne indkøb i form af økologiske fødevarer til institutioner og kantiner med henblik på at klarlægge særlige behov for produktudvikling til storhusholdninger/catering.
- Vurdering af muligheden for omkostningsreduktioner inden for det økologiske jordbrug med henblik på at sikre, at økologiske fødevarer kun i begrænset omfang er dyrere end konventionelle fødevarer.

Regulering og incitament

- Afdækning af samspillet mellem en økologisk omlægningsproces og anvendelse af afgifter på hjælpestoffer i det konventionelle jordbrug (energi, kunstgødning, pesticider). Dette skal samtidig belyse mulighederne for at koble en økologisk omlægningsproces til miljømæssige målsætninger for bl.a. grundvandsbeskyttelse, reduktion af næringsstofforurening og reduktion af bidrag til drivhuseffekt.

6. Design af grønne produkter og materialer



6.1 Miljøproblem

Naturressourcerne kan opdeles i følgende grupper, der refereres til i de følgende afsnit:

- ikke-fornybare ressourcer: metalliske og ikke-metalliske mineraler og fossile brændsler
- fornybare ressourcer: skove, ferskvand, fisk, planter, dyr osv.
- vedvarende ressourcer som sol-, vind- og tidevandsenergi.

OECD forventer, at det årlige forbrug af ikke-fornybare ressourcer – eller råmaterialer – i industrilandene vil være næsten

halvanden gang så stort i 2020 som det er i dag medmindre, at der sker radikale ændringer i forbrugsmønstrene.

Det stigende forbrug af ikke-fornybare ressourcer har foruden udtømmingen af ressourcerne negative effekter på miljø og sundhed i form af emissioner til luften ved afbrænding af ressourcer, affaldsdannelse og udvaskning af miljøfarlige stoffer ved udvinding osv. Hertil kommer øvrige påvirkninger af naturressourcerne som erosion og nedlæggelse af dyrkningsjord ved udgravning, landskabsødelæggelse og udvaskning ved deponering af affald.

I Danmark er miljøbelastningen ved affaldsbehandling især knyttet til udledninger ved forbrænding og deponering af slagge- og filteraffald. Desuden er der tale om et ressourcestab, da en betydelig del af affaldet ikke genanvendes. Problemerne hænger nøje sammen med anvendelsen af miljøfarlige stoffer. Anvendelse af disse, fx tungmetaller, giver stor risiko for forurening af materialer, så genanvendelse af ressourcer bliver vanskelige pga. faren for spredning af stofferne. Miljøpåvirkningen er lidt anderledes i et globalt perspektiv, da der i de fleste lande er tale om, at en forholdsvis større del af affaldet deponeres i stedet for at blive afbrændt med risiko for udvaskning og nedsivning af kemikalier, tungmetaller m.m.

I fremtiden vil fokus og reguleringen blive rettet mod at mindske miljøbelastningen fra produkter og serviceydelser set i et livscyklusperspektiv.

EU's arbejde med integreret produktpolitik (IPP) og Johannesburg-erklæringen om bæredygtigt produktion og forbrug er tydelige indikationer for denne udvikling. Med dette perspektiv kan det detaljerede teknologiske fremsyn for dette område målrettes mod at give input til, hvilke udviklingsspor der skal prioriteres for at fremme denne udvikling på 15-20 års sigt.

6.2 Scenarier

Karakteren og størrelsen af fremtidig F&U, produktion og brug af mindre miljøbelastende og ressourceforbrugende produkter ("grønne produkter") vil afhænge af, hvordan samfundet fremover vil agere i forhold til miljøproblemerne.

For at kunne danne sig nogle skøn over, hvordan fremtiden vil se ud på dette område og dermed, hvilke muligheder der er for udbredelse af grønne produkter og materialer, er der lavet fire scenarier på materialeområdet. Et scenario er en beskrivelse af en mulig fremtid. Scenarierne har været anvendt som et middel til at udbygge beslutningsgrundlaget for prioritering af de miljøteknologiske indsatsområder.



Scenarierne er udviklet omkring to akser. For den vandrette akse er der i den ene yderlighed tale om et såkaldt objektparadigme, hvor der er fokus på enkeltløsninger eller fragmenterede initiativer og løsninger. I den anden ende af skalaen ligger systemparadigmet, hvor F&U, produktion og forbrug er tænkt sammen i mere integrerede løsninger og handlinger.

For den lodrette akse er det i den ene yderlighed samfundet, som bærer de miljømæssige ansvar og dækker de miljørelaterede omkostninger, mens det i den anden ekstrem er markedet, der gennem innovation påtager sig at løfte det miljømæssige ansvar og minimere den miljømæssige belastning. Disse akser definerer følgende fire mulige fremtidssamfund.

Panelet forventer ikke, at et enkelt af disse scenarier vil blive realiseret. Det vurderes, at fremtiden vil være karakteriseret ved en kombination af scenarierne, der hver især repræsenterer nogle yderligheder. Alle scenarierne er dog på den ene eller anden måde karakteriseret ved en producent - og forbrugeradfærd, der har som indbygget mål at reducere ressourceforbrugene. Enten for at sikre fremtidige forbrugsmuligheder eller ud fra en altruistisk betragtning om at beskytte naturen og naturressourcerne.

Denne fællesnævner er i det følgende omsat i fokusområdet "Design af grønne produkter og materialer", der sigter mod at udvikle grønne produkter og serviceydelser set i relation til hele deres livscyklus fra råstofudvinding, produktion, distribution, brug og affaldshåndtering. Denne strategi inkorporerer elementer fra hvert af de fire scenarier.

6.3 Beskrivelse af fokusområdet

6.3.1 Miljøeffektivitet og design af grønne produkter og materialer

Produktions- og servicevirksomheder har store muligheder for at reducere materiale- og energiforbruget og udledningen af forurenende stoffer gennem miljøeffektivitet, hvis mål er at få mere service eller velfærd for mindre "natur". Sigtet er en afkobling mellem den økonomiske udvikling og stigende miljøbelastning og ressourceanvendelse. Disse muligheder er i det følgende sammenfattet til et fokusområde betegnet "Design af grønne produkter og materialer", som kan gøres til genstand for et detaljeret fremsyn.

Idéen er at bruge designet til at sikre, at der er bygget bæredygtighed ind i produkterne i stedet for at bruge design alene til at sælge flere produkter. Dette kan opnås på forskellig måde. Produkterne skal gøres enkle at vedligeholde, bl.a. gennem modulopbygget design. Dette gør dem lettere at skille ad og øger samtidig muligheden for at genbruge materialerne. Endelig kan produkterne gøres grønnere ved at bruge nye materialer. Der er i en vis forstand tale om en designmæssig pendant til UMIP-processen¹, hvor man ikke ser isoleret på miljøbelastning og alternative materialer og processer, men også ser på pakkelsninger med produkt, vedligeholdelsesservice og bortskaffelse som en samlet enhed.

¹ Projekt om udvikling af miljøvenlige industriprodukter (UMIP), 1991-96. Formålet var at udvikle metoder til inddragelse af miljøhensyn i produktudvikling og afprøve metoderne hos store virksomheder. Gennemført i et samarbejde mellem B & O A/S, Danfoss A/S, Gram A/S, Grundfos A/S, KEW A/S, Institut for Produktudvikling, DTU, Institut for Arbejdsmiljø, DTU, Dansk Industri og Miljøstyrelsen.

