

Miljøprojekt Nr. 753 2003

Den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser

- belyst via eksisterende teknologiske fremsyn

Birgitte Rasmussen og Mads Borup
Forskningscenter Risø, Systemanalyse

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATTENDE ARTIKEL	7
<i>Miljøbetydende teknologier belyst via teknologisk fremsyn</i>	7
<i>Undersøgelsen</i>	7
<i>Hovedkonklusioner</i>	8
<i>Teknologisk område</i>	8
<i>Projektræsultater</i>	9
SUMMARY AND CONCLUSIONS	13
1 BEGREBSAFKLARING OG KORTLÆGNING	15
1.1 TEKNOLOGIER MED MILJØMÆSSIG BETYDNING	15
1.2 TEKNOLOGISK FREMSYN	17
1.3 TEKNOLOGISK FREMSYN - TEKNOLOGI OG MILJØ	19
2 RADARUNDERSØGELSE - TEKNOLOGISK FREMSYN	24
2.1 THE FUTURES PROJECT	24
2.1.1 <i>Miljøteknologi og renere teknologi</i>	25
2.1.2 <i>Bioteknologi</i>	26
2.1.3 <i>Materialeteknologi</i>	27
2.1.4 <i>Transport</i>	27
2.1.5 <i>Energiteknologi</i>	29
2.1.6 <i>Kommentarer til 'The Futures Project. Technology Map'</i>	29
2.2 UNITED KINGDOM TECHNOLOGY FORESIGHT	29
2.2.1 <i>Kommentarer til det engelske teknologiske fremsyn</i>	31
2.3 TECHNOLOGY RADAR (HOLLAND)	31
2.3.1 <i>Kommentarer til den hollandske radarundersøgelse</i>	33
2.4 TEKNOLOGISK FRAMSYN FÖR SVERIGE	34
2.4.1 <i>Kommentarer til det svenske teknologiske fremsyn</i>	35
2.5 THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY FORECAST OF TECHNOLOGY & STRATEGY	35
2.5.1 <i>Kommentarer til GW forecast</i>	37
2.6 OPSUMMERING - TEKNOLOGISK FREMSYN	37
3 RADARUNDERSØGELSE - ANDRE KILDER	39
3.1 ENVIRONMENTAL OUTLOOK (OECD)	39
3.2 ECO-DESIGN & ECO-INDUSTRIES	40
3.2.1 <i>Eco-design</i>	40
3.2.2 <i>Eco-industries</i>	41
3.3 NATUR OG MILJØ 2001 (DMU)	42
3.4 ERHVERVSUDSIGTEN (ERHVERVSFREMME STYRELSEN)	42
3.5 BORGERNES IDÉKATALOG (TEKNOLOGIRÅDET)	43
3.6 OPSUMMERING - ANDRE KILDER	44
4 UDVALGTE TEKNOLOGISKE DOMÆNER	45
4.1 UDVÆLGELSE AF TEKNOLOGISKE DOMÆNER	45
4.2 BIOTEKNOLOGI	46
4.3 ENERGITEKNOLOGI	51

4.4	MATERIALETEKNOLOGI	54
4.5	SENSORTEKNOLOGI	56
5	OPSUMMERING OG DISKUSSION	59
6	LITTERATUR	62

Bilag A : The Futures Project - Technology Map

Bilag B : UK Technology Foresight

Bilag C : Technology Radar - The Netherlands

Bilag D : OECD Environmental Outlook

Forord

Den teknologiske udvikling vil også i fremtiden ændre miljøbelastningens karakter men kan samtidig indebære nye muligheder for løsninger på kendte miljøproblemer. Innovation af produkter og produktionsmetoder er blevet centrale konkurrenceparametre, og udvikling af nye basisteknologier som f.eks. informationsteknologi, bioteknologi og nye materialer er med til at forcere denne udvikling. Konsekvensen er en hastig ændring af det teknologiske grundlag for produktion og forbrug, som peger på behovet for at gøre miljøpolitikken mere teknologisk fremsynet.

Nærværende projekt *Den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser - belyst via eksisterende teknologiske fremsyn* er iværksat af Miljøstyrelsen. Projektet skal bl.a. bidrage til at understøtte udarbejdelse af delrapport om teknologiske virkemidler, som er en del af forberedelsen af regeringens rapport om en grøn markedsøkonomi.

Formålet med projektet er på baggrund af eksisterende teknologiske fremsyn at identificere teknologiområder, der forventes at få stor indflydelse på fremtidens miljø, hvor indflydelse på miljø dækker både tilsigtede og utilsigtede effekter på miljøet samt direkte og indirekte effekter. Indledningsvis afklares begrebet miljøbetydende teknologier.

Omdrejningspunktet i projektet er belysning af teknologi og teknologiers mulige miljøkonsekvenser via eksisterende teknologiske fremsyn. Projektet kan karakteriseres som et litteraturstudie baseret på eksisterende offentligt tilgængelige kilder. Projektet er struktureret i følgende faser:

- a) Indledende begrebsafklaring og kortlægning af området samfunds- og miljøbetydende teknologier, kapitel 1.
- b) Identifikation af teknologier der vil præge samfundsudviklingen i de vestlige lande i de kommende 10 – 15 år. Dette gøres via en teknologisk radarundersøgelse (dvs. systematisk gennemgang af kilder vedrørende den forventede fremtidige udvikling indenfor for et givent teknologisk felt) omfattende scanning af eksisterende teknologiske fremsyn (kapitel 2), og scanning af andre kilder med relation til fremtidig udvikling med af teknologi og miljø (kapitel 3).
- c) Uddybet studie af eksempler på teknologier med særlig potentiale/konsekvenser for miljøet, hvor det danske samfund skønnes at have særlige potentialer - herunder opstilling af relevanskriterier for udvælgelse af teknologier (kapitel 4).

Sammenfattende artikel

Miljøbetydende teknologier belyst via teknologisk fremsyn

Den teknologiske udvikling vil også i fremtiden have betydning for miljøet, men kan samtidig indebære nye muligheder for løsninger på kendte miljøproblemer.

Teknologier, der forventes at præge samfundsudviklingen og miljøet i de kommende 10-15 år, er blevet belyst ved brug af de såkaldte teknologiske fremsyn. I projektet gennemgås 10 meget forskellige studier af samspillet mellem teknologisk udvikling og miljø. Informationsteknologi, bioteknologi, materialeteknologi og energiteknologi betragtes generelt som meget centrale. Flere studier fremhæver behovet for radikale forandringer, hvis der skal ske afgørende forbedring af miljøet, og at dette kræver langsigtede satsninger indenfor teknologisk miljøorienteret forskning og udvikling.

Baggrund og formål

Teknologiers mulige miljøkonsekvenser

Alle teknologier har en form for miljøbetydning. Teknologier vil på en eller anden måde indvirke på materiale- og energistrømme, affaldsformer, deponeringsforhold osv. Typisk vil en teknologi have flere forskelligartede miljømæssige indvirkninger, både positive og negative. Formålet med projektet er at undersøge hvilke teknologier, der forventes at få stor indflydelse på fremtidens miljø. Indflydelse på miljø dækker både tilsigtede og utilsigtede effekter på miljøet samt direkte og indirekte effekter. Undersøgelsen er baseret på offentligt tilgængelige studier, der belyser samspillet mellem teknologisk udvikling og miljø.

Udvikling af nye basisteknologier som f.eks. informationsteknologi, bioteknologi og nye materialer er med til at forcere den teknologiske udvikling. Konsekvensen er en hastig ændring af det teknologiske grundlag for produktion og forbrug, som peger på behovet for at gøre miljøpolitikken mere teknologisk fremsynet. Projektet er sat i gang på initiativ af Miljøstyrelsen, og det skal bl.a. bidrage til at understøtte Miljøstyrelsens arbejde om teknologiske virkemidler i forbindelse med regeringens rapport om 'Grøn markedsøkonomi'.

Undersøgelsen

Hvad er miljøbetydende teknologier

Teknologisk fremsyn handler om at beskrive og diskutere teknologiske fremtider. Teknologisk fremsyn kan ikke begrænses til teknologi alene, men inddrager også samfundsmæssige udviklingstendenser i bred forstand. Derfor blev der indledningsvis foretaget en begrebsafklaring og kortlægning af, hvad der forstås ved miljøbetydende teknologier.

10 studier af samspillet mellem teknologi og miljø blev gennemgået for at undersøge, hvilke teknologier der vil få stor betydning for de vestlige lande de

kommende 10-15 år. De benyttede studier omfattede 5 teknologisk fremsyn samt undersøgelser udført af OECD, EU, Danmarks Miljøundersøgelser, Erhvervsfremme Styrelsen samt Teknologirådet.

4 teknologiske områder af særlig interesse for Danmark blev undersøgt nærmere. De 4 teknologier er: bioteknologi, energiteknologi, materialeteknologi og sensorteknologi.

Hovedkonklusioner

Teknologier og systemer

Overordnet betragtet peger de teknologiske fremsyn på, at udviklingen indenfor informationsteknologi, bioteknologi, energiteknologi og materialeteknologi vil få stor betydning fremover. Eksempler indenfor disse fire områder er:

Teknologisk område	Betydende teknologier under udvikling - eksempler
Informationsteknologi	<ul style="list-style-type: none"> - computere & netværk, lagring af data - 'intelligente' bygninger - videnssystemer - sammenkobling af genteknologi, materialeteknologi, informationsteknologi og kemi
Bioteknologi	<ul style="list-style-type: none"> - bioteknologisk affaldsbehandling - genteknologi - fødevarerproduktion - planten som fabrik
Energiteknologi	<ul style="list-style-type: none"> - brændselsceller - brintlagring - forgasning af biobrændsler - vedvarende energi (vindkraft, bølgeenergi, solceller, undervandsmøller m.m.)
Materialeteknologi	<ul style="list-style-type: none"> - biomimetiske materialer (dvs. materialer som efterligner naturens opbygning eller funktion, f.eks. kunstige muskler) - nanoteknologi - materialer til energibesparelse - øget genanvendelse

Brug af teknologisk fremsynsanalyser til at belyse og diskutere den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser rummer nogle metodiske vanskeligheder, som er tæt knyttet til afgrænsning af teknologier og teknologiske systemer med miljømæssig betydning. Alle teknologier kan påvirke miljøet, og det er derfor uhyre vanskeligt at drage meget præcise konklusioner.

Ved fokusering på teknologiers miljømæssige betydning er det væsentligt at være opmærksom på, at forholdet mellem teknologi og miljø er sammenhængende med samfundsmæssige, økonomiske og organisatoriske forhold. Miljøbetydningen ligger ikke udelukkende i teknologien selv. Anvendelsesområder og anvendelsesmåder har afgørende betydning. Miljøbetydningen er afhængig af, hvordan teknologien indgår i produktion og forbrug samt hvilke processer den erstatter m.v. Disse systemaspekter af en teknologi vil ofte være mindst lige så væsentlige for miljøbetydningen, som den umiddelbare tekniske funktion.

Overordnet betragtet behandles miljødimensionen ikke særskilt i de teknologiske fremsynsanalyser. Forklaringen på dette kan være, at de teknologiske fremsyn som udgangspunkt ikke har haft været fokuseret på spørgsmål om miljøbetydning af teknologisk udvikling. Dog skal det understreges, at miljødimensionen i stor udstrækning har indgået helt eller delvist i mange af de teknologiske områder, som er undersøgt i de teknologiske fremsynsanalyser.

Gennemgang af nationale fremsyn viser, at emner relateret til optimering og redesign af teknologiske systemer er dominerende, mens de mere radikale ændringer af teknologiske systemer ikke er fremtrædende. Andre af de benyttede kilder fokuserer i højere grad på behovet for mere radikale forandringer (f.eks. begrænsninger i forbrug, radikale ændringer af transportsystemer), hvis der skal ske en afgørende forbedring af miljøproblemerne. Realisering af disse radikale forandringer kræver langsigtede strategier og satsninger indenfor forskning og udvikling.

Projektresultater

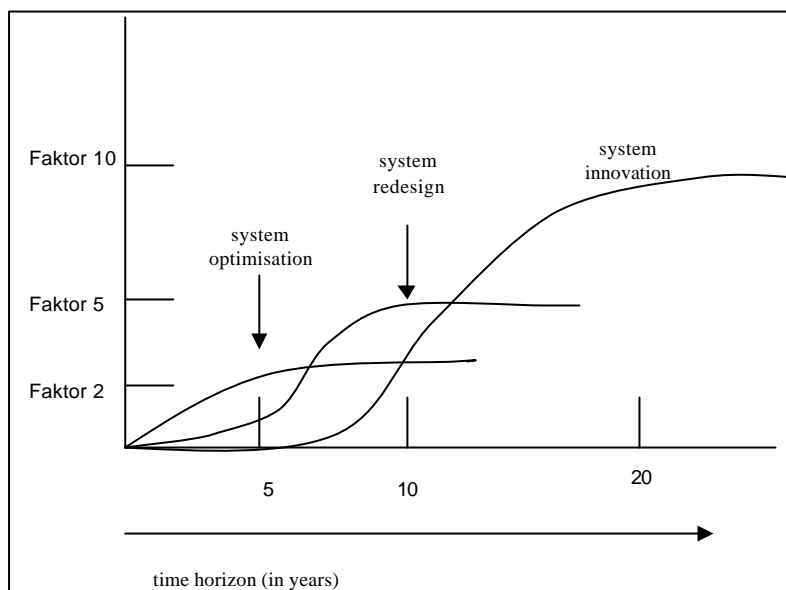
Begrebsafklaring

En udbredt og normalt anerkendt klassificering af teknologi i forbindelse med miljø er en skelnen mellem:

- tilføjede teknologier (add-on teknologier, der behandler forureninger og miljøbelastninger efter de er opstået)
- integrerede teknologier (forebyggende teknologier, optimering, justering, renere produkter og produktionsmåder)
- systemforandringer med bæredygtighed som grundlæggende norm.

Under listens pinde om at undgå forurenende forbrug mv. og om bæredygtighed som grundlæggende norm hører også teknologisystemer og innovationssystemer, hvor miljøproblemstillingerne og normen om bæredygtighed er integreret. Betydningen (i form af en 'faktor' for nedsættelse af miljøbelastningen) af forskellige forandringer i det teknologiske system kan illustreres med nedenstående figur (Vollenbroek et al 1999). Her skelnes mellem tre typer af innovationer, hvor selve systemet er omdrejningspunktet: system optimering, system redesign og system innovation.

Pointen i figuren er, at system innovation er nødvendig, hvis man skal forbedre afgørende på miljøproblemerne (Faktor 10 anses for nødvendig). Denne og tilsvarende kategoriseringer af systemforandringer er til dels parallel til og overlappende med klassificeringen ovenfor. Den understreger tids- og procesperspektivet i forbindelse med teknologisk miljøbetydning.



Tre typer miljøbetydende systemmæssige innovationer (*Vollenbroek et al 1999*).

Teknologisk overvågning

Den teknologiske overvågning har omfattet to nationale fremsyn (England og Sverige), to undersøgelser baseret på bearbejdning af eksisterende studier (The Futures Project og hollandsk radarundersøgelse) samt George Washington universitetets fremsyn med fokus på betydende teknologier under udvikling og teknologiske gennembrud. Teknologisk overvågning er normalt ikke alene begrænset til teknologiske fremsynsanalyser. Det anbefales at inddrage andre kilder, således at problemstillingen bliver belyst fra flere vinkler. Derfor blev følgende studier gennemgået: "Environmental Outlook" (OECD), "Natur og miljø 2001" (DMU), "Erhvervsudsigten" (Erhvervsfremme Styrelsen), "Borgernes idékatalog - resultater fra tre borgerhøringer om bæredygtig vækst" (Teknologirådet) samt analyser gennemført for EU-kommissionen.

OECD's hovedkonklusion er, at befolkningstilvækst, økonomisk vækst og globalisering også fremover vil have et betydeligt miljøtryk med mindre der iværksættes stærke regulerende tiltag for at beskytte økosystemet og de vitale ydelser, som er afhængig af et fungerende økosystem. Landbrugsforurening, overfiskeri, udledning af drivhusgasser, luftforurening fra biler/fly samt kommunal affaldsproduktion vurderes af OECD til at være betydende miljøpåvirkninger, hvor den seneste udvikling har været negativ, og hvor denne udvikling forventes at fortsætte.

"The Futures Project" præsenterer det synspunkt, at realisering af radikale og bæredygtige innovationer kræver en målrettet langsigtet forskning og udvikling på statslige forskningsinstitutioner finansieret via offentlige midler. Private virksomheder har primært interesse i selv at finansiere mere kortsigtede udviklingsopgaver relateret til optimering af effektiviteten af eksisterende teknologier, og det kan derfor ikke forventes, at private

virksomheder på eget initiativ bidrager til udvikling og realisering af de radikale langsigtede løsninger.

Det svenske teknologiske fremsyn er det mest omfangsrige gennemført i de nordiske lande. I forhold til miljø og bæredygtig udvikling står systemperspektivet centralt med fokus på bl.a. livscyklus og ressourceanvendelse. I Holland har teknologisk fremsyn været med til at forme politiktiltag og prioriteringer på miljøområdet. Dette har bl.a. givet sig udslag i en tættere kobling mellem tiltag på miljøområdet og tiltag relateret til teknologisk forskning og udvikling. Centralt i George Washington universitetets fremsyn er en forventning om, at mange teknologiske områder vil undergå meget betydelige forandringer de kommende år, hvilket vil få meget stor betydning for samfundsudviklingen.

I de øvrige kilder er fokus på udviklingen globalt og regionalt. Her er de teknologiske aspekter fokuseret mere på radikale teknologiske løsninger (f.eks. 'grøn industri', radikale forandringer af transportsystemer) end på forbedringer af eksisterende teknologier.

Udvalgte teknologier

Eksempler på teknologier af interesse for Danmark er udvalgt på basis af følgende kriterier:

- teknologier under udvikling
- teknologier med miljømæssige potentialer
- teknologier hvor Danmark har kompetencer og særlige muligheder

De teknologiske fremsyn har peget på fire teknologiske områder som særligt centrale for udviklingen frem til 2025: informationsteknologi, materialeteknologi, bioteknologi og energiteknologi. Hvad angår udvikling af informationsteknologi har Danmark internationalt set en beskeden rolle, hvorimod sensorteknologi er af større interesse for Danmark. Nedenstående teknologiske områder er derfor blevet mere detaljeret belyst:

- Bioteknologi forventes at få særlig stor betydning for miljø, sundhed og fødevarer. Det er et område, der er i kraftig udvikling bl.a. forventes en tættere sammenkobling af genteknologi, informationsteknologi, kemi og materialeteknologi at udgøre en fremtidig basis for teknologisk innovation indenfor mange områder. Bioteknologi og medicoindustri er centrale danske kompetenceområder.
- Energiteknologi (forbrug, produktion og distribution) vurderes i alle de inkluderede kilder til at udgøre væsentlige teknologiske udfordringer i fremtiden. De danske kompetencer omfatter bl.a. vindenergi, affaldsforbrænding, offshore.
- Materialeteknologi og materialer er af betydning for stort set alle teknologiske domæner. Specielt indenfor miljø og energi er udvikling af nye materialer af afgørende betydning for en bæredygtig udvikling.
- Sensorteknologi (f.eks. miljøovervågning, måling af vandkvalitet) er vurderet som værende af betydning i flere af de inkluderede teknologiske fremsyn. Sensorteknologi forventes at være en af Danmarks potentielle fremtidige kompetenceklynger på nationalt niveau.

Summary and conclusions

Technological development and environmental consequences - seen through technology foresights

The aim of the project is to examine and analyse environmental consequences and potentials of technological development by using the results and outcomes of existing technology foresight studies and similar sources. The project contributes to the strategic outlook on 'the green market economy' to be presented by the Danish government in November 2002. The project has been sponsored and carried out in co-operation with the Danish Environmental Agency.

The project has the following objectives:

- To prepare a conceptual framework for identifying and analysing environmentally important technologies.
- To identify existing and emerging technological domains which are expected to have a high environmental impact (positive or negative) within a time horizon of 10-15 years.
- To identify examples of environmental technology domains likely to be of strategic importance to Danish business and society.

The project consists of the following tasks:

- *Conceptual framework and technology foresight*: Categorisation of environmentally important technologies. Methodological aspects of using technology foresight to identify and examine environmentally important technologies. Desk research to identify the boundaries and categories of the technological landscape to be analysed.
- *Technology radar*: Identification and collection of information from existing technology foresight studies and other relevant 'technology-environment' sources. The sources include 'The Futures Project', 'UK Technology Foresight', 'The Dutch Technology I', 'The George Washington University Forecast of Technology & Strategy', 'OECD Environmental Outlook'.
- *Detailed study of selected technologies*: The selected technologies represent the following domains biotechnology, energy technology, material technology and sensor technology.

Four technologies are expected to be central for future development over the next decades: information technology, materials technology, biotechnology and energy technology.

Foresight results show that environmental technology is diffuse and often interdisciplinary, and it is difficult to make simple conclusions and clear-cut strategies and priorities. It is also an area that requires long time horizons to develop. Sustained government research support is crucial in areas where industry may under-invest.

1 Begrebsafklaring og kortlægning

1.1 Teknologier med miljømæssig betydning

Alle teknologier har en form for miljøbetydning. Teknologier vil på en eller anden måde indvirke på materiale- og energistrømme, affaldsformer, deponeringsforhold osv. Typisk vil en teknologi have flere forskelligartede miljømæssige indvirkninger, både positive og negative.

Ved fokusering på teknologiers miljømæssige betydning er det væsentligt at være opmærksom på, at forholdet mellem teknologi og miljø er sammenhængende med socio-økonomiske og organisatoriske forhold. Miljøbetydningen ligger ikke udelukkende i teknologien selv, i det enkelte apparat eller den enkelte teknik, snævert set. Miljøbetydningen er derimod integreret med og afhængig af forhold som anvendelsessammenhæng og anvendelsesmåder, med graden af udbredelse, og med hvilke institutioner og organisationer, der er involveret. Ligeledes er miljøbetydningen afhængig af, hvordan teknologien er integreret i produktions- og forbrugsformer i øvrigt, hvilke processer den erstatter m.v. Disse system-aspekter af en teknologi vil således ofte være mindst lige så væsentlige for miljøbetydningen, som den umiddelbare tekniske funktion.

En udbredt og normalt anerkendt klassificering af teknologi i forbindelse med miljø er en skelnen mellem: a) tilføjede teknologier (add-on teknologier, der behandler forureninger og miljøbelastninger efter de er opstået), b) integrerede teknologier (forebyggende teknologier, renere produkter og produktionsmåder), og c) systemforandringer mod bæredygtighed (Hemmelskamp 1997, Jørgensen et.al. 1996). Her har vi underopdelt hver af disse kategorier i to:

- a) Tilføjede teknologier
 - end-of-pipe teknologier (flyt miljøproblemerne langt væk, i rør, ved fortynding mv.)
 - renseteknologier (af og til kaldt 'miljøteknologier')
- b) Integrerede teknologier
 - renere teknologi, renere produktion, mindre ressourceforbrug til eksisterende processer og teknikker (optimering og justering)
 - undgå forurenende forbrug og processer (omlægning til andre produktions- og forbrugsmåder)
- c) Systemforandringer
 - bæredygtighed som grundlæggende norm (udbredt i alle interaktionsprocesser og alle dele af et system eller organisation)
 - bæredygtigt samfund

Der vil ofte være overlap mellem kategorierne. Teknologidimensionen (enkelteknologier) står mest selvstændigt frem øverst. Systemperspektivet bliver tydeligere, når man bevæger sig nedad på listen.

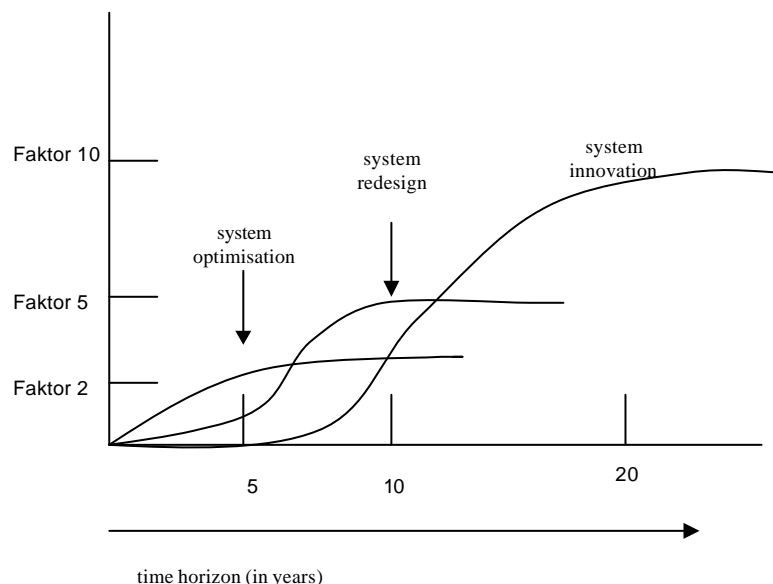
Listen kan ses som en form for rangordning af tiltag og forståelser med det bæredygtige samfund som det idealiserede mål (utopi), og end-of-pipe teknologier som de mest primitive og på længere sigt ineffektive løsninger på

miljøproblemerne. Forebyggende renere teknologi og bæredygtige systemer er ifølge denne rangordning miljømæssigt set at foretrække. Der vil dog utvivlsomt også fremover være brug for nye og forbedrede renseteknologier, da der stadig forekommer udledninger og produceres affald af miljøbelastende materialer.

