

En sammenstilling av kunnskapsstatus (state-of-the-art) innen feltet industriell økologi

Helge Brattebø, Stig Larssæther og Kjetil Røine

Program for industriell økologi, NTNU
RAPPORT NR: 5/1999

Rapporter og meddelelser fra

Program for industriell økologi (IndEcol) Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Rapport nr.5/1999
ISSN 1501-6153
ISBN 82-7948-005-6

Redaktør:
Professor Helge Brattebø, Programleder (IndEcol)

Layout ansvarlig:
Harriet B Dahl, Kontorleder (IndEcol)

Rapporter og meddelelser kan bestilles fra:

Program for industriell økologi (IndEcol),
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
7491 Trondheim
Tlf.: 73598940
Fax.: 73598943
Internett: www.IndEcol.ntnu.no

Pris: NOK 120,-
Opplag: 200

FORORD

Industriell økologi er det tredje satsingsområdet som er startet opp i forskningsprogrammet Produktivitet 2005, fra og med 1. januar 1998. Arbeidet følger prosedyren for etablering av satsingsområder i P2005, ved at det først utføres en 'Forberedende fase', der det etableres en kjernegruppe med deltakelse fra fagmiljø og bedrifter i vareproduserende industri, det utarbeides en 'state-of-the-art' rapport på feltet, og det utarbeides en Forskningsplan for satsingsområdets prioriteringer de neste 3-4 år.

Virksomheten på Industriell økologi i P2005 har vært svært stimulerende, og viderefører på en god måte de initiativ som ble tatt ved NTNU i perioden 1996-98, bl.a. med støtte fra Norges forskningsråd, som ledet frem mot at Kollegiet ved NTNU i juni 1998 vedtok at NTNUs Program for industriell økologi (IndEcol) etableres som et eget langsiktig program, med vekt på tverrfaglig forskning, forskerrekruttering og etablering av nytt multifakultært studieprogram. Det er ingen tvil om at fokuseringen og kvaliteten i forskningen og det tette samarbeid med vareproduserende industri som nå utvikles i regi av P2005, vil bli kritiske suksessparametre for den videre utviklingen av feltet Industriell økologi. Dette er derfor av største betydning både for universitet, forskningsinstitutt, miljømyndigheter og selvsagt industrien selv i årene som kommer.

Med bakgrunn i spennende diskusjoner og mange faglige innspill fra forskere i NTNU og Sintef, Stiftelsen Østfoldforskning, Høgskolen i Møre og Romsdal, Høgskolen i Vestfold, og ikke minst innspill fra de samarbeidende industribedrifter på feltet Industriell økologi, har vi nå utarbeidet en 'state-of-the-art' rapport for Industriell økologi i P2005. Rapporten er redigert sammen av en gruppe bestående av Odd Andreas Asbjørnsen (Inst. termisk energi og vannkraft), Odd Myklebust (Sintef teknologiledelse), Knut Erik Solem (Inst. sosiologi og statsvitenskap), Kjetil Røine, Stig Larssæther og undertegnede ved IndEcol. Jeg vil spesielt takke disse for innsatsen. Samtidig gis en takk til alle andre enkeltpersoner som har levert bidrag direkte til rapporten og dens vedleggsnotater: Øivind Hagen, Hans Torvatn, Ole Jørgen Hanssen, Kristin Wigum, Sigurd Støren, Signe Kjelstrup, Olav Fagerlid, Jan Hovden, Britt-Marie Drotts Sjöberg, Ranveig Tinmannsvik, Arne Eik, Ingvild Malvik og Trond Lamvik.

Faren ved en rapport som dette er at den spriker i alle retninger, og blir for omfangsrik. Vi har forsøkt å holde stramme tøyler underveis, men det er ikke lett å holde et presist fokus og en enhetlig form når fagfolk på tvers av disipliner og kulturer skal drøfte og skrive sammen en 'state-of-the-art' rapport på et så nytt og mangfoldig felt som Industriell økologi. Vi ber derfor om forståelse for variasjoner i form og perspektiv underveis. Samtidig kan jo

Forord

dette også bidra til å gi innsikt i ulike fortolkninger av industriens miljøarbeid, på tvers av disiplinene.

Rapporten legger vekt på å være fremadskuende, og gir derfor på mange måter en statusbeskrivelse for hvordan vi i dag fortolker behov og muligheter for miljømotiverte tiltak i vareproduserende industri i årene fremover. Slik blir den forhåpentligvis et nyttig redskap også for utarbeidelsen av konkrete forskningsplaner og for den videre forskning på feltet. Samtidig er håpet at rapporten kan utgjøre en felles referanse for de ambisjonene P2005 skal forsøke å oppfylle på dette nye og viktige feltet.

Rapporten kan bestilles hos IndEcol ved NTNU, og gjøres tilgjengelig også over Internett-sidene til P2005 og IndEcol (lenker finnes fra NTNUs Internettside: www.ntnu.no). Herfra vil det også være mulig å laste ned mer utfyllende vedleggsnotater som er utarbeidet i tilknytning til rapporten.

Trondheim, den 5. november 1998



Professor Helge Brattebø

SAMMENDRAG

Industriell økologi har siden 1996 vært et prioritert nytt felt ved NTNU, støttet opp av en tilsvarende satsing innen Bærekraftig produksjon i Sintef. I 1998 er også Industriell økologi initiert som satsingsområde i Produktivitet 2005 (P2005). Rapporten State-of-the-art innen P2005 Industriell økologi oppsummerer arbeidet med å sammenfatte hva som ligger i dette feltet, m.h.t. forståelse, faglige tilnærminger, metodiske tilnærminger, utviklingstrekk og ikke minst muligheter for den vareproduserende industri. Rapporten er både bygget på litteraturgjennomgang og deltakelse i forskningsprosjekter og konferanser, som del av en tett samarbeid med norsk industri og med ledende fagmiljø i utlandet. På dette feltet er det ikke mulig å angi det "sanne" svar på hva som karakteriserer problemstillingene og mulighetene fremover. Rapporten bør mer betraktes som et forsøk på en felles kunnskapsplattform på feltet, og som et startpunkt for det videre arbeid med å konkretisere retninger og innhold for forskning.

Industriell økologi er mer et konsept, et perspektiv, enn et fagfelt. Det er snarere et felles fokuseringspunkt og tildels en felles tilnærming til håndteringen av industrielle miljøoppgaver, på tvers av ulike fagfelt eller disipliner. Norsk næringsliv forstår godt de utfordringer som ligger i dette konseptet, men er i liten grad kjent med de mange metodiske og mer teoretiske sider ved industriell økologi. Industrien fremhever renere produksjon og vinn-vinn situasjoner som det man arbeider med, i tillegg til den mer tradisjonelle miljøteknologi knyttet til avfall og utslipp. Det er likevel overraskende mange bedrifter som allerede har tatt i bruk systemperspektivet og livsløpsvurderinger knyttet til sitt produktbaserte miljøarbeid, spesielt i vareproduserende industri. Industriell økologi innebærer derimot også et sterkt fokus på miljøbelastninger i bruksfasen og på løsninger på resirkuleringssiden. Her har man store utfordringer foran seg, ikke minst knyttet til emballasje og elektroniske og elektriske produkter. Denne type nyorientering vil kreve samarbeid om oppgaver langs hele verdikjeden for et produkt (vugge-til-grav) og på tvers av verdikjeden, der relasjoner til mange nye aktører bringes inn.

Industriell økologi som del av P2005 må forstås som del av et utvidet produktivitetsbegrep, der økologiske og økonomiske kvaliteter ved en gitt løsning skal ses i sammenheng (øko-effektivitet), og skal forbedres både på bedriftsnivå og på samfunnsnivå. Den sentrale problemstillingen innen industriell økologi blir å forene motsetningene som ligger her. Metodisk sett vil kompetanseproduksjon på feltet måtte baseres på systemtenkning og systemtekniske metoder, som tilfredsstillende behovene som akademia, forskning og industri har på feltet. For industrien vil særlig koplingen av

miljøforbedringer og økonomisk lønnsomhet være et sentralt krav. Derfor må det legges vekt på kvantifisering av øko-effektivitet på de ulike nivå. En slik kvantifisering har betydelige metodiske utfordringer ved seg, ikke minst knyttet til valg av gode indikatorer, slik at øko-effektivitet kan bli et operativt begrep for bedriften i praksis.

Trendene i miljøpolitikken viser at det er en stor endring over mot produkt- og markedsbaserte løsninger. Drivkreftene for industriell økologi har vi primært i markedet selv, ved at bedriftene opplever øko-effektivitet som en stadig viktigere konkurranseparameter, både på kort og på lang sikt. Noen viktige 'megatrender' er befolkning og ressurser, teknologi/menneske/politikk, og menneskelige verdier. Her er både globalisering, ressursknapphet, frihandel, og rask teknologisk endring viktig parametre som vareproduserende industri må forhold seg til. Som del av miljøpresset er i dag økt energieffektivitet sett på å være en vesentlig trend. En viktig oppgave er å utvikle et sett av suksesskriterier som kan bidra til å operasjonalisere øko-effektivitet på bedriftsnivå, og disse vil som regel være knyttet til de miljøoppgaver som anses mest essensielle for den enkelte bransje. Likevel er det mulig å angi noen generelle trekk som innebærer en vektlegging av operative indikatorer for øko-effektivitet og systematisk miljøledelse (de 'indre' orienterte suksessparametre), og nettverkssamarbeid og organisasjonslæring (de 'ytre' orienterte parametre). Organisasjonskultur og -utvikling kan med fordel baseres på slike kriterier. Avslutningsvis angis det også et sett av mer instrumentelle metoder for tekniske miljøforbedringer.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
INNHALDSFORTEGNELSE	V
1 INTRODUKSJON	1
2 FORSTÅELEN AV INDUSTRIELL ØKOLOGI SOM ET NYTT PERSPEKTIV	5
2.1 Industriell økologi nasjonalt og internasjonalt	5
2.1.1 Bakgrunn	5
2.1.2 Industriell økologi i norsk næringsliv	5
2.1.3 Industriell økologi i utlandet	6
2.2 Hva nytt bringer industriell økologi inn?	7
2.2.1 Kort om industriell økologi	7
2.2.2 Nye vesentlige momenter	8
2.2.3 Øko-effektivitet som del av den sentrale problemstillingen	11
2.3 Behovet for samarbeid og bidrag fra ulike aktører	13
2.3.1 Hvilke oppgaver skal det samarbeides om?	13
2.3.2 Hvilke aktører involveres?	15
2.4 LCA og miljøtilpasset produktutvikling i norsk og nordisk industri	15
2.4.1 Hvorfor er LCA og miljøtilpasset produktutvikling sentralt?	15
2.4.2 Livsløpsvurderinger (LCA) i Norge og Norden	16
2.4.3 Miljøtilpasset produktutvikling i Norge og Norden	18
2.5 Mangler ved industriell økologi-tilnærmingen i dag	20
2.5.1 Terminologi	20
2.5.2 Konsepter	21
2.5.3 Systemtenkning	21
2.5.4 Menneskelige faktorer	22
2.5.5 Fysiske lover og bibetingelser	22
2.5.6 Ressurskaskaden og forbrukskaskaden	23
2.5.7 Verdidiskusjon	23
3 INDUSTRIELL ØKOLOGI, PRODUKTIVITET OG P2005	25
3.1 Visjoner og utfordringer	26
3.1.1 Integrasjon av en virksomhet og dens omgivelser	26

Innholdsfortegnelse

3.1.2	Industriell økologi og produktivitet	27
3.1.3	Systemtenkning og industriell økologi er i utgangspunktet tverrfaglig.....	27
3.2	Aktører og deres interesser og behov.....	28
3.2.1	Behovene til den akademiske profesjon.....	28
3.2.2	Behovene til den vitenskapelige profesjon	29
3.2.3	Behovene til den industrielle profesjon	29
3.3	Spesifikasjon av aktørenes krav og krav til aktørene	30
3.3.1	Akademiske krav.....	30
3.3.2	Vitenskapelige krav	31
3.3.3	Industrielle krav	31
3.4	Vareproduserende industri i Norge.....	32
3.4.1	Definisjon av vareproduserende industri	33
3.4.2	Avgrensinger	34
3.4.3	Generelle trender og drivmekanismer.....	34
3.4.4	Utfordringer.....	36
3.5	De overordnede målsetningene i P2005.....	36
3.5.1	Hovedmål for prosjektet P2005	36
3.5.2	Samsvar mellom delmål for industriell økologi og mål for P2005	37
3.5.3	Samarbeid med aktørene i andre deler av P2005.....	37
3.6	Hvor ønsker vi å være i 2005 - 2010?.....	38
3.6.1	Utvikling av vareproduksjon i Norge	39
3.6.2	Nye initiativ fra myndighetene	39
3.6.3	Ny rolle for universitetene.....	39
4	TRENDER OG FREMTIDSSCENARIER FOR VAREPRODUSERENDE INDUSTRI.....	41
4.1	Samsvaret mellom trender og industriell økologi	41
4.2	Trender og megatrender.....	41
4.2.1	Trender.....	41
4.2.2	Megatrender.....	43
4.3	Energieffektiviteten i fokus.....	44
4.3.1	En kvalitetsskala for energi	45
4.3.2	Et mål for effektiv energibruk: Produksjon med ekvipartisjon av krefter.....	45
4.4	Håndtering av usikkerhet og omstilling	46
4.5	Forbrukeradferd, konsumenter og preferanser.....	47
4.6	Livskvalitet og verdier	49

Innholdsfortegnelse

4.6.1	Livskvalitet versus levestandard	49
4.6.2	Arbeid versus fritid.....	51
4.6.3	Kollektivt ansvar og fremtidige generasjoner.....	52
4.7	Miljø som konkurransefaktor	53
4.7.1	Aktører og mekanismer.....	53
4.7.2	Næringslivets egen oppfatning	53
4.7.3	Blir miljø overkjørt av økonomi?	54
5	FREMTIDIGE UTFORDRINGER OG MULIGHETER FOR VAREPRODUSERENDE INDUSTRI	57
5.1	Ytre forutsetninger og rammevilkår	57
5.1.1	Noen hovedendringer i miljøpolitikk og miljøregulering	57
5.1.2	Endringer i virkemiddelapparatet i miljøpolitikken	59
5.2	Miljøutfordringer i vareproduserende industri.....	60
5.3	Suksessparametre for vareproduserende industri	62
5.3.1	Innledning	62
5.3.2	Suksessparametre på bedriftsnivå.....	63
5.3.3	Suksessparametre på samfunnsnivå.....	65
5.3.4	Sammenfatning om suksessparametre	66
5.4	Muligheter og tiltak i vareproduserende industri.....	67
5.4.1	Organisasjonsutvikling og -læring.....	68
5.4.2	Utvikling av miljøvennlige produkter og prosesser.....	73
5.4.3	Metoder for analyse av risiko og sårbarhet	79
5.4.4	Innovasjon	81
6	KOMPETANSEPROFIL.....	83
6.1	Hva kan P2005 Industriell økologi tilføre bedriftene og akademien.....	83
6.2	Kompetanseprofil i lys av bredden innen industriell økologi.....	84
6.3	Kompetanseprofil rettet mot øko-effektive løsninger for produkter produksjon, og for resirkuleringssystemer	86
7	VEDLEGG.....	89
8	REFERANSER	91