6.3.2 Produkttilgang og teknologitilgang

Grønt design kan beskrives ud fra to tilgange, der er snævert forbundne, men bl.a. har væsentligt forskellige tidshorisonter:

- En tilgang med fokus på produktudvikling. Produktudvikling er en fortløbende proces, som ofte har en relativt kort tidshorison. Produktudviklingen baserer sig primært på de materialer, der findes i dag eller forventes udviklet på kort sigt.
- En tilgang med fokus på fremtidig teknologi- og procesudvikling. I denne indtænkes materiale- og procesudvikling i en langsigtet udviklingsplan, hvor kundernes krav til et produkts funktionalitet, størrelse, form mv. er med til at definere kravene til fremtidige materialer og produktionsprocesser.

For begge tilgange vil der ofte være en indbygget fokus på livscyklusrelaterede service- og genbrugssystemer, der baserer sig på en LCA-tankegang.

Fokusområdet "Design af grønne produkter og materialer" vil i høj grad skulle forholde sig til produktudvikling på kort og mellemlangt sigt. Hvorledes kan denne struktureres, således at der åbnes for nytænkning med grønne perspektiver? Hvordan sikres endvidere adgang til viden om de mange grønne muligheder, der findes i allerede eksisterende materiale- og procesteknologier?

Med en teknologitilgang vil man yderligere skulle tage potentielle, mere fremtidige materiale- og procesteknologier i betragtning. Der findes mange sådanne teknologier med stort grønt potentiale. At udvælge de vigtigste materiale- og procesteknologier i et grønt dansk perspektiv er imidlertid vanskeligt. I det følgende er identificeret en række vigtige teknologier, men listen er langt fra udtømmende. En rangordning af teknologiernes fremtidige gennemslagskraft og nytte synes endvidere at afhænge meget af, hvilke forskere eller virksomheder man spørger.

Udviklingen har i høj grad været teknologidrevet hidtil, men også andre forhold som regulering har spillet en rolle. Teknologierne er ofte blevet udviklet ud fra en forventning om deres potentielle anvendelsesmuligheder, men uden et klart billede af fremtidens behov. Det vil derfor være vigtigt at tage udgangspunkt i analyser af fremtidens behov og produkter. En struktureret dialog mellem virksomheder og det offentligt baserede innovationssystem om fremtidens behov og produkter er ikke udbredt i dag. En sådan ville give et bedre udgangspunkt for en målrettet og prioriteret teknologiudvikling.

6.3.3 Procedure for identifikation af grønne designmuligheder

Design af grønne produkter og materialer kan tage udgangspunkt i produktet og markedernes krav til dette. Der kan både være tale om et eksisterende produkt eller et nyt med lignende egenskaber. En systematisk procedure for virksomheder til at identificere relevante og mulige grønne designmuligheder kunne indeholde følgende elementer:

1. Identifikation af, om et produkt eller dele deraf kan erstattes med serviceydelser.
2. Analyse af, om brugerintensiteten for et produkt kan øges, for eksempel gennem forlænget produktlevetid, vedligehold og produktdeling.

-
-
3. Analyser vedr. ressourceforbrug og emission i produktets livscyklus med hensyn til:
 - Optimering af produktionen ved anvendelse af renere teknologi med henblik på:
 - minimering af anvendelse af farlige stoffer
 - maksimering af brugen af fornybare ressourcer.
 - Optimering af forbruget af materialer, energi, vand og andre ressourceinputs (inkl. brug af nye materialer og nye processer).
 - Minimering af produktets miljøbelastning i brugsfasen.
 - Design af produktet med henblik på miljørigtig bortskaffelse.
 - Maksimering af mulighederne for genanvendelse.²
 4. Sætte resultaterne i relation til produktovervejelser, hvad angår kvalitet, pris, funktionalitet sammenlignet med produkter produceret på traditionel vis.

Der er behov for en bevidst satsning fra virksomhedernes side. Hvis det kun er markedet, som styrer udviklingen, vil processen med at udvikle produkter med indbygget bæredygtighed gå langsomt. Virksomhederne må påtage sig et ansvar som drivkræfter for en miljømæssig bæredygtighed.

6.3.4 Innovationspotentialet for danske virksomheder og forskningsinstitutioner
Innovationspotentialet inden for fokusområdet “Design af grønne produkter og materialer” omfatter følgende strategier, som er gennemgået kort i de efterfølgende afsnit:

- virksomhedernes erstatning af produkter eller dele deraf med serviceydelser og forøgelse af brugerintensiteten af produkter
- virksomhedernes udvikling og produktion af grønne produkter til konsument- og producentmarkedet, herunder samarbejde med forskningsinstitutioner om udvikling af grønne produktdesign
- udvikling og produktion af miljøvenlige materialer og procesteknologier (enten af virksomheder, forskningsinstitutioner eller i samarbejder mellem disse).

Et centralt element inden for fokusområdet er virksomhedernes udvikling og produktion af grønne produkter til konsument- og producentmarkedet, herunder samarbejde med forskningsinstitutioner om udvikling af grønne produktdesign. Et givet materielt produkt kan optimeres med hensyn til ressourceforbrug og miljøpåvirkninger set i et livscyklusperspektiv. Her drejer det sig om effektivisering af ressource- og energi-effektiviteten og brugen af andre produktionsinputs. Et parallelt mål er minimering af udledning og emission af farlige stoffer til omgivelserne.

² Genanvendelse dækker over tre begreber: genbrug, genvinding og genudnyttelse. *Genbrug* henfører til, at affaldsproduktet rengøres og benyttes igen i sin oprindelige form. Ved *genvinding* forstås en oparbejdning af affaldet, så råvaren kan bruges i fremstilling af nye produkter. Ved *genudnyttelse* forstås, at affaldsfraktionen udnyttes i et produkt, hvor materialets oprindelige egenskaber ikke udnyttes i væsentlig grad.

Elektronikbranchen er et godt eksempel på en branche, hvor der arbejdes intensivt med grønt design. Der er mange både danske og internationale eksempler på grønt design. Der arbejdes især med:

- materialeforbruget (minimering af forbrug, undgåelse af spild i produktionen og anvendelse af genanvendelige og recirkulerede materialer)
- energiforbruget (lavere forbrug, lavere temperatur, højere pålidelighed og længere levetid)
- kemikalieforbruget (minimering/undgåelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer)
- affald (design af produkterne så de let kan skilles ad og genbruges).

Et eksempel på anvendelse af grønt design er Apple Computers Power Macintosh 7200. Strømforbruget er reduceret 25% i forhold til den tidligere model, det nye design gør den let at servicere, ombygge og adskille. Vægten er 12% mindre, der er 50% færre skruer, kemiske flammehæmmere undgås ved hjælp af konstruktive ændringer, og brug af kviksølv og beryllium er helt undgået. Resultatet er blevet en computer, der er både billigere at producere og mere miljøvenlig end den tidligere model.

Udfordringen består i at udvikle grønne produkter, der tager udgangspunkt i de nuværende og især forventede behov eller krav på konsument- og producentmarkedet. Dette kræver viden om samfundsmæssige trends og ændringer i forbrugernes præferencer og behov i fremtiden. Udvikling og brug af grønne materialer kan med stor fordel ske i samarbejde med ledende materialeleverandører og forskningsmiljøer og med potentielle kunder og brugere.

Samarbejde om udvikling af grønne materialer må ske på et tidligt tidspunkt i forhold til forventede markedsbehov for at være på forkant med udviklingen. Ellers risikerer man at komme for sent på markedet set i lyset af den lange tid, det tager at udvikle de ønskede materialer. Dette gælder også for miljøvenlige produktionsprocesser, der for mange virksomheder kræver tidligt samarbejde med forskningsverdenen og maskin- og udstyrsleverandører.

I dette afsnit gives eksempler på de forskellige innovationsmuligheder for at udvikle grønnere, mindre miljøbelastende produkter.