Betegnelserne på listen fokuserer på de positive forbedringsmuligheder via teknologierne og er bedst egnet til at beskrive teknologier, der i forvejen på den ene eller anden måde er fokuseret på miljøforholdene. Betegnelserne er kun i mindre grad egnet til at beskrive andre teknologier eller teknologiers negative miljøbetydninger. I den henseende er klassificeringen ikke symmetrisk.

Listen kan i nogen grad også ses som en tidsmæssig udvikling, idet end-of-pipe løsninger var nogle af de tidligste tiltag, der blev gjort overfor skidt og forurening. I de senere år har de offentlige myndigheders teknologirelaterede håndtering af miljøproblemerne såvel i Danmark som i mange andre europæiske lande hovedsageligt fokuseret på renere teknologi og renere produktion samt på renseteknologier (se Schubert & Sedlack 2001, specielt om Danmark: Hansen et.al. 1999 og 2000). Der er dog en række undtagelser herfra.

Under listens pinde om at undgå forurenende forbrug mv. og om bæredygtighed som grundlæggende norm hører også teknologisystemer og innovationssystemer, hvor miljøproblemstillingerne og normen om bæredygtighed er integreret. Et aspekt af dette er erhvervs- og markedsudvikling, der afspejler miljødimensionen. Betydningen (i form af en 'faktor' for nedsættelse af miljøbelastningen) af forskellige forandringer i systemperspektiv er illustreret på Figur 1. Her skelnes mellem tre typer af systemmæssige innovationer: system optimering, system redesign og system innovation, hvor nye systemer afløser de gamle.



Figur 1. Tre typer miljøbetydende systemmæssige innovationer (Vollenbroek et al 1999).

Pointen i undersøgelsen (Vollenbroek et al 1999) er at system innovation er nødvendig, hvis man skal forbedre afgørende på miljøproblemerne (Faktor 10

anses for nødvendig). Denne og tilsvarende kategoriseringer af systemforandringer er til dels parallel til og overlappende med klassificeringen ovenfor. Den understreger tids- og procesperspektivet i forbindelse med teknologis miljøbetydning.

En teknologitype, der også kunne have en selvstændige plads i kategoriseringen af teknologier i forbindelse med miljø, er monitoreringsteknologi, altså teknikker og systemer, der kontrollerer, analyserer og beskriver forskellige miljøforhold og miljøproblemers omfang og karakter.

Teknologier til genopretning af skader fra tidligere tiders miljøødelæggelser er også en kategori, der i mange sammenhænge kan være relevant. Denne kategori benyttes f.eks. ofte i Østeuropa og de tidligere sovjetrepublikker (se f.eks. det ungarske teknologisk fremsyns projekt (Havas m.fl. 1999)), men også i Danmark og Vesteuropa kan den være relevant. Denne kategori kan ses som overlappende med renseteknologier, men med et specielt tidsperspektiv på i miljøproblemerne.

Begrebet "miljøteknologi" er også beskrevet af EU-kommission i rapporten "Miljøteknologi og bæredygtig udvikling" (KOM 2002a). Som det fremgår af nedenstående omfatter dette aspekter relateret til både teknologi, viden og organisering.

Miljøteknologi omfatter både integreret teknologi, der hindrer, at forurenende stoffer opstår i produktionsprocessen, og rensningsteknologi, der mindsker udslip til miljøet af de forurenende stoffer, der måtte opstå. Miljøteknologi kan også omfatte nye materialer, energi- og ressourceeffektive produktionsprocesser, miljøvenlig knowhow og nye arbejdsmetoder. I denne rapport ansues miljøteknologi bredt; *begrebet omfatter alle teknologier, som det er mindre belastende at benytte end relevante alternativer.*

1.2 Teknologisk fremsyn

Teknologisk fremsyn er den brede øvelse på samfundsniveau med det formål at formulere og diskutere langsigtede perspektiver og prioriteringer inden for langsigtet forskning og udvikling. Koblingen mellem nye teknologiske muligheder og generelle samfundsbehov er et centralt emne. Offentlige myndigheder er ofte drivkraften bag teknologisk fremsyn. Teknologisk fremsyn er i sine metoder ekspertorienteret, idet hovedparten af aktører, der inddrages i processerne f.eks. som respondenter på spørgeskemaer eller i ekspertpaneler og workshops, er forskellige eksperter indenfor et mere eller mindre bredt defineret teknologiområde. I det britiske nationale fremsyn (Loveridge et.al. 1995) f.eks. er 31% af de deltagere, hvis baggrund der er ført protokol over, fra industriel R&D eller research management, 26% er fra virksomhedsledelse og -strategi og andre 26% fra akademisk forskning.

Teknologisk fremsyn er som udgangspunkt baseret på to præmisser: at det er muligt at foretage teknologiske og forskningsmæssige valg, samt at der er ikke er én, men flere mulige teknologiske fremtider. Dette står i modsætning til en mere traditionel opfattelse af den teknologiske udvikling som værende lineær og determineret. Den teknologiske udvikling er kompleks, dynamisk og præget af valg, og den finder sted i et spændingsfelt mellem forskellige interessenter og videnskabelige/teknologiske rationaler.

Sagt med ord fra innovationsøkonomien har teknologisk fremsyn stor vægt på 'technology push' baseret udvikling og mindre vægt på 'demand pull'.

Teknologisk fremsynsprocesser identificerer normalt potentialer i nye teknologier og forventninger, mål og visioner i forsknings- og udviklingsmiljøer. En strukturering og afgrænsning af processerne ud fra 'demand pull', f.eks. på grundlag af et ønske om at mindske miljøproblemer, optræder kun undtagelsesvis. Samtidig kan teknologisk fremsyn ses som et udtryk for en forståelse af, at de omfattende forsknings-, teknologiudviklings- og innovationsaktiviteter, der foregår, har vigtig betydning generelt for samfundets udvikling, og dermed også for samfundets miljøbelastninger og de erhvervsmæssige potentialer.

I korthed omfatter teknologisk fremsyn følgende faser:

- 1) Fremsynsprojekter indledes ofte med en initial kortlægning og afgrænsning af det teknologiske felt. Spørgsmålet er: Hvad ligger indenfor og udenfor det, der skal analyseres. Selve afgrænsningen og beskrivelsen af analysefeltet kan ofte være vanskelig og tidskrævende.
- 2) Når det teknologiske felt er beskrevet, vil næste trin være at identificere og belyse kritiske emner og trends til den teknologiske (og samfundsmæssige, økonomiske og politiske) udvikling på feltet. Det er stort set den aktivitet, der betegnes som overvågning eller scanning. I denne fase inddrages andre tilsvarende studier, artikler, redegørelser, udredninger, trendanalyser, udsagn fra eksperter og andre interessenter. Afgrænsningen af det aktuelle emne vil typisk ændre sig igennem denne fase.
- 3) Tredje fase er en kritisk vurdering af de identificerede emner og trends samt vurdering af deres relevans, tidshorisont, indbyrdes sammenhæng, muligheder, konsekvenser, osv. Denne fase baserer sig på vurderingsmetoder som interview, spørgeskemaundersøgelser, paneldiskussioner, Delphi-studier, scenarieøvelser, osv.
- 4) Fjerde fase er en syntetisering af resultaterne af den kritiske vurdering. Dette kan bl.a. ske ved udarbejdelse af scenarier, hvor sandsynlige fremtider beskrives ved brug af forskellige betydende, men højst usikre drivkræfter.
- 5) Sidste fase omfatter formidling og implementering. Man vil ofte vælge at anvende en eller anden form for formidling af delresultater efter hver af de foregående faser med henblik på dialog om og input til den videre proces. Den afsluttende formidling kan ske igennem rapportering af og brochurer om projektets resultater samt afholdelse af seminar, konference el. lign. - tilpasset målgruppernes karakter.

Teknologisk fremsyn handler altså om at identificere og debattere teknologiske fremtider samt at identificere de udfordringer, der er forbundet med realiseringen af disse. Teknologisk fremsyn kan ikke begrænses til teknologi alene, men inddrager også samfundsmæssige udviklingstendenser i bred forstand. Diskussioner blandt politikere, myndigheder, lægfolk, eksperter m.fl. om teknologi og prioritering af teknologi afspejler et klart ønske om tilvejebringelse af samfundsmæssig robust viden. Opsummerende kan man sige, at processen og implementeringen af resultaterne i form af konkret beslutningstagen spiller en lige så stor rolle i teknologisk fremsyn som resultaterne i sig selv. Man kan sige, at teknologisk fremsyn sigter på opfyldelsen af følgende fem K'er:

- **K**oncentration om et langsigtet perspektiv – ofte 10 til 25 år
- **K**ommunikation mellem forskellige aktører fra innovationssystemet
- **K**o-ordination mellem forskellige aktører og deres fremtidige F&U-aktiviteter

- **K**onsensus om fremtidige mål og forskningsprioriteringer
- **K**ommitment blandt forskellige aktører til resultaterne og deres transformation til konkret beslutningstagen.

Videnssociologien har de seneste år fremkommet med teser om, at vidensproduktion er under forandring, og at disse forandringsprocesser har betydning for bl.a. beslutningsprocesser i forbindelse med teknologisk udvikling. De beskrevne forandringsprocesser er blandt andre den såkaldte Mode1/Mode2 diskussion (Nowotny et al 2001), den såkaldte Triple Helix model (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000) og konceptet Post-Normal Science (Funtowicz & Ravetz, 1999, De Marchi & Ravetz, 1999).

Omdrejningspunktet i Mode1/Mode 2 diskussionen er, at vidensproduktion tidligere var domineret af klassisk disciplinorienteret grundvidenskabelig forskning, men at dette er under forandring til en problemorienteret interdisciplinær vidensproduktion. Triple Helix modellen siger, at den tidligere opsplittning og adskillelse af de forskningsmæssige opgaver mellem universiteter, erhvervsliv og myndigheder er afløst af et tættere samarbejde, hvor de tre sfærer i højere grad griber ind i hinanden. Post-Normal Science konceptet er en kritisk diskussion af usikkerhed og værdimæssige konflikter af forskningens rolle i samfundet samt anvendelsen af videnskabelig rådgivning i beslutningsprocesser. Fokus ligger på såkaldt kritisk indsigt på tværs af traditionelle videnskabelige discipliner, hvor den kritiske indsigt indebærer, at beskrivelse af usikkerheder er af lige så stor betydning (måske endda af større betydning) end beskrivelse af sikker viden, og i denne kontekst er viden ikke alene traditionel videnskabelig viden, men også viden fra lægfolk og andre, f.eks. lokale beboere. Forandringsprocesserne i vidensproduktionen vil være en udfordring for myndigheder og andre aktører, idet det er et opgør med eksisterende normer og værdier. Fra politisk og industriel side formuleres et øget krav om relevans af forskning og fra offentligheden formuleres et krav om socialt robuste løsninger på teknologiske problemstillinger. Det er i dette spændingsfelt af forandringer, at beslutninger om ny teknologi og konsekvenserne af denne skal træffes.

1.3 Teknologisk fremsyn - teknologi og miljø

Brug af teknologisk fremsynsanalyser til at identificere og belyse den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser rummer nogle metodiske vanskeligheder, som er tæt knyttet til kortlægning og afgrænsning af teknologiske domæner, dvs. teknologiske systemer med miljømæssig betydning. Dette er blandt andre beskrevet af Cahil m .fl. (1999):

The technological area "Environment and Clean Technologies" is not defined by certain technological characteristics but by a problem (the necessity of environmental protection) for which solutions are provided.

Since environmental technology is so diffuse and varied, it is especially difficult to come to simple conclusions on clear-cut strategies and priorities.

Two approaches can be taken:

- *the first one understands environment and environmental protection as a separate issue that requires an own set of technologies that are added on to the protection system in order to make it more environmentally friendly*
- *the second considers environmental protection and ecological factors as an intrinsic part of production technologies throughout all economic sectors, which makes them, clean technologies*

This gives rise to a number of special problems when analysing the role of environmental and clean technologies in foresight studies. Some studies define explicitly technology areas related to environment others do not. Even if there are explicit environmental technology areas defined in a study, not all environment-related technologies are usually subsumed in these areas. Especially clean technologies can still be found in a whole range of other sectors.

Et andet kendetegn for miljøteknologi er dets polyteknologiske karakter. Miljøteknologi er i højere grad problemorienteret end teknologiorienteret. Et miljøproblem relateret til et produkt eller produktionssystem åbner ofte op for mange alternative løsningsmuligheder, der kan inddrage et eller flere generiske teknologiske domæner (f.eks. bioteknologi, informationsteknologi) eller mere radikale løsninger på systemniveau. Det er en udbredt opfattelse både hos mange analytikere og indenfor planlægnings- og policy-kredse, at det er nødvendigt med radikale innovationer for at imødegå miljøproblemerne. Det understreges dog også i analyser, at radikale innovationer er nødvendige, men ikke tilstrækkelige, som løsning på miljøproblemerne:

Industrial innovation is a necessary but not sufficient condition for sustainable development (Meyer-Krahmer 1998).

Samtidig er det kun de miljømæssigt set radikale innovationer, og ikke radikale innovationer som sådan, bredere set, der er nødvendige elementer i håndteringen af miljøproblemerne. Gradvise innovationer er baseret på eksisterende systemer, mens radikale innovationer fokuserer på nye systemer til afløsning af gamle, jvf. Figur 1 med de tre typer af innovation: system optimering, system redesign og system innovation, og deres forskellige indvirkninger på miljøet. Fokus på innovation på systemniveau gør det muligt at foretage en skelnen mellem gradvise innovationer og radikale innovationer. Oftest er det dog kun i bakspejlet, først efter forandringsprocesserne er forløbet, at en skelnen mellem radikale og ikke-radikale innovationer kan foretages nogenlunde entydigt. Teknologier er ikke radikale i sig selv. De bliver **gjort** radikale (Bijker 1995). Der fremkommer mange radikale idéer og visioner om perspektiver og muligheder i nye teknologier, men det er langt fra alle idéer, der bliver realiseret eller bliver til centrale elementer i radikale innovationer.

"[It] may be more important to categorise ... technology/systems in terms of their environmental *outcomes* rather than the *objectives* which inspired them. ... environmental performance is but one of many motives and may receive little specific consideration, compared for example to competitiveness." (Williams and Markusson 2002, original emphasis).

Omvendt er der også mange eksempler på, at radikale, nyskabende facetter bliver indarbejdet/opbygget i en teknologi langt senere i udviklingsforløbet end i de første forsknings- og udviklingsaktiviteter angående teknologien jvf. f.eks. (Bijker 1992), der viser, hvordan lysstofbelysning blev 'opfundet' i sin 'diffusionsfase' af sin udvikling (og ikke i en 'inventionsfase'). Et andet eksempel er vindmøleteknologien, som de færreste i forsknings- og teknologiudviklingsmiljø syntes var særlig radikal i 1970'erne og -80'erne (det var 'lav-tech' og forældet teknologi), men som nu anses for et meget lovende område.

Der fremkommer ofte omfattende usikkerheder og miljømæssige risici og uintenderede konsekvenser i forbindelse med skabelse af radikale innovationer og ny teknologi og viden.

Forskning og innovation er i stigende grad blevet strategiske spørgsmål. Visioner og hvorvidt en teknologi fremtræder lovende eller ej, er afgørende

for, hvordan udviklingsaktiviteterne foregår, hvilke mål der forfølges, og hvor mange ressourcer, det lykkes at indskrive i udviklingsaktiviteterne. Dette gælder både på makro-, meso- og mikroniveau, altså både mht. samfundets samlede innovationssystemer, indenfor specifikke sektorer og teknologiområder og inden for enkeltstående forsknings- eller ingeniørmæssige udviklingsprojekter (van Lente 1993, van Lente & Rip 1998, Borup 2001, Kap. 7).

Dette understreger for det første, at innovation og teknologiudvikling ikke fremkommer af sig selv, men sker i komplicerede processer med medvirken af en lang række forskellige aktører. Teknologiudvikling er ikke autonomt forløbende processer uden for samfundet og dets økonomi og institutioner. Det tekniske og det sociale/økonomiske er dybt integrerede og sammenvævede i hinanden (Hughes 1983) og kan ikke betragtes adskilt uden benyttelse af overdrevne simplificeringer og kraftige, selektive forvrængninger af virkeligheden. De interesser og virkelighedsforståelser, der er repræsenteret i udviklingsprocesserne og deres indbyrdes styrkeforhold afspejles i den teknologi og viden, der udvikles. Anerkendelsen af disse forhold er bl.a. fremkommet via de seneste 10-20 års socialvidenskabelige studier af teknologi- og vidensdynamikker.

Betragtet samlet og generelt kan de nationale innovations- og forskningssystemer ikke ses som en væsentlig drivkraft for en miljøvenlig teknologiudvikling. Tværtimod er de en væsentlig årsag til en stor del af de miljøproblemerne, vi står overfor i dag. Dels for så vidt at miljøproblemerne er dannet i forbindelse med industrialiseringen over de sidste ca. 200 år, og den innovations-orientering, der er gået hånd i hånd hermed (Smith 2002):

...most if not all of the environmental problems facing the world ultimately derive from the long-run processes of technological change that began with the first industrial revolution. (Smith 2002)

Dels for så vidt, at der både indenfor industriel udvikling og forskning og inden for offentlige universiteter og forskningsinstitutioner er andre diskurser, målsætninger, og lokal-kulturelle normer, der er mere fremtrædende end miljødis-kursen:

Industrial innovation is conducive to sustainable development only to a limited extent. Under the present economic conditions innovation is primarily seen to be an engine of growth and productivity. In this context, industrial innovation is mostly short-term oriented. Therefore, severe contradictions between innovation and sustainable development exist. ...we resume that the present practice of industrial innovation still stands in significant contradiction to sustainable development. (Meyer-Krahmer 1998)

Heller ikke de offentlige forskningssystemer, universiteter og forskningsverdenen generelt har hidtil været drivkraft for en bæredygtig udvikling. Universiteterne og de ingeniørmæssige forskningsinstitutioner har været relativt langsomme til at inddrage miljøforhold i deres aktiviteter. I mange andre af samfundets institutioner og i den offentlige debat blev der tidligere arbejdet med miljøet, miljøproblemerne og økologiske perspektiver i større omfang end der gjorde i forskningsverdenen. (Her tænkes der primært på 1960'erne, 70'erne og 80'erne). Videnskaberne og universiteterne har været struktureret af opdelingen i de traditionelle fagdiscipliner og har ikke levnet plads til, at miljøproblemerne som samfundet og verden stod overfor, kunne inddrages i større omfang. Kun 2 procent af de offentlige R&D budgetter i OECD lande bliver ifølge (Stevens 2000) brugt til miljøfokuseret forskning:

...given the pressing nature of many ecological concerns, government expenditures on research that could be environmentally beneficial seem to be very low by most measures and may thus warrant review. (Stevens 2000, p. 36)

Fra flere sider, bl.a. i forbindelse med FN's UNIDO program, hvis ord vi bruger her, er det blevet påpeget, at der er brug for opbygningen af 'a science and technology culture that respects sustainable development'.

Der findes dog væsentlige undtagelser fra disse overordnede og generelle træk. I de senere år er der i Danmark såvel som i andre lande fremkommet virksomheder, der specialiserer sig i produkter indenfor miljøteknologier (renseteknologier, kontrolteknologier mv.), miljøviden og miljømæssige serviceydelser. En miljøbranche er således fremkommet, selv om det er et åbent spørgsmål, hvor veletableret og stabiliseret, den er. På energiområdet har miljøaspekterne en væsentlig indflydelse på teknologiudviklingsaktiviteterne, uden dog at være dominerende. Samtidig er der på en række forskningsinstitutioner og universiteter dannet grupper, institutter mv. der arbejder med miljøforhold. Det har dog indtil nu været undtagelsen og ikke reglen, at miljødimensionen har spillet en større rolle i offentlig såvel som privat forskning og udvikling, og først i de senere år er bæredygtighedsperspektivet begyndt på enkelte institutioner at blive tydeligt afspejlet i normsættet for forskning- og udviklingsaktiviteter.

Sammenholdt med den komplicerede, sammensatte og usikre karakter af teknologiudvikling i spændingsfeltet mellem forskellige interessenter og videnskabelige/teknologiske rationaler, som beskrevet ovenfor, er der stærke argumenter der taler for en flersidig strategi for miljøorienteret og bæredygtig teknologiudvikling, frem for en ensidig satsning på forskningsdrevet udvikling.

Dannelse af såvel signifikante miljøforbedringer på systemniveau som realistiske grønne erhvervmæssige styrkeområder vil i de fleste tilfælde kræve en kombination af virkemidler og en integration af indsatser af et bredspektret sæt af forskelligartede aktører. Størsteparten af de vestlige landes nationale indsatser for teknologirelaterede miljøforbedringer har da også som nævnt hidtil primært gået i andre retninger end via det traditionelle innovationssystem.

Belysning af den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser via eksisterende teknologiske fremsyn bliver nødt til som minimum at operere på to dimensioner:

1. Generiske teknologiske domæner, som forventes at få betydende miljømæssig virkning (f.eks. bioteknologi, energiteknologi, informationsteknologi, materialeteknologi).
2. Miljø som omdrejningspunkt. Dette kan opdeles i to underkategorier, hvor de:
 - Miljø som nøglepunkt/overskrift
 - mindskning af givne miljøproblemer
 - bæredygtige teknologsystemer som mål
 - teknologi fremkommet i økologiske grupper/subkulturer eller innovationsmiljøer (herunder 'alternativ teknologi')
 - Miljø som enkelt-feature eller bivirkning (såvel positiv som negativ)
 - miljølovende teknologier fra 'ikke-miljø' forsknings- og innovationsområder
 - drivkraft teknologier for samfundsudviklingen
 - følgevirkninger af andre meget udbredte nye teknologier
 - ulykker og risici-teknologier

Også i denne kategorisering er det tydeligt, at de systemmæssige og institutionelle forhold spiller en central rolle. Hvilke innovationssystemer, forskningsområder samt policy og reguleringssystemer, der er forbundet til de enkelte punkter, er dog ikke afklaret.

2 Radarundersøgelse - teknologisk fremsyn

2.1 The Futures Project

'The Futures Project' blev sat i gang medio 1998 med henblik på at undersøge teknologiske, økonomiske og sociale muligheder og faktorer af betydning for udviklingen i Europa (IPTTS 2000). 'The Futures Project' er struktureret i 12 delprojekter, og et af disse er en teknologisk kortlægning ('technology map') (Cahil et al 1999) omfattende en analyse og gennemgang af eksisterende nationale fremsynsprojekter med det formål at identificere betydende teknologier under udvikling og teknologiske gennembrud ('emerging technologies') samt markedsmæssige potentialer for Europa. Den teknologiske kortlægning er struktureret i 6 sektorer, som igen er opdelt i udviklingstendenser, Tabel 1.

Tabel 1. Sektorer og udviklingstendenser - 'The Futures Project. Technology Map' (Cahil et al 1999).

SEKTOR	UDVIKLINGSTENDENS
Information and Communication Technologies	Ubiquitous computing Knowledge management
Life Sciences	Biotechnology in the health care sector: - health care systems; ICT; therapies; diagnosis Biotechnology in the agro-food sector: - food safety assurance; agricultural protection; agriculture and fisheries; recombinant DNA technologies; nutrition; value-added product development
Energy	Nuclear energy Fossil fuel clean technologies Renewable energy technologies Energy transport and storage Rational use of energy
Environmental and Clean Technologies	Recycling Separation New energy sources Solar cells Energy saving Global management of environment Clean production
Materials and Related Technologies	Biological materials and processes Organic and polymer materials Ceramic materials and processing Metallic and intermetallic compounds Semiconductor and electronic materials
Transport	In-vehicle telematics Propulsion systems

Nedenstående nationale fremsyn (se Tabel 2) er inddraget i den teknologiske kortlægning under 'The Futures Project. Technology Map'. Det skal bemærkes, at den metodemæssige fremgangsmåde er forskellig i de enkelte fremsyn, og at resultaterne af gennemgangen derfor er af indikativ karakter.

Tabel 2. Nationale fremsyn i 'The Futures Project. Technology Map' (Cahil et al 1999).

REFERENCE	LAND
ITA, Institute of Technology Assessment of the Austrian Academy of Science, Delphi Report Austria (three volumes), Vienna, 1998.	Østrig
OST, Office of Science and Technology, Technology Foresight, Progress through Partnership, HMSO, London, 1995.	England
Fraunhofer Institute and BMBF, Delphi '98 - Studie zur Globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik, Karlsruhe, 1998.	Tyskland
STA, Science and Technology Agency, The Sixth Technology Forecast Survey, Future Technology in Japan - commissioned by NISTEP, National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo, 1997.	Japan
OPTI, Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial, Primer Informe de Prospectiva Tecnológica Industrial - Futuro Tecnológico en el Horizonte del 2015, 1999.	
George Washington University, Department of Management Science, Delphi Forecast of Emerging Technologies, Washington, 1996.	USA
Ministry of Economics, Finance and Industry, Les technologies clés pour l'industrie française à l'horizon 2000, Paris 1995.	Frankrig
RAND, New Forces at Work: US National Critical Technologies Review Group, Rand Corporation, Santa Monica CA, 1998.	USA
Fondazione-Rosselli, Le priorità nazionali della ricerca industriale, Primo rapporto, Franco Angeli, Milano 1998.	Italien
Ministry of Research, Science and Technology, Blueprint for Change, Wellington, New Zealand, 1998.	New Zealand
Australian Science, Technology and Engineering Council, Developing long-term strategies for science and technology in Australia, 1996.	Australien
RAND Europe and Coopers & Lybrand (1998): Technology Radar (4 volumes) - study commissioned by Ministry of Economic Affairs.	Holland

Som nævnt i afsnit 1.3 er det teknologiske domæne 'Miljøteknologi og renere teknologi' ikke veldefineret, og dertil kommer, at domæner som energi, materialer, transport, landbrug osv. også har stor miljømæssig betydning. I det følgende opsummeres derfor alene ikke hovedkonklusionerne fra domænet 'Miljø og renere teknologi' men også de øvrige domæner i studiet - dog med hovedvægt på teknologier med miljømæssig betydning.