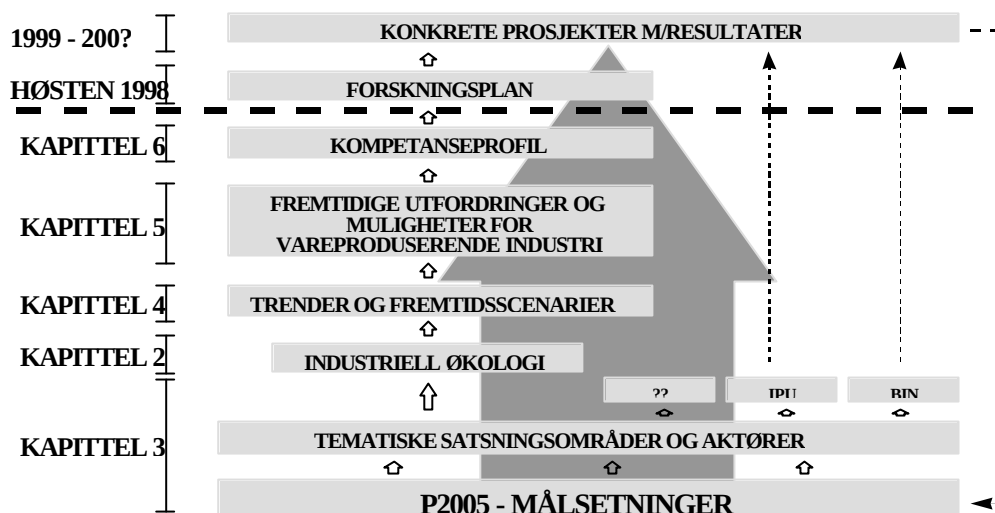
1 INTRODUKSJON

Denne state-of-the-art rapporten er rettet mot de ulike aktørene som vil delta aktivt innen satsingsområdet industriell økologi i P2005. Dette er i hovedsak akademia (NTNU/SINTEF) og vareproduserende industri. Rapporten retter seg imidlertid også mot de som vil arbeide tett opp mot dette satsingsområdet, eksempelvis de andre satsingsområdene i P2005 (både akademia og industri), myndigheter/forvaltning, samt programstyret og programledelsen i P2005.

I P2005 er det flere interesser og kryssende akser. Det er mange begreper og aktører å forholde seg til, og like viktig er det at disse også skal forholde seg til hverandre; kompetanseheving, integrert produktutvikling, bedrifter i nettverk, industriell økologi, vareproduserende industri, NTNU, SINTEF. Hva er kjernen og fellesnevneren for alt dette, i P2005, i industriell økologi og/ eller i vareproduserende industri? I en så tidlig fase som både P2005 og industriell økologi som satsingsområde befinner seg i nå, er det helt avgjørende for et godt resultat å diskutere hva de ulike aktørers roller, interesser og suksessparametre er, og hvordan de kan gjøre nytte av hverandre for å oppnå synergieffekter.

For satsingsområdet industriell økologi vil dette konkret si at det må diskuteres hvordan satsingsområdet kan bidra for at P2005 skal bli en suksess. Hvordan skal vareproduserende industri anvende industriell økologi for å oppnå økt produktivitet? På denne måten kan vi oppnå konsensus om hva vi ønsker, slik at dette kan danne grunnlag for det videre arbeidet. Figur 1 nedenfor viser hvordan denne rapporten tematisk er bygget opp og hva rapporten skal brukes til i ettertid. Den vertikale pilen indikerer at state-of-the-art er et viktig virkemiddel på veien mot å realisere målsetningene i P2005 gjennom konkrete prosjekter.

Introduksjon



Figur 1.1: Utviklingen av P2005 og hvordan dette dekkes i state-of-the-art rapport

Utfra det som er nevnt over kan det avledes atskillige hensikter med denne state-of-the-art rapporten. For det første skal den være retningsgivende for virksomheten videre og danne grunnlag for forskningsplanen innen satsingsområdet industriell økologi, som skal utarbeides høsten 1998. Dette innebærer at den skal være samlende for kjernegruppen, industrien forøvrig og de andre aktørene. Ettersom industriell økologi er et nytt felt, er intensjonen også å danne en felles forståelse av industriell økologi blant medlemmene av kjernegruppen, på tvers av veletablerte disipliner og industrimiljøer.

Denne rapporten er utformet med utgangspunkt i at industriell økologi krever bidrag fra ulike aktører og interesser, eksempelvis industri, myndigheter, forsknings- og universitetsmiljøer. Disse kan ha ulike oppfatninger om hva som er de sentrale problemstillinger innen industriell økologi, og av hvordan disse bør håndteres. Noe av utfordringen er å forsøke å forene disse oppfatningene slik at de tilsammen trekker i samme retning, for på denne måten å oppnå et klarere bilde av et omfattende, fragmentert og tilsynelatende divergerende konsept. Til slutt skal state-of-the-art rapporten klargjøre de ulike aktørenes kunnskapsbehov og den kompetanseprofil som er nødvendig i de endringsprosesser som må til for å bevege industrielle produkter/systemer i industri-økologisk retning. Det vil bli viktig å kunne gi svar på hvilken kunnskap og kompetanse industri-økologer har som andre ikke besitter.

Introduksjon

Til tross for at industriell økologi er et forholdsvis ungt konsept, har utviklingen vist at det kan tolkes og håndteres i svært mange retninger (O'Rourke, 1997). Vi vil i kapittel 2 forsøke å belyse hva nytt konseptet bringer inn. Er det bare et nytt ord på gamle metoder og modeller? Det er også viktig å kunne utdype hva som er de sentrale problemstillingene og om disse er sammenfallende for de ulike aktørene. Dette er nødvendig for å kunne tegne en fremtidig kompetanseprofil for de som skal arbeide med P2005 og industriell økologi.

Utviklingen av industriell økologi som fagområde, i P2005 anvendt på vareproduserende industri, krever gjensidig respekt for nødvendigheten av de ulike aktørers kompetanseområder. Det å innta et system- og helhetsperspektiv innebærer blant annet at det arbeides både med bedrifts- og samfunnsaspekter i miljøutfordringen. Industriell økologi søker å problematisere og gi mulige svar på kompliserte spørsmål som per se ikke kan besvares av enkeltaktører. Dette, sammen med vilje til endring og implementering, tror vi utgjør nøkkelen til å kunne lykkes med å nå de målene industriell økologi arbeider etter, både i P2005 og generelt i det industrielle samfunn.

Rapportens navn, "state-of-the-art", er ikke spesielt dekkende for det faktiske innhold. Den er ikke bare ment å være et deskriptivt sammendrag av statusen for industriell økologi i dag (tilbakeskuende), men i vel så stor grad er den ment å være *fremadskuende*. For å kunne argumentere for en fremtidig kompetanseprofil er det nødvendig å belyse trender og fremtidsscenarier som vil bli bestemmende for de rammer og forutsetninger vi må forholde oss til. Dette fremkommer i kapittel 4. I kapittel 5 diskuteres fremtidige utfordringer og muligheter for den vareproduserende industrien, med utgangspunkt i industriell økologi. Rapporten omhandler ikke konkrete forskningsprosjekt, men diskuterer tematikk som danner utgangspunkt for disse.

Selve State-of-the-art rapporten er på drøye 60 sider. For utdypende kommentarer og mer fullstendig argumentasjon er det laget egne vedleggsnotater som kan bestilles separat eller hentes fra internett www.indecol.ntnu.no.

Industriell økologi har potensiale til å bli betydningsfullt både for industri, for myndigheter og for universitets- og forskningsmiljøer i deres arbeid for å bevege samfunnet i en bærekraftig retning. Dette baserer seg på forutsetningene om at det er en tilstrekkelig kriseforståelse hos aktørene om behovet for en bærekraftig utvikling og at det ligger et forretningspotensiale i konseptet. Industrien er den mest sentrale utøvende aktøren i dette bildet og det er derfor nødvendig at utviklingen av industriell økologi må skje i samsvar med industriens krav til og behov for inntjening og profit. Disse to forutsetningene *kan* imidlertid være innbyrdes motstridende, det vil si at

Introduksjon

behovet for en bærekraftig utvikling trekker i motsatt retning av behovet for inntjening og profitt. Utfordringen er hvordan disse to interessene, enkeltbedrifters egeninteresse og samfunnets interesse for en bærekraftig utvikling, kan trekke i samme retning. Dette handler om økt øko-effektivitet, eller en økologisk utvidet produktivitet, både på bedrifts(mikro)- og samfunns(makro)nivå.

2 FORSTÅElsen AV INDUSTRIELL ØKOLOGI SOM ET NYTT PERSPEKTIV

2.1 Industriell økologi nasjonalt og internasjonalt

2.1.1 Bakgrunn

Industri-økologiske strategier og tiltak skal komme i tillegg til, og delvis erstatte, innarbeidede miljøstrategier. Man erkjenner etterhvert at forebyggende og helhetlig tenkning faktisk krever en ny fokusering, og at dette på lang sikt vil være miljømessig nødvendig og, i mange tilfeller, økonomisk fordelaktig. Dette arbeidet skyter nå stor fart i industrien, med aktiv støtte fra myndighetene. Det er et stort behov for økt kunnskap og egnede metoder i spennet mellom hvordan tiltak innarbeides på bedriftsnivå og samtidig virker på samfunnsnivå, eller for å snu bildet, hvordan tiltak bør utformes på bedriftsnivå for at de også skal ha en ønsket effekt på samfunnsnivå (Hagen, Røine & Brattebø, 1998).

Det vises ellers til eget vedleggsnotat *Industriell økologi og forskningsutfordringer* (Brattebø og Røine, 1998). Dette notatet er bl.a. fremkommet som resultat av NTNU's Forprosjekt innen industriell økologi i 1996-97 (Brattebø et. al. 1998), som utgjør en nyttig plattform for arbeidet med Industriell økologi innen P2005.

2.1.2 Industriell økologi i norsk næringsliv

Som del av Forprosjekt innen industriell økologi 1996-97 ble det høsten 1997 gjennomført en kartlegging av status for industriell økologi i norsk næringsliv (Hagen, Røine & Brattebø, 1998). Det er i denne forberedende fasen i P2005 gjennomført en studie av livsløpsvurderinger (LCA) og miljøtilpasset produktutvikling i norsk og nordisk industri, se kapittel 2.4 og vedleggsnotatet *Livsløpsvurderinger og miljøtilpasset produktutvikling i nordisk industri* (Hanssen og Wigum 1998).

Undersøkelsen viser at industrien er svært opptatt av disse nye perspektivene, selv om det som forventet er slik at det i hovedsak er de større og de sterkt internasjonalt orienterte bedriftene som faktisk har iverksatt flest tiltak i praksis. Det er et stort behov for kunnskap i industrien, spesielt rettet mot hvordan man bør operasjonalisere industriell økologi i praksis, som del av en profesjonell miljøledelse og som del av bedriftens HMS-arbeid. Det er også overraskende mange som rapporterer at metoder for livsløpsvurderinger er tatt i bruk. Drivkraften bak denne nyorienteringen er økonomiske gevinster og forventninger om økte krav fra markedet på sikt.

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

Industrien påpeker behovet for videreutvikling av verktøy og tiltak som livsløpsvurderinger, resirkulering, avfallsminimering og miljøsamarbeid. En videreutvikling av industriell økologi vil måtte innebære utvikling av kunnskap om hvordan bedriftene skal kunne være i stand til å se egen miljøbelastning i en større sammenheng.

Materialet viser at bedriftene overlater de 'store' oppgavene og spørsmålene til politikere og forskere. En annen gjennomgående problemstilling er forholdet mellom økonomi og økologi/ miljø. Flere miljøtiltak blir forklart som 'vinn-vinn' situasjoner, men likevel skinner det gjennom at det er først og fremst økonomi som er den viktigste referanserammen for beslutninger. Dette må sees i lys av kriseforståelsen blant flertallet av respondentene i undersøkelsen. Etter hvert som denne forståelsen øker, tror vi også at økologiske og miljømessige hensyn vil få en mer sentral plass i beslutningsprosesser.

Det kommer også frem at bedriftene legger mest vekt på tekniske og økonomiske sider ved miljøspørsmål. Selv om det på mange måter strider mot den enkelte bedrifts økonomiske tenking, vil en videreutvikling av industriell økologi *også* kreve fokus på forbrukersiden og hvordan bruken av ressurser organiseres. Det synes opplagt at en større vektlegging av kretsløpshensyn og miljøvennlig produktstrategi, som alt har vunnet betydelig innpass i næringslivet, er påkrevet for å iverksette et slikt fokus videre.

2.1.3 Industriell økologi i utlandet

Vi har ikke utført en dekkende undersøkelse av hvordan industriell økologi står i utenlandsk industri, og vurdert denne i forhold til Norge. Det vi ser fra litteraturen, på konferanser og ikke minst på bedrifters, organisasjoners og miljømyndigheters Internett-presentasjoner, er likevel at det (i land vi kan sammenligne oss med) er meget sterk interesse knyttet til industriell økologi, spesielt til de problemstillinger som befatter seg med miljøvennlig produksjon og 'produkters' miljøbelastning over hele livsløpet. Denne samlede innsatsen går imidlertid under mange forskjellige betegnelser og navn: 'greening of industry', 'life-cycle management', 'ecodesign', 'producer responsibility', 'cleaner production', osv.

Tradisjonelt har feltet industriell økologi et utgangspunkt i studien av materialstrømmer og stoffomsetning i samfunnet - den industrielle metabolisme (Ayres og Simonis 1994), og dette er fortsatt et av hovedtemaene i industriell økologi. Det er også på sin plass å nevne at industriell økologi, slik feltet i sine første år har utviklet seg, først og fremst preges av et teknologifokus. Det er først nå i det siste at forskere som Ehrenfeld (1994, 1997) og O'Rourke et al (1997) får aksept utenfor sine egne rekker for at feltet også bør ha sterkt ikke-teknologisk fokus.