Erstatning af produkter med serviceydelser

Opgaven er at bestemme, hvordan man mest effektivt opnår en bestemt funktion eller ydelse, som opfylder et bestemt behov. Herudfra ledes efter alternativer til, hvorledes denne funktion/ydelse kan tilbydes med et minimum af anvendte ressourcer og negative miljøpåvirkninger set i et livscyklusperspektiv. Eksempelvis tilbyder flere teleselskaber en central computerbaseret voice-mail-box, som erstatter tusindvis af telefonsvarere i private hjem.

Inden for offshore-industrien taler man om Total Fluid Management (TFM). Idéen er for industrien at købe boreservice i stedet for borekemikalier. Ved olieboring hældes kemikalier i borehullet for at opnå den bedste kvalitet af boringen. Kemikalieleverandøren styrer doseringen af kemikalier, men har samtidig interesse i størst mulig afsætning af kemikalier. Ved at olieselskabet i stedet køber borekvalitet, får leverandøren interesse i at spare på kemikalierne. Der spares ressourcer, penge og miljøbelastning.

Forøgelse af produkters brugerintensitet

Der er i flere tilfælde mulighed for at styrke brugerintensiteten af et produkt, dvs. hvor meget produktet bliver brugt i hele dets levetid. Fx vil det at dele, leje eller lease produkter i mange tilfælde være mindre ressourcekrævende for samfundet, end hvis den enkelte forbruger anskaffer sine egne produkter. En anden mulighed for at øge brugerintensiteten af produkter er at designe dem mere reparationsvenlige, dvs. at designe produkter i standardiserede moduler eller komponenter, som nemt kan udskiftes (modul system design). Lang og problemfri levetid bidrager stærkt til høj brugerintensitet.

Som eksempel har visse firmaer (Xerox, Hewlett-Packard) udviklet et modulsystemdesign af deres kopimaskiner, printere o.l., som kombineres med funktionsgarantier og produktansvar. Dette gør reparation og vedligeholdelse af disse produkter nemmere og øger også genanvendelses- og genbrugsraten.

Udvikling af miljøvenlige materialer

Genbrug, lav miljøbelastning og minimering af ressourceforbrug og affaldsdannelse er de senere år kommet i fokus blandt både forbrugerne og producenterne. Dette har ført til behov for nye materialer, der er miljømæssigt uskadelige, kan genbruges og kan fremstilles på basis af let tilgængelige råmaterialer med et lavt forbrug af ressourcer og energi. Flere teknologier kan bidrage til denne udvikling. Disse kan sammenfattes under overskriften "materialeteknologi". Materialeteknologi kan defineres som teknologi, der relaterer sig til materialefremstilling, materialebearbejdning, materialeegenskaber og materialeanvendelse.

Fokusområdet "Design af grønne produkter og materialer" kan omfatte en lang række materialeteknologier, jf. teknologitilgangen beskrevet ovenfor. Følgende teknologier vurderes af specialister til at være af særlig betydning i den fremtidige udvikling af grønne produkter.

Kombination af forskellige materialer (funktionelle - specialdesignede)

Der arbejdes med at udvikle komponenter/produkter, som er opbygget af en række forskellige materialer, hvor man udnytter disses specielle egenskaber, hvor man netop har brug for dem. Dette kræver nye designprincipper og samlemetoder.

Materialer med høj styrke, herunder letmetaller

Materialer med høj styrke giver mulighed for bedre produkter i form af mindre materiale- og energiforbrug. På letmetal-området sker der i disse år en stor udvikling inden for især aluminium og magnesium. Det drejer sig om forøget styrke, forarbejdning mv. (fx tyndvægget højstyrkegods). Inden for transportindustrien er denne udvikling af stor betydning af hensyn til brændstofbesparelser.

Der er også store muligheder i at udvikle polymerkompositter og keramiske materialer. Metaller og polymerer udnyttes især som konstruktionsmaterialer (men også fx pga. ledningsevne eller overfladeegenskaber). Keramerne retter sig mod anvendelsesområder, som gør brug af deres elektrofysiske og -kemiske egenskaber.

Integrated material science

Materialeforskningen har traditionelt være opdelt i en række dybe eller snævre specialer, men der er behov for en mere tværfaglig tilgang, hvor man søger løsninger på tværs af de traditionelle grænser. Her søger man inspiration i naturens "materialeudvikling".

Nanoteknologi

I de kommende årtier vil bioteknologi, kemisk forskning og fysisk materialeforskning smelte sammen til et hurtigtvoksende udviklingsområde betegnet nanoteknologi. Nanoteknologi drejer sig om kontrol og design af nye materialer på molekylær/atomar skala. Tidshorizonten for indførelse af nanoteknologiske produkter vil dog nok for størstedelens vedkommende ligge ud over 20 år. Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling har primo 2003 besluttet at igangsætte et særskilt teknologisk fremsyn for nanoteknologi.

Mikroteknologi (ekskl. rene elektroniske chips)

Mikroteknologi dækker et meget bredt område og omfatter for øjeblikket både mikrostrukturer i silicium, metal, keramiske og polymere materialer. Teknologien er stadig på et tidligt udviklingsstadium, og den anvendes kun af få virksomheder internationalt indtil videre og kun ganske enkelte i Danmark. Eksempler på anvendelser er tryksensorer og air-bagudløsere. Teknologien forventes dog at udvikle sig til en nøgleteknologi for både en del forskningsmæssige og forretningsmæssige udviklingsområder inden for de kommende 5-10 år. Da ressourceforbruget ved teknologien er lavt sammenlignet med alternative løsninger, er der store miljømæssige gevinster ved teknologiens anvendelse. Potentialerne består i at gøre produkterne mindre, forbedre og billiggøre produkterne og reducere ressourceforbruget ud fra en livscyklusbetragtning (Forskningsministeriet: Oplæg til en national strategi for materialeforskning, 1998).

Polymerer

Polymerer, dvs. plasttyper, har lav vægt, relativ stor styrke, kan anvendes til næsten alle formål og gives et stort antal funktionelle egenskaber. De bruges bl.a. til emballage, beklædning, bygningsmaterialer, møbler, bildele, maling mv. Den stigende fokus på miljø og ressourcer har ført til krav om udvikling og anvendelse af miljøvenlige plasttyper. Udviklingsindsatsen koncentrerer sig dels om plasttyper, hvor enten plasten selv eller energiindholdet kan genanvendes uden miljøproblemer, herunder især de ikke-klorholdige, dels på udvikling af plasttyper baseret på fornybare ressourcer, jf. nedenfor (Forskningsministeriets: Status og fremtidsperspektiver for dansk polymerforskning, 1998).

Nye materialer baseret på biopolymerer og biofibre

Der findes særlige udviklingspotentialer inden for biopolymerer, hvor de individuelle polymerkæder tilpasses og forarbejdes til færdige produkter og for materialer baseret på biofibre, hvor den oprindelige struktur i fibre er bibeholdt og er med til at give særlige egenskaber. Disse biomaterialer kan navnlig anvendes til emballager og konstruktionsmaterialer til bygnings-, bil-, møbel- og apparat-industrien.

Udvikling af miljøvenlige procesteknologier

Følgende procesteknologier vurderes at være særligt relevante i forbindelse med produktion af miljøvenlige materialer:

Industriel bioteknologi

Industriel brug af bioteknologi kan opdeles i to grupper: (i) erstatning af fossile brændselsråmaterialer med fornybare (biomasse) råvarer og (ii) erstatning af konventionelle, ikke-biologiske processer med processer, som bygger på biologiske systemer, eksempelvis fremstilling af nye materialer såsom bionedbrydelig plast, nye brændstoffer (bio-diesel eller bioethanol), nye bindemidler til maling og enzymer til vaskepulver.