2.1.1 Miljøteknologi og renere teknologi

I følge 'The Futures Project. Technology Map' kan miljøteknologi og renere teknologi betragtes som et udtryk for en mere problem- og systemorienteret tilgang til analyse og udvikling af produktionssystemer. I tilknytning til f.eks. renere teknologi benyttes ofte helhedsorienterede metoder som f.eks. livscyklusvurdering til at analysere af energi og miljømæssige aspekter af et produkt gennem hele dets livscyklus.

På basis af gennemgangen af de nationale fremsyn identificerer 'The Futures Project. Technology Map' fem hovedlinier eller strategier indenfor hvilke renere teknologi kan bidrage til realisering af integreret miljøbeskyttelse:

- Nye teknikker/teknologier: Denne strategi omfatter 'hard-core' produktionsteknologier som alternativer til opløsningsmidler (f.eks. pulverteknologi til maling), katalyse, renere forbrændingsprocesser m.m.
- Dematerialisering og forbedret energi effektivitet: Forbedret effektivitet er hovedsageligt relateret til tre områder: a) person- og godstransport, b) bygninger med lavt energiforbrug, c) energibesparelser i basis industrier

som produktion af jern og aluminium. Derudover omtales muligheder som høj effektiv omdannelse af elektricitet til lys, brug af varmekaskader mellem virksomheder m.m. Informationsteknologi, 'det papirløse kontor', hjemmearbejdspladser, videokonferencer m.m. ses som muligheder til at dematerialisere og reducere ressourceforbruget.

- Vedvarende råvareressourcer og naturlige materialer: Her fokuseres på at begrænse forbruget af toksiske stoffer samt øge forbruget af vedvarende ressourcer. Dette kan f.eks. være brug af biopolymerer, anvendelse af biologisk nedbrydelig plast, anvendelse af naturlige fibre og farvestoffer, brug af detergenter og emulgatorer baseret på olie og stivelse fra planter.
- Grøn teknologi, produkter og serviceydelser: Dette område relaterer sig til begreberne 'eco-design' og 'eco-efficiency', som begge i højere grad kan betegnes som koncepter/metoder end teknologier. 'Eco-design' omfatter bl.a. forebyggelse af forurening, miljømæssigt design, genanvendelse, øget levetid af produkter.
- Netværk og nye samarbejdsformer: Det er en overordnet konklusion i 'The Futures Project. Technology Map', at en succesfuld udnyttelse af de teknologiske udviklingsmuligheder kun kan realiseres, hvis teknologisk udvikling integreres med udvikling af socio-økonomiske og organisatoriske forhold. I relation til renere teknologi omfatter tiltag af denne karakter etablering af netværk og nye samarbejdsformer lokalt og regionalt, f.eks. regionale centre for bæredygtig udvikling til støtte for små og mellemstore virksomheder eller øget samarbejde og synergi mellem lokale virksomheder i forbindelse med affaldshåndtering, genanvendelse m.m.

Hvis 'renere teknologi' betragtes som i modellen skitseret på Figur 1, viser gennemgangen af de nationale fremsyn, at emner relateret til system optimering og system redesign er klart dominerende, mens de mere radikale innovationer, f.eks. dematerialisering, ikke er fremtrædende.

Set i et tidsmæssigt perspektiv står genanvendelse centralt både miljømæssigt og økonomisk for en tidshorisont frem til ca. 2010, og det forventes, at Europa kan gøre sig gældende på dette område, hvis der afsættes ressourcer til at udvikle området. På længere sigt, dvs. perioden 2015-2020, forventes 'Global management of the environment' (f.eks. begrænsning af udbredelse af ørken) at få betydning.

Endelig fremføres i 'The Futures Project. Technology Map' det synspunkt, at realisering af radikale og bæredygtige innovationer kræver en målrettet langsigtet forskning og udvikling på statslige forskningsinstitutioner finansieret via offentlige midler. Private virksomheder har primært interesse i selv at finansiere mere kortsigtede udviklingsopgaver relateret til optimering af effektiviteten af de eksisterende teknologiske regimer, og det kan derfor ikke forventes, at private virksomheder på eget initiativ bidrager til udvikling og realisering af de radikale innovationer.

2.1.2 Bioteknologi

Moderne bioteknologi kan blive en af de mest betydende og afgørende teknologier i dette århundrede specielt i forbindelse med sundhed, fødevarerproduktion og miljøbeskyttelse. I landbrugssektoren forventes de fremtidige udviklingstendenser hovedsageligt at foregå indenfor tre hovedområder: 1) udvælgelse baseret på genetiske markører for planteproduktion og kvægbrug, 2) genetisk modificerede planter med øget næringsværdi og stress/sygdomsresistens, 3) transgene dyr med øget

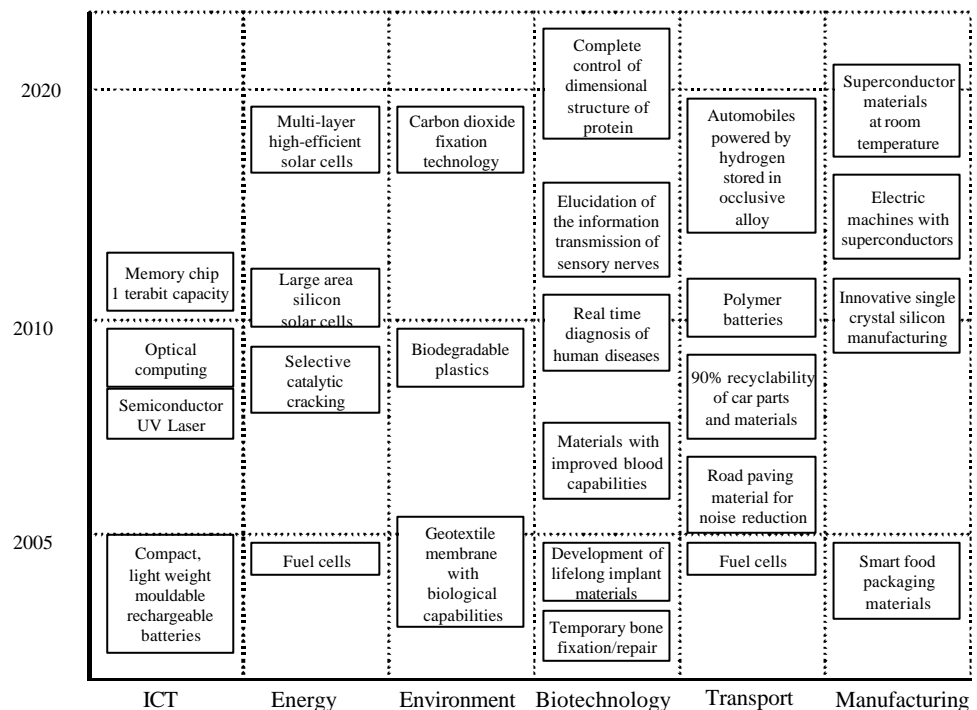
sygdomsresistens og øget udbytte. Derudover kan bioteknologi få betydning for områder relateret til produktion af fødevarer, f.eks. forbedringer af fermenteringsteknologi og biokatalyse samt øget produktion af fisk, skaldyr m.m. ved anvendelse af akvakultur.

Moderne bioteknologi kan få stor betydning for udvikling af konceptet 'Planten som fabrik'. 'Planten som fabrik' er en ide, hvor målet er enten at opnå en mere fuldstændig udnyttelse af de mange komponenter, som planter er i stand til at producere, eller at benytte planter til at producere højværdiprodukter, som hidtil er fremstillet af andre organismer eller ved kemisk syntese.

2.1.3 Materialeteknologi

Materialer og materialeteknologi er af betydning for stort set alle teknologiske domæner, se Figur 2. Specielt indenfor miljø og energi er udvikling af nye materialer af afgørende betydning for en bæredygtig udvikling.

Udvikling af nye materialer er karakteriseret ved forholdsvis høje omkostninger og lange tidshorisonter, hvorfor industrien kan være tilbageholdende med alene at varetage denne form for forskning og udvikling. Materialeteknologi er derfor et teknologisk domæne, hvor der er brug for langsigtede strategier baseret på offentlige midler.



Figur 2. "Emerging technologies", baseret på den udvikling af materialer, der forudses at finde sted de næste 10 - 20 år. (Cahil et al 1999).

2.1.4 Transport

Transportsektoren står overfor en periode med mange vanskelige omstruktureringer primært grundet transportsektorens store miljømæssige betydning. Indenfor en tidshorizont på 10-15 år vil de mest betydende teknologiske felter være: a) drivmidler, b) udvikling af 'intelligente'

transportsystemer, c) udvikling af avancerede materialer, d) produktion af befordringsmidler, se Tabel 3.

Tabel 3. Relevante teknologier for transportsektoren og deres betydende drivfaktorer ((Cahil et al 1999).

PROPULSION SYSTEMS	
Technologies	Main technology drivers
<ul style="list-style-type: none"> - Internal combustion engines, running on gasoline /diesel or burning alternative fuels such as natural gas, methanol or biofuels. - Electric propulsion systems, including the technology to provide on-board electricity, either by fuel cells, electro-chemical battery, flywheels, or ultracapacitors. <p>In complement to these propulsion systems, other critical technologies are related with exhaust and inlet systems, design for recycling, maintenance, fuel production, energy storage and refuelling.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Need to contribute to improve air quality in urban areas. Vehicle pollutant emissions (so far CO, NO_x, hydrocarbons and particulate matter) should comply with future more stringent exhaust emissions to regulations. - Requirements on greenhouse gas emissions, in particular vehicle CO₂ emission, should be reduced to contribute to meet international agreements for which transport will be bounded through mandatory or voluntary measures. - Energy security concern, transport ever taking a higher share of the total energy demand and representing a major concern for Europe over the long term. - Other factors driving propulsion technologies are noise abatement, reduction of acid deposition, recycling, cost reduction and public acceptance.
IN-VEHICLE TELEMATICS	
Technologies	Main technology drivers
<ul style="list-style-type: none"> - In-Vehicle information, including dynamic route planning and multi-modal information. - Anti-collision devices. - Navigation systems. - Combined emissions and engine management. - Automatic vehicle location. - Smart on-board card. 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimise use of vehicle and infrastructure. - Reduce traffic congestion in urban areas. - Minimise rate of accidents and related losses. - Management of transport demand.
ADVANCES MATERIALS	
Technologies	Main technology drivers
<ul style="list-style-type: none"> - Metals, mainly steel, aluminium, magnesium and copper. - Plastics, thermoplastics, elastomers. - Composites. 	<ul style="list-style-type: none"> - Need of lighter materials to reduce vehicle energy consumption and emissions. - Improve vehicle body strength. - Ease vehicles recycling. - Allow production flexibility.
VEHICLE MANUFACTURING	
Technologies	Main technology drivers
<ul style="list-style-type: none"> - Vehicle design, including rapid modelling, prototyping, knowledge-based techniques, virtual reality, design for recycling, platform strategies. - Production process, comprising virtual manufacturing, lean production, automation, tooling, maintenance. - Resources management and organisation. - Logistics supplier chain structure, operations integration, marketing strategies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Competition, globalisation, emerging markets, trend on mergers and acquisitions. - Flexibility, increasing pressure from customers. - Improve quality. - Lower costs. - Tighter environmental requirements.

2.1.5 Energiteknologi

Energi produceres i dag primært på basis af ikke-genanvendelige ressourcer. Vedvarende energikilder (f.eks. vind, sol, vand) er i vækst, men deres markedsmæssig udbredelse vil afhænge af vilkår for teknologisk innovation, politiske beslutninger om anvendelse osv. Der er på samfundsmæssigt niveau en øget opmærksomhed på de miljømæssige aspekter (bl.a. formuleret i Kyoto protokollen) af energiproduktion (f.eks. CO₂ emissioner klimaændringer, sur regn m.v.). For at nå målsætningen formuleret i Kyoto protokollen er det nødvendigt at ændre på energisystemerne, dvs. sammensætning af energiteknologier og forhold af betydning for energimarkedet, f.eks. lovgivning, regulering.

Kul, olie og naturgas forventes fortsat at være væsentlige energiressourcer. De teknologiske udfordringer i forhold til anvendelse af disse energiressourcer ligger primært i at forbedre effektiviteten og begrænse emissionerne samt at udnytte ressourcerne på flere forskellige måder (f.eks. fluidised-bed forbrænding, forgasning af kul). Med hensyn til de vedvarende energiteknologier (geotermisk, vind, sol, biomasse, bølgeenergi) er det væsentligt, at disse kan integreres i de energisystemer, der allerede eksisterer, eller de der er under udvikling. Brintteknologi vil være af betydning for gennembrud for flere af de vedvarende energiteknologier, specielt brændselsceller. Endelig gøres opmærksom på, at et mere effektivt, rationelt og begrænset forbrug af energi også er en udfordring for fremtidig anvendelse af energi.

2.1.6 Kommentarer til 'The Futures Project. Technology Map'

'The Futures Project. Technology Map' er en central reference for nærværende studie, idet den omfatter en gennemgang og bearbejdning af eksisterende teknologiske fremsyn. Endvidere omfatter 'The Futures Project. Technology Map' en vurdering de markedsmæssige styrkepositioner på globalt niveau ved brug af et 'importance index', hvor Europa vurderes i forhold til USA og Japan. 'Importance index' er en skala fra 1 til 100 opdelt i 6 niveauer (very weak, weak, weak/moderate, moderate/strong, strong, very strong). For hvert af de identificerede emner er vurderet en værdi med reference til 'importance index'. Bilag A indeholder en oversigt over de teknologier og teknologiske forhold som for Europa er blevet vurderet til 'moderate/strong, strong, very strong', som kan bidrage til at identificere de områder, der kan få særlig betydning for Danmark.

2.2 United Kingdom Technology Foresight

Det engelske teknologiske fremsyn blev gennemført i 1994-1995 (Loveridge et al 1995). Formålet med det engelske fremsyn var:

- to access the business and science and technology communities' views on future developments in markets and technologies
- to assist in achievement of commitment to results and consensus on developments
- to inform the wider business and science and technology communities about the major issues being addressed in the Technology Foresight Programme and how their peers assess those issues

Fremsynsanalysen væsentligste element var en Delphi-undersøgelse omfattende 1207 emner/spørgsmål fordelt på 15 domæner:

- Agriculture, Natural Resources and Environment
- Chemicals
- Communications
- Construction
- Defence and Aerospace
- Energy
- Financial Services
- Food and Drink
- Health and Lifesciences
- Information Technology and Electronics
- Learning and Leisure
- Manufacturing, Production and Business Processes
- Materials
- Retail and Distribution
- Transport

Fremsynsanalysen indeholder en opsummering af betydende teknologier under udvikling ('emergent technologies'). Tabel 4 indeholder en liste over betydende teknologier under udvikling udvalgt efter en forventet miljømæssige betydning.

Tabel 4. Emergent Themes (*Loveridge et al 1995*).

Themes	Technologies
Catalysis	<ul style="list-style-type: none"> - Novel catalytic systems for removal of SO_x/NO_x. - The promotion of the development of internal combustion engines that are more efficient and that have lower emissions than present catalytic converter equipped vehicles.
Smart systems Smart materials	<ul style="list-style-type: none"> - Techniques to create "intelligent" buildings with improved energy performance, but also with many other functions involving entry and exit of people, information and materials for buildings. - Materials to create "intelligent" buildings with improved energy performance and structural monitoring/security.
Sectors relating to materials	<ul style="list-style-type: none"> - Miniaturisation to molecular level. - Low density materials for use in vehicles of all kinds. - Materials designed according to biomimetic principles. - Optical materials for optical signal processing and to construct optical computing elements. - Materials for construction of (a) roads such as that construction and maintenance times are shorter and (b) use in "intelligent" buildings, particularly the building fabric.
Infrastructure and Networks	<ul style="list-style-type: none"> - Totally integrated transport system. - Continuing trend toward lighter and more efficient vehicles using lower density materials.
The Home	<ul style="list-style-type: none"> - Many intelligent domestic appliances to improve safety and minimise energy or fuel use based on fault tolerant software or firmware.
Sectors relating to environment	<ul style="list-style-type: none"> - Genetically engineered plants to control or reverse soil contamination. - Micro-biologically active geotextile systems to control leachates from landfill sites. - Biotechnological membranes for waste separation. - Use of mathematical modelling and simulation to develop ways of minimising waste and emissions from industrial facilities. - Further development of modelling and simulation to improve weather forecasting industrial and agricultural purposes and deeper understanding of the possibilities of long term climate change and its causes. - Development of low emissions engines for vehicles of all kinds, but especially aircraft and motor vehicles. - Evolution of the recyclable motor car. - Evolution of recyclable building materials.

Themes	Technologies
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - Biosensors for monitoring many different phenomena. - Management of the soil structure, including nutrients, leaching, erosion and other characteristics using on-line systems that incorporate suggestions for remedial actions, through the use of an 'expert system'.

2.2.1 Kommentarer til det engelske teknologiske fremsyn

Den engelske fremsynsanalyse indeholder for hvert domæne en top-10 liste (se bilag B) omfattende de emner/spørgsmål, som er blevet vurderet som mest betydningsfulde indenfor det pågældende domæne. I dette projekt har vi foretaget en kategorisering af disse 150 top-10 emner/spørgsmål (Tabel 5), som er foretaget med udgangspunkt i klassificeringen i afsnit 1.1 (for yderligere detaljer henvises til bilag B).

Tabel 5. Kategorisering af top-10 emner/spørgsmål.

BETYDNING	KATEGORI	ANTAL
forventet positiv miljømæssig betydning	EOP	0
	RENSE	2
	RENERE	31
	OMLÆG	10
	SYSTEM	4
	SAMF	2
	MON	1
forventet negativ miljømæssig betydning		2
miljømæssig betydning uklar		20
miljømæssig betydning ikke antydet/angivet		78
TOTAL		150
EOP: <u>End-of-pipe</u> teknologier (flyt miljøproblemerne langt væk) RENSE: <u>Renseteknologier</u> (af og til kaldt 'miljøteknologier') RENERE: <u>Renere</u> teknologi, renere produktion, mindre ressourceforbrug til eksisterende processer og teknikker (optimering og justering) OMLÆG: Undgå forurenende forbrug og processer (<u>omlægning</u> til andre produktions- og forbrugsmåder) SYSTEM: Bæredygtighed som grundlæggende norm (udbredt i alle interaktionsprocesser og alle dele af et <u>system</u> eller organisation) SAMF: Bæredygtigt <u>samfund</u> MON: <u>Monitering</u>		

'Forventet positiv miljømæssig betydning' omfatter 50 emner/spørgsmål. Af disse kan 43 klassificeres som system optimering eller system redesign (se Figur 1). Dette understøtter konklusionen fra 'The Futures Project. Technology Map', at emner relateret til system optimering og system redesign er dominerende i nationale fremsynsanalyser, mens de mere radikale innovationer kun i meget begrænset omfang har været inddraget. Endvidere kan det konstateres, at for hovedparten af top-10 emnerne, dvs. 98 emner/spørgsmål, er den miljømæssige betydning enten uklar eller ikke antydet/angivet. Forklaringen på dette kan være, at det engelske fremsyn i sit udgangspunkt ikke var fokuseret på at belyse fremtidige miljømæssige spørgsmål og udfordringer.

2.3 Technology Radar (Holland)

Den hollandske analyse kan karakteriseres som en teknologisk radarundersøgelse eller teknologisk overvågning. Analysen er baseret på eksisterende fremsynsanalyser og anden litteratur samt diskussion/interview

med forskellige aktører og interessenter. Formålet med den hollandske radar var (RAND Europe 1998):

- to identify fields that are likely to be of strategic importance to Dutch business and industry within the next ten years
- to investigate whether sufficient knowledge buildup is taken place in the fields of strategic importance.

Den hollandske radar er kendetegnet ved en tæt kobling mellem teknologiske domæner (Tabel 6) og 22 mulige anvendelsesområder for hollandsk erhvervsliv og industri:

(Agriculture & fishing; Mineral exploration, production & processing; Food & consumables; Textiles, clothing & leather; Timber, pulp & paper; Printing & publishing; Chemicals & polymers; Pharmaceuticals; Basic materials; Electrical & electronic components; Instruments & optics; Metal products & other manufacturing products; Machinery & transport equipment; Utilities; Building & construction; Trade & retail; Leisure & entertainment; Transportation services; Information & telecom services, software; Financial services; Environmental services; Other services).

Tabel 6. Teknologiske domæner - Holland (RAND Europe 1998).

TECHNOLOGY CLUSTER	TECHNOLOGY FIELD
Process technology	Reactor engineering Catalysis Process development Separation technologies Physical transport phenomena
Biotechnology	Breeding of plants and animals Gene technology Metabolic pathway engineering Bioprocess technology Pharmaceutical development
Materials technology	Development & production of metals Development & production of ceramics Development & production of classical materials Development & production of polymers Development & production of composites Development & production of functional materials Joining technologies Surface treatments Surface chemistry and physics
Discrete production technology	Machining technologies Deformation technologies Production automation technologies Nanofabrication technologies Microfabrication technologies
Plastic molding technology	Rheology Colloid chemistry Molecular physics
Energy technology	Energy conversion to electricity Energy conversion to heat Energy saving technologies Renewable energy technologies
Opto- & microelectronics	Microelectronic components Microelectronic components: sensors and actuators Technologies for embedded software Microelectronic systems development Mechatronics Measurement and process control

TECHNOLOGY CLUSTER	TECHNOLOGY FIELD
Information & communication technology	Computer & network systems Data & knowledge systems Software engineering Technologies for interactive & multimedia applications Algorithms and fundamental research
Civil engineering technology	Fluid mechanics and dynamics Geotechnology Technology for improved buildings Technologies for new types of infrastructure

Følgende 15 teknologiske felter (fra Tabel 6) blev vurderet af særlig strategisk betydning for hollandsk industri og erhvervsliv:

- Bioprocess technology
- Catalysis
- Data & knowledge systems
- Development & production of composites
- Development & production of polymers
- Energy saving technologies
- Gene technology
- Measurement and process control
- Mechatronics
- Microelectronic components: sensors and actuators
- Production automation technologies
- Separation technologies
- Software engineering
- Surface treatments
- Technologies for interactive & multimedia applications

Den hollandske radar indeholder en gennemgang af 8 fremsynsanalyser fra andre lande, og denne gennemgang udgør en del af baggrundsmaterialet for udvælgelse af de ovennævnte 15 strategiske teknologiske felter. Fra denne gennemgang er udvalgt de teknologiske felter, som forventes at have miljømæssig betydning (se bilag C), det skal dog bemærkes, at miljøbetydende teknologiske felter uden direkte interesse for Danmark ikke er medtaget, f.eks. nuklear energi.

2.3.1 Kommentarer til den hollandske radarundersøgelse

Da miljøperspektivet ikke er en særskilt dimension i den hollandske radarundersøgelse, er det vanskeligt at uddybe forventningerne specifikt mht. miljøbetydende teknologier yderligere. Men det fremgår, at indenfor energiteknologi-området bliver energibesparelses teknologier vurderet af størst økonomisk værdi og størst konkurrencemæssig fordel for hollandsk erhvervsliv. Indenfor procesteknologi vurderes separationsteknologier (forureningskontrol, genopretningsteknologier og helhedsorienterede genanvendelsessystemer) at have størst økonomisk værdi og størst konkurrencemæssig fordel for Holland. På sidstnævnte punkt er den endda klart større end de andre procesteknologier. Bioprocess teknologi, herunder biosensorer til miljømonitorering vurderes også at have en væsentlig økonomisk værdi og konkurrencemæssig fordel for Holland. (RAND Europe 1998, s.57-61).

2.4 Teknologisk framsyn för Sverige

Under overskriften 'udvikling, holdninger og forandringsvillighed' gennemførtes det nationale fremsyn i Sverige (Sveriges Industriförbund 2000):

Teknisk Framsyn är ett nationellt projekt som har pågått 1998-2001 och har engagerat många aktörer i Kunskapssverige för att diskutera bästa sättet att främja samspillet mellan tekniska, ekonomiska, institutionella och sociala processer på lång sikt. Projektet har genomförts av Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK), Stiftelsen för Strategisk Forskning (SSF) och Sveriges Industriförbund och genomförs i nära samarbete med regeringen, företag, myndigheter och andra intressenter. Inom Teknisk Framsyn har 130 akademiker, företagare, forskare och andra identifierat Sveriges svagheter och styrkor inom åtta olika teknikområden. Blicken är riktad mot år 2020. Teknisk Framsyn talar om vad som *kan* komma att hända. Ambitionen är att planera för framtiden.

Det svenske fremsyn bestod af 8 ekspertpaneler:

1. Hälsa, medicin och vård (biovetenskaper, bioteknik, medicinsk teknik, omvårdnad)
2. Biologiska naturresurser (skogs- och jordbruk, vattenbruk, livsmedel, massa och papper, trävaror, råvara för bioenergi)
3. Samhällets infrastruktur (hus, anläggningar, stadsbyggnad, transportsystem, logistik, distribution, regional utveckling)
4. Produktionssystem (verkstadsteknik, industriella tillverkningsystem och farkosteknik)
5. Informations- och kommunikationssystem (hård- och mjukvaruutveckling, tele- och radiokommunikation, datanät, databaser)
6. Material och materialflöden i samhället (funktionella material, konstruktionsmaterial, utvinning och processteknik, återanvändningsprocesser, kemiteknik)
7. Tjänster (media, fritid, handel, försäkring och finansverksamhet)
8. Utbildning och lärande

Spørgsmål vedrørende miljø og bæredygtighed står centralt og herunder nævnes livscyklusperspektivet og effektiv ressourceanvendelse (f.eks. recycling, genanvendelse, fornybare råvarer) som problemstillinger og drivkrafter, der ventes at få øget betydning. Panel 6 formulerer bl.a.:

På 20 års sikt står industrisamhället inför en omställning som till viss del redan påbörjats i Sverige - från produktfokuseringens 'slit och släng' till användarfokusering med krav på kretsloppsanpassning och resurseffektivitet. Det innebär att produkters måluppfyllelse står i fokus, och detta gäller i hög grad material för produkter som blir allt mer kvalificerade och funktionsanpassade.