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

På den andre siden er det et økende fokus på den mer handlingsorienterte retningen innen industriell økologi, nemlig den som bedrifter selv kan ta et direkte ansvar for, eksempelvis miljøledelse, miljøtilpassede produkter, samt renere produksjon i forhold til ressurser og utslipp. Spesielt er 'ecodesign', eller miljøriktig produktutvikling, sentralt i dette arbeidet (Brezet et al 1997, Andreassen og Hein 1987, Hanssen 1997). Denne type strategier og tiltak preger i dag mange bedrifters utviklingsarbeid i de fleste bransjene i industrien. Samtidig er det en økende erkjennelse av at slike tiltak må suppleres med miljømessige effektiviseringer innen infrastruktur og på tvers av verdikjeder. Dette er nettopp utgangspunktet for arbeidet med å innføre 'forlenget produsentansvar' i de vestlige land, noe som først er utført i tilknytning til emballasje med basis i et eget EU-direktiv. På slike oppgaver er i dag Nederland og Tyskland ledende.

For mer informasjon om innholdet i feltet industriell økologi, og de forskningsmessige utfordringer som ledende utenlandske fagmiljø trekker opp, vises det til (Brattebø et al 1998) og til vedleggsnotatet *Industriell økologi og forskningsutfordringer* (Brattebø og Røine 1998). Det er også utarbeidet et vedleggsnotat fra studiereise og konferanse i USA, *Referat fra studieturer USA våren 1998* (Røine 1998a). Forøvrig vises til Internett-sidene til NTNU's nye Program for industriell økologi (www.indecol.ntnu.no) og til vedleggsnotat *Referanser på internett* (Røine 1998b)

2.2 Hva nytt bringer industriell økologi inn?

I dette kapitlet gir vi en kort presentasjon av meningsinnholdet og forståelsen av industriell økologi, og en drøfting av hva som kan sies å være nytt av faglige og metodiske utfordringer i forhold til det miljøarbeidet som i dag er innarbeidet i norsk industri. Dette leder frem til begrepet 'øko-effektivitet', både på bedriftsnivå og samfunnsnivå, og et behov for et offensivt og bredt aktørsamarbeid. Det vises ellers til vedleggsnotatet *Hva nytt bringer industriell økologi inn?* (Røine 1998c)

2.2.1 Kort om industriell økologi

Industriell økologi er oppstått som en følge av det økende fokus på bærekraftig utvikling, og bygger på forutsetningen om at *jorden er et lukket system med begrensede ressurser og begrenset avfallskapasitet* (Ehrenfeld 1994). Industriell økologi kan sees på som et sett med tanker (teoretisk/konseptuelt) og metoder (praksis/instrumentelt) som benytter de naturlige økosystemene som metafor og modell for å uttrykke hvordan det

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

industrielle samfunn bør være organisert og fungere. Utfordringen er å utvikle metoder, modeller og verktøy basert på økologiske prinsipper og i samsvar med naturens tålegrense for *implementering av ønsket endring*.

I praksis har industriell økologi vokst frem de siste 10 årene, med særlig industrien som pådriver. Atskillige artikler er skrevet som gjør seg fortjent til å bli kalt 'industriell økologiske' artikler, uten at det av den grunn er noen fullstendig enighet om hva industriell økologi skal omhandle (Erkman 1997, O'Rourke 1997). I 1997 utkom den første utgaven av tidsskriftet *Journal of Industrial Ecology*, utgitt på MIT Press i USA. Der tar man utgangspunkt i at «..industrial ecology systematically examines local, regional and global uses and flows of materials and energy in products, processes, industrial sectors and economies. It focuses on the potential role of industry in reducing environmental burdens throughout the product life cycle..» (J. of Industrial Ecology 1997). Her blir følgende tema fremhevet som spesielt relevante for industriell økologi:

- i) *industriell metabolisme (dvs. stoffomsetningen eller materialkretsløpet i det industrielle samfunn, evt. sektorvis)*
- ii) *dematerialisering og dekarbonisering (dvs. mindre materialbehov per enhet levert vare)*
- iii) *livsløpsplanlegging, -design og -vurdering (dvs. vugge-til-grav prinsippet)*
- iv) *miljøriktig design (dvs. utforming av miljøtilpassede produkter)*
- v) *forlenget produsentansvar (dvs. at produsenter og importører har ansvar for produktets miljøbelastning helt frem til avfallsfasen, bl.a. med økt vekt på resirkulering)*
- vi) *industrielle økoparker (dvs. at industriparker utformes slik at bedrifter lettere kan gjøre bruk av hverandres biprodukter og avfallsvarme, evt. også at dette kan inngå i kommunale system)*
- vii) *produktorientert miljøpolitikk (dvs. at miljøpolitikken har et sterkt produktfokus, mer enn et produksjons- og utslippsfokus)*
- viii) *øko-effektivitet (dvs. tilført verdiskaping dividert med kostnad, inkl. de relevante eksterne miljøskadekostnader)*

Disse tema skal etter vår mening alle betraktes etter systemtenkningens prinsipper, med identifisering av aktører og definering av behov og kravspesifisering som utgangspunkt for vurdering av alternative løsningsytelse og egnethet.

2.2.2 Nye vesentlige momenter

Målsettingen med feltet industriell økologi kan være:

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

å utvikle en bedre og mer helhetlig forståelse, som grunnlag for en god miljøledelse og forvaltning, med sikte på økt miljø- og ressurseffektivitet og økologisk bærekraft i samfunnet, og med særlig vekt på industrielle forbedringsmuligheter

Det legges altså til grunn en forbedring av miljø- og ressurseffektiviteten, som forutsetning for økologisk bærekraft på samfunnsnivå. Samtidig må man være seg bevisst industriens (produsenter på alle nivå) og næringslivets spesielle ansvar innen industriell økologi, nemlig utvikling og produksjon av alle de varer og tjenester som samfunnet konsumerer med sikte på økt miljø- og ressurseffektivitet.

En naturlig følge av dette er at industriell økologi vil måtte preges av en del momenter som vi kan si er vesentlige for å lykkes, både på bedriftsnivå og på samfunnsnivå:

- ◊ *Systemtenkning og systemteknikk*
- ◊ *Økologiske forutsetninger*
- ◊ *Et bredt aktørsamarbeid*
- ◊ *Tverrfaglig tilnærming*
- ◊ *Teknologi som sentralt virkemiddel*
- ◊ *Økonomi som premiss*
- ◊ *Implementering og handlingsorientering*

Meningen med, og behovet for, systemtenkning og systemteknikk i forbindelse med industriell økologi er utdypet i kapittel 3. Dette ligger fast som en av de vesentligste momentene i industriell økologi. Det er også riktig å hevde at systemtenkningen og systemteknikken ikke har vært spesielt fremtredende i den (industrielle) miljøinnsatsen frem til slutten av 1980-årene. I dag er dette annerledes, eksempelvis krever bruken av livsløpsvurderinger at vi benytter et systemperspektiv og ikke et produksjonsprosess-perspektiv. Andre elementer innen industriell økologi fremhever behovet for systemtenkning ytterligere.

Økologiske forutsetninger er et annet hovedmoment innen industriell økologi. Mekanismer og funksjoner i naturlige økosystemer brukes som en metafor for hvordan vi bør studere, og kan forstå, industrielle systemer som del av vårt samfunn. Det vi spesielt streber etter er å kunne etterligne mekanismer og funksjoner i naturlige systemer, da særlig de som knyttes til næringskjeden, bruken av fornybar energi, og omsetning av avfall til ny produksjon.

Tiltak knyttet til så komplekse systemer som materialkretsløp, vareproduksjon og forbruk, infrastruktur, energisystem, og resirkuleringssystem, vil måtte involvere mange aktører. Tross alt handler

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

systemendringene om å påvirke menneskenes (aktørenes) adferd i ulike sammenhenger. Da må aktørene identifiseres og involveres, som et grunnlag for å vurdere behov og krav, som igjen er nødvendige forutsetninger for vurdering av endrede løsningsalternativ når en gitt ytelse skal leveres. John Ehrenfeld fremhever at det nye ved industriell økologi kan sammenfattes i tre ord, som tilsammen nettopp fremhever behovet for et bredt aktørsamarbeid:

- ◊ *sammenheng (connectedness)*
- ◊ *fellesskap (community)*
- ◊ *samarbeid (cooperation)*

Disse begrepene er i mange tilfeller motsetninger til de forholdene vi ser i industrielle samfunn der reduksjonistisk kunnskap og hierarkiske systemer (i motsetning til "sammenheng"), konkurranse (i motsetning til "samarbeid") og individuell selvråderett (i motsetning til "fellesskap") er dominerende.

Tverrfaglig tilnærming til komplekse problemstillinger ble sterkt fremholdt av Brundtlandkommisjonen, og på feltet industriell økologi er tverrfaglighet en absolutt forutsetning. Det finnes ingen mulighet til å analysere, langt mindre forstå, sammenhengene og årsak-virkningsforhold i skjæringsflatene mellom teknologi, industri, marked, forbrukere, myndigheter og miljø/natur dersom vi kun legger tradisjonelle disiplinverdier til grunn. Disse er en forutsetning for å levere komponentkunnskap om systemet, mens vi i tillegg må søke kunnskap om systemets helhetlige funksjon og interaksjoner ved et samspill mellom fagdisiplinene.

For industrien er det naturlig å hevde at teknologien er et sentralt virkemiddel for endring, og det er dette som ligger til grunn for det omfattende FoU-arbeidet knyttet til tekniske løsninger innen f.eks. produksjonsteknikk, produktutvikling, materialteknologi og datateknologi som til sammen bidrar til nye miljøtekniske løsninger i praksis. Teknologisk kunnskap på høyt nivå er en forutsetning for dette. Samtidig må den teknologiske kunnskap ses i sammenheng med annen naturfaglig og med samfunnsfaglig kunnskap, siden teknologien må settes i den rette sammenheng for at totalresultatet skal bidra til økt bærekraft (Jansen 1994). Denne teknologiens tosidighet kommenteres nærmere i kapittel 4.

Økonomi er i dag den sentrale premiss i industrien. Kravet til inntjening og konkurransekraft styrer generelt sett bedriftenes valg. Det vil ikke være mulig å innarbeide frivillige løsninger i industrien som er i direkte motstrid til økonomiske hensyn. Samtidig bør det være mulig å dreie bedriftenes prioriteringer i retning mer vekt på langsiktig konkurransekraft der miljø er med som konkurransefaktor. Dessuten er det grundig dokumentert at en rekke miljømessige investeringer av typen renere produksjon også er økonomisk lønnsomme på kort sikt ('vinn-vinn' situasjonen) (Brattembø 1995, Amundsen 1992, Hagen, Røine & Brattembø 1998). Dilemmaet knyttet til

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

økonomi som premiss er at samfunnsøkonomisk og miljømessig fordelaktige løsninger ofte ikke realiseres fordi de ikke samtidig er tilstrekkelig interessante i bedriftsøkonomisk forstand. Dette dilemmaet må industriell økologi ta på alvor, siden man søker løsninger som skal ha gunstig effekt på samfunnsnivå.

Industriell økologi skal være et handlingsorientert felt, rettet mot implementering av tiltak. Dette står ikke i motstrid til tidlige tiders miljøinnsats i industrien, men utvider og fornyer det mer deskriptive arbeidet knyttet til kartlegging og overvåking av miljøproblemer i tilknytning til produkter, utslipp og avfall.

Samlet sett kan vi si at de nye momentene som er omtalt ovenfor krever en forståelse av industriell økologi som legger vekt på at feltet skal: i) bidra til miljøforbedringer i teknologi og infrastruktur; og ii) bidra til omlegging i retning nye roller og nye regler. Dette er i tråd med Ehrenfelds (1994) todeling av det institusjonelle rammeverket for industriell økologi, som vi har illustrert i Figur 2.1 nedenfor.



Figur 2.1: Industriell økologi krever et balansert rammeverk

2.2.3 Øko-effektivitet som del av den sentrale problemstillingen

Det er to hovedinteresser som står sentralt i industriell økologi; øko-effektivitet på samfunnsnivå og på bedriftsnivå. Den sentrale problemstillingen er derfor å forene disse to interessene, som i utgangspunktet kan virke motstridende.

Industrien betrakter industriell økologi som en strategi for å skaffe seg et mulig konkurransefortrinn, både på kort og lang sikt, da man forventer at markedet skal vise en større miljøinteresse i fremtiden (Hagen, Røine & Brattebø 1998). Industriell økologi er imidlertid mer enn en industriell strategi for å oppnå økt konkurransekraft for bedriftene. Det handler også om bærekraft på alle nivå i samfunnet. Kritikken mot industriell økologi hevder at denne delen av konseptet hittil er for lite vektlagt, ved at det blant annet er fokusert for lite på forbedringspotensialet i større systemer på samfunnsnivå.

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

(infrastruktur (transport, energi, bygninger, resirkulering) og på forbrukssiden, begge elementer av stor betydning for den totale miljøbelastningen (O'Rourke 1997).

Som nevnt står øko-effektivitet¹ sentralt i industriell økologi. Det er et begrep som vinner mer og mer innpass i den internasjonale litteraturen. Det er særlig WBCSD og OECD som har arbeidet med å klargjøre hva som menes med øko-effektivitet. WBCSD har benyttet definisjonen:

$$\text{Eco-efficiency} = \text{Value added} / \text{environmental impact}$$

Denne definisjonen av øko-effektivitet (eco-efficiency) gjelder på mikronivå, da den tar hensyn til forbedringer for hvert enkelt produkt eller for hver enkelt bedrift, men den inkluderer ikke effekter som følge av volumet produktet produseres i, og det relaterer heller ikke dette til den totale miljøbelastningen. Den sier ikke noe om den samlede effekt av en effektivitetsforbedring i samfunnet, dvs. i absolutte størrelser. Det vil si at forbedring av miljøytelsen til hvert produkt, eller økt øko-effektivitet på mikronivå (eco-efficiency), kun er suboptimalisering av det industriell økologiske systemet som helhet.

Naturen er en av flere aktører i det industrielle systemet, og det er for denne uinteressant hvor stor miljøbelastning hvert produkt påfører. Det er *den totale miljøbelastningen* som naturen "forholder seg til". Dette handler om øko-effektivitet på makronivå. Dette kalles "eco-effectiveness" på engelsk. (Hanssen, 1998b). Den absolutte effektivitetsgevinst (eco-effectiveness) kan først beregnes ved å multiplisere effektivitetsfaktoren på mikronivå med volumet av aktiviteten eller antallet produkter i samfunnet, og kan uttrykkes slik:

$$\text{Eco-effectiveness} = \text{Eco-efficiency} * \text{Total volume of activity}$$

Den totale miljøbelastningen er altså avhengig av volum og miljøbelastning/volum. Det er derfor avgjørende hvordan disse to parametrene kan reduseres, og hvordan dette er kompatibelt med: i) produktivitet, og ii) industriens mål om maksimering av lønnsomhet.