Bioteknologiske processer er baseret på anvendelse af hele celler, eksempelvis bagegær, som cellefabrikker eller enzymer som specifikke katalysatorer. Bioteknologiske processer er foruden anvendelse af fornybare råvarer miljøvenlige, idet de generelt er mindre energiforbrugende end konventionelle processer. Således har tilførsel af enzymer i vaskepulver ført til en generel reduktion i vasketemperaturen, hvilket har ført til en betydelig energibesparelse for samfundet.

Katalysatorer

Katalysatorer er karakteriseret ved, at de påvirker en kemisk proces på en sådan måde, at den forgår hurtigere eller mere selektivt uden forbrug af katalysatoren. De fleste er faste stoffer, der anvendes ved heterogen katalyse. Katalysatorer opløst i væske bruges ved homogen analyse, mens biologiske katalysatorer – også kaldet enzymer – indgår ved levende organismers kemi. Sidstnævnte katalysatorer er behandlet ovenfor under industriel bioteknologi. Katalysatorer kan medvirke til mere miljøvenlig produktion og anvendelse af brændstoffer, bedre energiudnyttelse, reduktion af CO₂-emissioner og reducerede mængder af spildprodukter.

Near-net-shape teknologier

De senere år er der udviklet såkaldte near-net-shape teknologier. Disse muliggør støbning og formgivning af primært metalemner til den næsten endelige form. Resultatet er et meget begrænset materialespild, energiforbrug og brug af maskintid foruden besparelser forbundet med at færdiggøre emnerne.

Maksimering af brugen af fornybare ressourcer som produktionsinput

Industriel anvendelse af fornybare i stedet for ikke-fornybare ressourcer kan bidrage til at reducere miljøbelastningen. Moderne plantefiberbaserede produkter finder allerede anvendelse inden for byggeriet og i emballage-, transport- og møbelindustrien foruden i landbrugssektoren. Eksempelvis kan træ- og papirprodukter anvendes i stedet for plastic baseret på råolieprodukter.

Minimering af udledning og emission af giftige stoffer

Globalt fremstiller og sælger den kemiske industri ca. 100.000 kemiske stoffer. De anvendes i alle dele af vores samfund, og i alle led af stoffernes livscyklus kan de spredes til omgivelserne: ved råstofudvinding, produktion, forbrug og bortskaffelse.

Mange af dem er problematiske ud fra miljø- og sundhedsmæssige betragtninger. Løsningerne på miljøproblemerne kan grundlæggende opdeles i følgende strategier: (i) anvendelse af teknologier med mere sikker brug af kemiske stoffer, herunder med reduceret mængde af stofferne og/eller (ii) erstatning af problematiske stoffer med andre kemiske stoffer med mindre skadevirkning på mennesker og miljø.

Der er store miljømæssige potentialer i at reducere forbruget af miljø- og sundhedsskadelige kemikalier og hensigtsmæssig håndtering af kemikalier generelt. Afgivelse af kemiske stoffer til omgivelserne kan formindskes i produkternes hele livscyklus. Omlægningen forventes intensiveret i takt med stigende regulering og teknologiske muligheder, bl.a. inden for flere af de materialeteknologier, der er nævnt ovenfor, inklusive bioteknologi og på længere sigt også nanoteknologi.

Der er behov for en prioriteringsliste over, hvilke stoffer man først skal sætte ind på at substituere. Her har Miljøstyrelsen udviklet et godt redskab – Listen over Uønskede Stoffer. Der er behov for at få en tilsvarende europæisk eller international liste. En sådan må forventes at blive udviklet i de kommende år. Man har allerede OSPAR-listen (fra Oslo-Paris-konventionen), men denne omfatter kun stoffer, som er farlige for havmiljøet.

6.3.5 Viden og udvikling

Den viden og de F&U-aktiviteter, der i øjeblikket findes i Danmark af relevans for udvikling, brug og markedsføring af grønne produkter og materialer, lader sig ikke beskrive kort. Årsagen er, at kompetencerne omfatter en lang række materialeteknologiske udviklings- og anvendelsesområder foruden et større antal andre kompetenceområder.

I den nationale strategi for materialeforskning fra 1999 vurderes det imidlertid, at Danmark er i front internationalt som et resultat af de gennemførte materialeteknologiske udviklingsprogrammer. Programmerne har ført til tæt samarbejde mellem offentlig og privat forskning. Nedenfor er status på erhvervslivets og den offentlige forskning ridset op for nogle udvalgte områder.

LCA-viden

Danmark er i front på LCA-området med hensyn til metodegrundlag, udbredelse af LCA-tankegangen blandt industrivirksomheder og antallet af erfarne LCA-specialister på forskningsinstitutter og i rådgivningsvirksomheder. Endvidere har dansk industri et forspring i forhold til mange konkurrentlande, hvad angår erfaring med og muligheder for udvikling af miljøoptimerede produkter. Der er netop indviet et dansk LCA-center baseret på samarbejde mellem DTU, GTS-virksomheder og COWI.

Mikroteknologi

De potentielle udviklere og brugere af mikroteknologi i Danmark findes navnlig inden for højteknologiske virksomheder på områder som elektronik, måleteknik og medikoteknik. Kun få danske virksomheder såsom Grundfos, Brüel & Kjær, Danfoss og Sonion Microtronic har indtil videre udviklet deres egne mikrosystemer. Følgende forskningsinstitutioner har eller har haft forskningsaktiviteter på området: Mikroelektronik Centret (MIC), DTU; Institut for Produktion og Ledelse, DTU, Cismi og Risø, men listen er ikke nødvendigvis udtømmende. Endvidere har Novo Nordisk, Microtronic, DME, B&K, Boston Scientific samarbejdet med DTU om fremstilling af metalliske mikrostrukturer.

Polymerer og nye materialer baseret på biopolymerer og biofibre

Dansk polymerforskning har en stærk position bl.a. som følge af de Materiale-teknologiske Udviklingsprogrammer 1989-98, specielt på Risø, DTU og på Aalborg Universitet. Også industrien står stærkt med Coloplast som eksempel. Biopolymerer og biofibre produceres og anvendes kun i begrænset omfang i industrien indtil videre. Der har været en række forskningsaktiviteter på området, bl.a. under det såkaldte "Non-food program".

Katalysatorer

Haldor Topsøe er førende inden for udvikling og produktion af katalysatorer i Danmark og dominerende på det internationale marked for en række katalysatorer og katalytiske

processer. Forskningen for heterogen katalyse finder sted på bl.a. Center for Materialefysik (CAMP), Center for Overfladeaktivitet, Institut for Fysik, DTU, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet og Haldor Topsøe. Institut for Kemi og Institut for Kemiteknik ved DTU står for den mere anvendelsesmæssige forskning på området.

Industriel bioteknologi

Novozymes er førende inden for udvikling af nye enzymer til industriel anvendelse og dominerende på det internationale marked. Forskning understøttes af over 10 forskergrupper ved de danske universiteter. Forskning inden for udvikling af nye cellefabrikker til udvikling af nye bioteknologiske processer foregår ved Center for Process Biotechnology (CPB), BioCentrum-DTU, DTU. Forskningen dækker både grundvidenskabelige aspekter og mere anvendelsesmæssig forskning på området. Forskning inden for udvikling af nye processer til fremstilling af biobrændsel foregår ved BioCentrum-DTU og Risø.

Systematisk miljøarbejde i virksomheder

Virksomhedernes systematiske miljøarbejde er generelt set langt fremme i Danmark. Målt på antallet af miljøcertificerede virksomheder i forhold til indbyggerantal er Danmark på verdensplan nr. 2, hvad angår ISO 14001-certificerede virksomheder og nr. 3, hvad angår EMAS registrerede virksomheder. Herudover arbejder endnu flere virksomheder med miljøledelse uden at være certificerede.