Panel 2 formulerer en vision for år 2020: En kundskabsekspllosion, som resulterer i en 'biologisk revolution':

Kundskabsexpllosionen inom mikrobiologi, bioteknik och genteknik, 'Den biologiska revolutionen', har givit möjligheter att styra och skräddarsy växter till önskade egenskaper, och utveckla livsmedel till enskilda människors behov. Dette har givit en bas för miljövänlig och resurssnål produktion av råvaror till livsmedel och andra produkter och av innovativa nya produkter.

Panel 2 (og også panel 5) er af den opfattelse, at en tættere sammenkobling af genteknologi, informationsteknologi, kemi og materialeteknologi vil udgøre en basis for teknologisk innovation indenfor mange domæner (fødevarer, drivmidler, bekæmpelsesmidler, computerteknologi, sensorer, materialer, kompositter, nanoteknologi m.m.).

Det svenske fremsyn (panel 3) peger ligeledes på infrastruktur, transportsystemer og befordringsteknologi som vigtige områder med stor miljømæssig betydning. Fremtidige emner forventes at blive: 'intelligente' transportsystemer, nye drivmidler & -systemer, øget effektivitet af person- og godstransport, øget kapacitet af offentlig transportsystemer m.m.

Også materialeteknologi står centralt (panel 6). Teknologier nævnt i denne sammenhæng er vidensintensive produkter, funktionelle/smarte materialer, materialer i et livscyklusperspektiv, biomimetiske materialer (dvs. materialer som efterligner naturens opbygning eller funktion, f.eks. kunstige muskler), kombination af fysiske, kemiske, mekaniske og biologiske egenskaber. Sensorteknologi er et område af betydning for udvikling af nye materialer.

2.4.1 Kommentarer til det svenske teknologiske fremsyn

Det svenske teknologiske fremsyn er det mest omfangsrige fremsyn gennemført i de nordiske lande. Som andre teknologiske fremsyn er det præget af som udgangspunkt at være et teknologisk fremsyn, men hvor flere af de inddragede eksperter i højere grad har fokuseret på samfundsmæssige udviklingstendenser. I forhold til miljø og bæredygtig udvikling står systemperspektivet centralt med fokus på bl.a. livscyklus og ressourceanvendelse. Hvad angår danske forhold er der selvfølgelig områder, der er af minimal betydning (f.eks. papirindustri, vandkraft). Afsluttende skal det nævnes, at det svenske fremsyn bl.a. resulterede i, at et detaljeret fremsyn indenfor energi blev sat i gang i 2002 med et samlet budget på 11,2 mio. SEK.

2.5 The George Washington University Forecast of Technology & Strategy

The George Washington University i Washington foretager løbende studier med henblik på at identificere betydende teknologier under udvikling samt det forventede tidspunkt for det teknologiske gennembrud (GW forecast 2002). Metodemæssigt er studierne baseret på en kontinuert scanning af litteratur og medier samt interview med relevante aktører for at klarlægge betydende udviklingstendenser. Dette suppleres regelmæssigt med Delphi undersøgelser med deltagelse af ca. 65 internationale eksperter.

Delphi undersøgelsen fra 1996 omfattede 85 betydende teknologier under udvikling. Det forventes, at næsten alle teknologiske domæner vil undergå meget betydende forandringer (teknologisk revolution), og at disse forandringsprocesser også vil få stor betydning for den samfundsmæssige udvikling (Halal et al 1997).

Tabel 7. Emerging technologies & estimates of most likely years (Halal et al 1997 (year I), GW forecast 2002, (year II)).

Domain	Emerging technology	year I	year II
Energy	<u>Alternative energy sources</u> : A significant portion (10%) of energy usage is derived from alternative energy sources, such as geothermal, hydroelectric, solar/photoelectric.	2010	
	<u>Energy efficiency</u> improves by 50% through innovations in transportation, industrial processing, environmental control etc.	2016	2021
	<u>Fuel cells</u> converting fuels to electricity are commonly used (30%).	2017	2019
	<u>Organic energy sources</u> : Biological materials, such as crops, trees, and other forms of organic matter, are used as significant (10%) energy sources.	2011	

Domain	Emerging technology	year I	year II
	<u>Fission power</u> : Fission nuclear power is used for 50% of electricity generation.	2020	2046
	<u>Hydrogen energy</u> : Hydrogen becomes routinely used in energy systems.	2020	
	<u>Fusion power</u> : Fusion nuclear power is used commercially for electricity production.	2026	2046
	Renewable energy		2018
Environment	<u>CFCs are replaced</u> : The majority of CFCs are replaced by materials that do not damage the ozone layer.	2006	
	<u>Household waste</u> : One-half of the waste from households in developed countries are recycled.	2008	2013
	<u>"Green manufacturing"</u> : Most manufacturers adopt "green" methods that minimise environmental pollution.	2010	2016
	<u>Recycled goods</u> : The majority of manufactured goods use recycled materials.	2016	
	<u>Fossil fuels produce less greenhouse gas</u> : Improvements in fossil fuel energy efficiency and greater use of alternative energy source reduce "greenhouse" gas emissions by one-half from current volumes.	2016	2028
	<u>Industrial ecology</u> : The majority of manufacturing facilities use industrial ecology to reduce waste pollution.	2006	2038
	Recycle household waste		2013
	Ecosystem design		2039
	Green taxes		2015
	Desalinated sea water		2027
Farming & Food	<u>Genetically produced food</u> : Genetic engineering techniques are routinely used to produce new strains of plants and animals.	2008	2008
	<u>Farm chemicals drop</u> : The use of chemical fertilisers and pesticides declines by half.	2012	
	<u>Alternative/organic farming</u> : The majority of farming in industrialised countries incorporates alternative/organic farming techniques into traditional methods.	2015	2014
	<u>Aquaculture</u> : Seafood grown using aquaculture provides the majority of seafood consumed.	2014	2018
	<u>Farm automation</u> : Automation of farming methods, using technology such as robotics, is common (over 30%).	2020	
	<u>Precision farming</u> : Computerised control of irrigation, seeding, fertiliser, pesticides etc., is common (over 30%).	2015	2023
	<u>Urban greenhouses</u> : Urban production of fruits and vegetables using greenhouses and/or other intensive production systems is common (over 30%).	2020	
	<u>Hydroponic produce</u> : Produce grown using hydroponic methods is common (over 30%).	2015	
	<u>Artificial foods</u> : Artificial meats, vegetables, bread etc. are commonly (over 30%) consumed.	2022	2055
	Therapeutic food		2021
Materials	<u>Ceramic engines</u> are mass-produced for commercial vehicles.	2014	2021
	<u>Half of all autos are recyclable</u> : Recyclable plastic composites are used in making half of all automobiles.	2013	2017
	<u>Superconducting materials</u> are commonly used (over 30%) for transmitting electricity in electronic devices, such as energy, medical and communications applications.	2015	2025
	<u>Materials composites</u> replace the majority of traditional metals in production designs.	2016	2016

Domain	Emerging technology	year I	year II
	<u>"Buckyballs"</u> : The form of carbon known as "Buckyballs" is instrumental in developing new materials.	2011	2014
	<u>Self-assembling materials</u> are routinely used commercially.	2027	
	<u>"Intelligent materials"</u> : Smart materials are routinely used in homes, offices, and vehicles.	2026	2019
	Nanotechnology		2039
Transportation	<u>High speed trains</u> (rail or maglev) are available between most major cities in developed countries.	2017	
	<u>Hybrid vehicles</u> that combine electric and internal combustion engines are commercially available.	2006	2013
	<u>Electric cars</u> Battery powered electric cars are commonly (30%) available.	2006	
	<u>Fuel-cell cars</u> : Electric cars powered by fuel cells are commonly (30%) available.	2016	2012
	<u>Hypersonic planes</u> : Aircraft travelling at more than five times the speed of sound are used for the majority of transoceanic flights.	2025	2030
	<u>Intelligent transportation</u> systems are commonly (30%) used to reduce highway congestion.	2016	2016
	<u>Personal rapid transit</u> : Car-like capsules on guide rails or other personal rapid transit systems are installed in most metropolitan areas.	2024	
	<u>Clustered communities</u> : Clustered, self-contained communities in urban areas reduce the need for local transportation.	2023	
	Maglev trains		2032
	Automated highways		2021

2.5.1 Kommentarer til GW forecast

Analysen fokuserer på betydende teknologier under udvikling og teknologiske gennembrud indenfor områderne energi, miljø, fødevarer, materialer og transport. Centralt i GW forecast er en forventning om, at alle områderne vil undergå meget betydelige forandringer de kommende år, hvilket vil få meget stor betydning for samfundsudviklingen.

2.6 Opsummering - teknologisk fremsyn

Radarundersøgelsen af teknologiske fremsyn har omfattet to nationale fremsyn (England og Sverige), to undersøgelser baseret på bearbejdning og fortolkning af eksisterende studier (The Futures Project og hollandsk radarundersøgelse) samt GW forecast med fokus på betydende teknologier under udvikling og teknologiske gennembrud.

Som nævnt i afsnit 1.3 er der metodiske vanskeligheder ved at anvende teknologisk fremsyn til at identificere og belyse den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser. Resultatet af radarundersøgelsen har klart afspejlet disse metodiske vanskeligheder, idet der er identificeret en lang række teknologier og teknologiske domæner, som med stor sandsynlighed vil have positiv eller negativ betydning for miljøet. Det er således vanskeligt at drage meget klare og præcise konklusioner. Dog skal det bemærkes, at resultaterne fra de forskellige fremsynsanalyser i stor udstrækning er overensstemmende.

I Holland har teknologisk fremsyn været med til at forme politiktiltag og prioriteringer på miljøområdet (Meulen 1999). Dette har bl.a. givet sig udslag i en tættere kobling mellem tiltag på miljøområdet og tiltag relateret til teknologisk forskning og udvikling. Fremsynsanalyserne har bidraget til formulering af langsigtede miljømæssige målsætninger, som igen har haft indflydelse på strategier for videnskabelig og teknologisk forskning.

3 Radarundersøgelse - andre kilder

Radarundersøgelser er normalt ikke alene begrænset til teknologiske fremsynsanalyser. Det anbefales at inddrage andre kilder, således at problemstillingen bliver belyst fra flere vinkler og udgangspunkter. I dette afsnit præsenteres studier gennemført af såvel internationale (OECD og EU), som nationale organisationer (DMU, Erhvervsfremme Styrelsen og Teknologirådet).

3.1 Environmental Outlook (OECD)

Rapporten 'OECD Environmental Outlook' (OECD 2001) blev udarbejdet som beslutningsstøtte i forbindelse med OECD's strategiske miljømæssige planlægning for perioden frem til 2020. Analysen fokuserer på udviklingstendenser samt drivende faktorer af betydning for ændringer i miljøets tilstand. Metodemæssigt er OECD analysen gennemført ved at koble en generel makroøkonomisk model udviklet af OECD med en model for sammenhængen mellem miljøpåvirkninger og -effekter.

Hovedkonklusionen er, at befolkningstilvækst, økonomisk vækst og globalisering også fremover vil have et betydeligt miljøtryk med mindre der iværksættes stærke regulerende tiltag for at beskytte økosystemet og de vitale ydelser, som er afhængig af et fungerende økosystem.

De væsentligste resultater er opsummeret ved hjælp af trafiklys:

- The '**green** light' signals pressures on the environment or environmental issues for which recent trends have been positive and are expected to continue in the future, or for which the recent trends have not been so positive, but are expected to improve.
- The '**yellow** light' signals areas of uncertainty or potential problems. These relates primarily to environmental pressures and environmental issues for which current understanding is inadequate.'
- The '**red** light' signals pressure or environmental conditions for which the recent trends have been negative and are expected to continue, or for which the recent trends have been stable but are expected to worsen in the future. The 'red lights' need to be urgently addressed by OECD countries.

OECD Environmental Outlook' indeholder i alt 72 trafiklys struktureret i 5 domæner. Tabel 8 indeholder en optælling af grønne, gule og røde trafiklys fordelt på de 5 domæner. Som det fremgår af Tabel 8 er hovedparten af de mest kritiske trafiklys koncentreret omkring energi og ressourceanvendelse. Tabel 9 indeholder en oversigt over de miljømæssigt mest betydende trafiklys. En samlet oversigt over alle grønne, gule og røde trafiklys findes i bilag D.

Tabel 8. Trafiklys fordelt på domæner.

Domæne	Grøn	Gul	Rød
Economic, social and technological drivers of environmental change	2	6	3
Primary sectors and natural resources	7	5	9
Energy, climate change, transport and air quality	3	3	10
Households, selected industries and waste	5	6	4
Selected cross-cutting issues	2	6	1
TOTAL	19	26	27

Tabel 9. Væsentligste resultater - OECD Outlook (OECD 2001).

	Grøn	Gul	Rød
MILJØ-PÅVIRKNINGER	<ul style="list-style-type: none"> - Industriel punktkildeforurening - Visse luftforurenende stoffer (bly, CFC, CO, SO_x) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vandforbrug - Giftige udledninger fra industrien - Produktion af farligt affald - Energiproduktion og -forbrug 	<ul style="list-style-type: none"> - Landbrugsforurening - Overfiskeri - Udledning af drivhusgasser - Luftforurening fra biler og fly - Kommunal affaldsproduktion
MILJØETS TILSTAND	<ul style="list-style-type: none"> - Skovdækning i OECD-regionen 	<ul style="list-style-type: none"> - Overfladevandkvalitet - Skovkvalitet i OECD-regionen - Ozonlagets tykkelse 	<ul style="list-style-type: none"> - Biodiversitet - Tropisk skovdækning - Fiskebestande - Grundvandskvalitet - Luftkvalitet i byerne - Klimaændringer - Kemikalier i miljøet
TILTAG	<ul style="list-style-type: none"> - 'Grøn' handel - 'Grønt' landbrug - Områdebeskyttelse - Ressourceeffektivitet - Energieffektivitet 	<ul style="list-style-type: none"> - Bioteknologi - Skovplantning - Akvakultur - Energi og transport teknologier - Affaldshåndtering 	

3.2 Eco-design & Eco-industries

3.2.1 Eco-design

Eco-design er et begreb med reference til en systematisk kortlægning af miljømæssige betydende faktorer i design og udvikling af produkter. Eco-design er tæt knyttet til og tillægges en væsentlige rolle i forhold til realisering af politikken 'integrated product policy (IPP)'. Eco-design ikke er relateret til et bestemt teknologisk domæne, men et princip som kan indgå ved design og udvikling af en lang række forskellige teknologier og produkter. Metodologierne relateret til eco-design omfatter bl.a. LCA (livscyklusanalyse), POEM (product-oriented environmental management) samt teknikker til øget genanvendelse og genindvinding. I følge OECD (1998) er LCA i sin holistiske tilgang en af de bedste metodologier til at integrere miljødimensionen i teknologisk udvikling.

Danmark var et af de første lande i verden med forsknings- og udviklingsprojekter indenfor eco-design, og Danmark kan sammen med Tyskland, Holland, Østrig og Sverige betragtes som foregangslande, hvad angår metodeudvikling, udbredelse og uddannelse indenfor området eco-design. Dog skal det nævnes, at det primært er de større virksomheder og forskningsinstitutioner, som har været med i udviklingen, mens eco-design ikke i særligt stort omfang har været benyttet af små og mellemstore virksomheder. Væsentlige faktorer for virksomhedernes motivation for at anvende eco-design er: a) profilering som miljøvenlig virksomhed, b) forbrugerkrav, c) positionering af virksomheden i forhold til forventede fremtidige vilkår for produktion (Takker et al 2000).

Eco-design er et forholdsvis nyt og derfor også diffust begreb, hvor yderligere forskning og udvikling er nødvendigt. En fremtidig udvikling og udbredelse vil i stor udstrækning være afhængig af statslige initiativer og allokering af ressourcer til forskning, udvikling og undervisning indenfor såvel metoder og metodeudvikling samt implementering i praksis (Takker et al 2000).

I følge OECD (1998) er der tre hoveddrivkræfter for udvikling af renere teknolog, specielt i forhold til bioteknologi:

- economic competitiveness, with companies considering the advantage of clean products and processes in terms of market niches or cost advantages
- government policies, which enforce or encourage changes in manufacturing practices
- public pressure, which takes on strategic importance as companies seek to establish environmental legitimacy.

3.2.2 Eco-industries

Eco-industries kan defineres på følgende måde:

activities which produce goods and services to measure, prevent, limit, minimise or correct environmental damage to water, air and soil, as well as problems related to waste, noise and eco-systems. This includes cleaner technologies, products and services that reduce environmental risk and minimise pollution and resource use. (ECOTEC 2002a).

Eco-industries omfatter på det europæiske marked to hovedgrupper (ECOTEC 2002a):

- Kontrol og bekæmpelse af forurening: luftforurening, vandrensning, affaldshåndtering, jordrensning, støj, måling & monitorering, forskning & udvikling, administration, miljøstyring.
- Forvaltning af ressourcer: vandforsyning, genanvendelse, naturbeskyttelse.

Omsætningen indenfor disse to hovedgrupper beløb sig i 1999 i EU til i alt 183 billion EUR (2,3% af GDP), heraf 69% til 'kontrol og bekæmpelse af forurening' og 31% til 'forvaltning af ressourcer'. Danmarks andel af omsætningen var 6,63 billion EUR. Betragtes omsætning i forhold til indbyggertal lå Danmark på en førsteplads i EU - knebet foran Østrig.

I et globalt markedsmæssigt perspektiv står EU overordnet betragtet stærkt indenfor sektoren eco-industries. Danmarks rolle kan beskrives som følger :

Denmark is a strong exporter particular in the water and waste sectors, although a small number of companies account for the majority of exports. Two-thirds of exports of water-related products stayed within Europe, most going to the Nordic countries, Germany and the UK. The rest of Europe and the CEEs are also important customers. In the waste sector the largest exports are of thermal waste treatment technologies, exported mainly to the Asian market and to the Nordic countries, the UK and Germany. (ECOTEC 2002a).

På verdensmarkedet er EU størst, hvad angår implementering af vindenergi (ca. 75% af den samlede installerede kapacitet på verdensplan), (ECOTEC 2002a). I EU er danske virksomheder førende med en samlet forventet andel af verdensmarkedet de næste år på ca. 40-50%. I 1998 udgjorde vindenergi 25% af Danmarks eksport indenfor energisektoren. Hovedaftagerne for danske vindmøller er Tyskland, Spanien og USA. De seneste installationer af off-shore vindmølleparker vil bidrage til at fastholde Danmarks position på markedet. (ECOTEC 2002b).

3.3 Natur og miljø 2001 (DMU)

De miljømæssigt set mest betydningsfulde sektorer i Danmark er landbrug, energi og transport, som tilsammen bidrager med 80% af det danske CO₂-udslip (DMU 2001).

- Fremskrivning af landbrugsudviklingen frem til 2010 viser, at det konventionelle landbrugsareal falder med over 20%. Antallet af malkekøer og kvæg forventes at falde med næsten 2% pr. år, mens produktionen af slagtesvin forventes at stige med 1,5% pr. år. Der forventes en stigning i de ekstensivt dyrkede arealer, i skovarealet og arealet af vådområder. Disse forhold kan betyde fremgang for naturen. Kvælstofforbruget forventes at falde, og der forventes ligeledes et fald i udvaskning af kvælstof og udslip af drivhusgasser (CO₂ og metan) og ammoniak til atmosfæren.
- Forventningerne til energiforbruget for de næste 10 år er at det holdes i ro for alle sektorer bortset fra transport og handel & service. Der forventes fortsat forbedringer af forsyningssektorens effektivitet og en fortsættelse af udviklingen med øget forbrug af olie og naturgas på bekostning af kul. Der forventes en fortsat stigning i andelen af vedvarende energi herunder især vindmøller. For perioden efter 2005 er der formuleret et dansk pejlemærke på en halvering af CO₂-udslippet fra 1990 til 2030. Det vil kræve vidtrækkende indgreb både i form af besparelser i forbruget, fremme af vedvarende energi og renere brændsler for at nærme sig dette pejlemærke.
- Væksten i vejtrafikken har hidtil været ca. 3,5% pr. år. Den forventes over de næste 10 år at være ca. 1,6% i gennemsnit, hvilket kan betyde, at der sker en reel afkobling mellem den økonomiske vækst og trafikken. Hovedårsagen til denne forventning er stigning i prisen på benzin. Det danske pejlemærke for 2030 for transportens bidrag til CO₂-udslippet er en 25% reduktion i forhold til 1988. Det vil kræve vidtrækkende indgreb herunder ændringer i transportens omfang og teknologi at nærme sig dette mål.

I industrien har der været en kraftig vækst, men CO₂-udledningen fra industrien har næsten konstant være på 12-15% af Danmarks samlede udledning, og denne udvikling forventes at fortsætte de næste 10 år. Reduktion af miljøpåvirkninger fra industrien forsøges i stigende omfang gennemført ved fremme af produktion af renere produkter, tilskyndelse til udarbejdelse af grønne regnskaber og anvendelse af miljøstyring og miljøledelse i virksomhederne. Det forventes at miljøcertificering og andre 'grønne' tiltag i fremtiden kan blive en konkurrencefordel for de danske virksomheder (DMU 2001).

I Danmark er det samlede forbrug af kemiske stoffer og produkter til industrielle formål ca. 8 mio. tons pr. år. I Danmark har der været særligt fokus på de svært nedbrydelige stoffer, som kan transporteres over lange afstande. Denne globale spredning er en af de nyere problemstillinger knyttet til det stigende kemikalieforbrug (DMU 2001).

3.4 Erhvervsudsigten (Erhvervsfremme Styrelsen)

Vilkårene for erhvervsudvikling generelt i Danmark vil også være af betydning for miljøet og for udvikling af miljøbetydende teknologier.

Erhvervsfremme Styrelsen (2000) har forsøgt at skabe et overblik over de vigtigste tendenser, som de næste 10 år forventes at påvirke vilkårene for dansk erhvervsliv omfattende 7 makrotrends med hver 3-4 mikrotrends, se Tabel 10. Det skal understreges, at det ikke har været Erhvervsfremme Styrelsens intention at tegne et komplet og sammenhængende billede af fremtiden. Ønsket har været at komme med klare, om end simplificerede, bud på hvilke tendenser virksomhedernes beslutningstagere bør være opmærksomme på.

Tabel 10. Makro- og mikrotrends (Erhvervsfremme Styrelsen 2000)

Makrotrends	Mikrotrends
Forbrug og følelse - nye forbrugstrends	Livsstilsbetinget forbrug Politisk forbrug Produktion og forbrug i og uden for hjemmet
Sundhed i centrum - fokus på bioteknologi	Biotech revolutionere sundhedsområdet Biotech og fødevarerområdet ved en korsvej Mere effektiv sundhedspleje og øget omsorg
Informationsteknologiens æra	IT indgår i stadig flere produkter og processer Internettet som dominerende markedsplads Det mobile samfund
Det globale erhvervsliv	Globale investeringer og ejerstruktur Ubegrænset handel inden for nye serviceområder Regionale handelsblokke får stor betydning Nye integrationsmønstre i Europa Norden som nærmarked Østeuropas comeback
Viden - det vigtigste råstof	Videnmedarbejdere kommer i centrum Fornyelse gennem forskning Øget fleksibilitet på arbejdsmarkedet
Den vidensbaserede organisation	Netværks- og projektorganisering Integrerede informationsnetværk
Statens nye grænser	Mere magt til internationale organer Liberalisering og udlicitering af offentlig virksomhed Tættere samarbejde mellem offentlig og privat sektor Kamp om det bedste erhvervsklima

3.5 Borgernes Idékatalog (Teknologirådet)

I teknologiske fremsyn anbefales det ofte også at inddrage synspunkter og holdninger fra lægfolk. I denne rapport tilgodeses dette ved at præsentere hovedresultaterne fra borgerhøringer om bæredygtig udvikling gennemført af Teknologirådet. Sigtet med borgerhøringerne var at inddrage borgerne i debatten samt at give inspiration til udarbejdelse af nationale strategier for bæredygtig udvikling, og i denne sammenhæng blev der afholdt borgerhøringer i Herning, Odense og Glostrup (Teknologirådet 2002). Temaet for borgerhøringerne var 'Hvilke udfordringer står vi overfor de næste 15-20 år for at sikre en bæredygtig udvikling i Danmark'. På baggrund af borgernes uredigerede svar er der udarbejdet et idékatalog, hvor bidragene er fordelt under i alt 10 temaer, og som led i høringen blev borgerne bedt om at prioritere de 10 temaer, se Tabel 11.

Tabel 11. Temaer efter prioritering (Teknologirådet 2002) .

Tema	Udfordringer
Viden og oplysning - konsekvenser og ansvar	Fleere må tage ansvar; Personligt ansvar; In at være miljøbevidst; Uafhængig information; Opdragelse, undervisning, dialog; Økonomiske incitamenter; Stor udfordring - svær at imødekomme ?
Affald og produkters livscyklus	Undgå ressourcspild; Overflødig emballage; Producenterne har et ansvar; Hvad med at fremme leasing; Bonusordninger og mærkning.
Mennesket i centrum	Livskvalitet og social velfærd; Fokus på det at være menneske; Velfærd uden at skade miljøet; Teknologi som løsning; Livskvalitet indbefatter sundhed.