I vanlig norsk tale skiller vi ikke så presist som på engelsk mellom disse to former for effektivitet (efficiency og effectiveness). Vi kaller det bare effektivitet, men det er viktig å være klar over det ulike meningsinnholdet når

¹ Øko-effektivitet er av World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) definert å være (WBCSD 1993): "Eco-efficiency is reached by delivery of competitively priced goods and services that satisfy human needs and bring quality of life, while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life cycle, to a level at least in line with the earth's estimated carrying capacity". En definisjon av OECD (1998) er enklere og muligens mer operativ: «Eco-efficiency is the efficiency with which ecological resources are used to meet human needs».

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

vi snakker om effektivitet i relative eller absolutte størrelser, på mikronivå eller på makronivå. En bedrift vil trolig være mest opptatt av effektivitetsforbedringer pr enhet produkt eller aktivitet, som et nødvendig skritt på veien for å kunne oppnå forbedringer også på makronivå.

Matematisk sett skal en effektivitetsfaktor være dimensjonsløs, og det vil derfor være mer riktig å presisere at ligningens nevner også angis som en monetær dimensjon dersom vi oppfatter at telleren måles i penger:

$$\text{Øko-effektivitet} = \frac{\text{Tilført verdiskaping}}{(\text{kostnader} + \text{miljøskadekostnader})}$$

Øko-effektiviteten ved en gitt løsning, for eksempel utviklingen og omleggingen av et produkts materialmessige sammensetning og levetid, skal altså kunne måles ved å dividere den tilførte verdiskaping med summen av kostnader (alle relevante kostnader pluss de eksterne miljøskadekostnader). Miljøskadekostnadene ved et tiltak må altså internaliseres i regnestykket, i den grad de er relevante og kvantifiserbare!² Her er også noe av kjerneproblemet i saken - en ekstern miljøskade, eller ressursbelastning, må på en eller annen måte verdsettes slik at den pengemessige verdi kan inngå i regnestykket. Eventuelt må en tilsvarende kvalitativ vurdering foretas parallelt med den kvantitative, og det må foretas en avveining mellom de to. I bunn og grunn er derfor også et begrep som øko-effektivitet, som kan synes teknisk/økonomisk orientert, forankret i verdisyn og etikk.

Det nye ved industriell økologi kan derfor sies å være at det relaterer enkeltbedrifters "forbedringer" ikke bare til produkter og prosesser, men også til den totale miljøbelastningen som naturen kan tåle.³ Utfordringen innen industriell økologi er å forene disse to "øko-effektivitetene".

2.3 Behovet for samarbeid og bidrag fra ulike aktører

2.3.1 Hvilke oppgaver skal det samarbeides om?

WBCSDs kriterier for øko-effektivitet omfatter:

- ◇ *minimaliser materialintensiteten for varer og tjenester*
- ◇ *minimaliser energiintensiteten for varer og tjenester*
- ◇ *minimaliser spredning av toksiske stoffer*
- ◇ *øk materialenes resirkulerbarhet*
- ◇ *maksimer bruken av fornybare ressurser*
- ◇ *forleng produktenes levetid*

² "How to quantify quality is the core question in ecological economics"

³ Et uttrykk for vanskelighetene ved dette er vist i Hagen, Røine og Brattembø (1998), der 74 % av bedriftene svarer at de ser på sin virksomhet som bærekraftig, mens 69 % tror miljøsituasjonen på sikt vil true vårt eksistensgrunnlag.

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

◊ øk service-intensiteten for varer og tjenester

Det synes som om alle disse kriteriene er direkte anvendbare på bedriftsnivået, dvs. som en følge av forebyggende tenkning der de positive miljøegenskaper kan bygges inn i produktene fra starten av. Dette oppfattes å være en primæroppgave for produsentene i industrien. Med utgangspunkt i at miljømessige tiltak skal bidra til økt øko-effektivitet på bedrifts- og samfunnsnivå, er det naturlig å først se på hva WBCSD har valgt å anbefale på bedriftsnivået (OECD 1998):

- a) utvikling av indikatorer og resultatmål
- b) arbeid mot målet gjennom en innovasjonsprosess m.h.t. teknologi, organisasjonsmodeller og tankemønstre
- c) måling av indikatorer og modifisering av strategier om nødvendig

Tilnærminger basert på indikatorer, resultatmål, innovasjon og måling har betydelig potensiale, men forskjellig meningsinnhold, for ulike aktører. Slike tilnærminger har også blitt benyttet av myndigheter, frivillige organisasjoner og husholdninger.

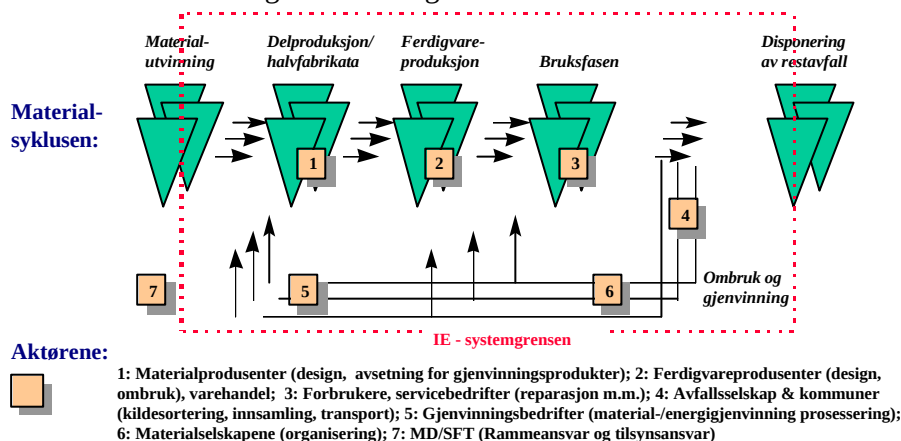
WBCSDs definisjon av øko-effektivitet innebærer derimot at man må ta i betraktning et bredt spekter sosiale målsetninger og miljømessige utfordringer (BCSD 1993). Slike mål krever stor medvirkning fra statlige og lokale myndigheter, og avhenger også av at næringslivet inngår samarbeid med sine kunder og sine leverandører.

I *Eco-efficiency* (OECD 1998) påpekes det at en hovedoppgave for myndighetene er å øke konsistensen av de mange tiltak rettet mot bedrifter og forbrukere, ved å etablere et miljøpolitisk rammeverk som reduserer gapet mellom private og samfunnsmessige, sosiale mål. Økonomiske incentiver til redusert forurensning ville øke gevinstene ved energi- og materialsparing. I mellomtiden vil det teknologiske potensialet for reduserte toksiske utslipp trolig bare kunne oppnås gjennom myndighetsdrevne incentiver og reguleringer. Erfaringene hittil tyder også på at initiativer til å redusere miljøpresset ved slutten av produkters livsløp i hovedsak lykkes som en konsekvens av introduseringen av prinsippet 'forlenget produsentansvar'. Myndighetene har også et ansvar for å skape et godt klima for innovasjon gjennom f.eks. forskningsprogram, bedriftssamarbeid, utviklingskontrakter, LA21-initiativ, stimulere frem nysjeprodukter via grønt offentlig innkjøp, informasjonsarbeid, og standardisering knyttet til måling/overvåkning og rapporteringsprosedyrer. I tillegg har selvsagt myndighetene primæransvaret for å legge til rette for et koordinert miljøarbeid internasjonalt.

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

2.3.2 Hvilke aktører involveres?

Industriell økologi må omfatte et bredt antall og mange typer aktører, først i utviklingen av industri-økologisk kunnskap og metode, og deretter i implementeringen av løsninger i praksis. Vi har ikke her rom for å gi en detaljert omtale av alle disse aktørene, og deres håndtering av de oppgaver som er nevnt i kapittelet ovenfor. Derfor nøyer vi oss med å vise et eksempel, iverksettelsen av prinsippet om 'forlenget produsentansvar'. Figur 2.2 illustrerer materialkretsløpet skjematisk, og angir noen av aktørene og mulige oppgaver innen systemet. Det vises for øvrig til de 8 temaoppgaver som er nevnt allerede i kapittel 2.2.1, som alle vil kunne finne sin plass inn mot et sett av aktører som antydnet i figuren. Det er tydelig at industriell økologi som tilnærming til miljømessige forbedringer innen vareproduserende industri ikke kan vurderes isolert fra de andre ledd i kretsløpet, og dermed ikke isolert fra de øvrige aktørene og deres interesser.



Implementeringen av industriell økologi krever samarbeid på tvers mellom alle typer aktører!

Figur 2.2: Industriell økologi, materialsyklusen og aktørene

2.4 LCA og miljøtilpasset produktutvikling i norsk og nordisk industri

2.4.1 Hvorfor er LCA og miljøtilpasset produktutvikling sentralt?

De foregående kapitler beskriver industriell økologi som et bredt perspektiv med behov for innsats på mange nivå. Man kan derfor spørre seg hvorfor nettopp bruk av livsløpsevurderinger (LCA) og miljøtilpasset produktutvikling er så sentralt. To vesentlige faktorer forklarer dette:

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

- ◇ *LCA gjør bruk av et gunstig perspektiv (vugge-til-grav) og dokumenterer et produkts miljømessige egenskaper, og er dermed et grunnlag for miljøtilpasset produktutvikling, som igjen er en av forutsetningene for innarbeiding av forebyggende tiltak.*
- ◇ *LCA og miljøtilpasset produktutvikling er praktisk orientert, og det ligger godt til rette for konkrete initiativ i praksis, i regi av industrien selv, og som en integrert del av bedriftenes strategier og beslutninger, der miljø ses i sammenheng med andre hensyn.*

Vi har valgt å skille mellom miljøtilpasset produktutvikling og LCA i utvidet forstand, fordi sistnevnte er bare én, dog kanskje den viktigste, metoden som brukes i miljøtilpasset produktutvikling. LCA kan imidlertid også benyttes i andre sammenhenger, eksempelvis kartlegging av miljøbelastning i eksisterende anlegg.

2.4.2 Livsløpsvurderinger (LCA) i Norge og Norden

Status og erfaringer fra arbeidet med LCA og miljøtilpasset produktutvikling i Norge og Norden er utførlig beskrevet i eget vedleggsnotat (Hanssen og Wigum 1998). Derfor vil vi i det etterfølgende kun trekke frem noen hovedpoenger.

Livsløpsvurderinger har fått et solid fotfeste i industrien de siste årene, og har også utviklet seg videre fra å være en svært regelbasert metodikk, til å ha mer karakter av livsløpstilnærming til produktsystemer. I dette ligger det at man bruker LCA-konseptet, men tilpasser det mer til den anvendelse som er relevant i en beslutningsprosess. Hanssen (1998a) har beskrevet denne utviklingen basert på erfaringer fra bla. Stiftelsen Østfoldforskning (STØ). Første trinn var livsløpsvurderinger (LCA) av produkters miljøprofil for å sammenlikne ulike produktalternativer eller øke kunnskapen om et produkts miljøprofil. Videre stod begrepet "bærekraftig produktutvikling", utviklet i NEP-prosjektet sentralt i den videre utviklingen (Hanssen, O.J., Rydberg, T., & Rønning, A. 1995). Miljøprestasjonsvurdering og -indikatorer kan beskrives som neste steg (Økstad 1997), mens miljøvaredeklarasjoner for produkter (Møller et al. 1998) og miljøkonsekvensanalyser av større investeringer basert på livsløpsstrategi har vært i fokus de siste årene. Industriell økologi med livsløpsvurdering av verdikjeder i nettverk (Hanssen in prep 1998b) utgjør det foreløpig siste utviklingstrekk innenfor området.

Hanssen har kartlagt omfang, metodikk og anvendelsesområder for LCA, og resultatene viser at det bare de siste tre årene har blitt gjennomført nærmere 350 LCA-studier i nordisk industri for mer enn 400 spesifikke produkter. Denne aktiviteten viser at Norge og Norden ligger langt fremme i

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

internasjonal sammenheng når det gjelder anvendelse av LCA, både i FOU-institutter og ikke minst i industrien.

Den høye LCA-aktiviteten er dels et resultat av felles koordinert innsats på tvers av de nordiske land, spesielt Norge, Sverige og Finland. Både Nordisk Ministerråd og Nordisk Industrifond har finansiert flere store fellesprosjekter innen ulike bransjer. I Norge har NEP-prosjektet (Hanssen, O.J., Rydberg, T., & Rønning, A. 1995) vært en sentralt prosjekt. I Danmark er det særlig «Utviklingsprosjekt for Miljøtilpassete IndustriProdukter» (UMIP-prosjektet) som har hatt stor betydning for utvikling innenfor LCA og miljøtilpasset produktutvikling.

Et viktig aspekt ved LCA-arbeidet i Norden er hvor integrert denne type analyser er i bedriftenes interne miljøarbeid. Et stort antall større nordiske selskaper har i dag gjennomført LCA-analyser for en lang rekke av sine produkter, og har god erfaring med bruk av metodikken. Mange av disse selskapene har også hatt representanter som har deltatt aktivt i utviklingen og harmonisering av metodikken, både gjennom arbeid i SETAC og ISO. En viktig drivkraft for industriens LCA-arbeid har vært markedets etterspørsel etter LCA-data for råvarer og produkter, et annet for intern bruk i produktforbedring og strategiske analyser. Erfaringsmessig skjer det en utvikling i en bedrifts tilnærming til LCA i fire faser:

- Fase I: Den viktigste motivasjonen er å bli kjent med metodikken og miljøprofilen til egne produkter i et livsløpsperspektiv.
- Fase II: LCA er i bruk som et verktøy innenfor produktforbedring og -utvikling, og til strategiske analyser.
- Fase III: Bedriften bruker LCA aktivt som grunnlag for ekstern kommunikasjon, i form av miljøindikatorer for egen virksomhet og miljøvaredeklarasjoner for produkter.
- Fase IV: I siste fase vil man trolig se at LCA vil kunne ligge til grunn for mer dyptgående endringer i bedriftens forretningsmessige utvikling, mot en egentlig bærekraftig tilstand.

Foreløpig er det svært få bedrifter som har kommet lenger enn til fase II og III i en slik langsiktig prosess, som ofte kan ta 4-5 år.