Udviklingen af miljøledelse er blevet understøttet af flere støtteordninger fra Miljøstyrelsen. Danmark har desuden været ledende i udviklingen af produktorienteret miljøpolitik og produktorienteret miljøledelse, og også her har der været støtte fra Miljøstyrelsens "Program for renere produkter". Der findes derfor en lang række håndbøger, værktøjer og eksempler inden for miljøledelse, produktorienteret miljøledelse, anvendelse af LCA, anvendelse af miljømærker, miljøkommunikation, kemikalie-substitution, affaldsproblematik, designguides for grønt design etc.

Der er generelt såvel som branchespecifikt materiale. Som resultat af disse mange projekter er der desuden udviklet kompetencer både i virksomheder i et bredt udsnit af brancher og i rådgivningsbranchen og i forskermiljøer. Danmark har derfor et stærkt udgangspunkt for yderligere udvikling inden for grønt design.

6.3.6 Marked og brug

Drivkræfter og aktører

Drivkræfterne bag udviklingen af grønne markeder er ofte forskellige fra produkt til produkt. Udviklingen af markederne er et resultat af mange forskellige aktørers interaktion og udviklinger i samfundet. Her skal blot nævnes nogle af de typiske drivkræfter.

Lovgivning eller lovgivningsforslag er i mange tilfælde en central drivkraft. Som eksempler kan nævnes regler vedrørende produktansvar, forbud mod anvendelse af visse kemikalietyper og grænseværdier for udledning. På producentmarkedet er det ofte reguleringsforhold, som er med til at diktere miljøkravene til leverandørerne af materialeinput. Også frivillige aftaler af miljøfremmende karakter kan have samme effekt. På konsumentmarkedet er der en del eksempler på, at det er kunders krav eller ønsker om grønne produkter, der har været en drivende kraft.

På virksomhedsniveau fødes grønne produktidéer i nogle tilfælde ud fra kendskab til miljøforhold kombineret med anden videnmæssig kompetence, men der er også eksempler på produktidéer, hvor miljø ikke oprindeligt var en designparameter, men hvor det senere viste sig, at produktet rent faktisk havde miljøfordele. Af andre drivkræfter kan nævnes udbud eller konkurrencer om udvikling af miljøvenlige produkter, kampanjer iværksat af miljøorganisationer og øko-design-projekter udført i et samarbejde mellem virksomheder og forskningsverdenen.

Myndighederne er ofte en central aktør i udviklingen af grønne markeder gennem lovgivningen, offentlige indkøb, informationskampanjer mv., mens de private forbrugere ikke synes at have så stor betydning på makroniveau. Til gengæld spiller NGO'er ofte en vigtig rolle i opinionsdannelsen. På virksomhedsniveauet er ledelsen, en evt. miljøafdeling, F&U- og produktudviklingsfunktionerne og markedsafdelingen af stor betydning for at fremdrive grønne produkter. Også den offentlige forskning er ofte med til at tage grønne F&U-initiativer og understøtter derved virksomhederne i deres udviklingsbestræbelser.

Markedet

Efterspørgslen efter grønne produkter og serviceydelser påvirkes bl.a. af prisen, prisen på tilsvarende ydelser, forventede fremtidige priser og ikke mindst brugernes præferencer. Men efterspørgslen bestemmes i høj grad også af prissætningen, dvs. om der tages udgangspunkt i den aktuelle pris eller fx i en pris, der også indbefatter miljøomkostningerne opgjort i et livscyklusperspektiv. Bevidstheden om den reelle pris spiller i høj grad ind i forbrugernes købsovervejelser.

En lang række miljøvenlige produkter og serviceydelser retter sig mod de private forbrugere. De kan have en grøn egenskab såsom energibesparende biler, elektronik og hårde hvidevarer med lave energiforbrug eller vandbesparende udstyr til boligen. De kan også være grønne, hvad materialebrug angår, eksempelvis grønne tekstiler eller møbler. I nogle tilfælde kan produkterne omfatte begge dimensioner, som for eksempelvis øko-huse. Der kan også være tale om produkter af mere immateriel karakter såsom debiler. Økologiske fødevarer er behandlet et andet sted i rapporten.

Skabelsen af et marked kræver enkel og troværdig information til forbrugerne. Her er miljømærkningen central. I dag findes dels det nordiske Svane-mærke, dels EU's blomst-mærke, af hvilke det første er langt det mest udbredte på det danske marked. Men der er stadig kun få miljømærkede varer, bl.a. fordi en række store virksomheder ikke har ønsket at tilslutte sig ordningerne.

Forbrugerne vurderer, om en konkret ændring i deres forbrugsmønster leder til forbedringer eller forringelser i deres livskvalitet. Et stigende antal forbrugere i industrilandene lægger i forskellig grad vægt på etiske forhold som økologi, miljø, sociale og politiske forhold i deres forbrugsvalg. Det er de såkaldte "politiske forbrugere". Der er dog ingen entydig dokumentation for, at forbrugerne generelt er parate til at betale mere for miljøvenlige produkter end for tilsvarende andre produkter.

Gruppen af politiske forbrugere har indtil videre haft betydning for markedet for visse grønne produkter, bl.a. gennem deres synlighed i medierne. Den nuværende prisdannelse kan udgøre en reel barriere for fornyelser, der øger brugerintensiteten af produkter. Reparation og vedligehold kræver arbejdskraft, hvis aflønning i mange tilfælde

er dyrere end at købe et helt nyt produkt. Dette problem ville i nogen grad kunne løses ved en omlægning til grønne skatter, der flyttede beskatning fra arbejdskraft til brug af energi og ressourcer.

Producenter af grønne produkter aftager som gruppe mange input til fremstilling af grønne produkter. De stiller krav til deres leverandører af materialer og andre produktionsinput om at overholde miljømæssige standarder. Virksomhederne er imidlertid i forskellig grad påvirket af hidtidige teknologispør (path dependence, lock-in), hvilket er med til at bestemme det grønne niveau eller indhold af deres teknologiudvikling og dermed af deres produkter.

Det potentielle marked for grønne eller renere produkter, og dermed også for LCA-metoder og -kompetencer, forventes at blive stort set i lyset af den stigende miljøbevidsthed på både konsument- og producentmarkedet og blandt institutionelle efterspørgere. Generelt må grønt forbrug samtidig ikke være dyrere, hvilket i dag ofte er tilfældet som følge af, at priser på energi, materialer m.m. ikke afspejler den langsigtede miljøbelastning og risiko for udtømmning af de ikke-fornybare ressourcer.

6.3.7 Regulering og incitamenter

Mange politiske instrumenter og tiltag influerer på den ene eller den anden måde planlægning, design, produktion, distribution, anvendelse og bortskaffelse af produkter og ydelser. Instrumenterne omfatter bl.a. ændringer i subsidier med miljønegative virkninger, miljøskatter og -afgifter, producentansvar, lovgivning om emission osv. Der findes ingen samlet lovgivning, hverken i Danmark eller på EU-niveau, som på systematisk vis styrer produkters og ydelsers miljømæssige forhold.

I Danmark har Miljøstyrelsen de senere år udgivet en række redegørelser om produktorienteret miljøindsats og har for nylig udarbejdet en Strategi for Grøn Markedsøkonomi, som lægger vægt på markedet som drivkraft for miljøforbedringer. EU har på samme måde sat integreret produktspolitik (IPP) på den politiske dagsorden, senest i 2001 med EU-Kommissionens grønbog om integreret produktspolitik. USA og Canada har gjort sig overvejelser af samme karakter.

EU's grønbog om IPP indeholder eksempelvis de instrumenter og handlingsforslag til fremme af markedet for grønne produkter, som fremgår af omstående oversigt.