Tema	Udfordringer
Transport i konflikt med miljø og ressourcer	Stigende transportbehov; Bedre kollektiv transport; Alternativ transport og energi; Økonomi påvirker adfærd; Brug fornuften.
Det globale perspektiv	Vi er en del af en større sammenhæng; Konkurrence på lige fod; I-landenes ansvar.
Økologi og fødevarer	Nul kemi, kvalitet og økologi; Borgerne har selv et ansvar - hvis de har et valg; Hjælp til forbrugerne; Oplys de små forbrugere; Væk med prisforskel; Landbruget har et ansvar.
Kemikaliefri produkter og valgmuligheder	Begræns brug af kemikalier; Deklarer kemiindholdet; Fortæl produktets historie; Krav om producentansvar; Miljømærker kan hjælpe forbrugeren; Det skal være økonomisk attraktivt; Forskning i renere produkter.
Udnyt energien bedre	Borgere ønsker vedvarende energi; Undgå klimaforandringer; Undersøg muligheder for at bruge vedvarende energikilder; Ændrede vaner og regler.
Sikring af ressourcer, grundvand til drikkevand	Balance mellem forbrug og ressourcer; Uholdbart ressourceforbrug; Vand er forudsætning for alt liv; Landbruget som en del af løsningen.
By og bolig	Grønne områder og bæredygtige boliger og byplanlægning; Borgerne vil udvikle byerne.

3.6 Opsummering - andre kilder

Denne del af radarundersøgelsen fokuserer i langt højere grad på globale og regionale udviklingstendenser og drivkræfter end på teknologi. Endvidere er de teknologiske aspekter fokuseret mere på radikale teknologiske løsninger på systemniveau (f.eks. Eco-design, 'grøn industri', radikale forandringer af transportsystemer) end på forbedringer af eksisterende teknologier.

4 Udvalgte teknologiske domæner

Dette kapitel indeholder uddybende beskrivelser af teknologier med særlig potentiale eller konsekvenser for miljøet, og hvor det danske samfund skønnes at have særlige muligheder. Af tidsmæssige årsager er de uddybende beskrivelser begrænset til 4 domæner, og det skal kraftigt understreges, at der indenfor hvert domæne er tale om enkelte udvalgte eksempler på teknologiske udviklingsmuligheder af interesse for Danmark og ikke en dækkende beskrivelse af danske potentialer indenfor de 4 domæner. De primære kilder i beskrivelserne af de enkelte domæner er strategiplaner med relation til forskning samt specialiserede studier med fokus på udviklingstendenser og teknologiske muligheder indenfor de enkelte domæner.

4.1 Udvalgte teknologiske domæner

Eksempler på teknologiske domæner af interesse for Danmark er udvalgt på basis af følgende relevanskriterier, som alle skal være opfyldt:

- teknologier under udvikling
- teknologier med miljømæssige potentialer
- teknologier hvor Danmark har kompetencer og særlige muligheder

Radarusundersøgelsen har identificeret en lang række af, udviklingstendenser, drivkræfter, teknologier og teknologiske domæner, som forventes at få stor miljømæssig betydning i fremtiden, se kapitel 2 og kapitel 3. Danske kompetencer og potentialer kan belyses med udgangspunkt i Erhvervsfremme Styrelsens analyse af danske kompetenceklynger (Erhvervsfremme Styrelsen 2001). Rapporten præsenterer 29 kompetenceklynger i dansk erhvervsliv med dominans af vidensbaserede og udviklingsorienterede virksomheder, se Tabel 12. I rapporten er kompetenceklynger defineret på følgende måde:

En gruppe af virksomheder, som via deres indbyrdes relationer skaber fælles kompetencer, der gør dem i stand til at producere med relativt høje præstationer i form af indtjening, indkomst og beskæftigelse.

Tabel 12. Identificerede danske kompetenceklynger (Erhvervsfremme Styrelsen 2001).

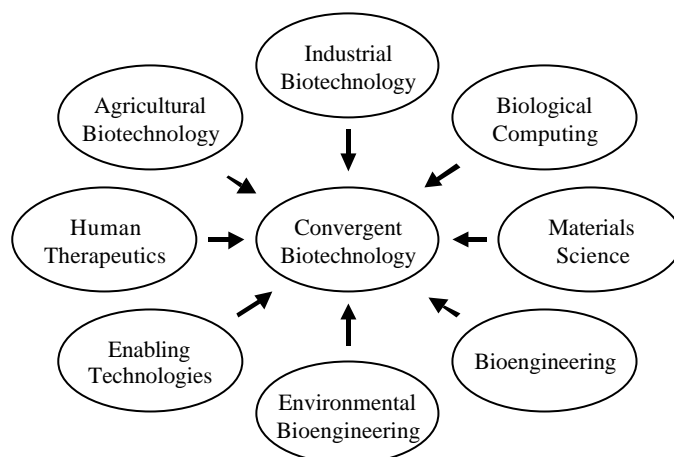
	Nationale	Regionale
Eksisterende	Det blå Danmark Vind Høreapparater Tekniske hjælpemidler for handicappede Effekt elektronik Frøavl Pels Vand Køle-/varmeteknologi Svinekød Mejeriprodukter	Mobil- og satellitkomm. i Nordjylland Erhvervsturisme i hovedstadsregionen Rustfrit stål i Trekantområdet Erhvervsgartnerne på Fyn Medicoindustri i Øresundsregionen Tekstil/beklædning i Herning & Ikast Offshore industri i Esbjerg Møbelindustri i Salling-området Transport i Østjylland
Potentielle	Bioinformatik Sensorteologi Økologiske fødevarer Affaldshåndtering Børns Leg og læring	Film og TV i Storkøbenhavn Øresund Food Network PR/kommunikation i Storkøbenhavn Pervasive Computing i Storkbh. og Århus

Coates et al. (1997) har udpeget fire teknologiske områder som særligt centrale for udviklingen frem til 2025: information technology, materials technology, genetics, energy technology. Set med danske øjne kan det være mere relevant at betragte bioteknologi i et bredere perspektiv end alene at fokusere på genteknologi. Hvad angår udvikling af informationsteknologi har Danmark internationalt set en beskeden rolle, hvorimod sensorteknologi er af større interesse for Danmark. Nedenstående teknologiske domæner er derfor udvalgt, der alle opfylder de opstillede relevanskriterier.

- Bioteknologi (afsnit 4.2): Bioteknologi forventes at få særlig stor betydning for miljø, sundhed og fødevarer. Det er et område, der er i kraftig udvikling bl.a. forventes en tættere sammenkobling af genteknologi, informationsteknologi, kemi og materialeteknologi at udgøre en fremtidig basis for teknologisk innovation indenfor mange domæner. Bioteknologi og medicoindustri er centrale danske kompetenceområder.
- Energiteknologi (afsnit 4.3): Energiforbrug, -produktion og -systemer vurderes i alle de inkluderede kilder til at udgøre væsentlige teknologiske udfordringer i fremtiden. De danske kompetencer omfatter bl.a. vindenergi, affaldsforbrænding, offshore.
- Materialeteknologi (afsnit 4.4): Samtlige teknologiske fremsyn inddraget i dette projekt konkluderer, at materialer og materialeteknologi er af betydning for stort set alle teknologiske domæner. Specielt indenfor miljø og energi er udvikling af nye materialer af afgørende betydning for en bæredygtig udvikling.
- Sensorteknologi (afsnit 4.5): Emner relateret til sensorteknologi (f.eks. monitorering, måling) er identificeret som værende af betydning i flere af de inkluderede teknologiske fremsyn. Sensorteknologi forventes at være en af Danmarks potentielle fremtidige kompetenceklynger på nationalt niveau.

4.2 Bioteknologi

Moderne bioteknologi omfatter bl.a. bioteknologi anvendt på sundhedspleje, landbrug, fødevarer, industrielle produkter (f.eks. biomaterialer), energi og miljøbeskyttelse. Bioteknologisk udvikling foregår i tæt samspil med andre teknologier, se Figur 3. Der forventes en synergieffekt via interaktion med andre forskningsområder og dette forventes at ske indenfor områder såsom biosensorer, 'imaging' og visualiseringsteknologier, enzymer til renere produktionsprocesser, nanoteknologi, informationsteknologi samt biokompatible materialer.



Figur 3. Market sectors and technology convergence within the biotechnology industry (Sager 2001).

Biovidenskab og bioteknologi opfattes generelt som den næste bølge af vidensbaserede økonomier, der, i kølvandet på informationsteknologien, vil skabe nye økonomiske og samfundsmæssige muligheder både i offentligt og privat regi (KOM 2002b). Udviklingen indenfor bio- og sundhedsteknologi er præget af stor dynamik med høj kompleksitet og mange interesser, der trækker udviklingen i forskellige retninger. Det skal dog bemærkes, at den moderne bioteknologi er så forholdsvis ung, at der sjældent er klarhed over, hvilke anvendelser der evt. vil kunne realiseres på baggrund af forskning eller anden vidensproduktion på området. På trods heraf er der stor interesse for at investere i udviklingen indenfor bioteknologi og medicinalindustri. Således er branchen placeret blandt de fem mest attraktive brancher på venture-kapital markedet.

Medicinalindustrien i Storkøbenhavn er formentlig den stærkeste regional baserede kompetenceklynge i Danmark og styrkes yderligere af nærheden af videnmiljøet i Skåne. Samlet set har Øresundsregionen en stærk position på det europæiske marked. Medicoklyngen er videnintensiv og har generelt et højt uddannelsesniveau (Erhvervsfremme Styrelsen 2001). Det europæiske bioteknologimarked forventes i år 2005 at repræsentere en værdi på over 100 mia. EUR. (KOM 2002b).

Vidensbaserede økonomier hviler på frembringelse, udbredelse og anvendelse af ny viden. Offentlige forskningslaboratorier og højere uddannelsesinstitutioner udgør vidensbasens centrum, der også indgår i samspil med virksomhedsbaseret og anden privat forskning. Investering i forskning og udvikling, alment og erhvervsrettet uddannelse og nye ledelsesstrategier er derfor af største betydning for at kunne tackle biovidenskabens og bioteknologiens udfordringer (KOM 2002b).

Danmark har siden 1987 gennem BIOTEK-programmerne anvendt ca. 1 mia. kr. til bioteknologisk forskning. Denne programsatsning udløb reelt i 1999, men der er sikret en fortsættelse af BIOTEK. Den bioteknologiske industri i Danmark har haft succes igennem flere årtier, og der er for et land af Danmarks størrelse et stort antal store danske virksomheder. En væsentlig del af væksten har fundet sted indenfor enzym-, fødevaringrediens-, bryggeri- og medicinområdet. Indenfor planteteknologien har den megen debat om GMO'er skabt en del usikkerhed om fremtiden for denne industri og kun et

mindre antal danske virksomheder er aktive på området. Dette skal også ses i lyset af en koncentration af den planteteknologiske industri på et lille antal meget store internationale aktører. I den agrokemiske sektor, som også spiller en central rolle indenfor det planteteknologiske område, har mindre end 10 internationale virksomheder kontrol med fire femtedele af verdensmarkedet.

Biologiske videnskaber bidrager væsentligt til følgende områder: a) bæredygtig udvikling (industri & landbrug); b) fødevarerområdet herunder mad til den 3. verden; c) menneskets sundhed; d) energi; e) biomaterialer (Cahil et al 1999). Genteknologien har en helt central placering i forhold til mange af disse punkter, men der er også fokus på andre biologiske teknologier og kombinationer af disse som f.eks. anvendelse af konventionelle metoder, hvor man udnytter en molekylær indsigt. Der er også fokus på udnyttelse af genetiske ressourcer til at imødegå svindet i konventionelle ressourcer og på forskning indenfor økologiske principper, som forventes at spille en øget rolle i det industrielle landbrug. På energiområdet beskrives forskellige initiativer i forhold til biobrændsel - herunder brændsel fra restmaterialer.

I følge OECD (1998) indeholder bioteknologisk forskning og industri et stort potentiale for udvikling af renere teknologier indenfor følgende områder:

- Kemikalier: bulk kemikalier, specialiserede kemikalier, enzymer, katalysatorer, raffinerede olie- og kulprodukter, plastik, farmaceutiske produkter og plantebeskyttelsesmidler
- Papir: blegemidler, biopulping (fremstilling af papirmasse vha. lignin-nedbrydende mikroorganismer), genbrug af papirmasse, fjernelse af biprodukter, transgene træer
- Tekstil og læder: anvendelse af enzymer, genetisk modificerede planter og plantefibre, mikrobiel produktion af fibre, fremstilling af hjælpe- og farvestoffer vha. planter eller mikroorganismer
- Fødevarer og foder: anvendelse af enzymer, genetisk modificerede planter, fremstilling af ingredienser og additiver enzymatisk eller ved fermentering, fremstilling af kulhydrater og fedt ved fermentering, thermophile organismer, extremozymer
- Metaller og mineraler: bioudvaskning, biooxidation af mineraler, bioremediering og genindvinding af metaller, anvendelse af enzymer til affedtning
- Energi: biodiesel, bioethanol, biologisk afsvovning, fremstilling af brint

Moderne bioteknologi kan få stor betydning for udvikling af konceptet 'Planten som fabrik'. 'Planten som fabrik' er en ide, hvor målet er enten at opnå en mere fuldstændig udnyttelse af de mange komponenter, som planter er i stand til at producere, eller at benytte planter til at producere højværdiprodukter, som hidtil er fremstillet af andre organismer eller ved kemisk syntese. Det gælder hele plantevæv til fødevarer, foder og bioenergi, specifikke molekyler i planteceller som farmaceutiske stoffer, samt strukturelle komponenter i cellevægge til biomaterialer og biofibre. Planten som fabrik kan omfatte genetisk modificerede planter til f.eks. produktion af farmaceutiske produkter (f.eks. vacciner, hormoner, enzymer, agroceuticals) eller planter til industriel anvendelse med produktion af højværdiprodukter, bulk og specialprodukter (biomasse, polymerer, fibre, biobrændstof). Et samfundsmæssigt behov om øget anvendelse af vedvarende ressourcer og reduktion af CO₂ emissioner understøtter en teknologisk udvikling baseret på 'Planten som fabrik'.

I følge den nationale delstrategi for bioteknologisk forskning (Forskningsministeriet 1998) skal Danmark satse på bioteknologisk forskning indenfor emnerne præsenteret på:

- Grundlæggende viden og metodik: Genregulering; Proteomanalyse; Proteinstrukturanalyse; Bioimaging; Transformationsteknologi; Biomolekylær interaktion; Biochips.
- Det humane område: Genetisk diagnostik; Genetisk vaccination og genterapi; Molekylær cellebiologi og cancerbiologi; Molekylær farmakologi.
- Husdyrområdet: Identifikation af DNA-markører; Fra markør til gen; Reproduktionsbiologi; Samspil mellem smitstoffer og værter.
- Planteområdet: Planternes udvikling; Biosyntese i planter; Planter optagelse og transport af næringsstoffer; Planter stress-tolerance; Genmodificering af flerårige planter.
- Mikroorganismeområdet: Mikrobiel fysiologi og diversitet; Mikroorganismer i jordbund og i tilknytning til planter; Fra eksperimentel bioinformatik til procesteknologi; Bioremediering; Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler.
- Fødevarerområdet: Forståelse af biosynteseveje og regulering af essentielle gener i relation til råvarens egenskaber; Udvikling af biologiske og molekylærbiologiske teknikker og metoder med henblik på udnyttelse inden for fødevarereproduktion og forarbejdning, herunder novel foods; Afklaring af miljø- og sundhedsmæssige risici, forbundet med udvikling og anvendelse af bioteknologi i fødevarereproduktionen.
- Miljø- og sundhedsrisici: Sygdomsrisici over for mennesker, dyr og planter; Resistensoverførsel og -udvikling; Direkte og indirekte effekter på populationsdynamiske forhold; Bio-geokemiske effekter; Spredning og invasivitet; Horisontal genspredning; Fænotypisk og genetisk ustabilitet; Fødevarerallergi og -toksikologi.

I følge SJVF (Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd) er jordbruget i disse år underkastet en rivende udvikling mod specialisering, teknologisering og intensivering. Ændringer i produkter, dyrkningsformer, arealanvendelse, økonomi, befolkningsstruktur og livsstil udgør en stor forskningsmæssig udfordring i en tid, hvor husdyrproduktion, fødevarer kvalitet, krav om bæredygtighed og naturudnyttelse er genstand for en stor offentlig interesse og kritisk debat. SJVF vil i de kommende år fokusere på 3 kerneområder (Planteproduktion og jord; Husdyrproduktion & veterinærvidenskab; Fødevarer) med følgende tværgående forskningsområder (SJVF 2002):

- genomforskning og bioteknologi (planter, dyr, mikroorganismer, fødevarer)
- natur og miljø (arealanvendelse; kvalitet af jord, vand og luft)
- jordbrug i globalt perspektiv (fødevarereproduktion; jordbrug i samspil med det globale miljø og klima).

OECD's bud på fremtidige forskningsprioriteringer for anvendelse af bioteknologi til udvikling af renere teknologier (OECD 1998):

- nye produkter baseret biologiske ressourcer
- øget udforskning af biologiske systemer (enzymmer, mikroorganismer, celler, hele organismer)
- øget opmærksomhed på anvendelse af biokonsortier (dvs. flere kulturer og organismer)
- nye metodologier for udvikling af biologiske processer (biomolekylær design, genomics)

- anvendelse af innovative biokatalysatorer indenfor områder, hvor traditionelle biokatalysatorer ikke er anvendt (f.eks. petrokemisk industri)
- biologiske genbrugsprocesser som konverterer affald og restprodukter til anvendeligt materiale
- øget fokus på anlæg til produktion i stor skala, intensivering af processer, samt målings-, overvågnings- og kontrolsystemer
- øget vægt på biodiversitet og udvidet efterforskning efter nye gener
- fokus på udvikling og anvendelse af genteknologi.

Centrale emner i forhold til udvikling og anvendelse af bioteknologi indenfor sundhed og landbrug er forbrugersikkerhed og miljømæssig risikovurdering (IPTS 1999, SJVF 2002). I denne sammenhæng er der specielt fokus på anvendelse af genteknologi, hvilket bl.a. er formuleret af IPTS (1999):

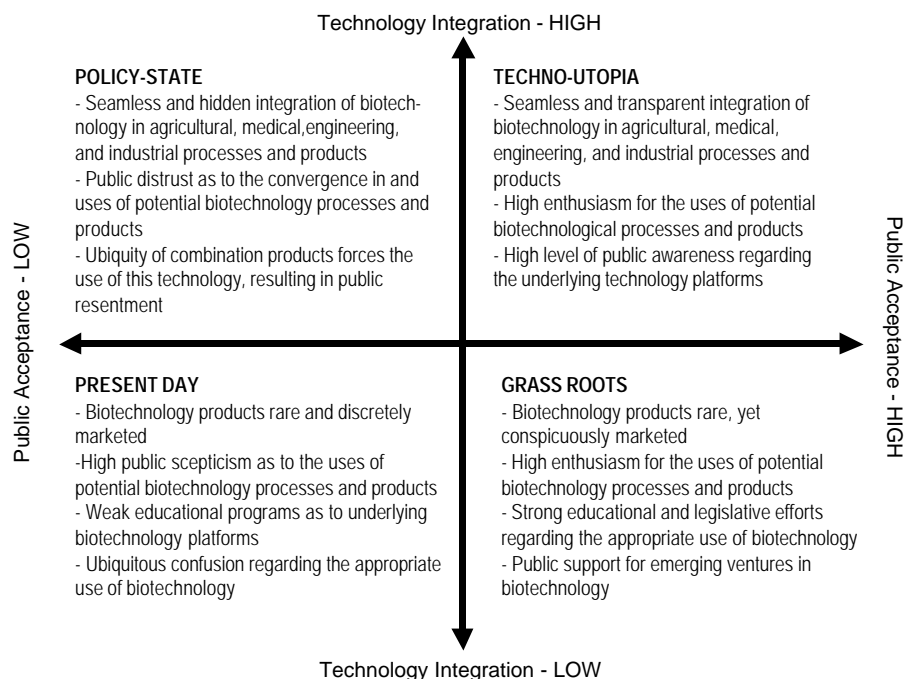
- Risk aspects of the new technologies, both in terms of the environment and in terms of human health, will have to be continuously monitored. The benefits and the risks of including GMOs in the food chain need to be evaluated carefully and monitored over the long-term.
- Issues, such as gene-transfer between crops and weeds, impacts on human health, and impact on biodiversity need to be examined carefully in order to avoid long-term risks. Long-term experiments are required in order to assess both the economic and ecological costs/risks and benefits.

Aspekter med relation til sikkerhed og risikovurdering i tilknytning til bioteknologi og biovidenskab giver ofte anledning til diskussioner i medier og offentlighed. Her er der en betydelig bekymring, med fokus ikke alene på uønskede virkninger for mennesker og miljø, men i høj grad også på nytteværdi og usikkerhed. Der er mange forskellige holdninger til f.eks. fremtidens afgrøder, og hvordan mulige potentialer i gensplejsede planter skal vægtes i forhold til risici ved anvendelse af teknologien (KOM 2002b, Christiansen 2002).

I følge Sager (2001) er der to fundamentale drivfaktorer som vil have en afgørende rolle i den bioteknologiske udvikling:

- First, the extent to which technological integration proceeds may strongly impact the way society uses and perceives technology. If technological integration and crossfield convergence remains low, biotechnology products may remain relatively rare, and require discrete marketing and highly targeted campaigns. If, however, the integration and convergence of biotechnology rapidly proceeds, then humanity may experience a nearly seamless integration of biotechnology into agricultural, medical, engineering and industrial products and processes.
- Second, the degree to which the public eventually accepts biotechnologically derived products and processes as legitimate and reliable alternatives to current products may shape both market demand and public policy

Disse to fundamentale drivfaktorer kan benyttes til at formulere fire alternative scenarier for fremtidig anvendelse af bioteknologi, se Figur 4.



Figur 4. Scenarier for fremtidig udvikling og anvendelse af bioteknologi (Sager 2001).

4.3 Energiteknologi

Ingeniørforeningen i Danmark (IDA) har i 2001-2002 gennemført en radaranalyse af energirelaterede teknologier med det formål at identificere de mest spændende og perspektivrige energi- og energirelaterede teknologier i et tidsmæssigt perspektiv på 10-30 år (IDA 2002). Radaranalysen er organiseret omkring to parallelle processer: a) det tekniske mulighedsrum og b) det samfundsmæssige mulighedsrum.

Indledningsvis blev der foretaget en brainstorm over energiteknologier relateret til forsyning, lagring og distribution samt styringsteknologier og energiforbrugende teknologier. Undersøgelsen resulterede i en liste med 71 energiteknologier, som kan struktureres i 9 kategorier, se Tabel 13. Tabel 13. Radarscanning - Fremtidens energiteknologier. (IDA 2002).

Kategori	Energitekniske muligheder
Transport	Elektrificering af transporten Brændselscelledrevne køretøjer Hybrid drift af køretøjer Naturgasdrift CNG Hybrid CNG drift af køretøjer LPG som drivmiddel Nye propellertyper (Skibsfremdrivning) Energioptimering på projektstadiet gennem computersimulering
Bygninger og boliger	Passiv hus teknik/Energirigtige bygninger Vinduer med indbyggede solceller Mikro kraftvarme Intelligent elsystem til bygninger Integrerede bygnings-energisystemer

Kategori	Energitekniske muligheder
El og varme på basis af fossil brændsel samt kernekraft	Konventionelle kernekraftværker Hurtige formeringsreaktorer Fusionsreaktorer Lavtemperatur fjernvarme- og centralvarmesystemer Brændselsceller SOFC brændselsceller PEM brændselsceller Kulkraft Varmepumpeanlæg
VE-teknologier	Solceller 4.-generations solceller med lagringsteknologi Polymer baserede solceller Solceller baseret på nano-teknologi Solkøling Vindkraft Geotermi Solvarme 3.-generations bølgeenergi Undervandsmøller
Biomasse & Bio-teknologi	Forgasning af biobrændsler Stirling motor til biomasse-kraftvarme Tilsatsfyring med biomasse til fossilt fyrede anlæg Bioteknologisk affaldsbehandling Fotocatalyse
Lagring	Brint Varmelagre af sand Sæsonlagring Energi lagring i svinghjul
Elektricitetslagring og distribution	Superledende elkraft Udvikling og anvendelse af stuetemperatur superledere Superledende DC transmissionsforbindelser til bla. vindmølleparker "Coated conductors" til el-kabler og magnetfeltanvendelser Vanadium batteriet Superleder baserede energilagre
Besparel-ses-teknologier og anden produkt-teknologi	Reduceret forbrug ved anvendelse af energitjenester Lavt standby forbrug Lavenergi-livsstil 0-kraftværk Enhver teknologi med lavt energiforbrug i forhold til nytten CO2 køleanlæg Forbedringer af katalysatorer i almindelighed Distribueret el- og varmeproduktion Gas to Liquid
Styrings-teknologier og system-teknologier	Frekvensomformning Motorer med indbygget frekvensomformere Termosyphon Reguleringsteknologi til decentrale kraft/varme-værker Stik til stikkontakt som kan slukkes fra en mini pc/fjernbestjening Real-time tariffer for elfregning Central styring af elforbrug i private huse, baseret på en prioritet. Effektelektronik Integration af vedvarende energi i el-nettet Informationssystemer for integration af forsynings- og slutforbrugsteknologi El-nettet som el-motorvej Decentrale strukturer Brændselsceller til distribueret elproduktion Vindenergi i kombination med brintlagring (også til transport) og superledning El og varmeproduktion – distributed generation

Det samfundsmæssige mulighedsrum sættes af en lang række andre faktorer end de direkte energipolitiske. Der kan bl.a. peges på en række megatrends som centralisering/decentralisering, globalisering, individualisering af forbrugsmønstre, grøn bevidsthed, øget opmærksomhed om og aversion mod risici mv. Nogle stikord for nogle af de centrale af disse tendenser, der indbyrdes sagtens kan være modsætningsfyldte, er (IDA 2002):

- Øget mobilitet af varer og personer.
- Øget og tættere integration af virksomheder i netværk eller leverandørkæder på tværs af landegrænser.
- Nye boformer og større boliger.
- Grønnere bevidsthed og grønne forbrugere
- Nye geografiske bosætningsmønstre – enten større urbanisering eller spredning i mindre landsbynetværk.
- Forstærket brug af energiforbrugende IKT-løsninger ifm. såvel hverdagsforbrug som produktionsprocesser m.v.
- Koncentration i færre og større energiproduktionsselskaber (også tværnationale), som vil blive vanskeligere at regulere og samtidig kan få dominerende markedsstatus.
- Mulighed for skabelsen af regionale eller globale oligarkiske markedstilstande.
- Hastigere eller lavere økonomisk vækst og dermed ændret købekraft.
- Større demografiske forskydninger og dermed ændret efterspørgsel.
- Omstilling af livsstil f.eks. til mindre energiforbrug.
- Fundamental forandret sikkerhedspolitisk situation i verden (f.eks. efter 11. september).
- Dyrere energipriser, fordi let omsættelig fossil energi bliver en knap ressource – eller fordi udbydere sætter prisen.
- Drastiske omlægninger af infrastrukturen.
- Forstærket international afregulering og overdragelse af restende regulering til et WTO-lignende organ, hvis primære mål er at sikre kortsigtet markedsadfærd for at fremme konkurrence.
- Systemisk kompleksitet og integration, der kan skabe større sårbarhed overfor uheld og forstærke forbrugeraversion mod risici.