Nordiske bedrifter og FOU-miljøer har kommet langt i forhold til å anvende de ulike trinnene i LCA-metodikken, selv om situasjonen varierer mellom de ulike nordiske landene. Sverige og Norge har generelt benyttet både miljøkonsekvensvurdering og vekting i LCA-studier i større grad enn hva tilfellet er i Danmark og spesielt Finland. Dagens metoder for vekting er ikke godt nok utviklet til bruk i mange typer beslutningssituasjoner. Det er en stor utfordring å komme frem til vektingsmetoder som i større grad er:

- ◊ *basert på naturvitenskapelig korrekte prioriteringer i forhold til naturens tålegrense*

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

- ◊ *basert på fremtidige endringer i prioriteringer av miljøproblemer*
- ◊ *reflekterer geografiske forskjeller i prioriteringer ut fra hva som er høyeste prioritet blant miljøproblemer*

.

Ikke minst er slike vektingsmetoder viktige i forhold til de langsiktige beslutninger som tas både i samfunnet og i bedrifter knyttet til utvikling av infrastrukturløsninger, nye store investeringer i produkter og produksjonsanlegg og videreutvikling av myndighetenes politikk.

Et interessant spørsmål er om det ut fra det relativt store antall LCA-studier som er gjennomført, kan trekkes noen mer generelle konklusjoner i forhold til den relative betydningen av ulike miljøproblemer, og hva slags aktiviteter og produkter som bidrar til generering av disse problemene. Hanssen (1998c) har forsøkt å oppsummere erfaringer fra ca. 20 LCA studier gjennomført i Norge av STØ, basert på en inndeling i fem hovedtyper av produkter. Konklusjonen er at det først og fremst er fire faser/aktiviteter i livsløpet til et produkt som bidrar til de største miljøpåvirkningene: i) fremstilling av jomfruelige råvarer ii) prosessering av råvarer, særlig basert på jomfruelige råvarer iii) bruksfasen for produktet og iv) deponering eller forbrenning av avfall. I tillegg er det faser som kan ha betydning, men hvor usikkerheten i datamaterialet er relativt stor p.g.a. mangelfulle data, eksempelvis transport av produkter fra butikk til bruker og transport av avfall for behandling fra bruker til behandlingsanlegg.

Et annet viktig poeng er hvilke aktiviteter som på et generelt grunnlag ikke forårsaker store miljøpåvirkninger, vurdert i en større sammenheng. Blant de mest sentrale er i) fremstilling av komponenter og delsystemer til produkter ii) fremstilling av produktet som sådan iii) transport av råvarer og materialer mellom de ulike produksjonsleddene og iv) fremstilling og bruk av emballasje.

Denne vurderingen viser at det først og fremst er tre hovedstrategier som kan skisseres for bedrifters arbeid med forbedring av miljøeffektiviteten til et produkt, på et generelt grunnlag:

- ◊ *Utvikling av produkter med høyere brukseffektivitet, dvs. et produkt som dekker et gitt behov med en langt lavere miljøpåvirkning*
- ◊ *Utvikling av en infrastruktur som sikrer at materialene produkter er fremstilt og innsamles via en effektiv logistikk og inngår i et materialkretsløp som erstatning for jomfruelige råvarer*
- ◊ *Utvikling av mer effektive distribusjonssystemer og salgskanaler for produkter, som reduserer transporten fra grossist til sluttbruker.*

2.4.3 Miljøtilpasset produktutvikling i Norge og Norden

Tilnærmingen til miljøtilpasset (ofte kalt miljøriktig) produktutvikling kan foregå både på mikroplan der det enkelte produkt med tilhørende tekniske

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

systemer er sentralt, eller på makroplan der produktet ses som en del av større infrastrukturløsninger (transportsystemer, energisystemer, materialgjenvinningssystemer). Miljøtilpasset produktutvikling kan også vurderes i forhold til på hvilket nivå forbedringer oppstår (Stevens 1997):

Nivå 1: Produktforbedringer

Nivå 2: Redesign av eksisterende produktkonsept

Nivå 3: Funksjonelle og konseptuelle innovasjoner

Nivå 4: System-innovasjoner med større endringer i infrastruktur-løsninger.

Erfaringer fra ulike undersøkelser (Hanssen 1996, Hemel 1997) indikerer at potensialet for miljøforbedring er i størrelsesorden 30-50% på nivå 1 og 2 totalt sett for mange produkter. For å sikre en forbedring opp mot faktor 10 eller 20, som kanskje er et langsiktig behov sett i forhold til befolkningsutvikling og velstandsutvikling globalt, er det imidlertid helt nødvendig med langt mer omfattende og innovative systemløsninger på nivå 3 og 4.

I Norden og Norge er det i løpet av de siste årene gjennomført en lang rekke programmer og enkeltstående prosjekter innenfor miljøriktig produktutvikling. Disse programmene har hatt følgende mål:

- ◊ *Metodeutvikling og -uttesting*
- ◊ *Utvikling av datasystemer og verktøy*
- ◊ *Gjennomføring av pilotprosjekter (case) i miljøriktig produktutvikling i bedrifter*
- ◊ *Utvikling av undervisnings- og veiledningsmateriale for bedrifter og læresteder*
- ◊ *Utvikling av standarder/systemer for miljøvaredeklarasjoner*
- ◊ *Evaluerende av programmer i forhold til suksessfaktorer, resultater, erfaringer mm.*

De fleste prosjektene har inneholdt elementer av metodeutvikling, utvikling av dataverktøy og gjennomføring av case-prosjekter i utvalgte bedrifter. Flere av prosjektene har dokumentert potensiale for betydelig miljøforbedring av produkters miljøprofil, men det er foreløpig uklart hvor mye miljøeffektiviteten faktisk er forbedret. De fleste av programmene har klart vært begrenset til nivå 1 og 2 i oversikten fra Stevens (1997), mens det i mindre grad er fokusert på mer radikale og innovative løsninger.

van Hemel (1998) har gjennomgått erfaringer fra et større innovasjonsprogram rettet mot miljøforbedring av produkter fra SMB-sektoren i Nederland (Ecodesign-programmet). Erfaringene fra mer enn 75 prosjekter i SMB-virksomheter viser at bedrifter som lykkes i sitt arbeid med

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

utvikling av mer miljøriktige produkter, generelt har en høy innovasjonsgrad. I tillegg er slike bedrifter ofte sterkt eksportrettet, har produkter som er rettet mot industrielle markeder heller enn konsumentmarkedet, og er oftere å finne innenfor elektronikkbransjen og maskin-industri enn i andre sektorer.

Erfaringene både fra Norge og internasjonalt viser at det i dag finnes gode metoder for å integrere miljøaspekter i produktutvikling og -forbedringsarbeid gjennom bruk av LCA-analyser eller enklere screening-analyser, eksempelvis innen SMB-sektoren. Utfordringene er i første rekke å utvikle metoder og erfaringer for mer dyptgripende endringer i bedriftenes forretningsvirksomhet, og hvordan disse kan ses i en videre sammenheng med utvikling i infrastrukturløsninger i samfunnet i en mer bærekraftig retning (f.eks. utvikling i energisystemer, kommunikasjonssystemer mm.).

For de to siste anvendelsesområdene er det foreløpig lite erfaringsmateriale å bygge på, med utgangspunkt i en livsløpstilnærming (jf. Grispel 1996). Manglende systemforståelse og livsløpsvurdering i konsekvensanalyser er bla. påpekt av Hanssen et al. (1994) i en vurdering av konsekvensanalysene utført ved planlegging av metanolfabrikk på Tjeldbergodden.

2.5 Mangler ved industriell økologi-tilnærmingen i dag

Konseptet industriell økologi har bakgrunn i mange forskjellige disipliner. Imidlertid har den flerfaglige bakgrunnen medført den ulempe at synspunkter fra tidligere adskilte fagområder ikke alltid harmonerer godt, men fører til forvirring, i verste fall inkonsistens. Skillet mellom naturvitenskapene og samfunnsvitenskapene er kanskje det mest utpregede i så måte. Industriell økologi er et relativt nytt konsept, med mange komponenter som har røtter i eldre og veletablert terminologi. Sammenstillingen lider av en del mangler som det er å håpe at den fremtidige utvikling vil reparere. Det vises ellers til vedleggsnotat *Kritisk blick på industriell økologi-tilnærmingen i akademia og industrien i dag*. (Asbjørnsen 1998)

2.5.1 Terminologi

På grunn av den fragmentariske utviklingen av industriell økologi er det en ganske stor forvirring i begreper, definisjoner og terminologi. En viktig betingelse for utviklingen av et tverrfaglig og flerfaglig område er at disiplinene forstår hverandre.

Eksempelvis i økonomi, termodynamikk og matematikk er intensive og ekstensive størrelser proporsjonale. Når man i livsløpsvurderinger innfører en

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

såkalt funksjonell enhet (en mengde som skal tilfredsstille en bestemt funksjon), bryter man med dette generelle prinsipp, mens grunnen til dette bruddet ikke alltid er like godt argumentert.

Begrepet «Life Cycle» oversettes til norsk på en ukritisk måte til livssyklus. Syklus er stort sett forbeholdt repetitive hendelser i et tidsperspektiv og har intet med resirkulasjon å gjøre. I økonomien snakker vi om omløp eller sirkulasjon av penger, i medisin snakker vi om blodomløp eller det store og det lille kretsløp. I kjemiteknikken snakker vi om tilbakekobling. Der hvor det er snakk om materialer, har vi gode betegnelser som kretsløp eller omløp. Livsløp er en korrekt betegnelse på løpet fra vugge til grav, mens kretsløp kan være en mer korrekt betegnelse på sirkulasjon av materialer. En aluminiumsboks skal tilfredsstille funksjonen å være beholder for en væske. Livsløpet til denne funksjonen opphører når den slutter å være beholder. Derimot kan materialet aluminium ha et kretsløp ved at det dukker opp igjen i en annen, eller den samme, funksjon. I religionene opphører mennesket i den funksjon å være menneske på jorden i dødsøyeblikket, mens materialet menneske går i kretsløp. I naturvitenskapelig forstand er oppstandelsen ikke materialistisk, men en ny funksjon.

2.5.2 Konsepter

Konsepter som foreslås lagt til grunn for industriell økologi, er sterkt preget av tanken på å etterligne naturens eget økologiske system, som for eksempel regnskogen. Det som imidlertid mangler i et slikt konsept, er en grunnleggende verdidiskusjon. Dersom dette mislykkes, vil kanskje industriell økologi kunne degenerere til et rent kombinert teknisk og økonomisk konsept, der omgivelsene til ethvert system og ethvert produkt defineres som en ressurs. Ressurser skal da anses som en verdi det er nødvendig å betale for.

2.5.3 Systemtenkning

Systemtankegangen er først og fremst funksjonsorientert, i likhet eksempelvis med "Software Engineering" og "Control Engineering". Dette betyr at systemtenkningen kan anvendes så å si uendret på økonomiske systemer, organisasjoner og menneskelige systemer, og på tekniske systemer av alle slag. Dette er en fenomenal styrke ved tankegangen, men også en ulempe der hvor abstraksjonsnivået ikke er høyt nok. Systemtenkning kan virke fremmed, teoretisk, abstrakt og lite tiltalende der hvor disipliner har stivnet i termer, teorier og praksis som er spesielle for disiplinen. Det kan være en av årsakene til at vi, uten å reagere, utvikler, bygger og omgir oss med systemer som er så komplekse at vi for det første ikke forstår dem, og for det andre ikke ser rekkevidden av dem.

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

Mange mener at industriell økologi skal kunne utvikles etter disse retningslinjer. Den tidligere anvendelsen av systemtenkning må imidlertid gå langt videre enn hva tilfellet er i dag. Den må gjenkjennes like godt under tekniske, økonomiske, sosiale og psykologiske forhold. En begynnelse kan kanskje være å lese hverandres litteratur, og være konstruktivt kritisk til nye begreper, men likevel åpen.

2.5.4 Menneskelige faktorer

Menneskene lever i en interaksjon med systemene. Dels reagerer systemene på menneskelig input, dels reagerer menneskene på systemenes output. Det er først og fremst faktorer som oppfattelse, forståelse, og reaksjoner på systemenes interaksjon med mennesker som opptar oss ved tradisjonell design av systemer. I forbindelse med industriell økologi er det derfor nødvendig å forstå fire viktige forhold:

- ◊ *Hva som skjer ved stadig integrasjon av eksisterende undersystemer med hensyn til systemenes innbyrdes interaksjoner og aksjoner mot omgivelsene, spesielt de mennesker det angår.*
- ◊ *Hva interaksjonene mellom system, eller produkt, og omgivelsene egentlig består i, og hvilke mekanismer som er de viktigste.*
- ◊ *Hvilke effekter interaksjonene har på systemet og på dets omgivelser, og tilsvarende, hvilke tiltak står til rådighet for å imøtekomme effektene.*
- ◊ *Hvilke verdier og verdinormer kan anvendes for å prioritere mellom forskjellige, kanskje motstridende hensyn ved design av system eller produkt.*

Å klargjøre disse forhold må være en viktig rolle for industriell økologi. Det som skjer innenfor de enkelte undersystemer, er relativt vel tatt vare på i de forskjellige disipliner, selv om en omforent systemtenkning vil være sterkt ønskelig også innenfor hver enkelt disiplin. Det som mangler i industriell økologi, er forståelsen av de menneskelige faktorer i dette bildet.

2.5.5 Fysiske lover og bibetingelser

I alle bestrebelser som naturen gjør for å tilpasse seg et bærekraftig system, underkastes den fysiske lover og bibetingelser som den respekterer. Tilsvarende må industriell økologi tilpasse seg disse lover. Ofte er det igjen sektortenkning som gjør at lover som gjelder rent fysisk, oversees av andre som ikke har kjennskap til dem. Blant de viktigste kan nevnes i) våre praktiske jordiske lover om materiens konstans og energiens bevarelse ii) jorden er, globalt sett, lukket med hensyn på materie, men åpen med hensyn

Forståelsen av industriell økologi som et nytt perspektiv

på energi ii) entropiens vekst som medfører irreversible tap ved all vår virksomhet (perpetuum mobile er ikke mulig) iii) i et lukket system medfører vekst i et system automatisk til forbruk i et annet iv) potensialforskjeller fører til strømmer eller bevegelser.

2.5.6 Ressurskaskaden og forbrukskaskaden

I prosesseteknikken forsøker man å utnytte varme mest mulig ved maksimal varmeveksling. Dette er mulig fordi alle prosesser, både tekniske og naturlige, har behov for avkjøling noen steder og et behov for oppvarming andre steder. Grunnlaget for denne teknikken er altså at det finnes en kjølekaskade og en oppvarmingskaskade.