Implementeringen af sådanne politiktiltag er imidlertid fortsat på et tidligt stade i såvel EU overordnet set som på medlemsstatsniveau. Der er stadig lang vej til en sammenhængende politik og strategi på området. Produkternes markedsmuligheder på det korte sigt er derfor helt afhængige af de markedsvilkår, der gælder i dag, herunder forbrugernes præferencer.

Instrumenter	Handlingsforslag
Økonomiske instrumenter	<ul style="list-style-type: none"> - Identificere priselementer, som forhindrer en mere umiddelbar adgang af grønnere produkter til markedet. - Undersøge mulighederne for differentierede afgifter (fx reduceret moms-afgift for miljømærkede produkter).
Producentansvar	<ul style="list-style-type: none"> - Udvide begrebet til flere områder inden for EU-lovgivningen. - Opfordre til initiativer blandt medlemsstaterne.
Miljømærkning	<ul style="list-style-type: none"> - Udvides til at omfatte flere produkter. - Øgede offentlige tilskud til markedsføring og afgifter. - Revurdere EU-Kommissionens strategi for miljømærkning. - Anvendelse af miljømærke-kriterier til andre anvendelser (fx indkøb, benchmarking, miljøstøtte, indikatorer, vigtige krav).
Miljødeklarationer	<ul style="list-style-type: none"> - Forberede overvågning af anvendelsen af frivillige miljødeklarationer. - Etablere rammer til at støtte deklarerer, der følger ISO Type III.
Offentlige indkøb	<ul style="list-style-type: none"> - Anvendelse af informationsmateriale vedr. offentlige indkøb og miljøet. - Udarbejdelse af håndbog om Grønne Offentlige Indkøb. - Koordinere og fremme informationsudveksling vedr. Grønne Offentlige Indkøb. - At øge Kommissionens egne grønne indkøb.
Produktinformation	<ul style="list-style-type: none"> - Sammenkæde eksisterende LCA information om produkter. - Støtte udviklingen og udbredelsen af simple LCA værktøjer (især for små og mellemstore virksomheder) og forbedre informations-flowet i produktkæden. - Arrangere workshops omkring de mest effektive måder til opnåelse af disse mål. - Undersøge potentialet for ordninger til at forpligte/opfordre producenterne til at give nøgleinformationer om miljømæssige produkt-karakteristika.
Retningslinier for øko-design	<ul style="list-style-type: none"> - Opfordre til udarbejdelse, udbredelse og anvendelse af sådanne retningslinier.

Kilde: Commission of the European Communities (2001): Green Paper on Integrated Product Policy. Brussels.

6.3.8 Emner for detailfremsyn

Følgende emner eller opgaver kunne overvejes i forbindelse med gennemførelse af et detailfremsyn. Emnerne er grupperet som i fremstillingen ovenfor, men er i mange tilfælde af tværfaglig karakter.

Teknologi og produktion

- Identifikation af samarbejds muligheder mellem forskning/innovationssystem og virksomheder med henblik på udvikling af grønne produkter dels baseret på en mere kort-sigtet produktudviklingstilgang, dels i det længere perspektiv med fokus på en mere langsigtet teknologi- og procesudvikling, herunder substitution af farlige stoffer.
- Indsamling af eksempler på lovende produkter, designkoncepter, materialer og processer, primært blandt dem der er identificeret i afsnit 6.3.4. Kan danne grundlag for at konkretisere, hvilke krav miljørigtige produkter og materialer stiller til designeren og virksomheden.

-
-
- Vurdering af teknologiernes udviklingsniveau og graden af anvendelse i produktions- og serviceindustrien. I udredningerne bag den eksisterende materialeforskningsstrategi er de enkelte teknologiområder søgt opdelt i grupperne “teknologier på fosterstadiet”, “teknologier på vækststadiet” og “teknologier på det modne stadium”. Denne tilgang kunne udbygges.
 - Afdækning af de tekniske forudsætninger for, at teknologierne kan bringes i anvendelse til kommerciel produktion. Er dette afhængigt af udviklingen af andre teknologier?

Viden og udvikling

- Detaljeret kortlægning af danske kompetencer og vurdering af muligheder og barrierer for disses udvikling og anvendelse i en dansk satsning på grønne produkter og materialer.

Marked og brug

- Identifikation/analyse af de vigtigste drivkræfter bag udviklingen af markedet for grønne produkter opdelt på produktsegmenter, herunder barrierer for at afsætte grønne produkter, og hvordan disse kan fjernes.
- Vurdering af, hvad der er og bliver de vigtigste grønne produktgrupper på konsument- og producentmarkedet foruden det institutionelle marked, og hvor store markederne for disse kan tænkes at blive de næste 10-20 år.
- Vurdering af, hvilken type information, herunder mærkning, der er behov for med henblik på at fremme grønt forbrug.

Regulering og incitamenter

- Vurdering af, hvilke reguleringsmæssige og institutionelle barrierer der findes for at producere og afsætte grønne produkter, og hvordan barriererne kan fjernes for at stimulere virksomheder til at forfølge grønne produktdesign.

7. Nominerede fokusområder

Panelet har gennem fremsynet diskuteret en række teknologiske løsninger, som hver især kan bidrage til at løse forskellige større eller mindre miljøproblemer – nationalt og internationalt. Til brug for panelets endelige udvælgelse af fokusområder blev nedenstående liste med 13 forslag til fokusområder udarbejdet.

Disse forslag blev udvalgt ud fra en oprindelig bruttoliste, der omfattede 69 grønne – smallere eller bredere – teknologiske løsningsmuligheder tematiseret under overskrifterne:

- energiforbrug
- biologiske ressourcer - vand
- biologiske ressourcer - arealanvendelse
- forbrug af mineralske ressourcer
- forbrug og spredning af kemiske stoffer.

Formålet med panelets arbejde har været at fokusere på et begrænset antal særligt lovende områder. Den valgte prioritering er udtryk for panelets ekspertskøn, der udtrykker et kvalificeret, men subjektivt bud på, hvor de største udviklingspotentialer ligger i fremtiden.

Udvælgelsen blev foretaget på grundlag af fire udvælgelseskriterier: miljøproblemets størrelse, størrelsen på bidraget til at løse miljøproblemet, erhvervspotentiale for hjemmemarkeder og eksport og danske kompetencer inden for erhvervsliv og F&U-institutioner.

Nedenfor følger en oversigt over de teknologier, der blev nomineret til udvælgelse. Det er for hvert område kort angivet, hvorfor det blev valgt eller fravalgt som fokusområde. De seks nominerede teknologiområder markeret med (*) er indeholdt i de valgte fire fokusområder.

	Potentielt fokusområde	Årsag til valg eller nominering
1	Koordinering af el- og varme- produktion med VE – især vindkraft	(*) Vindkraft blev inddraget som den væsentligste VE-kilde, da der er massive danske kompetencer på området, og markedet de kommende 10 år forventes mindst 10-doblet.
2	Infrastrukturer i energi- systemet, der sikrer nye brændsler til transport	Dette område er miljømæssigt interessant, fordi transportsektoren står for en stadig stigende andel af energiforbruget. Panelet vurderede, at infrastruktur-opbygningen er afhængig af, hvilke brændstofteknologier udenlandske producenter af transportmidler satser på. Hvis det fx bliver biobrændsler i form af metanol, skal infrastrukturen ikke umiddelbart ændres.
3	Udvikling af integrerede landbrugs-energisystemer	Området er komplekst og tager afsæt i at løse landbrugs skjulte energiimport i form af energiforbrug til kunstgødning og foder. Panelet besluttede, at landbrugs energiforbrug kunne være et aspekt af fokusområdet om fødevareproduktion, men ikke et selvstændigt fokusområde.