Overordnet set, er der tre styrende hensyn i energipolitikken (IDA 2002):

- a) Miljøhensynet domineres i dag af klimapolitikken, hvor der aktuelt er store globale spændinger omkring opfølgningen af Kyoto-aftalen.
- b) Forsyningsikkerhed har siden oliekrisen i 70'erne spillet en væsentlig rolle. Forsyningsikkerhed og adgang til fossile brændstoffer er en central del af den globale sikkerhedspolitik. Det tætte samarbejde mellem EU-landene betyder, at forsyningsikkerheden ikke længere kan tage et ensidigt nationalt udgangspunkt.
- c) Den økonomiske effektivitet har i EU spillet en afgørende rolle med fokus på kontinuerlig og billig adgang til energi for industri og serviceerhverv.

Af EU Kommissionen Grønbog om energiforsyningsikkerhed (KOM 2001) fremgår, at der er ubalance i EU's energipolitik:

- De voldsomme olieprisstigninger, som har givet sig udslag i, at prisen på råolie er tredoblet siden marts 1999, risikerer at underminere det økonomiske opsving i Europa. Det understreger endnu en gang EU's *strukturelle sårbarhed med hensyn til energiforsyning*, som skyldes den stigende europæiske afhængighed af importeret energi, oliens rolle for prisdannelse på energiområdet og de fejlslagne forsøg på at begrænse forbruget med politiske midler. Der er brug for en aktiv energipolitik, for at EU kan sætte ind mod den stigende afhængighed på energiområdet.
- Hvis der ikke gribes ind, vil EU inden for de næste 20-30 år skulle dække 70% af energibehovet med importerede produkter og ikke som nu 50%. Afhængigheden gælder for alle dele af økonomien.
- I løbet af de kommende ti år skal der foretages *nye investeringer i energisektoren* for både at erstatte eksisterende anlæg og tilgodese det stigende energibehov. De europæiske lande er derfor nødt til at tage stilling til, hvilke energiprodukter, de vil satse

på fremover, hvilket med den træghed der ligger i energisystemerne, vil få betydning for udviklingen de næste år frem i tiden.

- EU skal blive bedre til at kontrollere energisituationen. Det er en kendsgerning, at der på trods af de kriser, der har præget den europæiske økonomi i de seneste tredivende år ikke har været nogen egentlig debat om, hvilke energiformer, der skulle sættes på, og at der slet ikke har været ført en energipolitik, som kunne forbedre forsyningsikkerheden. Nu hvor de miljømæssige problemer presser sig på, og det indre marked for energi er en realitet, er vi nødt til at tage denne debat.
- Hvad angår efterspørgslen efterlyser grønbogen en helt ny adfærd hos forbrugerne og peger på fordelene ved de *skattemæssige foranstaltninger*, der kan anvendes til at dirigere efterspørgslen i retning af energiformer, som er lettere at kontrollere og mere gavnlige for miljøet. Der bør lægges skatter eller skattelignende afgifter på energikilder, som skader miljøet.
- Hvad angår udbudet bør hovedvægten lægges på at bekæmpe den globale opvarmning. Udviklingen af nye og vedvarende energikilder (herunder biobrændstoffer) er nøglen til forandring. Målet bør være at fordoble de vedvarende energikilders andel af energibalancen fra 6% til 12% og at øge deres andel af elproduktionen fra 14% til 22% i løbet af de kommende ti år.

4.4 Materialeteknologi

Materialeteknologi omfatter mange forskellige typer af materialer som f.eks. biokompatible materialer, kompositter, superledende materialer, magnetiske materialer, metaller, optiske materialer, polymerer, katalysatorer, keramiske materialer (Cahil et al. 1999). Materialeforskning er interdisciplinær og kan defineres som forskning relateret til materialefremstilling, materialeprocessing, materialeegenskaber, og materialeanvendelse (Forskningsministeriet 1999).

Materialer har altid spillet en afgørende rolle i den teknologiske udvikling. I dag man imidlertid ikke komme uden om de negative sider ved materialeteknologien: Fremstillingen af materialer er energikrævende og miljøbelastende, og brugte materialer hober sig op, hvis de ikke genanvendes eller nedbrydes. Den omfattende forskning i materialeteknologi indebærer nye miljømæssige risici. F.eks. er mikro- og nanoteknologi, som i et vis udstrækning kan ses som videreudvikling af materialeforskningen, blevet forbundet med risiko for asbestlignende problemer (mikrofibre og mindre) og med risiko for at selvorganiserende materialer spreder sig andre steder end ønsket. Hertil kommer, at råstofreserverne er begrænsede. Den moderne materialeteknologi befinder sig derfor ved en korsvej. Industrien stiller stadig stigende krav til materialernes egenskaber, men samtidig stiller samfundet krav om energiøkonomi, reduceret miljøbelastning, genbrug og ressourcebevidsthed. Vigtige problemstillinger knyttet til materialer er derfor energiforbrug ved fremstilling af materialer, materials miljøbelastning, mulighederne for genbrug, samt industriens stadig stigende krav til materialeegenskaber. Materialeforskningen er vigtig, fordi den har direkte eller indirekte betydning for udviklingen indenfor alle andre teknologi- og forskningsområder. (Forskningsministeriet 1999, STVF 1998).

Materialeanvendelse og materialeforskning er påvirket af de generelle samfundsmæssige krav om ansvarlighed over for miljø og ressourcer. Samfundets overordnede behov for udvikling af materialer kan beskrives ved følgende stikord (se bl.a. National Research Council 2001, Forskningsministeriet 1999):

- Ansvarlighed overfor miljø (bæredygtig udvikling, udnyttelse af ressourcer, øget genanvendelse af stoffer og materialer, reduktion af miljøskadelige emissioner).

- Effektivitet (forbedret materialeudnyttelse, udvikling af nye materialer, forbedrede industrielle processer).
- Sundhed (diagnosticering og behandling af sygdomme, biokompatibilitet af kunstige materialer, bedre hjælpemidler til handicappede).
- Kommunikation (informationsbehandling, lagring af data, kapacitet og hastighed, kommunikationssystemer).
- Mobilitet (trafikintensitet, infrastruktur).
- Brugervenlighed (brugercentreret informationsteknologi, menneske-maskine interaktion, apparaturer).
- Sikkerhed (levetid af produkter, større industriel sikkerhed, sikkerhed i forbindelse med arbejde eller fritid, transportsikkerhed).
- Fødevarer (kvalitet af fødevarer, fødevarer sikkerhed, fødevarerforsyning).
- Energi (energiproduktion, energilagring, energidistribution, udvikling af energiteknologier, materialer til energibesparelser). Eksempler på materialer til energiformål: brændselsceller, vindmøllevinger, brintlagring, fusionsreaktorer, superledere, materialer til solceller samt forbrænding af biomasse.
- Fritid (sport, komfort, underholdning, beskyttelse af kulturarv).

Materialeteknologi er et meget stort område, som det er umuligt at give en dækkende beskrivelse af. Følgende aspekter omtales i flere fremsynsanalyser, strategiplaner m.m.:

- Funktionelle materialer - som vælges pga. deres fysiske egenskaber. Hovedvægten ligger på anvendelsen af materialer i funktionelle strukturer (komponenter), samt på fysiske egenskaber. Eksempler er uorganiske materialer til brændselsceller til produktion af elektricitet med minimal emission af miljøgifte og CO₂, nanostrukturmaterialer til anvendelse i mikroelektronik, polymermaterialer med særlig membranegenskaber.
- Smarte/intelligente materialer - som kombinerer informationsteknologi og materialeteknologi. Eksempler er byggematerialer der kan forbedre energiidnyttelsen, indbygget monitorering af materials tilstand, materialer med indbyggede kontrolfunktioner f.eks. fødevarers tilstand, driftstilstand af køretøjer.
- Biomimetiske materialer - som efterligner naturen hvad angår opbygning og funktion af materialer. Dette område er interessant af flere årsager. For det første er der mange anvendelsesmuligheder indenfor sundheds- og medicinalindustri, f.eks. implantater og medicin. For det andet kan det være muligt at finde materialer og processer, som efterligner naturens effektivitet og struktur, f.eks. katalyse, bioelektronik og energiproduktion.

Livscyklusperspektivet forventes at få en betydning i materialeforskning, idet en kvalificeret integrering af miljø- og sundhedsaspekter i materialeforskning skal sikres f.eks. ved dokumenterede miljø- og sundhedsvurderinger for hele materialets livscyklus (Forskningsministeriet 1999). Mulighederne for genindvinding og genanvendelse samt reduceret energibehov ved fremstilling og anvendelse af materialer vil få større betydning fremover. Brancher med miljøproblemer kan få vanskeligere ved at rekruttere arbejdskraft, og derfor vil faktorer som design, miljø, etik og sikkerhed fremover blive vurderet som mere betydningsfuldt en i dag. (Sveriges Industriförbund 2000, panel 6).

Faktorer som genanvendelse, energiforbrug, energibesparelser og holdbarhed kan få særlig betydning for byggebranchen. Eksempler på dette er funktionelle byggematerialer, materiale-system kombinationer som er varmelagrende og isolerende, materialer som er stærke og lette at vedligeholde. Som områder

med særligt udviklingspotentiale kan nævnes højstyrkebeton og fiberbeton (STVF 1998, Sveriges Industriförbund 2000 panel 6).

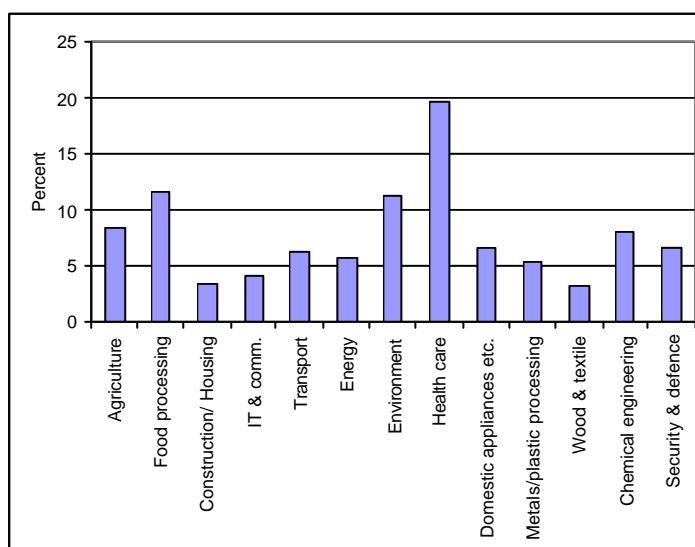
Globaliseringen kan blive en drivkraft der øger behovet for transport af mennesker og gods. Der vil derfor være et stort behov for lette materialer med stor styrke, f.eks. fiberforstærkede kompositmaterialer. (Sveriges Industriförbund 2000, panel 6).

4.5 Sensorteknologi

Sensorer benyttes til mange forskellige formål, f.eks. styring af produktionsprocesser, kvalitetskontrol, alarmsystemer og miljøovervågning. Ved hjælp af sensorer er det muligt at måle, fortolke og reagere på en lang række fænomener som f.eks. lys, lyd, tryk, hastighed, temperatur, koncentration, viskositet. Flere internationale teknologiske fremsyn identificerer sensorteknologi som et område med store teknologiske og kommercielle muligheder, bl.a. i forbindelse med monitorering af miljøets tilstand, detektering af farlige stoffer, vandkvalitet m.m. (f.eks. Moore et al 1997, Hollingum 1999).

Erhvervsfremme Styrelsen anbefalede i 1998 at iværksætte det såkaldte 'sensorinitiativ', hvor der over en fireårig periode blev afsat 101,8 mio. kr. til forskning, udvikling, netværk m.m. (Erhvervsfremme Styrelsen 1998). I Danmark produceres og udvikles avancerede sensorer, som anvendes indenfor bl.a. fødevarer, biomedicin, optik og miljøområdet (Erhvervsfremme Styrelsen 2001).

Et vigtigt omdrejningspunkt for udvikling af sensorteknologi er Sensor Technology Center, der er en netværksorganisation. Sensor Technology Center tog i 2000 initiativ til et teknologisk fremsyn med fokus på sensorteknologi (Dannemand Andersen et al 2001). Denne analyse omfattede bl.a. en vurdering i hvilke sektorer sensorer og sensorteknologi vil få betydning. Som det fremgår af Figur 5 er konklusionen, at specielt sundhed men også fødevarer og miljø forventes at være fremtidige markeder af betydning for sensorer og sensorteknologi.



Figur 5. Markeder - sensorteknologi (Dannemand Andersen et al 2001).

Det teknologiske fremsyn om sensorteknologi omfattede bl.a. en radarundersøgelse. Eksempler på udsagn som indeholder aspekter med mulig miljømæssig betydning er følgende:

- Development of need-based sensor-rich systems to optimise the production and processing of our biological raw materials (Sveriges Industriförbund 2000).
- A promising research field that combines materials technology with information technology is "intelligent materials". By building microprocessors into materials and products, new functions are possible, for example process control, inspections and security. Sensor technology, an important element of this work, can help create resource-efficient, durable products such as low-emission engines and "intelligent" transport and logistics systems (Sveriges Industriförbund 2000).
- Remote sensing for monitoring, understanding, management and utilisation of natural resources and the environment, e.g. satellite instrumentation, with instruments in aircraft, or by land-based instrumentation. (Hollington, 1999).
- Monitoring the state of the environment, monitoring changes in land use, monitoring use of pesticides, constructing area maps. (Hollington, 1999).
- Biological sensors to be applied in hazardous materials and environmental monitoring. (RAND Europe 1998).
- There is a large potential for sensors that assist in energy saving. In general, environmental needs are a significant driving force in the development of new sensor technologies. (Moore et al., 1997).
- Environmental monitoring entails observing the state of air, water and land. For example the need for: portable instruments for water quality monitoring; fixed instruments for water quality and effluent monitoring; sensors to monitor stack gases and particulates; airborne remote sensors; portable and transportable gas analysers. (Moore et al., 1997).
- Sensor-augmented heating ventilation and cooling (HVAC) systems, delivering dramatic improvements in performance and energy savings. (Institute for the Future, 1997).
- Sensors containing a biological component, known as biosensors, will enable researchers to discover and measure levels of many chemical, odours etc. In medicine, it will be possible to use miniaturised sensors in a number of applications. (Sveriges Industriförbund 2000).
- Chemical sensors to be applied in manufacturing, environmental monitoring, product tracking. (RAND Europe 1998).
- The industry vision in the manufacturing sector is of sensors and supporting technologies that make possible automated manufacturing through control of all stages of production, from raw materials to final manufactured product. The objectives are high efficiency, improved quality, a safe workplace and a minimum impact on the environment. (Moore et al., 1997).
- Sensors will be integrated/embedded in products for monitoring, control and regulation throughout the entire product life cycle (Pendrill, L., 2000).
- Sensors should also be integrated with electronics either in a homogeneous or at least hybrid form. This creates a demand for improvements in: Folio technology; Phase optics; Integrated optics (founded on thin layer and semi-conductor technology); Ceramics technology; Semi-conductor technology; Thin layer technology; Thick layer technology; Micromechanics (in combination with semi-conductor, thin layer technology or integrated optics). (Kretschmer & Kohlhoff, 1997).
- Trends in sensor technologies are: Miniaturisation; Compatibility with the attached electronics; Many development efforts are performed in intelligent sensors or multisensor systems. (Kretschmer & Kohlhoff, 1997).

5 Opsummering og diskussion

Nærværende projekt omfatter en gennemgang af forskellige typer af kilder med det formål at identificere teknologiområder, der forventes at få stor indflydelse på fremtidens miljø. De anvendte kilder omfatter først og fremmest:

- teknologiske fremsyn og andre fremtidsstudier - på nationalt niveau og for specifikke teknologiske områder
- udredninger med relation til teknologisk udvikling og miljø udarbejdet af internationale og nationale organisationer
- strategiplaner fra bl.a. danske forskningsråd.

Brug af teknologiske fremsynsanalyser til identifikation af betydende fremtidige miljøteknologier rummer metodiske vanskeligheder, som er tæt knyttet til kortlægning og afgrænsning af begrebet miljøbetydende teknologier. I nærværende rapport har vi forsøgt at kortlægge og afgrænse begrebet 'teknologier med miljømæssig betydning', men da rapporten er baseret på referencer til eksisterende studier, bærer rapporten præg af de uklarheder om begreber og termer, som er fremherskende mellem de benyttede kilder.

Overordnet betraget behandles miljødimensionen ikke særskilt i de teknologiske fremsynsanalyser, hvilket gør det vanskeligt på dette grundlag at identificere og uddybe forventninger til miljøbetydende teknologier. Forklaringen på dette kan være, at de teknologiske fremsyn som udgangspunkt ikke har haft været fokuseret på fremtidige teknologisk miljømæssige spørgsmål og udfordringer. Dog skal det understreges, at miljødimensionen i stor udstrækning har været integreret helt eller delvist i andre teknologiske områder. Teknologiske områder som generelt forventes at få stor betydning i fremtiden er: energiteknologi, bioteknologi, materialeteknologi og informationsteknologi.

Både i analyser af innovation og miljø og i teknologisk fremsynsanalyserne er der indikationer af, at nutidens innovationssystem i form af det samlede kompleks af videns- og teknologiudviklingsaktiviteter i og imellem virksomheder, forskningsinstitutioner, uddannelsesinstitutioner mv. ikke generelt kan betragtes som miljøorienteret. Selv om der kan identificeres en lang række områder, hvor miljøaspekterne spiller en væsentlig rolle, foregår en stor andel af de samlede udviklingsaktiviteter uden signifikant fokus på miljø og bæredygtighed. Det bliver en udfordring i de kommende år at videreudvikle innovationssystemet på en måde, så de samlede teknologiske, økonomiske og samfundsmæssige forandringer i højere grad bliver bæredygtige.

Gennemgang af nationale fremsyn viser, at emner relateret til system optimering og system redesign er dominerende, mens de mere radikale system innovationer ikke er fremtrædende. Andre af de benyttede kilder fokuserer i højere grad på behovet for mere radikale forandringer (f.eks. begrænsninger i forbrug, radikale ændringer af transportsystemer), hvis der skal ske en afgørende forbedring af miljøproblemerne. Realisering af disse radikale forandringer kræver langsigtede strategier og satsninger indenfor offentlig forskning og udvikling. Private virksomheder har primært interesse i at

finansiere mere kortsigtede udviklingsopgaver relateret til optimering af effektiviteten indenfor egne teknologiske områder, og det kan derfor ikke forventes, at private virksomheder på eget initiativ bidrager til udvikling og realisering af de radikale innovationer.

6 Litteratur

- Bijker, W. (1992). *The social construction of fluorescent lighting - or how an artefact was invented in its diffusion stage*. [In:] Bijker & Law, 1992.
- Bijker, W. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs - Toward a Theory of Sociotechnical Change*, MIT Press, Cambridge.
- Bijker, W.; Law, J. (eds.) (1992). *Shaping technology/building society*, Cambridge: MIT Press.
- Borup, M. (2001). *Brugermaterialisering og Lydsimulering - Et studie af teknologiudvikling og teknovidenskabelig forskningspraksis*, Lyngby: Institut for Teknologi og Samfund og Institut for Produktion og Ledelse.
- Cahil, E.; Scapolo, F. (1999). *The Futures Project. Technology Map*. Institute for Prospective Technological Studies. European Commission. EUR 19031EN. 77 pp. + annex.
- Christiansen, J.L. (2002). *11 holdninger til fremtidens afgrøder*, Biotekcenter, 89 pp.
- Coates, J.F.; Mahaffie, J.B.; Hines, A. (1997). *2025: Scenarios of US and Global Society Reshaped by Science and Technology*, Oakhill Press, 500 pp.
- Dannemand Andersen, P.; Jørgensen, B.H.; Rasmussen, B. (2001). *Sensor Technology Foresight*, Risø-R-1292(EN), 56 pp. + appendices.
- De Marchi, B.; Ravetz, J.R. (1999). Risk management and governance: a post-normal science approach, *Futures*, 31, 743-757.
- Disco, C.; van der Meulen, B. (eds.) (1998): *Getting New Technologies Together. Studies in Making Sociotechnical Order*, Berlin: de Gruyter
- DMU (2001). *Natur og Miljø 2001. Påvirkninger og tilstand*, Faglig rapport fra DMU nr. 385, Danmarks Miljøundersøgelser, 368 pp.
- ECOTEC (2002a). *Analysis of the EU Eco-Industries their Employment and Export Potential*, ECOTEC Research & Consulting Limited, 103 pp.
- ECOTEC (2002b). *Renewable Energy Sector in the EU: its Employment and Export Potential*, ECOTEC Research & Consulting Limited, 61 pp.
- Erhvervsfremme Styrelsen (1998). *Sensorteknologi - Revideret rapport oktober 1998*, 22 pp.
- Erhvervsfremme Styrelsen (2000). Erhvervsudsigten. Trends der vil påvirke dansk erhvervsliv de kommende 10 år, 180 pp.
- Erhvervsfremme Styrelsen (2001). Kompetenceklynger i dansk erhvervsliv - en ny brik i erhvervspolitikken, Erhvervsministeriet, 103 pp.
- Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations, *Research Policy*, 29, 109-123.
- Forskningsministeriet (1998). National delstrategi for bioteknologisk forskning, <http://www.fsk.dk/>
- Forskningsministeriet (1999). National strategi for materiale forskning, 28 pp.
- Gibbons, M. (1999). Science's new social contract with society. *Nature* 402: supp c82-c84.
- GW forecast (2002). <http://www.gwforecast.gwu.edu>
- Halal, W.E.; Kull, M.D.; Leffmann, A. (1997). Emerging technologies: What's Ahead for 2001-2030, *The Futurist*, Nov-Dec, 20-28.
- Hansen, O.E.; Holm J.; Søndergaard, B. (2000). *National Synthesis Report from the ENVINNO Project - Denmark*, Roskilde University.