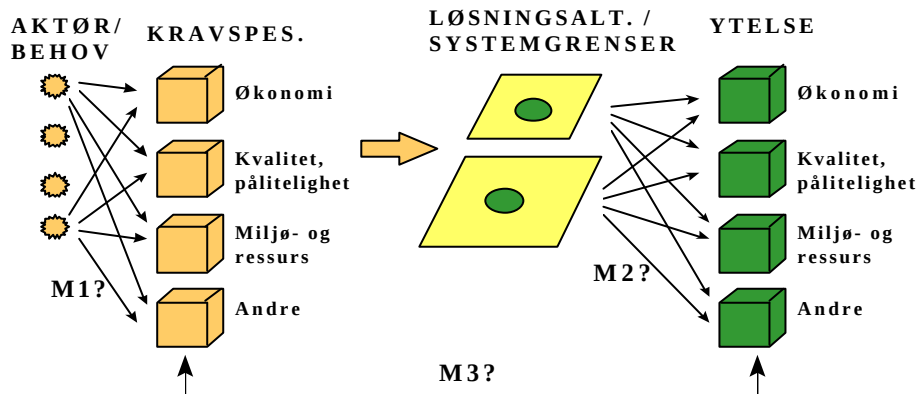
I industriell økologi kan konseptet med kaskader i motstrøm med hell utvides til å gjelde ressurser generelt. Det vil oftest være slik at en ressurs gjøres tilgjengelig på et høyt nivå (til eksempel et høy kvalitetsnivå), og at den så forplanter seg nedover i en ressurskaskade til stadig lavere nivå. Ved hvert trinn i kaskaden er det en tapsstrøm. Tilsvarende finnes det en behovskaskade som begynner på et lavt nivå av kvalitetskrav og stiger mot stadig høyere krav. Det logiske er nå å koble disse to kaskader i motstrøm slik at tapet fra ressurskaskaden utnyttes i behovskaskaden. Imidlertid må man først finne den drivende kraft for at en overføring mellom kaskadene skal være attraktiv. Avfallet fra en kaskade må være verdifull for den andre.

2.5.7 Verdidiskusjon

Verdiangivelser kommer først og fremst inn i bildet når vi skal sammenligne alternativer eller ta stilling til et prosjekt eller en aksjon som skal settes i verk. Konseptet øko-effektivitet i industriell økologi er helt avgjørende basert på verdiangivelser av forhold som ikke faller inn under de rent teknisk-økonomiske. Også her trengs det en skikkelig opprydding og forbedring av grunnlaget, der bidragene kanskje først og fremst skal komme fra samfunnsvitenskapene og humaniora.

3 INDUSTRIELL ØKOLOGI, PRODUKTIVITET OG P2005

I dette kapitlet anvendes systemtenkning og systemteknikk, såkalt "Systems Engineering" (Blanchard and Fabrycky 1990, Asbjørnsen 1992) på prosjektet P2005. Figur 3.1 nedenfor viser prinsippene som ligger til grunn for systemtenkning, der gitte løsningsalternativ skal vurderes om mot kravspesifikasjoner og ulike aktørbehov sett i forhold til alternativenes ytelse under definerte systemgrenser. M1, M2 og M3 antyder at det er store metodiske utfordringer ved gjennomføringen av slike vurderinger. Eksempelvis er LCA kun en metode for kvantifisering og vurdering av miljø- og ressursmessig ytelse for et gitt løsningsalternativ, som del av metodemengden under M2. Både systemtenkning og systemteknikk har dype røtter i naturvitenskapene, og fremstillingen her bærer preg av det. Det som imidlertid blir den store utfordringen, og som få virksomheter har løst på en god måte, er å integrere samfunnsvitenskapene i denne systemtenkningen, og dra nytte av denne tenkemåten slik den er etablert, kanskje særlig i økonomi, filosofi, sosiologi og psykologi (Yndestad 1996). Det er hevet over tvil at de menneskelige faktorer ofte er mer utslagsgivende enn de tekniske for systemers oppførsel i fremtidens samfunn (Asbjørnsen 1978).



Figur 3.1: En systemanalytisk tilnærming til behov, kravspesifikasjon og ytelse for gitte løsningsalternativ

3.1 Visjoner og utfordringer

Industriell økologi er en integrert del av prosjektet P2005, hvis mål er å bidra til å styrke produktivitet og konkurranse-evne i den vareproduserende industri i Norge. Produktivitet har en del felles trekk med bærekraftighet, idet produktivitet er et mål for hvor godt de totale ressurser utnyttes i en gitt produksjonsbedrift. Det vil si at man produserer mer med gitte ressurser, eller man reduserer ressursforbruket ved en gitt produksjon. Begge deler er uttrykk for bedret produktivitet. Mens produktivitet går på de indre forhold ved selve produksjonen, går industriell økologi videre. Den betrakter også omgivelsene til produksjonen som en ressurs. Denne ressursen kan utnyttes på en god eller dårlig måte, og man taler om en øko-effektivitet. Økt produktivitet kan derfor medføre redusert øko-effektivitet. Ta sysselsetting som eksempel. Produktiviteten pr. ansatt i en bedrift kan økes betraktelig ved automatisering og nedbemanning. De sosiale konsekvensene for omgivelsene fører til en redusert øko-effektivitet, ved at omgivelsene må ta belastningen av en uproduktiv gruppe av arbeidsledige. Betrachtninger omkring produktivitet kan derfor stå i kontrast til den integrerte betraktning av produksjonen og dens omgivelser.

3.1.1 *Integrasjon av en virksomhet og dens omgivelser*

Den gode integrasjon av produksjon med omgivelsene finner sted når omgivelsene betraktes som en ressurs som også produksjonen nyter godt av. Slike synspunkter er på vei inn i den industrielle tankegang. Til eksempel betrakter Royal Dutch Shell (Royal Dutch Shell, 1997) omgivelsene som en ressurs de er parat til å betale for. Omgivelsene er her definert vidt, som den totale tekniske infrastruktur (transport, kommunikasjon, krafttilførsel, renovasjon og vedlikehold, etc.), den sosiale infrastruktur (kunnskap, utdanning, arbeidskraft, rettsapparat, etc.) og det fysiske og biologiske miljø i luft, jord og vann, en ressurs som både kan gi, (luft til ammoniakfabrikker, sol, vind og vann til kraftverk, etc.) ta imot og behandle avfall. Produksjon og omgivelser er gjensidig koblet, noe som kan gi utslag i produktivitet. For eksempel hadde polske bedrifter en stadig redusert produktivitet ved at sykefraværet i de mest miljøbelastede byene ble forårsaket av den samlede industrielle belastning av de fysiske omgivelser. Integrerte betrachtninger av en produksjon, dens naboproduksjon samt omgivelsene er helt vesentlig (Kiuchi, 1997). Det er dette som er den gode integrasjonen av produktivitet og industriell økologi som prosjektet P2005 tar sikte på å fremme.

3.1.2 Industriell økologi og produktivitet

Økt produktivitet er ikke et mål i seg selv. Det tjener liten hensikt å øke produktiviteten for en vareproduserende bedrift, dersom varen ikke kan omsettes. Dette kan være konsekvensen av at man taper i konkurransen om markedene. Derfor skal økt produktivitet sees i nøye sammenheng med konkurranse-evne og markedstrender. Også her er det behov for integrert tenking, idet det kan være konkurranse både om ressurser (både kraftressurser, materialressurser, menneskelige ressurser og kunnskapsressurser) og markedsandeler for produktene. Industriell økologi har integrert systemtenkning som en av sine hovedpilarer. Dette betyr at produkter og produksjonsprosesser, som er innelukket ved systemgrenser, også må ta med i betraktning interaksjonene mellom systemet og omgivelsene utenfor systemgrensene. Med andre ord, omgivelsene må betraktes som en del av systemet ved disse interaksjonene. Det er dette som er den integrerende nevner for P2005 og industriell økologi.

3.1.3 Systemtenkning og industriell økologi er i utgangspunktet tverrfaglig

Integrert systemtenkning, eller for den saks skyld industriell økologi, er ikke en metodikk, eller en disiplin, som kan tillegges noen bestemte faggrupper. Den er et felleseie for alle disipliner, i likhet med matematikk for de fleste naturvitenskapelige disipliner. Den industrielle økologien integrerer begreper, betraktninger, terminologier og teorier fra nær sagt alle eksisterende disipliner. Utfordringene ligger dels i å vite hvor teorier og begreper har sitt utspring, og dels i å finne anvendelse i den industrielle økologi for teorier og begreper fra spesielle disipliner. Det er denne utfordringen som faggruppene står overfor i det integrerte prosjektet P2005 generelt og industriell økologi spesielt.

Det tar tid å omstille tankegangen fra spesialitet til generalitet. Begge deler er like berettiget og nødvendig i den industrielle økologien. Derfor skal samspillet mellom faggruppene hjelpe til med å fremme en slik tankegang. Det er alltid tyngre å tenke abstrakt enn å tenke i eksempler. Det beste middel til å lære er gjennom diskusjoner, illustrasjoner, øvinger og eksempler. Derfor må prosjektet bearbeide mange konkrete eksempler fra industri, samfunnsliv, akademia og læresituasjoner. Eksemplene skal illustrere den integrerte tankegangen mellom system og dets omgivelser, slik at det dannes et mønster som gjør det lettere å tenke igjennom nye og uventede situasjoner og problemer.

3.2 Aktører og deres interesser og behov

Kapittel 2 tok for seg systemtenkning i forhold til industriell økologi generelt. Her skal en systemvurdering anvendes på prosjektet spesielt. I stedet for å definere aktører eller "stake-holders" etter den tradisjonelle systemvurdering (Blanchard and Fabrycky, 1990; Asbjørnsen, 1992), defineres de ved tre viktige profesjoner som er representert i prosjektet:

- *Den akademiske profesjon, eller lærefunksjonen*
- *Den vitenskapelige profesjon, eller forskerfunksjonen*
- *Den industrielle profesjon, eller drift og ledelse av en industriell produksjon*

Det neste skritt i definisjonen av et system, eller et forskningsprogram, er å analysere behovene til disse interessegruppene. I dette faller det gjerne sammen med motivasjon og målsetning for forskningsprogrammet. Derfor er det logisk å starte med behovsanalysen, som danner utgangspunktet for de krav som må stilles til prosjektet. Slike krav vil være rimelig generelle og dekke det som kan omfattes av "State of the art". Analysen av behov og definisjonen av krav som er vist nedenfor er rimeligvis sterkt preget av naturvitenskapelig tankegang. Den første utfordringen er å møte denne tankegangen fra en humanistisk synsvinkel, hvor mange av de naturvitenskapelige tankeganger i det beste er uvante, og i det verste ikke er anvendelige.

3.2.1 Behovene til den akademiske profesjon

Oppgaven til den akademiske profesjon er først og fremst utdanning og læring. Siden det er en betydelig tidsforsinkelse mellom læring og praktisering, har den akademiske profesjon tre viktige behov:

- *Den akademiske profesjon har behov for fremadskuende visjoner med hensyn til krav til kompetanse, problemstillinger og deres metoder til analyse og løsning*
- *Lærefunksjonen har behov for en klar forståelse for praktisering av profesjonen, det vil si innsikt i den industrielle og samfunnsmessige praksis på kort og lang sikt*
- *Den akademiske profesjon har, i likhet med alle andre profesjoner, behov for anerkjennelse ved at undervisning, læring og viten, som forvaltes av denne profesjonen, bringes videre til praktisk anvendelse*

Disse behov stiller krav til samarbeidet i forskningsprosjektet slik at behovene så nær som mulig blir oppfylt. En relativt vanlig uvane som må avvennes er faglig arroganse.

3.2.2 *Behovene til den vitenskapelige profesjon*

Forskningen skal tilfredsstillere behovene for utvidet viten og innsikt i ukjente, eller vagt formulerte problemstillinger. Fra samfunnets side stilles det krav til forskningen om at den skal være objektiv, original, fri og uhildet. Ved tverrfaglige prosjekter der mange forskjellige disipliner samarbeider, kan objektivitet, originalitet, og uhildethet være vanskelig å definere og opprettholde. Ofte er det slik at en metode hentet fra et felt ikke er original, men anvendelsen på en ny situasjon kan være det. Ofte kan en definisjon av et begrep eller et konsept være preget av disiplinens bakgrunn, og således ikke være uhildet. For å tilfredsstillere disse krav til forskningen generelt, har denne profesjonen også tre viktige behov:

- *Forskerne har behov for innsikt og forståelse av hverandres disipliner, helst under en omforenet metodikk, eksempelvis systemtenkning*
- *Forskerne har behov for innsikt og fri adgang til data omkring en problemstilling, for derved å kunne analysere fenomener og sette dem inn i sin rette teoretiske og praktiske sammenheng*
- *Forskerne har behov for å meddele resultatene til den vitenskapelige verden, slik at de kommer til generell nytte*

Det er mange momenter i disse behov som kan være uforenlig med de andre, kanskje særlig hensyn til konkurranse-evne samt beskyttelse av kunnskap og erfaring.

3.2.3 *Behovene til den industrielle profesjon*

Den industrielle profesjon har relativt klart definerte behov, som angår den forretningsmessige drift, hensynet til de ansatte og til myndigheters regler og forordninger. Derfor har også denne profesjonen tre viktige behov som prosjektet skal tilfredsstillere:

- *Et tungtveiende behov for enhver virksomhet er økonomisk lønnsomhet*
- *Et avledet behov er behovet for kunnskap og innsikt for tilpassing til råstoff, energi og marked i stadig endring*

- *Den industrielle profesjon måler sin anerkjennelse ved en øket aksept i markedet, som fører til behov for øket konkurranse-evne*

Det vil som oftest oppstå motsetninger mellom de forskjellige interessenters behov, og en prioritert avveining ("Trade-off") må gjennomføres. Som det fremgår av behovsanalysen er det klare motsetninger mellom interessentene. Derfor må det også her foretas en prioritert avveining. I praksis gjøres dette mest hensiktsmessig etter at kravene, som behovsanalysen leder til, blir spesifisert. Det blir disse kravene og deres innbyrdes relative betydning som avgjør fokuseringen av satsningen i industriell økologi generelt, og dette prosjektet spesielt.