	Potentielt fokusområde	Årsag til valg eller nominering
4	Energibesparelser og reduceret materialeforbrug og miljøbelastning ved bygningers opførelse og drift	(*) Panelet lagde hovedvægten på systemer til optimering af bygningers drift, både for nye og eksisterende bygninger. Materialeforbruget til opførelsen er naturligt med i fokusområdet for nye byggerier, men det største potentiale for energibesparelser findes imidlertid i de eksisterende bygninger.
5	Trafikinformatik og road pricing	Panelet vurderede, at miljøeffekten ved trafikinformation er begrænset. Teknologien for road pricing er allerede udviklet, og eksportpotentialet for danske virksomheder synes begrænset.
6	Nyt paradigme for vareproduktion, herunder brug af nye teknologier	(*) Et omfattende område. Panelet vurderede, at det rummer mange potentialer for miljøforbedringer, hvor det danske innovationssystem, inkl. i private virksomheder, har gode kompetencer på udvalgte områder.
7	Industriell brug af bioteknologi	(*) Bioteknologiske processer til fremstilling af stoffer i lukkede beholdere er et område, hvor danske virksomheder har store kompetencer, og eksportmulighederne er betydelige.
8	Præcisionsjordbrug	(*) Der sker allerede en del dansk F&U på området.
9	Bioteknologi	Bioteknologi til udsættelse af GMO-materiale vurderes som politisk umulig at komme igennem med, og det er næppe muligt at dokumentere, at det ikke rummer potentielle miljømæssige problemer.
10	Økologisk produktion	(*) Dansk landbrug er i kraft af Ø-mærket anerkendt på markedet, og hjemmemarkedet er solidt, hvilket er et godt afsæt for videreudvikling.
11	Styring af vandkvalitet baseret på overvågning med sensorer	Dette fokusområde var meget tæt på at blive højt prioriteret, da danske virksomheder har gode kompetencer. Samtidig er der givetvis et stort eksportmarked, da vandforsyning er et problem i mange lande. Det blev diskuteret at udvide det til beskyttelse af drikkevandressourcer, da sensorer synes for snævert som fokusområde (se nedenfor).
12	Spildevandsrensning	Danske virksomheder har gode kompetencer, men området er velkendt verden over. Det vil dog potentielt kunne være et stort eksportområde, men blev fravalgt, da andre miljøproblemer synes mere påtrængende.
13	Beskyttelse af vandressourcer (drikkevandsrensning, mindre vandforbrug)	Dette er et område, hvor danske virksomheder og myndigheder har høje kompetencer. Som eksportområde kan det dog være relevant som knowhow til europæiske lande, hvor vandforsyningen er ringere, men det blev fravalgt, da andre miljøproblemer fandtes mere påtrængende.

Bilag: Executive Summary

1.1 Green Technology Foresight - Phase 1

Environmental protection and economic considerations are often seen as opposing forces - in the short term at least. In Green Technology Foresight they are not. On the contrary. The philosophy behind the foresight is to identify potential commercial success areas for Danish enterprises within environmental production technology, equipment and knowledge. The main message is that Denmark has a number of areas specially suited to developing technology solutions that can contribute to solving environmental problems - at national as well as international level. This report points to the most obvious.

The process in Green Technological Foresight - phase 1 was:

1. to create a 10-20 year overview of environmental problems and of existing and potential technological solutions;
2. then to identify competences in the Danish innovation system (enterprises and public research, technological services, education etc.) and market as well as political options and barriers to applying the technologies, and
3. finally, to result in the selection of technology focus areas with especially promising and strategically important opportunities for Danish trade and industry.

1.2 Focus areas

1.2.1 Flexible energy systems with increased wind energy

Danish enterprises have the cutting edge on the world market for wind turbines and the market is expected to more than quadruple within the next seven years. Today the Danish wind energy market share is 50% and by building on our strengths we should be able to maintain that share for many years to come. By increasing our usage of wind energy we contribute to the achievement of the Kyoto protocol's objectives of reducing CO₂ emissions.

One of the major challenges facing increased usage of wind energy in Denmark is the solution of over capacity problems - power overflow - in periods with much wind and little consumption. This requires new technology solutions and this very area of Denmark's innovation system has a unique point of departure for being among the first.

Flexible systems for electricity and heat production are the core in increasing the usage of wind energy, and Denmark is working on a broad front in developing hardware and software. For instance Risø and DTU together with a couple of large Danish enterprises are cooperating with foreign companies and institutions in the production of fuel cells in which hydrogen is used as storage media, and the University of Aalborg is working on incentive systems which will ensure improved coordination of various types of energy.

Market development within the field of energy requires a number of political initiatives in addition to taxation and subsidies. Efficient interaction among energy supply units requires a player responsible for joint optimisation. An increased number of wind turbines also requires plans that are acceptable to citizens - challenges which may perhaps be solved by anchoring the units in local energy cooperatives.

Danish enterprises can remain in the forefront of development by continuing to optimise the economics of wind turbines and by demonstrating that it is possible to introduce an even higher share of wind electricity in the energy supply.

1.2.2 Systematic energy optimisation of buildings

Half of our energy consumption - and thus half the CO₂ emissions - is caused by heating and operating buildings. Energy consumption in buildings can be reduced by two thirds through systematic energy optimisation.

A systematic approach improves the environment and energy efficiency, but it also needs to ensure a high degree of comfort and a good indoor climate. The consumption of electricity for ventilation and operation of household and office machines is reduced most efficiently if done at the same time which requires a systematic approach to energy savings. While savings have so far been achieved through increased insulation and new windows the next step must involve optimisation of the usage of the buildings.

We have a major potential for achieving energy savings by further developing integrated systems and concepts. The opportunities within new building, for instance, are to think together choice of building materials and natural lighting, and heating and cooling systems. The potential for existing building lies, among other things, in new concepts for renovation with improved insulation, windows and technical installations. Not least ventilation, lighting, household machines and office equipment should be integrated into energy optimised operation ensuring a good indoor climate and a high degree of comfort.

For a number of years Denmark has carried out major research on energy savings in buildings. We have thus been able to generate considerable competences in the research community, technological institutes and engineering firms. Within building components and materials our research competences are of international standard. Insulation materials, windows and regulation components are among the major successes; energy efficient engines and compressors are simply waiting to be taken into use.

Since the mid 70'ies the building sector in Denmark and abroad has seen demand swing away from new building to renovation. Since legislation is used to optimise energy and resource efficiency in buildings, future regulation here in Denmark as well as the EU is of major importance to the future market.

Motivation to obtain energy savings is strongly related to the price of energy. Private households are rewarded directly, but it may be necessary to make it easier to invest in long-term efficiency initiatives. For a large part of industrial and commercial building it is less attractive to save energy than it is for private households. Increased motivation to achieve energy efficiency in industrial and commercial building would promote sustainable industrial and commercial building both with regard to existing and new buildings.

1.2.3 More environmentally-friendly agriculture

By targeting the development of alternative and future-orientated farming systems, i.e. precision agriculture and organic farming, one of Denmark's most traditional trades, agriculture, can contribute to sustainable growth. A large number of Danish research institutions and companies are focusing on the development of the technology potential which can contribute to a cleaner environment and economic growth.

The perspectives of targeting these areas:

- precision agriculture and organic farming which are knowledge intensive and enable the targeting of high value crops.
- Denmark possesses knowledge of the sophisticated technologies forming part of precision agriculture.
- precision agriculture will be a driving force in the development of technology for organic farming.

Precision agriculture combines IT, remote sensor and robot technology together with further development of traditional agricultural machinery. It enables the differentiated application of fertilizer, lime and pesticides in fields according to the actual crop requirements and disease and soil conditions. In this way the amount of additives and thus the extent of environmental problems are minimised. Within livestock production precision agriculture covers the monitoring of health, behaviour and production conditions for each animal based on computer vision.