- Hansen, O.E.; Holm, J.; Søndergaard, B. (1999). *Technological innovation and environmental policy in Denmark – On technology oriented environmental policy and environmental oriented technology policy*, National macro report, ENVINNO, Roskilde University.
- Havas, Attila et al (1999): *Characteristics of the Hungarian foresight process and the scenario approach of the "Natural and built environment" panel*, in OECD 1999c.
- Hemmelskamp, J. (1997). Umweltpolitik und Innovation - Grundlegende Begriffe und Zusammenhänge, *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht*, Nr. 4, S. 481-511
- Hemmelskamp, J.; Rennings, K.; Leone, F. (eds.) (2000). *Innovation-oriented Environmental Regulation. Theoretical Approaches and Empirical Analysis*, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Heidelberg: Physica-Verlag.
- Hollingum, J. (1999). *Foresight launches three sensor programmes*, Sensor Review, 19(2), 116-120.
- Hughes, T. P. (1983). *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, London: John Hopkins University Press.
- Institute for the Future (1997). *Sensors: The next wave of infotech innovation*, 1997 Ten-year forecast, 115-122.
- IDA (2002). *Radaranalysen - bred teknologisk fremsynsscanning på energiområdet*, (http://www.ida.dk/Teknologisk_Fremsyn), Ingeniørforeningen i Danmark.
- IPTS (1999). *Life Sciences and the Frontier of Life Panel Report*, Institute for Prospective Technological Studies. European Commission. EUR 18743 EN, 66 pp.
- IPTS (2000). *The IPTS Futures Project. Synthesis Report*. Institute for Prospective Technological Studies. European Commission. EUR 19038 EN, 54 pp.
- Jørgensen, M. S.; Pöyry, S.; Huisingh, D.; Borup, M.; Leskinen, A. (1996). *Inventory on Cleaner Production. Education and Training*, Helsinki: UETP-EEE, UNEP.
- Kretschmer, T.; Kohlhoff, J. (1997). *Sensorik: Überblick und Trends*, Fraunhofer Institut Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen.
- KOM (2001). *Grøn bog - På vej mod en europæisk strategi for energiforsyningsikkerhed*, 109 pp.
- KOM (2002a). *Rapport fra kommissionen. Miljøteknologi og bæredygtig udvikling*, 23 pp.
- KOM (2002b). *Biovidenskab og bioteknologi - En strategi for Europa*, 36 pp.
- Lente, H. van (1993). *Promising Technology. The Dynamics of Expectations in Technological Developments*, thesis, Enschede: University of Twente.
- Lente, H. van; Rip, A. (1998). *Expectations in Technological Developments: An Example of Prospective Structures to be Filled by Agency*, in [Disco & Meulen]
- Loveridge, D.; Georghiou, L.; Nedeva, M. (1995). *United Kingdom Technology Foresight Programme. Delphi Survey*. PREST. The University of Manchester. 543 pp.
- Meulen, B. van der (1999). The impact of foresight on environmental science and technology policy in the Netherlands, *Futures*, 31, p. 7-23.
- Meyer-Krahmer, F. (ed.) (1998). *Innovation and Sustainable Development. Lessons for Innovation Policies*, Series of the Fraunhofer-Institut for Systems and Innovation Research (ISI), Vol. 6, Heidelberg: Physica-Verlag

- Moore, G.F.; Arkinson, H.; Lane, R.; Eng, W.S.F, (1997). *Sensing the Future. Sensors in Manufacturing and Materials*, A Report by the Foresight Sensors Action Group, Department of Trade and Industry, 22 pp.
- National Research Council (2001). *Materials in the New Millennium. Responding to Society's Needs*, Proceedings of the 2000 National Materials Advisory Board Forum, National Academy Press, 54 pp.
- Nowotny, H.; Scott, P.; Gibbons, M. (2001). *Re-Thinking Science. Knowledge and the public in an age of uncertainty*, Polity Press, 278 pp.
- OECD (1998). *Biotechnology for clean industrial products and processes. Towards industrial sustainability*, 200 pp.
- OECD (2001). *Environmental Outlook*. 327 pp.
- Pendrill, L. (2000). *Forskningsnätverk för tillämpad sensorutveckling och mätteknik*, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP RAPPORT 2000:12
- RAND Europe (1998). *Technology radar. Global views on strategic technologies. (50 pp.) Technology radar. Main report and executive summary. (115 pp.)*. Dutch Ministry of Economic Affairs.
- Ravetz, J.; Funtowicz, S. (1999). Post-Normal Science - an insight now maturing, *Futures*, 31, 641-646.
- Sager, B. (2001). Scenarios on the future of biotechnology, *Technological Forecasting and Social Change*, 68, p.109-129.
- Schubert, U.; Sedlack, S. (2001). *Towards an Integration of Environmental and Environment-oriented Technology Policy: Stimulus and Response in Environment-Related Innovation Networks*, ENVINNO-Synthesis Report, EU.
- SJVF (2002). *Strategiplan 2003-2007*. Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd, 30 pp.
- Smith, K. (2002). *Environmental innovation in a system framework, paper for the Blueprint workshop*, Brussels, January 2002, Maastricht: UNU/Intech.
- Stevens, C. (2000). *OECD Programme on Technology and Sustainable Development*, [In:] Hemmelskamp et. al. 2000.
- STVF (1998). *Teknisk Videnskabelig Forskning - Strategiplan 1998-2002*, Statens Teknisk Videnskabelige Forskningsråd.
- Sveriges Industriförbund (2000). *Teknisk framsyn. Det framsynta samhället*. Syntesrapport från teknisk framsyn, 56 pp. + 8 panelrapporter. Kungl. Ingenjörvetenskapsakademien, Närings- och teknikutvecklingsverket. Stiftelsen för Startegisk Forskning.
- Takker, A.; Haag, E.; Eder, P. (2000). *Eco-design; European state of the art. Part I: Comparative analysis and conclusions*, ESTO project report, Joint Research Centre Seville, EUR 19583 EN, 68 pp.
- Teknologirådet (2002). *Borgernes Idékatalog. Resultater fra tre borgerhøringer om 'Bæredygtig vækst - hvordan'*, 54 pp.
- Vollenbroek, F.A.; Weterings, R.A.P.M.; Butter, M. (1999). Technology options for sustainable development, *Technology foresight and sustainable development: Proceedings of the Budapest workshop 11 Dec 1998*, DSTI/STP/TIP(99)8/FINAL, p. 83-93.
- Williams, R.; Markusson, N. (2002). *Knowledge and environmental innovations*, paper for the Blueprint workshop, Brussels, January 2002, University of Edinburgh.

The Futures Project - Technology Map

Oversigt over de teknologier og teknologiske forhold som for Europa er blevet vurderet til 'moderate/strong, strong, very strong'.

THE TECHNOLOGICAL COMPONENTS OF UBIQUITOUS COMPUTING

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Semiconductors																											
Storage																											
Communications																											
Artificial Intelligence																											
Integrated devices & applications																											

High frequency chips

Molecular computing

1 Mega neurochip

Biocomputers integrated

Integrated digital broadcast and interactive (HDTV+voice)

Personal mobile > 10 Mbps

Urban Broadband cable > 34 MBits

Low Earth Orbit Satellite

Next generation Internet

Secure next generation Internet

GPS in all cars

Hydraulic chair for VR games

Industrial and home sensor/actuators networks

E-cash widespread

Full function c-commerce

Global taxation system

Hearing, seeing, touching autonomous robots

BIOTECHNOLOGY - HEALTH SECTOR

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Health care systems		prevention programmes and standards for diet and lifestyle		financial inducement for healthy lifestyle		transparent evaluation, validation and accounting system for treatment implementation / adoption of alternative treatment methods		market growth for nutraceuticals																		
ICT		50% of treatment involves use of expert systems		electronic network and databases for patient records, treatment, and disease monitoring		register for cancer		predicting protein function from gene sequence computer simulation of drugs																		
Therapies		nutritional supplements or diets for cancer prevention		drugs prevent the occurrence of certain cancers		pathogenesis of Alzheimer's and other neurodegenerative diseases is solved		AIDS vaccine		medication of viral diseases		new treatment methods for myocardial diseases		molecular etiology for Hypertonia, Diabetes, Arteriosclerosis is identified												
		risk assessment for cardiovascular diseases		diabetes drug for oral application		tissue specific polypeptide drugs		application of somatic gene therapies for single gene defects		biocompatible and biodegradable splints for bone fractures																
Diagnosis		genetic testing accounts for 10% of diagnosis work load		gene test are sold 'over the counter'		non-invasive cell level diagnostic imaging		regulatory framework for non-laboratory diagnostic kits		biosensors (based e.g. on antibodies) are in use																

BIOTECHNOLOGY - AGRO FOOD SECTOR

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Food safety assurance			Test for gene food in use																								
Agricultural production					Broad use of herbicide resistant crops																						
Aquaculture and fisheries																											
Recombinant DNA technologies																											
Nutrition																											
Value-added product development																											

ENERGY SECTOR																										
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Nuclear energy		Nuclear fission recovers its credibility							Re-use of nuclear waste						Fast breeder reactor including nuclear cycle											
Fossil fuel clean technologies	Supercritical coal-fired power plant development				Efficient gas turbine combined cycle			Direct coal fired turbine			Large-scale combined-cycle power generation using high-efficient gas turbines				CO2 fixation technology necessary for protecting global environment											
Renewable energy technologies	10 MW - class wind power generation systems			Biomass used as common technology				Photo-voltaic technology commonly used in rural electrification					Solar cells for power supply for residences competitive with conventional systems			Treatment and reuse of wastes to obtain energies such as methane as low cost using biotechnology										
Energy transport and storage	Thermochemical decomposition processes for H2 production						H2 replaces fossil fuels in the transport sector				Cars powered by H2 fuel stored in H2 occlusive alloys exceed 10% of automobile production										Fuel cells as highly efficient environmentally safe and portable power sources					
Rational use of energy	Insulation, LTS, deployment schemes																									

ENVIRONMENTAL AND CLEAN TECHNOLOGIES																										
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Recycling						Closed material cycles for products																				
						Plastic recycling																				
						Recycled building materials																				
Separation	Separation and membrane technologies																									
New energy sources																Renewables (except hydroelectr.) for electricity > 10%										
Solar cells											Cheap, efficient and durable solar cells															
Energy saving	zero or near zero building																									
Global management of environment																Landscaping of deserts to stop desertification										
											Drought and salt resistant strains of agricultural plants															
Clean production						Supercritical CO2 as a solvent in industrial processes																				
						Technical synthesis with reaction and separation processes integrated in a single apparatus																				
											Zero waste production															

MATERIALS AND MATERIALS PROCESSING																												
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Biological materials and processes			Temporary bone fixation / repair materials										Signal responsive missile drugs efficiently reach targeted points															
Organic and polymer materials						Geotextile membrane with biological capabilities		Establishment and use of plastic recycling technology						Bio-degradable plastics account for 10% of all plastics														
Semiconductor and electronic materials			smart food packaging materials					Mass synthesising technology for fullerene carbon compounds																				
							Computer simulation technology for growing thin films according to 1 st principle computation							Development of technology for embedding impurities and repairing defective crystallised silicon surfaces using STM associated technology														

TRANSPORT																										
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
In-vehicle telematics	Multimodal information						Large diffusion of in-vehicle traffic information system																			
	Dynamic route planning							Advanced fleet management for goods vehicles															In-vehicle multimodal traffic information systems reach mass market			
	Significant diffusion of collision devices						Large scale testing of 'drive by wire' electronic steering of vehicles																			
	Large scale penetration of autom. vehicle location							Cargo tracking & intermodal booking of freight															Advanced application combining terrestrial & satellite communication systems			
							Implementation of external control of vehicles																			
Propulsion systems	Testing H2 refuelling facilities and fuel cells vehicles on real conditions						Motor vehicles reduce pollutant emissions (to meet Euro IV)		Motor vehicles with fuel efficiencies 30% greater than today		Motor vehicles reduce pollutant emissions (to meet Euro V)															
	Fuel cell vehicles enter niche market																									
	Hybrid electric vehicles reach mass market							Fuel cell vehicle undergoes large scale testing		Fuel cell vehicle enters mass market																
				Significant improvement in H2 technology, main production from fossil fuels								H2 production from non-fossil fuels														

UK Technology Foresight

OVERSIGT OG KATEGORISERING AF 'TOP-10 STATEMENTS'

FORKLARING TIL KOLONNER I TABELLEN

TOPIC

Delphi spørgsmål – UK foresight

No.

Det pågældende Delphi spørgsmåls nummer indenfor den aktuelle sektor.

TOP-10

Det pågældende Delphi spørgsmåls placering i top-10 indenfor den aktuelle sektor.

UK-FORESIGHT SECTOR & SUB SECTOR

første linie angiver sektor

anden line angiver subsektor

BETYDNING

- + : forventet positiv miljømæssig betydning
- # : forventet negativ miljømæssig betydning
- ? : miljømæssig betydning uklar
- U : miljømæssig betydning ikke antydnet/angivet

KATEGORISERING AF TOP-10 TOPICS

EOP	<u>End-of-pipe</u> teknologier (flyt miljøproblemerne langt væk)
RENSE	<u>Renseteknologier</u> (af og til kaldt 'miljøteknologier')
RENERE	<u>Renere</u> teknologi, renere produktion, mindre ressourceforbrug til eksisterende processer og teknikker (optimering og justering)
OMLÆG	Undgå forurenende forbrug og processer (<u>omlægning</u> til andre produktions- og forbrugsmåder)
SYSTEM	Bæredygtighed som grundlæggende norm (udbredt i alle interaktionsprocesser og alle dele af et <u>system</u> eller organisation)
SAMF	Bæredygtigt <u>samfund</u>
MON	<u>Monitering</u>
DIV	<u>Diverse</u>

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Development of improved genetic engineering technologies to produce new industrial products in livestock (e.g. pharmaceuticals in milk, vaccines in blood).	6	2	Agricult., nat. res. & environment - agriculture	U	
Increased quality and value of food, feedstuffs and non-food products results from the elucidation of biosynthetic and catalytic pathways of plants and animals.	9	3	Agricult., nat. res. & environment - agriculture	U	
Development of non-allergenic foods.	7	4	Agricult., nat. res. & environment - agriculture	U	
Better understanding of the immunology and epidemiology of disease processes in animals (including zoonoses and exotic diseases) provides more effective strategies for the maintenance of high health status.	11	6	Agricult., nat. res. & environment - agriculture	U	
Widespread public acceptance that the new technology emerging from modern biology lead to significant wealth creation in UK.	41	7	Agricult., nat. res. & environment - agriculture	U	
50% of first world homes are connected by optical fibre interconnections for two-way communication.	44	4	Chemicals - information and design systems	U	
Use of intelligent self-medication devices to determine dose and timing.	79	5	Chemicals - healthcare and biotechnology	U	
Practical use of biosensors for continuous monitoring in medical/health applications which are durable for 3 years.	59	9	Chemicals - sensors and measurement	U	
Complete merger and integration of mobile, personal and fixed communication networks to provide a universal telephony service to all users.	42	1	Communications - infrastructure	U	
Widespread use in the developing countries of radio call boxes for wireless public access.	44	2	Communications - infrastructure	U	
More than 50% of the UK population have personal telephone numbers that are portable and independent of network or geographical location.	43	3	Communications - infrastructure	U	
Practical use of mobile personal communication terminals capable of providing multimedia services over radio networks.	7	4	Communications - access to network	U	
Widespread use of on-line information and software services for leisure activities, such as video-on-demand, news-on-demands and hobbies.	66	7	Communications - services for business/consumers	U	
Widespread demand from UK users for high bandwidth real-time communications requires massive expansion in capacity of the public network	23	8	Communications - infrastructure	U	
More than 50% of domestic telephone users in UK are also connected to mobile radio networks.	36	9	Communications - infrastructure	U	
Widespread use of interactive multimedia services and telesoftware to aid learning and make better use of specialist tutors in 'virtual universities'.	69	10	Communications - services for business/consumers	U	

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Improved communications (infrastructure and equipment) facilitate location-independent working for 40% plus of the UK's working population.	53	8	Construction - quality of life	U	
The number of criminal acts are reduced by 40% through designing buildings and public spaces for enhanced security, and without compromising civil liberties.	67	10	Construction - safety and security	U	
Practical use of a pocket-sized satellite/cellular terminal allowing users to access radio and TV, receive and transmit data and voice, and provide position and route information by display on a screen map anywhere in the world.	28	1	Defence and aerospace - space	U	
Widespread use of large (>300 seats) subsonic aircraft which are quiet enough to take off and land at night from airports in populated areas.	38	3	Defence and aerospace - advanced passenger aircraft	U	
Practical use of large transport aircraft of 600-800 passengers with around half the manufacturing cost relative to current practice.	37	4	Defence and aerospace - advanced passenger aircraft	U	
Practical use of rotorcraft with safety increased tenfold and operating costs halved compared to today's helicopters, having improved passenger ride quality and reduced obtrusiveness to the general public.	43	5	Defence and aerospace - rotary wing aircraft	U	
Widespread use of fault tolerant software for safety critical systems with a tenfold improvement in development productivity, thereby equalling the certification costs of non-safety critical systems.	85	8	Defence and aerospace - quality/policy	U	
Practical use of all weather category 3 aircraft landing, take-off and taxiing system using non-visual technology (e.g. fused radar/IR imaging conditioned by differential GPS).	12	9	Defence and aerospace - air traffic management	U	
Practical use of vary large (>1000) subsonic passenger aircraft compatible with existing airport taxiways and stands.	39	10	Defence and aerospace - advanced passenger aircraft	U	
The real cost of telecommunication falls by 75% of its current level.	12	1	Financial services - computing and communications	U	
An extensive library of audio, video and text information is accessible to homes and workplaces on demand	47	2	Financial services - retail products and services	U	
There is a telecommunication infrastructure in the UK which allows the sale of goods, services and information through a multi-media network to every home and place of business.	11	3	Financial services - computing and communications	U	
Portable computers and communications equipment with compact lightweight and long lasting power suppliers are in widespread use.	17	4	Financial services - computing and communications	U	

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Widespread teaching and testing of the use of business software packages, such as word processing and spreadsheets, as a mandatory part of the school curriculum.	2	5	Financial services - structure and human resources	U	
Interactive terminals, allowing voice, video and text communications, are installed in the homes of most consumers of financial services.	45	6	Financial services - retail products and services	U	
The UK is better than its major competitors at adapting laws and regulations to take account of new technological developments.	26	7	Financial services - conduct and compliance	U	
A combination of smart cards and telecommunications will enable 'electronic cash' to be obtained widely, including in most homes or places at work.	53	8	Financial services - services for business and consumers	U	
The cost of a desk top computer with the capability for business application is approx. the same as the average weekly wage in the UK.	13	9	Financial services - computing and communications	U	
Improved telecommunications and changing cultural attitudes bring a massive increase in the volume of cross-border business.	55	10	Financial services - wholesale products and services	U	
Development of selected therapeutic foods which delay the process of ageing.	69	1	Food and Drink - health	U	
Development of functional food which reduces the incidence of dietary heart disease.	67	2	Food and Drink - health	U	
Widespread acquisition of intelligent home cooking equipment.	9	3	Food and Drink - manufacturing	U	
Elucidation of individual human genetic profiles enables targeted dietary advice.	60	4	Food and Drink - health	U	
Widespread export of food from UK on the basis of the perceived high quality of UK manufacture.	8	6	Food and Drink - manufacturing	U	
Export of 'added value' foods to new markets reduce the UK deficit in foods by 50%.	38	7	Food and Drink - consumer	U	
Widespread availability in supermarkets of low calorie, appetite satisfying foods for overweight consumers.	70	8	Food and Drink - health	U	
Widespread scope for consumers to purchase foods with therapeutic benefits against a wide range of health risks.	39	9	Food and Drink - consumer	U	
Widespread replacement of current commercial preservation practices by novel preservation process because of the latter's positive impact on food quality.	2	10	Food and Drink - manufacturing	U	
Greater understanding of the animal and human nutrition and nutrient adsorption by the gut leads to major new markets for foods containing defined, proven, health-enhancing supplements (nutriceuticals).	67	1	Health and life sciences - health promotion	U	
Incidence of each of three major vital diseases is reduced by 90% by new vaccine or drug developments.	33	2	Health and life sciences - infection and microbiology	U	

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Widespread use of comparative studies of plant, animal, microbial and human genes accelerates development of new products and development strategies for disease control.	9	3	Health and life sciences - molecular and cellular sciences	U	
Elucidation of the causes of inflammatory and auto-immune diseases.	30	5	Health and life sciences - immunology	U	
Practical use of drugs modulating cellular systems (e.g. controlling cell cycle, differentiation of death) to treat cancer.	25	6	Health and life sciences - cancer	U	
New methods of treating arterial occlusion and myocardial infarction dramatically reduce morbidity from cardiovascular disease in 40-50 age group.	28	8	Health and life sciences - cardiovascular	U	
Widespread use of polypeptide drugs which are delivered and targeted to specific tissues.	22	9	Health and life sciences - advances in therapeutics	U	
Practical use of reliable systems for predicting complete 3-D protein structure from sequence alone, either by reference to known structures or by other means.	7	10	Health and life sciences - molecular and cellular sciences	U	
IT systems for home or general use at work routinely require negligible training for 90% of users.	22	2	IT and Electronics - human/machine interface	U	
Availability of voice transcription systems for any speaker, without training, with a vocabulary of 50.000 words, at a price equivalent to less than £75 today.	24	3	IT and Electronics - human/machine interface	U	
75% of software projects are delivered on time and meet or exceed the customer's expectations for functionality, performance and cost.	10	4	IT and Electronics - software technology	U	
All new vehicles have transponders which can provide services such as road charging, stolen vehicle recovery and collision awareness.	69	5	IT and Electronics - government/social/legal issues	U	
Smart video, surveillance systems, in home, capable of recognising intruders, personal accidents, etc. are available at a price equivalent to less than £750 today.	62	7	IT and Electronics - application for industry and commerce	U	
UK is one of the top three world wide sources of applications content in multimedia products and services.	52	8	IT and Electronics - application for industry and commerce	U	
Widespread use of intelligent interactive technology that teaches art, music, craft, sports or other leisure skills tailored to individual needs and based on assessment of individual progress.	37	1	Learning and Leisure - learning and creativity	U	
Widespread use of an interactive information facility in cars which gives current information on road problems, best routes, sites of interest, and bars on entry to site.	67	2	Learning and Leisure - tourism and travel	U	
Widespread availability of training in a combination of high-level creativity and technical skills, e.g. in computer graphics, computer assisted animation or design.	39	3	Learning and Leisure - learning and creativity	U	

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
The widespread establishment within organisations of advanced technology centres to 'incubate' creative and technical skills through providing access to finance, equipment or initial work experience.	40	4	Learning and Leisure - learning and creativity	U	
All homes have access to low-cost interactive educational materials for a range of credentials.	46	5	Learning and Leisure - learning and creativity	U	
Bed and breakfast or other small source of accommodation are linked to homes or public access points for direct domestic or international booking.	68	7	Learning and Leisure - tourism and travel	U	
Practical use of machines for the translation of printed text into different languages.	34	8	Learning and Leisure - learning and creativity	U	
Practical use of voice recognition technology for the translation of speech into different languages.	35	9	Learning and Leisure - learning and creativity	U	
Widespread use by business of management and organisation techniques which are proven to promote creativity or productivity from groups of appropriate individuals.	68	1	Manufacturing/Production/Business - personnel and training	U	
Widespread use of flexible teams to organise multi-skilled employees.	69	2	Manufacturing/Production/Business - personnel and training	U	
Widespread use of simple techniques for surface treatment of low cost base materials with high effect coating of films.	5	3	Manufacturing/Production/Business - materials and material processing	U	
Widespread use of simple techniques using miniaturisation down to molecular level in production and processes.	3	4	Manufacturing/Production/Business - materials and material processing	U	
Practical use of fully reproducible sensors for measuring customer perception quality parameters (e.g. colour, smell, sound and touch).	10	5	Manufacturing/Production/Business - measurement and sensors	U	
Widespread adoption of computer-aided learning and training systems at the workplace to continually raise employee skills.	65	7	Manufacturing/Production/Business - personnel and training	U	
Development of materials for temporary bone fixation/repair that degrade in mechanical properties at the same rate as natural bone replacement.	45	3	Materials - health care and security	U	
Development of implant materials that last the lifetime of a patient.	43	4	Materials - health care and security	U	
Widespread use of materials with improved blood capacity in vascular grafts, catheters and other medical devices. Desirable properties include compliant, non-kinking with non-thrombogenic surfaces.	42	5	Materials - health care and security	U	
Development of materials to assist with real-time diagnosis of human diseases.	46	7	Materials - health care and security	U	
Town centres are developed as leisure shopping complexes.	71	9	Retail and Distribution - retailer	U	
Companies from diverse industry sectors form partnerships to create and exploit substantial new opportunities in retail.	28	10	Retail and Distribution - supply chain	U	

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Widespread use of robust monitoring/sensing/image analysis equipment to improve the management, structure and nutrient status of soils, to reduce leaching and erosion, and to identify remedial measures.	28	9	Agricult., nat. res. & environment - agriculture	+	MON
Widespread use of recycled building materials, composites incorporating synthetic materials such as plastics and alternative forest products, resulting from modified construction concepts and design standards.	65	8	Agricult., nat. res. & environment - natural resources - construction minerals and materials	+	OMLÆG
Widespread use of fuel cells as means of vehicle propulsion.	63	2	Chemicals - energy and feedstocks	+	OMLÆG
Travel to work distance are halved through the combined impact of local development strategies and advances in information and communication technologies.	37	2	Construction - land use	+	OMLÆG
Development of improved catalyst technology enables 30% of existing high temperature / high pressure chemical processes to be replaced by low temperature / low pressure alternatives.	71	9	Energy - end use	+	OMLÆG
Advances in science and technology of materials for fuels cells create a major market for them in local area electrical energy devices and automotive power by reducing significantly the cost/kWh.	61	2	Materials - energy storage and transmission	+	OMLÆG
Widespread use of new road construction materials, equipment and techniques, which permit a 50% reduction in the time taken to repair and maintain.	45	1	Transport - road transport systems	+	OMLÆG
Practical use of land transport vehicles, which use light-weight materials and reduced volume power units and ancillaries without compromising safety to reduce vehicle weight by 50%.	49	2	Transport - road transport systems	+	OMLÆG
Widespread use of teleworking and teleshopping reduce anticipated transport demand by 20%.	71	8	Transport - social innovations	+	OMLÆG
Practical use of railway vehicles which use lightweight materials and reduced volume power units and ancillaries without compromising safety, to reduce vehicle weight by 50%.	37	9	Transport - railway and track transport systems	+	OMLÆG
Vehicle design and recycling technology have reached the stage where more than half (by value) of the vehicle's material is recycled or re-used.	42	10	Transport - road transport systems	+	OMLÆG
Development of chemical components for solar cells with energy conversion of greater than 30%.	64	1	Chemicals - energy and feedstocks	+	RENERE
Development of uniquely targeted, pest activated chemical pest control methods.	74	3	Chemicals - healthcare and biotechnology	+	RENERE
Development of novel and practical catalytic systems for SO _x /NO _x removal.	21	6	Chemicals - catalysis	+	RENERE