3.3 Spesifikasjon av aktørenes krav og krav til aktørene

Behovsanalysen skal danne utgangspunktet for de krav som må stilles til organisasjon, satsingsområder, metoder, etc. for å tilfredsstille interessentenes behov til industriell økologi generelt og til prosjektet spesielt. Slike krav fremsettes vanligvis som enkle setninger, der verbet *skal* er uthevet. Dette er gjerne relativt skarpe krav, som kan mildnes ved verbet *bør*. Det er slett ikke slik at de kravene som er fremsatt nedenfor gjelder like godt for alle. De må igjen tas som eksempler fremsatt på en naturvitenskapelig bakgrunn:

3.3.1 Akademiske krav

De akademiske krav er stort sett definert ut fra internasjonale forhold, slik at de gjelder undervisning og utdanning generelt. Her er noen eksempler på slike definisjoner:

- *Alle begreper og termer som benyttes i undervisning skal ha klare og entydige definisjoner, felles for alle disipliner der det er aktuelt*
- *Konsepter og metoder skal være konsistente og generelle, slik at de kan benyttes uten større endringer i likedanne situasjoner*
- *Kilden, disiplinen eller området som konsepter, metoder og begreper er sprunget ut fra skal være kjent, slik at forvirrende dubleringer ved "nyoppdagelser" unngås*
- *Konsepter, begreper og metoder skal ha klar relevans til de praktiske forhold og til den disiplin der de anvendes*

Så langt praktisk og relevant er det oppgaven til forskningen og utviklingen av den industrielle økologien å sikre at disse krav blir imøtekommet for de

senere anvendelser av forskningsresultatene i undervisning og læring. I denne sammenheng er det viktig å understreke at industriell økologi er tverrfaglig, i likhet med systemtenkning generelt.

3.3.2 Vitenskapelige krav

De vitenskapelige krav faller nært sammen med de akademiske krav, men det stilles også rent vitenskapelige krav til forskningen. Også disse er utformet med internasjonalt siktemål, eksempelvis:

- *Påstander, utsagn eller konklusjoner skal ha en etterprøvbar forankring i en velkjent teori, et målbart eksperiment eller et beskrivbart fenomen*
- *En ny teori skal ha en forankring i etterprøvbare eksperimenter, eller beskrivbare fenomener innenfor et område, eller helst innenfor flere beslektede områder*
- *Aksept eller forkastelse av en hypotese skal gjøres på et vitenskapelig akseptert grunnlag, for eksempel statistisk hypoteseprøving, eller et logisk resonnement*
- *Fenomener skal beskrives og forklares ved modeller; logiske tankemodeller, deskriptive modeller, statistiske modeller, eller matematiske (deterministiske, symbolske eller numeriske) modeller*
- *Forskningens resultater skal fremstilles i et språk og på en slik måte at de forstås av dem resultatene presenteres for og dem som i sin tur skal benytte dem*

Slik kan noen generelle krav til forskningen stilles. De konkrete anvendelser vil føre til modifikasjoner og tillegg, men det er viktig å diskutere kravene på forhånd. Forskningens resultater blir bedømt etter hvor godt de møter disse kravene.

3.3.3 Industrielle krav

De industrielle krav til den industrielle økologien generelt og P2005 spesielt går direkte i retning av nytteverdi. For at industrien skal fatte interesse for økologi og produktivitet må det ligge potensialer til økt gevinst og utvikling for produksjonen. Noen helt konkrete krav kan settes frem, dels til bedriften og dels fra bedriften:

- *Resultater fra relevant forskning overføres mest effektivt til praktisk anvendelse ved deltagelse og samarbeid. Derfor skal industrien*

Industriell økologi, produktivitet og P2005

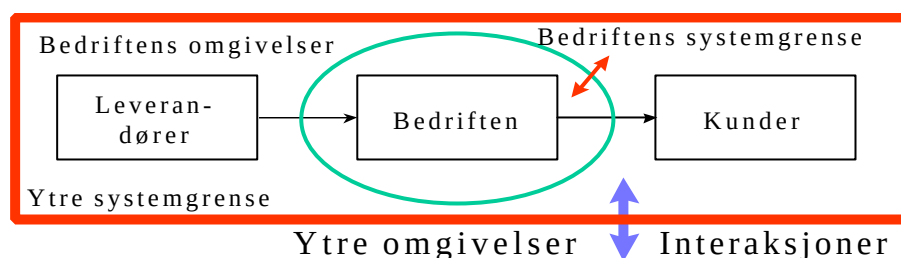
delta på linje med akademikere og forskere i konkrete undersøkelser

- *Industrien skal komme frem med konkrete eksempler som har stor relevans for virksomheten*
- *Den industrielle nytteverdien skal demonstreres ved at økt øko-effektivitet sammenfaller med økt produktivitet, økt lønnsomhet eller økt konkurranse-evne*
- *Livsløpsvurderinger skal avklare mulige eller sannsynlige kritiske situasjoner på råstoffsidene, på markedssiden, på miljøsidene, og på regelverksiden*
- *Forskningsresultatene skal øke kunnskapsnivået i bedriften, både for egne prosesser og produkter og for leverandørers og konkurrenters prosesser og produkter*
- *Den industrielle økologien skal bidra til økt forståelse for omgivelsene som ressurs, infrastruktur, sosialt og fysisk miljø*
- *Metoder og teknikker som utvikles skal ha økt konkurranseposisjon for bedriften som siktemål*

Disse mer generelle betraktninger over behov og krav til forskning og utvikling innen den industrielle økologien må nå sees i sammenheng med de deltagende industripartnere. Her er det særlig vareproduserende industri som trekkes frem. Hensikten er, ved avveining av de forskjellige krav, å finne frem til områder, bransjer, eller enkeltbedrifter, der konsekvensene av prosjektet P2005 og den industrielle økologien vil ha størst innvirkning. Der hvor det er motstridende krav er den relative betydningen av kravene for de enkelte aktørene utslagsgivende.

3.4 Vareproduserende industri i Norge

Etter identifisering av "stake-holders", en analyse av deres behov (ofte ensbetydende med fastsetting av mål) og definisjon av deres krav, følger en definisjon av det system som betraktes. I tillegg til prosjektet som sådan, er dette rettet mot den vareproduserende industri, som kan betraktes som en viktig del av systemet prosjektet omfatter. Derfor følger nå en analyse av den vareproduserende industrien. Figur 3.2 viser en forenklet skisse av det systemet vareproduserende industri opererer i.



Figur 3.2 En bedrifts systemgrenser og omgivelser

3.4.1 Definisjon av vareproduserende industri

Prosjektet følger de definisjonene som ble gitt i delprosjektet *P2005 Integrert Produktutvikling*, med den begrunnelse at definisjonene ble etablert ca. 8 mnd forut for vedtaket om å inkludere industriell økologi i totalprosjektet. Følgende er hentet fra *P2005 Integrert produktutvikling*:

Virksomhet: En virksomhet er en eller flere bedrifter.

Produkt: Et produkt er noe som selges av en virksomhet til dens kunde. Dette noe kan defineres som en vare.

Produktutvikling: Produktutvikling er et sett av aktiviteter som begynner med oppfatningen av et markedsbehov og ender i produksjon, salg og levering av et produkt.

Integrert produktutvikling: Integrert produktutvikling er en tverr- og flerfaglig aktivitet som krever kommunikasjon og samarbeid mellom alle virksomhetens funksjoner, markedet og samfunnet forøvrig. Aktiviteten tar hensyn til den totale produktlivssyklus, og kan inneholde alle faser av produktutviklingsprosessen.

Ordet "produktlivssyklus" er her noe misvisende, da produktlivssyklus ikke er noe som oppstår, men noe som må skapes gjennom produktutviklingsarbeidet. Først når produktutviklingsarbeidet etablerer produkter som er forberedt for produkt-, komponent- eller materialløkker, vil resirkuleringssløyfer som det her underforstått refereres til, fungere på en tilfredsstillende måte. Dersom disse ikke fungerer har man ikke vugge-til-vugge-løkker, men vugge-til-grav. Integrert produktutvikling definerer et produkt som en vare som kan selges til en kunde som har behov for varen. Dette gjelder kun fysiske produkter. Tjenester er altså ikke inkludert her. En oversikt over vareproduksjon i Norge hentet fra Statistisk Årbok peker på at hovedtall for bergverksdrift og industri viser en synkende tendens i antall

bedrifter i perioden 1991-1995, men en økning i antall ansatte mot slutten av perioden. Tendensen er også økende for antall timeverk utført av ansatte. Statistikken synes å gi inntrykk av at norsk industri har stor suksess, og er voksende, men forklaringen på dette må nok tilskrives den generelle høykonjunktur i industrien de siste årene, og ikke nødvendigvis at nyskappingsarbeidet går på høygir. Disse dataene er vist grafisk og i større detaljer i vedlegg.

3.4.2 Avgrensinger

Kjernegruppen innenfor Integrert produktutvikling i P2005 har valgt å fokusere på fysiske produkter med *tilhørende* tjenester (eksempelvis service). Det vil si at utvikling og leveranse av rene tjenester ikke er inkludert i dette prosjektet, selv om dette kan oppfattes som produkter. Dersom man skal følge P2005 Integrert produktutvikling på definisjonene av et produkt, vil man miste mye informasjon. Industriell økologis søken etter kartlegging av material og energistrømmer, medfører at tjenesteytende næringer og prosessindustrien ikke kan ekskluderes fra studien, fordi disse representerer signifikante elementer i kartleggingen. En bedrift i et industrielt økologisk system ser sin virksomhet i et helhetssyn hvor alle tjenester som bidrar til dens virksomhet belyses, og ikke bare de tjenestene bedriften yter overfor sine kunder i forbindelse med produktleveranser.

3.4.3 Generelle trender og drivmekanismer

Nyskaping og produktutvikling er helt avgjørende for den langsiktige verdiskapningen i norsk næringsliv. I det følgende gis en kort presentasjon av trender og drivmekanismer nasjonalt og internasjonalt, som vi tror vil legge føringer for norsk nyskaping og produktutvikling. Forøvrig henvises til kapittel 4.

- *Økende global konkurranse stiller stadig større krav til reduksjon i utviklingstid og kostnader.*
- *Marked og myndigheter stiller stadig strengere krav til produktenes egenskaper og deres tilleggstjenester, produkters sikkerhet og miljøvennlighet, samtidig som kunder i stadig større utstrekning fokuserer på dette. Flere leverandører (i for eksempel bilindustrien) fokuserer sterkt på sikkerhet og miljøvennlighet i markedsføringen av produktene.*
- *Mange mener at selve det fysiske produktet vil utgjøre en mindre del av deres omsetning i fremtiden; det vil bli større fokus på tjenester som en vesentlig del av produktet.*

Industriell økologi, produktivitet og P2005

- *Fra å være produsentstyrt, vil produktutvikling bli stadig mer markedsstyrt. Denne markedsstyringen medfører blant annet at trenden går fra produkter for "massene" til produkter tilpasset individer og deres spesielle ønsker.*
- *Økende konkurranse vil i mange bransjer også medføre at en virksomhets produkter må differensiere seg tydelig og attraktivt i forhold til konkurrerende produkter.*
- *På grunn av økende konkurranse og stadig mer markedsstyring vil usikkerheten i virksomheters produktutvikling øke. Usikkerheten vil relateres til hvilke produkter som vil slå an i markedene.*
- *En trend er at leverandører av komplekse systemer ønsker å forholde seg til færre leverandører som leverer mer komplette systemer. Det medfører en overgang fra å være komponentleverandør til å bli systemleverandør. Dette kan en se i flere bransjer (bilindustrien, elektronikkindustrien, skipsindustrien).*
- *Økende globalisering av virksomheter og markeder gjør utstrakt samarbeid, mellom innenlandske og utenlandske virksomheter i produktutvikling og produksjon, stadig mer nødvendig. Stadig flere bedrifter i dag må/vil ut på det internasjonale marked.*
- *Endringer i relasjoner til markeder og til andre virksomheter, samt i egen virksomhets organisering øker, noe som gir behov for å endre/forbedre egne prosesser i stadig større utstrekning. Stadig større evne til omstilling kreves av virksomhetene som vil overleve.*

Tabell 3.1: Fokus i forskjellige epoker og utviklingstrender.

	1980 årene	1990 årene	år 2005
Konkurransefokus	Margin	Markedsandel	Markedsstørrelse
Konkurranse-virkemiddel	Lavere kostnader	Tid til marked	Innovasjon
Teknologifokus	Produktivitet	Felles data	Optimal bruk av menneskelige ressurser
Prosessfokus	Serieproduksjon	Concurrent engineering	Samarbeid mellom virksomheter
Organisasjonsfokus	Hierarki	Prosjektteam	Nettverk

3.4.4 Utfordringer

Hvordan kan man i praksis skape betingelsene for at en virksomhet kan bevege seg fra annen til tredje bølge? Utfordringen blir å skape en *lærende organisasjon*, som kan oppfylle tredjebølgens krav til *forandring, fleksibilitet og fornyelse*.

En annen utfordring er at *effektivitet* og *innovasjon* både i tilrettelegging for produktutvikling, gjennomføring av selve produktutviklings-prosessen, samt oppfølging av produktet i markedet, vil bli stadig viktigere. Samtidig vil produktutvikling under slike utfordringer i stor utstrekning kreve tverrfunksjonelt og –faglig samarbeid om produktutvikling i virksomheten, og mellom virksomheter lokalt og globalt. Mer spesifikke utfordringer som knytter seg til dette er å:

- *Optimalisere bruk av menneskelige ressurser.*
- *Knytte produktutvikling i virksomhetene sterkere til markedene /samfunnet.*
- *Optimalisere aktiviteter og støttesystemer rundt integrert produktutvikling, som igjen kan deles i følgende kategorier:*
 - ◇ Ledelse, organisering og administrasjon
 - ◇ Designmetodikk.
 - ◇ Informasjonsteknologi og andre støttesystemer

3.5 De overordnede målsetningene i P2005

Industriell økologi er en integrert del av P2005, og det er opp til programledelsen å se til at en oppsplitting av P2005 i enkelte underprogram unngås. Da er det viktig at målene som settes for de forskjellige underprogrammene er i samsvar med målene for hovedprogrammet. Vi vil her se på i hvilken grad industriell økologis målsettinger stemmer overens med de overordnede målsettingene for P2005, og hvordan samarbeid mellom aktørene i de andre delene av P2005 kan foregå.

3.5.1 Hovedmål for prosjektet P2005

Det er satt fire overordnede mål for aktivitetene innen områdene forskning, industri, utdanning og samfunn. Disse er som følger:

Industriell økologi, produktivitet og P2005

- Forskning: NTNU og samarbeidende utdannings- og forskningsmiljøer skal videreutvikles som et internasjonalt anerkjent forskningsmiljø med spisskompetanse og tverrfaglig kompetanse innen produktivitet, vareproduksjon, ledelse og organisasjon.
- Industri: Industrien skal utvikle nettverk mot utdannings- og forskningsmiljøer for å utvikle langsiktig kompetanse som gir et konkurransefortrinn.
- Utdanning: Det skal utvikles et utdanningstilbud ved NTNU innen doktorgrad-, "Mastergrad" og etter- og videreutdanning på høyt internasjonalt nivå og med relevans for norsk vareproduserende industri.
- Samfunn: Norsk vareproduserende industri skal profileres som en attraktiv og fremtidsrettet arbeidsplass og skal tiltrekke seg investeringer i kunnskapsintensiv vareproduksjon.