The technological development potential may be illustrated by the following examples, the technology content of which may already be subject to development:

- sensor and computer vision to determine: crop yields, plant quality, weed prevalence, plant diseases, pests, and the yield potential of soil;
- precision row cleaners, computer controlled systems for steaming weeds and machines for precision spraying of weeds;
- models for graduated spreading of manure from domestic animals in accordance with soil conditions;
- ‘intelligent’ agricultural implements and farming methods, for example intelligent ploughs and stables;
- software for linking of the technology elements making up the above systems and for application in actual farming procedures.

A number of Danish enterprises have much competence within the development and production of agricultural machinery and remote sensor technology. Their challenge is to combine this knowledge with, e.g. the robot technology knowledge in Denmark. This is a market area in embryo and in which increasing environmental requirements on agriculture will promote market potential. The main markets are first and foremost the large farms in European countries, the USA, Canada and Eastern Europe.

Organic farming is based on the idea that farming should be part of a natural biological cycle. The main aims are to avoid pollution, to maintain/increase fertility of the soil and work on more closed substance cycles. Organic farming is characterised by versatile crop rotation in which farmers employ perennial and nitrogen binding crops and use organic fertilizers.

The technological potential consists of developing knowledge about the organic farming system as such (nutrients, weeds, farming practices, organic plant protection etc.). Furthermore, it includes developing tools for sowing, weeding and tillage, including further development of mechanical solutions for i.e. treatment of weeds and improving the handling of manure. Finally, product development of organic foodstuffs is an important element.

Although Denmark has been in the forefront of research and production for a number of years, large foodstuff producing countries are rapidly catching up with our competences. However, the market for organic products has so far seen high growth, and this is expected to continue. The potential therefore consists of developing new and more processed organic products and in extending production. A number of incentives, among others, financial, would probably have to be employed to make a marked change in the proportion of organic farming compared with total Danish agricultural production.

Seen as a whole the targeting of more environmentally-friendly farming in the form of precision agriculture and organic farming requires substantial technology development with even more focus on high value crops.

1.2.4 Design of green products and materials

The industrialised world is consuming as never before, and if we do not do something about it we will over the next 20 years face an increase in consumption of non-renewable resources of 50%. Such consumption will generate colossal environmental problems which in addition to resource scarcity consist of increased air pollution, amounts of waste and leaching of environmentally dangerous substances.

However, this situation gives Denmark enormous development potential, because in a number of areas we are right in the forefront of the development of green products based on environmentally-friendly materials and processes – i.e. green design.

The idea behind the design of green products and materials is to obtain more service and welfare using fewer non-renewable resources and additives.

- You build sustainability into products and achieve large savings in the consumption of materials, energy and other resources;
- You make products easy to maintain, e.g. by building them as modules. This makes it easier to separate them and at the same time increases the possibilities of recycling;
- Or you make greener products by using new resource-efficient materials and production technologies. This means that products and services are seen in relation to their entire life cycle spanning raw material extraction, production, distribution, use and disposal.

The initiatives for making products green must be driven by the enterprises and the consumers themselves. The development and design of green products by enterprises has to be ruled by clear visions as to how one can obtain by green design optimal value of the materials, energy and other resources used for manufacturing the product and throughout its life.

The innovation potential for Danish trade and industry is extremely favourable. In addition to the business-to-consumer market in the form of green product development there is also the business-to-business market in the form of development and production of environmentally-friendly materials and process technologies. Life cycle analyses in particular have major potential with regard to the development of methods and dissemination of the concept among industrial enterprises. The key challenge lies in coupling these competences with a dynamic design co-operation among enterprises, consumers and R&D institutions.

If prices are high, only a minority will demand green products for their environmental friendliness alone. However, the potential market for green and cleaner products is expected to be large in the light of growing environmental awareness among private consumers and enterprises. Market development is closely interlinked with the existence of a number of political instruments such as environmental taxes, producer responsibility, legislation on emissions etc.

1.3 Aims and Challenges of Foresight - Phase 2

The object of Green Technology Foresight is to identify and debate technology future scenarios and spot the challenges connected with their realisation. It is a question of pointing to the right development tracks. In other words: what are conditions today and what needs to be changed to reach the situation we want in the future.

The environmental load – and the environmental improvement too – may be regarded as the result of the interaction between a number of driving forces:

- *economic driving forces* (economic growth/development, globalisation, trade and international investments)
- *sociological/societal driving forces* (values and lifestyles, demographic development, changes consumption patterns etc.)
- *technological driving forces* (research, financial return motives in enterprises, consumer based technology pull, new markets for top quality products, consumer demands, and public demand for environmentally-friendly production and behaviour)
- *political driving forces*, which impact the environment via political processes and legislation.

Phase 1, is a radar survey of potential green technology development options. It covers the general identification of driving forces and their links. On the basis of the analysis the panel has selected and described four focus areas which it recommends for separate detailed foresights in phase 2.

The second phase encompasses a detailed analysis of the driving forces mentioned and their interaction. The panel recommends that phase 2 should describe initiatives to be undertaken by society in order to actively support the realisation of these environmental and commercial potentials.

The end target of the two phases is to make recommendations as to what is needed market-wise and politically in order to support the development and dissemination of the technological environmental solutions and derived products described in this work.

Kolofon

Grønt teknologisk fremsyn
om perspektivrige grønne teknologier med erhvervspotentiale

Maj 2003

Hovedrapport

Udgivet af:

Ministeriet for Videnskab,
Teknologi og Udvikling
Bredgade 43
1260 København K
Telefon: 3392 9700
Fax: 3332 3501

Publikationen udleveres gratis så længe lager haves
ved henvendelse til:

IT- og Telestyrelsen, danmark.dk
Telefon: 1881
sp@itst.dk
www.netboghandel.dk

Publikationen kan også hentes på
Videnskabsministeriets hjemmeside om Teknologisk Fremsyn:
www.teknologiskfremsyn.dk
ISBN (internet): 87-91258-66-9

Tryk:

Jørn Moesgård as
Oplag: 1.000
ISBN: 87-91258-65-0

Der behøver ikke at være modsætning mellem miljøbeskyttelse og økonomiske hensyn. Tværtimod. Det viser Grønt teknologisk fremsyn, som et uafhængigt panel af eksperter har gennemført for Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling. Der findes en lang række områder, hvor miljø og forretning går hånd i hånd, og hvor Danmark har helt særlige muligheder for at udvikle teknologiske løsninger, der kan bidrage radikalt til at løse miljøproblemer – nationalt som internationalt.

I denne rapport præsenteres 4 grønne teknologiområder, som det uafhængige ekspertpanel vurderer er særligt perspektivrige på 20 års sigt – både set fra en miljømæssig og en forretningsmæssig synsvinkel:

- fleksible energisystemer med øget vindkraft
- systematisk energioptimering af bygninger
- mere miljøvenligt jordbrug
- design af grønne produkter og materialer.

Grønt teknologisk fremsyn er det tredje i en række af teknologiske fremsyn, som ministeriet offentliggør i de kommende år.

Læs mere om Grønt teknologisk fremsyn og hent denne hovedrapport samt arbejdsrapporterne på: www.teknologiskfremsyn.dk.

Der er tale om følgende arbejdsrapporter:

Arbejdsnotat 1: Environmental Problems and Solutions, april 2002

Arbejdsnotat 2: Miljøproblemer, løsningsrum og teknologiske løsninger, juni 2002

Arbejdsnotat 3: Analyse af prioriterede teknologiske løsninger, september 2002

Scenarier for Grønt teknologisk fremsyn, februar 2003.