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Development of chemical systems which allow more than 75% of oil to be routinely recovered from an oil field.	65	8	Chemicals - energy and feedstocks	+	RENERE
Practical use of high productivity, non-biological, heterogeneous catalytic systems with the product and feedstock specificity of the best enzymes.	20	10	Chemicals - catalysis	+	RENERE
Totally integrated transport system increases transport efficiency by 100%.	70	1	Construction - sustainable development	+	RENERE
Practical use of climate conditioning systems with 'intelligent' links to the building fabric and structure offer ultra-low energy consumption.	73	3	Construction - sustainable development	+	RENERE
Halving of subsonic aircraft direct operating costs per passenger mile by increasing aircraft productivity, and reducing aircraft first cost and the cost of fuel, maintenance and crew.	5	2	Defence and aerospace - air environment and efficiency	+	RENERE
Widespread use of low emissions combustion system for civil aero engines of 50:1 pressure ratio which reduces NO _x emissions at cruise by 60% compared to today's best production engine.	60	7	Defence and aerospace - aircraft propulsion	+	RENERE
Integration of current understanding and techniques into mainstream building design results in new buildings routinely requiring 50% less energy than current designs.	54	1	Energy - end use	+	RENERE
Widespread achievement of at least 20% improvement in energy efficiency and reduction in emissions of industrial process plant through use of improved design methods (e.g. process integration, process intensification).	72	2	Energy - end use	+	RENERE
Development of an integrated approach to retrofitting existing buildings, using existing techniques and understanding, which improves the energy performance of refurbished buildings by 50%.	57	3	Energy - end use	+	RENERE
Doubling of the share of world wide electricity generation produced by co-generation / combined-heat-and-power.	50	4	Energy - conversion	+	RENERE
Widespread use of high density (4 times that of lead-acid) battery competitive with lead-acid technology.	37	5	Energy - transmission, transportation and distribution	+	RENERE
Widespread use of highly efficient (>20% improvement on current practice), low emission engines for transport.	73	6	Energy - end use	+	RENERE
Development of cost-effective refinery processes that meet future requirements for clean transportation fuels.	47	7	Energy - conversion	+	RENERE
First commercial use of large, efficient (>60% net) gas-fired combined cycle power generation.	42	8	Energy - conversion	+	RENERE
Widespread purchasing of domestic appliances (refrigerators, washing machines, hi-fi, cooking etc.) which are 50% more energy efficient than today's best practise.	66	10	Energy - end use	+	RENERE

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Accurate long term weather forecasting facilities more efficient planning and production of agriculture and food.	59	5	Food and Drink - environment	+	RENERE
Widespread use of genetically engineered plants and micro-organisms to control and/or reverse environmental contamination.	75	7	Health and life sciences - biological production	+	RENERE
Availability of dry cells with five times the power/storage of contemporary NiCd cells at no added cost and weight.	4	1	IT and Electronics - hardware technology	+	RENERE
Widespread use of modelling techniques which predict and minimise waste products from an entire facility.	58	6	Manufacturing/Production/Business - operations	+	RENERE
Widespread use of simple negligible-friction coating systems to reduce wear.	6	8	Manufacturing/Production/Business - materials and material processing	+	RENERE
Widespread use of highly distributed manufacturing facilities allowing reduction of movement of people or goods to reduce the impact of transportation.	24	9	Manufacturing/Production/Business - production process support systems	+	RENERE
Practical use of processes for the production of currently recognised materials by novel low cost, undemanding methods (e.g. at ambient temperature, pressure).	4	10	Manufacturing/Production/Business - materials and material processing	+	RENERE
Development of optical materials enabling usable all-optical switches, optical signal processing and optical computing.	57	6	Materials - electro-optic materials	+	RENERE
Practical demonstration of control of leachates from landfill sites by geotextile membranes with micro-biological capabilities.	20	8	Materials - recycle / re-use	+	RENERE
Widespread increase in specialised small retailers meeting specific needs in the local community.	65	1	Retail and Distribution - retailer	+	RENERE
Widespread use of internal combustion engines twice as fuel efficient as today's catalyst-equipped vehicles and with half the present exhaust emissions of the regulated pollutants.	62	3	Transport - road transport systems	+	RENERE
Travel by private vehicles in inner urban areas is halved compared with today through public transport improvements and the introduction of electronic road pricing and access control.	67	5	Transport - road transport systems	+	RENERE
Widespread use of vehicles for urban personal transport powered by electric or other negligible emission power sources, supported by re-charging facilities at termini and/or en route.	63	6	Transport - road transport systems	+	RENERE
Widespread use of separation and membrane technologies and biotechnologies for waste management.	98	10	Agricult., nat. res. & environment - environment - national scale	+	RENSE
Urban regeneration brings large areas of derelict and contaminated land back into productive use.	36	4	Construction - land use	+	RENSE
Development of 'zero' energy buildings that are independent of utilities and infrastructure.	68	5	Construction - sustainable development	+	SAMF

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Buildings are designed as dynamic and adaptive structures able to adjust automatically to the many varied pressures of people and nature.	11	7	Construction - buildings in use	+	SAMF
Development of practicable zero or near zero energy buildings.	103	1	Agricult., nat. res. & environment - environment - national scale	+	SYSTEM
New conversion/transmission techniques provide viable economic and environmentally acceptable alternative energy sources.	75	5	Agricult., nat. res. & environment - natural resources - renewables	+	SYSTEM
20% of UK communities and urban areas have a balanced system of energy consumption and energy creation.	69	6	Construction - sustainable development	+	SYSTEM
Compact lightweight, mouldable, durable, rechargeable batteries capable of powering portable office equipment for 24 hours are in widespread use.	62	1	Materials - energy storage and transmission	+	SYSTEM
80% of UK population completing secondary education is competent in technical subjects.	69	7	Chemicals - education and training	?	
Widespread use of interactive multimedia services and telesoftware for training/education at home.	70	5	Communications - services for business/consumers	?	
Widespread use in UK of multimedia teleworking enables people to work from home for much of the working week.	54	6	Communications - services for business/consumers	?	
Widespread use of multi-variable and intelligent controls on aircraft, helicopters and engines to improve their operational characteristics, including noise and vibration reduction.	66	6	Defence and aerospace - control systems	?	
First practical use of therapies based on purpose-designed non-peptide molecules which mimic the activity of peptides.	21	4	Health and life sciences - advances in therapeutics	?	
25% of the UK population use a portable integrated personal computer/communicator.	36	6	IT and Electronics - information distribution and exchange	?	
50% of UK households use a multimedia system which includes PC, telephones, TV, VCR, games and networking capabilities.	56	9	IT and Electronics - home and lifestyle	?	
10% of the UK working population telework 2 days per week.	50	10	IT and Electronics - application for industry and commerce	?	
25% of homes are connected to a high-capacity, interactive 'superhighway' for information, communication and entertainment.	1	6	Learning and Leisure - media development / superhighway	?	
Expert 'navigation' systems enable simple access to data 'warehouses' for all domestic users of all levels of computer literacy.	14	10	Learning and Leisure - media development / superhighway	?	
Commercial application of materials designed on biomimetic principles.	18	9	Materials - smart materials	?	
Widespread application of food packaging materials able to indicate that the food is safe for human consumption.	14	10	Materials - smart materials	?	

Topic	No.	Top 10	UK-foresight sector & sub sector	Betydning	Kategori
Widespread use of packaging that ensures temperature control of the packed item, enabling convenience shopping and home delivery.	21	2	Retail and Distribution - product related	?	
Multi-way interactive visual and audio communication used in 50% of UK homes.	1	3	Retail and Distribution - UK social trends	?	
To prevent the growth of an information underclass, the UK government makes equipment generally available to provide access to electronic shopping and information services.	53	4	Retail and Distribution - consumer	?	
Widespread use of product packaging that indicates age and condition of perishable products.	20	5	Retail and Distribution - product related	?	
Widespread use of Smart Tags improves product identification, quality control and tracking processes throughout the supply chain.	23	6	Retail and Distribution - supply chain	?	
Widespread use of high resolution Virtual Reality to market high value products (holidays, housing, fashion etc.).	39	7	Retail and Distribution - marketing	?	
Widespread use of networked systems to transfer and pay information.	29	8	Retail and Distribution - supply chain	?	
Widespread use of new, smaller container modules allowing automated interchange and transfer of modules between modes, and from long-distance to local-distribution vehicles.	17	7	Transport - multi-modal transport systems	?	
Improvements in the price-performance of buildings and structures facilitate an acceleration in the long-run rate of renewal of UK's building stock to double the present rate.	1	9	Construction - buildings in use	#	
International development of new air traffic management methods, technologies and standards to greatly increase safely the throughput capacity of European airspace.	2	4	Transport - air traffic systems	#	

Technology Radar - The Netherlands

UDVALGTE TEKNOLOGISKE FELTER SOM FORVENTES AT HAVE MILJØMÆSSIG BETYDNING

PROCESS TECHNOLOGY			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Reactor science		Waste storage and control	Industrial energy and human waste will increasingly need high efficiency, advanced treatment mechanisms. Creation of environmentally benign materials will reduce the need to store waste. Enhanced capabilities for biological water purification and sewage treatment and storage of ultimate wastes were cited as important goals.
Catalysis		Catalysts	Increase efficiency of thermal processing, produce pollution control catalysts.
Separation technologies	Remediation and restoration	Remediation and restoration	Goals for increasing efficiency remediation were a high priority cited in most reports. Restoring habitats at lower costs, improving decontamination and rehabilitation of polluted soils, recovery of spilled oils and other hazardous substances and restoring tropical forest ecosystems were also key goals.
		Comprehensive recycling systems	Using waste to help provide energy, reducing product packaging, increasing efficiencies in recycling systems, and lower municipal costs are all goals for this field.
	Pollution control		Replacing fluorocarbon and halon materials and other hazardous materials was cited as a high priority by most countries.
Process development	Materials processing	Pollution avoidance	Achieve lower levels of environmental loading; increase resource efficiency of process industries; take a life-cycle approach to design products and processes; enable multi-dimensional production and recycling/reuse systems.

ENERGY TECHNOLOGY			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Energy conversion to electricity	Energy storage, conditioning and distribution	Advanced batteries	Applications anticipated include power sources for electric vehicles, the capability of sensing change and bridging intermittent renewable energy sources for greater use feasibility; efficient, lightweight and long-life batteries for portable electronic devices.
	Energy management	Treatment of coal and waste incineration	Coal and incineration techniques will remain a large part of energy production; making them cleaner will improve the environment.
	Improved electricity generation	Gas turbines	Highly efficient energy generation with minimum pollution will be a key feature of this technology.
		Fuel cells	Commercial development of fuel cell technology for distributed generation and transport, possibly using hydrogen and hydrocarbon, will decrease pollution, and enable highly portable electronics products.
Energy saving technologies	Energy efficiency	Building technologies	Reduce demand for energy by increasing energy efficiency of buildings. Provide energy-efficient automated building management.
	Energy storage, conditioning and distribution	Power electronics	Goals for this technology field cited in reports include greater stability, lower losses, and faster switching of electric grid; conditioning of current from non phase-locked intermittent sources (renewable). High voltage direct current converter stations and real time systems control will improve efficiency.
		Capacitors	Capacitors are important contenders for power sources for clean vehicles. Developments are needed in high energy density capacitors.
		Natural gas storage	Technologies for the storage and transportation of liquefied natural gas will increase economical use of this desirable energy source.
	Energy recovery	Deep sea oil and gas production technologies	Environmentally benign methods are required.
Renewable energy technologies	Renewable energy	High performance solar cells	Mass production of devices for direct sunlight conversion at competitive prices is the key goal cited here. Other goals include improved performance in a wider range of wind resource sites and conversion to synthetic gas or oil production of electric power.
		Organic energy sources	High available and ubiquitous, development of economical technologies that could exploit biomass would aid sustainable development.

DISCRETE PRODUCTION			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Production automation technologies	Agriculture & food	Food processing	Improve efficiency and effectiveness of production of mass quantities of healthy food in an environmentally benign manner.
Microfabrication technologies	Micro/nano	Microdevice manufacturing	Better quality, lower-cost micromachines for sensors and control, use in cancer diagnosis, pollution detection and control, and self-replicating devices for space travel.

BIOTECHNOLOGY			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Breeding of plants and animals	Agriculture and food	Sustainable agricultural production	Goals include improved biological efficiency of agricultural organisms, biological pest control, sustainable agricultural systems, soil and water conservation, and reduced artificial farm chemicals. Improve availability of healthy food and enable greening deserts. Develop high yield environmentally benign processes for large scale plant production for use as fuel, food and input to textile production.
		Aquaculture and fisheries	Sustain fisheries population management and production; food quality assurance; avoid catching young fish; non-food fish and mammals.
Bioprocess technology	Biotechnology	Bioprocessing	Bioprocessing, enhanced aquaculture and the development of chemicals and pharmaceuticals. It will also lead to improved speed and efficiency in determining drug safety.
	Remediation and restoration	Biosensors	Biological sensors can be applied in hazardous materials sites and remote environmental monitoring. Significant applications are expected to health care.

MATERIALS TECHNOLOGY			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Development & production of metals		Alloys	Develop lighter, stiffer airframes, automobile frames; enable high-temperature structural applications in aerospace, shipbuilding and other transportation vehicles.
		Metals	Develop advanced metals with various properties customised to possible applications in car and ship building.
Development & production of polymers		Textile fibers	Develop textiles that can be used in industrial production, with emphasis on fire-resistant materials; place emphasis on environmentally-benign production methods. Develop advanced membranes that can act as high-fidelity industrial filters, explore medical applications for blood filtering.
Development & production of functional materials	Materials	Superconductors	Develop advanced sensors, low power electronics, power transmission, energy storage, powerful magnets for research, medical diagnosis, and maglev (rail) technology.
		Electronic materials	Improve medical imaging, signal processing, data routing; enable 'smart building'; further the miniaturisation of microwave communication devices and a multitude of other applications.

OPTO- & MICROELECTRONICS			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Microelectronic components	Components	Radar	Allow forecasting of intense rainfall and snowfall and prediction of hurricanes, tsunamis and ocean current; aid to sea farming, mining and environmentally monitoring.
Microelectronic components: sensors & actuators	Sensors	Physical sensing devices	Integrated sensing/signal processing; expanded in-situ monitoring; integrated systems diagnostics; environment/exposure monitoring; nano-controls; biological hazards detection/process control are anticipated users here.
	Biosensors		Biological sensors can be applied in hazardous materials and environmentally monitoring; significant applications are expected in health care.
	Chemical sensors		Chemical sensors can increasingly be applied to the manufacturing process, environmental monitoring; product tracking
Measurement & process control	Software & toolkits	Modelling & simulation	Rational design of new chemicals and pharmaceuticals; countermeasures against biological warfare; visualisation of machining process; design for minimising waste will result from advances in this technology.
		Advanced software	Software is becoming ubiquitous in networked, telecommunications and computing applications. Continued development of software will facilitate advanced computing and networking applications.
	Materials processing	Predictive process control	Measure production temperature, pressure, humidity, radiation, voltage and chemical makeup; seek applications in transportation, medicine and environmental monitoring.
	Discrete product manufacturing	Intelligent processing equipment	Enhance process monitoring and control, automate design of large-scale IC's. Increase production efficiency.

INFORMATION & COMMUNICATION TECHNOLOGIES			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Computer & network systems	Communications	Telecom/data routing Broadband network	Telecommunications and data routing have become priorities for both public and private sector players to improve economic and technical characteristics to support maximum access to the networked information infrastructure. Broadband networks are the key development of a global information infrastructure, particularly as that technology will enable cross-medium communications from satellites to wire and back.
Data & knowledge systems	Software & toolkits applications	Pattern recognition	Advances in this field will reduce development costs, reduce development cycle iterations, create higher product yield and increase manufacturing efficiencies. Applications could include: Long-term sea level forecasting; Monitoring/correction of acid rain; Natural disaster prediction.
	Information management	Large-scale information systems	Financial systems, electrical power grids, and public transport systems will all require advances in large-scale information systems.
	Management engineering	Management techniques	Improve techniques to manage large systems and industrial productions.

APPLICATION-ORIENTED TECHNOLOGIES			
FIELD	CATEGORY	SUB-CATEGORY	RELEVANCE
Environment	Monitoring and assessment	Integrated-environmental monitoring	Global climate/ocean observing systems; identification of dangerous chemicals and biological agents; increased understanding of carbon dioxide emission/extinction and natural disaster prediction/safety technology networks.
		Atmospheric and global systems software	Software with common standards will enable global environmental monitoring and reaction capabilities.
		Remote assessment of biosystems	Remote data provided to a global environmental monitoring system will enhance sustainability.
	Systems integration	Environmental design, control	Reduce environmental impact of vehicles maintaining production efficiencies and costs.
	Pollution control	Pollution sensing devices	Increased fraction of waste stream recovered for recycling and reuse by increasing efficiency and lowering costs with which components of stream can be separated will reduce pollution/environmental hazards.
Aerospace	Aerodynamics	Aircraft aerodynamics	Improve engine efficiency, aircraft stability improvement; reduce environmental impact of aircraft; build low-observable aircraft, long-range, high-speed aircraft.
	Avionics and control	Non-manned aircraft	Applications in environmental monitoring; dangerous missions, long-distance cargo transport.
		Surface transport control	More efficient, lower emissions engines, efficient transport vehicles and systems, all enable economic development.
Power and propulsion	Aircraft turbines	Sustained supersonic cruise without afterburners; better specific fuel consumption; develop more powerful engines with better fuel economy and lower NO _x emissions; increase safety, quality assurance; lower manufacturing costs.	
Transport	Power and propulsion	Engine technology	Explore a range of possible alternative engine designs for greater efficiency; environmental impact; reduce engine noise.
			Reduce engine weight; lengthen engine life; reduce emissions.
	Systems integration	Intelligent transport systems	Enhance information and control capabilities of existing physical transport infrastructure to increase safety, capacity, driver convenience, fuel consumption, congestion and promote efficiency.
	Rapid rail	Continuous operation railcars	Replace current rapid rail while meeting environmental standards.
Superconductivity magnetic levitation railways		Develop high speed trains that are powered by magnetic levitation.	

Environmental Outlook - OECD

- The 'green light' signals pressures on the environment or environmental issues for which recent trends have been positive and are expected to continue in the future, or for which the recent trends have not been so positive, but are expected to improve.
- The 'yellow light' signals areas of uncertainty or potential problems. These relates primarily to environmental pressures and environmental issues for which current understanding is inadequate.'
- The 'red light' signals pressure or environmental conditions for which the recent trends have been negative and are expected to continue, or for which the recent trends have been stable but are expected to worsen in the future. The 'red lights' need to be urgently addressed by OECD countries.

ECONOMIC, SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DRIVERS OF ENVIRONMENTAL CHANGE		
green light	yellow light	red light
Structural effects on the environment are likely in general to be positive, as comprehensive liberalisation of trade and investment improves resource efficiency.	The effects of ageing populations on the environment are not well understood.	The physical expansion of urban areas leads to increasing pressure of the environment.
The environmental goods and services market is projected to grow rapidly in the future, although it is currently still small.	Technology effects of globalisation on the environment are generally expected to be positive or neutral, but may be negative in some circumstances.	Scale effects of economic growth on the environment, spurred by further globalisation are like to be on balance negative.
	Environmental impacts from GDP growth depend on changes in the structure of the economy, technologies employed, environmental policies, and local environmental conditions.	Growing environmental pressures from consumption include increased use of natural resources, pollution associated with increased energy and transport use, and waste generation.
	The environmental effects of current consumption patterns remain a peripheral issue in most OECD countries, treated in an ad-hoc fashion.	
	Consumers in OECD countries are concerned about environmental quality, but their concern has often not been translated into behavioural changes.	

ECONOMIC, SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DRIVERS OF ENVIRONMENTAL CHANGE		
green light	yellow light	red light
	Potential biotechnology advances in agriculture have raised social, economic, and political questions related to their potential health and environmental impacts.	

PRIMARY SECTORS AND NATURAL RESOURCES		
green light	yellow light	red light
Although environmentally friendly agricultural systems still represents a small share of total agricultural production, they are increasingly used in the OECD countries.	Although water charges in OECD countries have been increasing, in most cases the full costs of providing water services are still not covered by water prices.	Agricultural intensification has led to a growing use of energy, water and agrochemicals, increased soil erosion, and reduced habitat provision in OECD countries.
Eco-labels and agricultural certification schemes are increasingly used in OECD countries to inform consumer food choices.	While aquaculture can help alleviate stress on capture fisheries from increased demand for fish, it can also have negative impacts on local ecosystems.	Agrochemicals run-off is one the main contributors to groundwater pollution in OECD countries, and is expected to worsen to 2020.
Most OECD households are connected to basic sewage treatment systems and more advanced wastewater treatment processes are increasingly used.	New technologies have the potential to help improve fisheries management, but also to increase the rate of unsustainable fish harvests.	Subsidies to agriculture in OECD countries are very large, and the majority are tied to potentially environmentally damaging production or inputs.
OECD countries are increasingly managing their water resources on a river basin or catchment basis.	The share of wood produced in intensive plantation is expected to increase in OECD regions to 2020.	By 2020, over one-quarter of a billion people worldwide are expected to be living under high water stress.
Timber is increasingly being harvested from second growth and planted forests, reducing pressures on natural old growth forests.	Forest quality and biodiversity habitat in OECD countries may decrease to 2020 because of more intensive forestry practices.	The pollution of OECD groundwater resources - particular from agrochemicals run-off - is expected to worsen to 2020.
OECD countries have been expanding the area of natural forest that is protected in national parks or reserves.		Fish catch from capture fisheries is likely to remain stable, or possible decrease, to 2020 because of poor management of fish stocks.
Protected natural areas are growing both in number and size in OECD countries.		A number of common fish species are threatened with commercial extinction
		Tropical deforestation is expected to continue at alarming rates over the next few decades.
		Perverse incentives, including subsidies to some sectors, continue to encourage environmentally damaging activities resulting in biodiversity loss in OECD countries.

ENERGY, CLIMATE CHANGE, TRANSPORT AND AIR QUALITY		
green light	yellow light	red light
OECD countries are achieving some de-coupling of energy from economic growth.	Economic analyses indicate that the costs of meeting Kyoto targets for Annex I countries would be low, though adjustments costs may be significant in some sectors.	Energy consumption in OECD countries and worldwide is projected to continue to increase to 2020.
Changes in land use and forestry are estimated to be a net CO ₂ sink for most OECD countries.	Barriers to the widespread use of more environmentally friendly transport technologies and good practices exist across OECD countries.	Fuel combustion remains the major source of greenhouse gas emissions and many air pollutants.
Significant reductions in emissions of SO _x , CO and lead have been achieved in OECD countries.	Despite progress in reducing air pollution emissions in OECD countries, serious air quality and related human health problems persist.	Most subsidies to energy production continue to support the more environmentally damaging fuel sources.
		Emissions of CO ₂ in OECD countries are projected to increase by app. 33% from 1995 to 2020.
		Meeting Kyoto targets will require reducing greenhouse gas emissions in OECD countries by roughly 20% to 40% in 2020 compared with Reference Scenario projections.
		Projected emissions of greenhouse gases will lead to increases in global mean temperature and a rise in sea levels.
		The contribution of the transport sectors to the total CO ₂ emissions in OECD countries is projected to increase from app. 20% in 1995 to 30% in 2020.
		Noise levels seriously affecting human health are still recorded in many OECD countries.
		Emissions of fine and ultra-fine particulate matter have been increasing in OECD countries, with significant negative impacts on human health in urban sites.
		High emission levels of NO _x and volatile organic compounds remain a concern in OECD countries due to their contribution to the formation of photochemical smog.

HOUSEHOLDS, SELECTED INDUSTRIES AND WASTE		
green light	yellow light	red light
Household demand for freshwater has stabilised or declined in a number of OECD countries.	Household energy demands is likely to continue to rise in OECD countries to 2020, but there is a large potential for further energy efficiency gains.	Household private car use and air travel will increase to 2020, contributing strongly to growing emissions of greenhouse gases.
Some OECD governments are using information instruments in combination with other measures to stimulate environmentally friendly consumer decisions.	CO ₂ and SO _x emissions from the steel industry are expected to increase substantially to 2020, but introduction of new technologies could offset this increase.	There is a lack of adequate safety information about the great majority of chemicals on the market.
The use of recovered paper in the pulp and paper industry is increasingly rapidly.	The steel industry has made progress in increasing its efficiency of resource and energy use, but still uses large amounts of energy, water, and iron ore.	Municipal waste generation in OECD regions is projected to grow by 43% from 1995 to 2020.
The emission of some pollutants to the environment from the chemicals industry is decreasing.	Steel production has negative impacts on human health, but these effects have been reduced in recent years.	Soil contamination at existing waste dumping sites is expected to continue, affecting land use and ground water quality.
Tremendous progress has been made in OECD countries in phasing out the production and consumption of ozone depleting substances.	CO ₂ and SO _x emissions from the pulp and paper industry are expected to increase substantially to 2020, but introduction of new production technologies could offset this increase.	
	Hazardous waste generation is projected to increase in OECD countries, but management of this kind of waste is expected to continue to improve.	

SELECTED CROSS-CUTTING ISSUES		
green light	yellow light	red light
OECD countries have made progress in providing environmental information to the public.	Environmental damage is responsible for 2-6% of the total burden of diseases in OECD countries.	The effects on human health of the widespread release of chemicals to the environment may worsen in OECD countries in the future.
Many OECD countries are making their environment-related decision-making more open and transparent.	Limited information is available on how environmental quality and access to environmental resources is spread across different communities in OECD countries.	
	Analysis of the distributive effects of environmental policies in OECD countries remains scant.	
	There is still uncertainty about the evidence of double dividend from environmental taxes. <i>Ex post</i> evaluations are needed.	
	Despite increases in resource use efficiency, total consumption of resources is continuing to increase in OECD countries.	
	The net effects of resource use of the rapid development of many new technologies - including information and communication technologies and modern biotechnology - are unclear.	