I tillegg bør det nevnes at P2005 har som mål at aktiviteter og samarbeid for å nå disse målene skal være tverrfaglig. Fordi industriell økologi legger så stor vekt på integrert systemtenkning vil arbeidet i satsingsområdet være tverrfaglig fra første stund, og derfor møte dette målet.

3.5.2 Samsvar mellom delmål for industriell økologi og mål for P2005

De mål som er beskrevet andre steder i notatet er i overensstemmelse med de fire overordnede målene her. P2005s mål om forskning, utdanning og industri vil oppnås ved å møte de behov som de ulike interessentene (akademisk, vitenskapelig og industriell) har, og som er utdypet i kapittel 3.2. Hva angår P2005s mål i forhold til samfunnet har industriell økologi en unik mulighet i P2005 til å bidra med å profilere industrien som fremtidsrettet. Satsing på industriell økologi, bærekraftighet og øko-effektivitet vil både skape økt aksept i markedet og bidra til å bedre industriens profil i samfunnet.

3.5.3 Samarbeid med aktørene i andre deler av P2005

P2005 er et stort program i kontinuerlig utvikling. Organisasjon, deltakere og rammebetingelser vil alle kunne endres. Aktørgruppene innenfor P2005 vil imidlertid være konstante i programmets levetid, det vil hele tidene være en akademisk profesjon, en vitenskapelig profesjon og en industriell profesjon

Industriell økologi, produktivitet og P2005

innenfor programmet. Hvordan kan industriell økologi bidra til læring og utvikling på programnivå innenfor disse tre gruppene?

Overfor den akademiske profesjon i øvrige deler av P2005 kan industriell økologi bistå med:

- *Utvikle felles fag og felles moduler av fag basert på integrert systemtenking*
- *Felles begrepsavklaring og begrepsutvikling innenfor området produktivitet*
- *Utvikle teorier og modeller for integrert systemtenking*
- *Veilede P2005 kandidater på hovedfag og doktorgradsnivå*

Overfor den vitenskapelige profesjon kan industriell økologi bistå med:

- *Utvikle felles metoder for (tverrfaglig) forskning innenfor integrert systemtenking*
- *Gjennomføre fellesprosjekter med andre deler av P2005 (eksempelvis prosjekter om Økodesign med Integrert produktutvikling og prosjekter om ressursstrømmer, markedsandeler og omgivelser med Bedrifter i Nettverk)*
- *Gjennomføre felles eksperimenter*
- *Bistå med data til de andre prosjektene fra egne undersøkelser*

I forhold til den industrielle profesjon kan industriell økologi bistå med:

- *Gjennomføre fellesprosjekter som krever kompetanse fra flere satsingsområder*
- *Utveksle personell med industrien i samarbeid med de andre satsingsområdene*
- *Det kritiske punktet for å få til samarbeid på programnivået i P2005 er imidlertid at man oppdager grenseflater hvor samarbeid er mulig og hensiktsmessig mellom de ulike delene av programmet.*

3.6 Hvor ønsker vi å være i 2005 - 2010?

Det vil spesielt være innen tre områder at effekten av kobling mellom industriell økologi og vareproduksjon vil vise seg å ha stor betydning.

3.6.1 Utvikling av vareproduksjon i Norge

Innarbeidelse av begrepet *øko-effektivitet* sammen med en systematisk bruk av *økodesign* vil kjennetegne fremtidens vareproduserende industri

- *Noen norskproduserte produkter er i ferd med å utkonkurrere eksisterende produkter på et internasjonalt marked, fordi behov tilfredsstilles på en ny og kreativ måte, der økologisk riktig materialbruk, produksjonsprosesser, brukspraksis og gjenbruk gir lavere kostnader langs hele verdikjeden.*
- *Noen bedrifter har sluttet å produsere visse produkter som har dårlig økologisk utviklingspotensiale, og satset på nye produkter der høy øko-effektivitet kan oppnåes.*
- *Det er en stor grad av nyetableringer, der nye produktsystemer og tjenester tilbys til stadig flere miljøbevisste kunder som forventer at miljøriktige løsninger gir forbedret funksjonalitet og lavere kostnader.*
- *Gjennom nettverksutvikling og samarbeid, utnyttes kompetanse for å redusere risiko. En del "gamle bedrifter" som ikke klarer å omstille seg faller fra.*
- *En fornyet entusiasme, kreativitet og innsatsvilje, det er en øket tilgang på unge talenter innen design, produksjon, bedriftsutvikling og markedsføring oppleves.*

3.6.2 Nye initiativ fra myndighetene

Det er i år 2005 etablert et samarbeid mellom NTNU, Miljøvern-departementet og Industri- og Næringsdepartementet gjennom utveksling av personell, studentarbeider og dr.gradsarbeider. Det er i ferd med å utvikles rammebetingelser og infrastruktur som fremmer øko-effektiv materialbruk, vareproduksjon, bruks- og gjenbrukspraksis i Norge. Dette virker tiltrekkende også på utenlandske bedrifter for etablering i Norge og for bruk av norsk kompetanse.

3.6.3 Ny rolle for universitetene

Man ser at universitetene er i ferd med å få en ny rolle i samfunnet som bindeledd mellom industri, skole og myndigheter. Ved siden av forskning og utdanning innen de tradisjonelle fagdisipliner, er det i ferd med å utvikles en

Industriell økologi, produktivitet og P2005

virksomhet som utforsker fremtidige bærekraftige samfunnssystemer fra mikronivå (spesifikke produkter og aktiviteter) til makronivå (infrastruktur og samfunnsutvikling). Dette er en virksomhet der teknologi, naturvitenskap, samfunnsvitenskap og de humanistiske fagdisipliner arbeider sammen gjennom dialog og respekt for hverandres spesialkompetanse.

Systemtenkning, økologi, økonomi, etikk, estetikk og "åndsvitenskap" blir viktige elementer i en slik "holistisk" tilnærming.

En ser at nye samarbeidsformer og undervisningsopplegg er etablert, forskningsideer i grenseland mellom tradisjonelle fagområder oppstår og får støtte, og at offentlige institusjoner, myndigheter og næringsliv fanger opp nye ideer og konsepter for sin personal-, forretnings- og organisasjonsutvikling.

Kunnskap og kompetanse globaliseres i stort tempo, og det etableres mange formelle og uformelle nettverk mellom industri, forskning og læresteder nasjonalt og internasjonalt. Ved bruk av informasjons- og kommunikasjonsteknologi gjøres teori- og casebasert materiell for læring tilgjengelig på tvers av læresteder, og bedrifter kan følge opplæringsprogrammer som fokuserer øko-effektivitet og økodesign som er tilpasset arbeid og prosjekter i egen bedrift.

4 TRENDER OG FREMTIDSSCENARIER FOR VAREPRODUSERENDE INDUSTRI

4.1 Samsvaret mellom trender og industriell økologi

En gjetning om framtida bør helst flettes sammen med identifikasjon av tendenser som i) består på relativt lang sikt, ii) endres med en viss treghet og iii) eventuelt endres på en regelmessig og (helst) varig måte. Slike tendenser blir oftest kalt *trender*, og to observasjoner er nødvendige i denne sammenhengen. For det første utgjør trender (og trendanalyse) den enkleste og mest direkte form for fremtidsforskning. De er basert på en antagelse om at utviklingen forventes å følge en mer eller mindre direkte linje, hvilket den ofte gjør, dersom alle faktorene er kjent. Trender med *avbrudd* - utarbeidet i form av *scenarier*, som er en veltestet metode for planlegging, utgjør den beste måten å se fremover på, og har særlig stor nytteverdi for produksjons- og distribusjonsavhengige prosesser og langsiktig tenkning.

For det andre, er det særs viktig at trender ikke oppfattes passivt, dvs. som en serie bilder som passerer foran oss uten at vi har muligheten til å påvirke dem. Vi befinner oss nemlig ofte *innenfor* en eller flere trender, hvilket vil si at vi har mer eller mindre full mulighet til å påvirke trenden (eller trendene), både med hensyn til *innhold* og *retning*. Industrien selv har vesentlig påvirkningskraft på den langsiktige utviklingen av sin miljøprestasjon.

Det er innledningsvis også verdt å nevne at de trender som forekommer nedenfor ikke nødvendigvis er forenlig med industri-økologiske prinsipper.

4.2 Trender og megatrender

I dette avsnittet skal vi gå gjennom noen av de viktigste trendene med relevans til industriell økologi generelt og vareproduserende industri spesielt. Deretter identifiserer vi det som vi vil kalle megatrender, og forklarer hvorfor de er av spesiell betydning for all slags planlegging.

4.2.1 Trender

Først noen generelle trender:

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

- ◆ *Befolkningsøkningen og en fortsatt forskyvning av det befolkningsmessige tyngdepunktet.*
- ◆ *Regionale konflikter om basisressurser som land og vann.*
- ◆ *Energibruk og CO₂-utslipp.*
- ◆ *Stigende miljøkrav, helsekrav og etiske krav til produkter og produksjon.*
- ◆ *Aldring av befolkningen i de industrialiserte landene De eldre blir en ressurssterk og kjøpesterk gruppe*
- ◆ *Økt kapitalmobilitet, demokratiunderskudd og trussel mot strengere regionale miljøkrav.*

I global skala skjer det (og vil fortsette å skje) en forskyvning av det befolkningsmessige tyngdepunktet i retning av "utviklingslandene" – særlig i retning av Asia. I regional skala tar forskyvningen form av en sterk og ukontrollert urbaniseringsprosess – særlig i utviklingslandene og i de nye vekstområdene i Asia. I 2030 regner FN med at 60% av verdens befolkning vil bo i byer (Solem 1992).

De regionale konfliktene vil som vanlig maskeres som religiøse, etniske eller nasjonale. Dette vil bestemme konfliktenes form, men i stigende grad vil også deres innhold preges av grunnleggende konflikter om land og vann. Dette vil gi maktforskyvninger og regional ubalanse, særlig i Asia.

Det er neppe noen som tviler på at fornybare energikilder vil erstatte fossilt brennstoff en gang i framtida. Denne prosessen vil imidlertid ta mange tiår. Eksempelvis utgjør "ny" fornybar energiproduksjon (sol- og vindbasert) bare ca. 1% av verdens elkraftproduksjon. De kullfyrte kraftverkene som i dag bygges i China og India, vil fortsatt brenne kull om 30-40 år. Den raskt økende millionflåten av lastebiler i disse landene vil fortsette å sluke diesel de neste 20-30 årene. Samtidig vet vi at de beslutningene som tas i disse landene i dag, vil nødvendigvis ha tunge føringer for utslippene om 30-40 år.

Friere verdenshandel og større internasjonal persontrafikk øker risikoen for spredning av sykdommer og infeksjoner. På den andre siden vil det være en tendens til at forbrukerne stiller stigende krav til matvaresikkerhet og opprinnelsesmerking. Dette utløser behovet for å utvikle standarder for "rene produkt" og leveransesystem som garanterer forbrukeren ønsket produktkvalitet fra produsent til konsument. I stigende grad vil disse kvalitetskravene omfatte hele livssyklusen til produktene. Tilsvarende utvikling vil skje når det gjelder produkter og tjenesters miljøegenskaper under produksjon og konsum. Denne tendensen vil bli drevet fram av proaktive bedrifter og av myndigheter og internasjonalt avtaleverk som setter høyere miljøkrav og/eller avgiftsbelaster skadelige utslipp og restprodukt. Dette vil

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

stille store krav til dokumentasjon av produkters miljøegenskaper og til regnskapssystem og metoder for økonomisk avveining av ulike hensyn som lett kommer i motstrid til hverandre. Dessuten må denne avveiningen integreres med organisasjonsprosesser og ledelse som klarer å handtere risiko knyttet til det å oppfylle mer komplekse kvalitets- og miljøkrav.

Fra og med Uruguay-runden som resulterte i GATT-avtalen fra april 1994, er de internasjonale handelsavtalen mer å regne som avtaler om *frie kapitalbevegelser* enn som avtaler for *fri handel*. Dette kan føre til at de nasjonale lovgivende og styrende organene med en demokratisk etablert legitimitet "tømmes" i stigende grad for reell makt. I stedet vokser myndigheten til overnasjonale organ uten nødvendigvis en tilsvarende demokratisk legitimitet. Økt kapitalmobilitet kan i seg selv svekke enkeltlands mulighet for å skjerpe miljøkravene utover det som er gitt i internasjonale avtaler. Med hensynet til miljøkrav og arbeidsmiljø kan de internasjonale handelsavtalene bli langt mindre dynamiske enn når det gjelder å utvikle avtaleverk som støtter fri flyt av varer, tjenester og kapital, i og med at hensynet til fritt vare- og kapitalmarked prioriteres foran hensyn til miljø.

Flere trender kan få påvirkning på vareproduserende industri: "de-industrialisering"; fremveksten av de nye industrilandene; globalisering og økende lønnsgap; og større sosiale ulikheter. Det er fremdeles usikkert om hvorvidt resultatene av disse trendene blir som antatt. Imidlertid er det viktig at denne formen for planlegging blir fullt ut forstått og fulgt opp.

4.2.2 Megatrender

Hva er så forskjellen på trender og megatrender? En megatrend kan defineres som en trend som er så stor og altomfattende at den griper inn i hele samfunnsutviklingen på en helt ny og avgjørende måte. Megatrenden kan derfor godt være basert på en eller flere enkelttrender som henger sammen og som til sammen utgjør en helhetlig (holistisk) framtidig utfordring.

Vi vil her beskrive 3 megatrender (Solem, 1994). Den første megatrenden er *befolkning og ressurser* sett i sammenheng. Spørsmålet om befolkning og befolkningsvekst sett i isolasjon er uinteressant, i og med at den kan være både for stor og for liten, dvs. det kan tenkes at underbefolkning (kfr. Canada, Australia) like godt kan være et drawback som overbefolkning (kfr. dagens Afrika, selv om kontinentet er relativt underbefolket og på et tidspunkt var en netto eksportør av mat).

Den andre megatrenden kan sammenfattes som *teknologi/menneske/politikk*. Teknologien i seg selv er objektiv, nøytral og blind. Uten teknologi ville vi som mennesker fremdeles befinne oss på hule- eller treboer stadiet, i en kald og fiendtlig verden som vi verken kunne forstå eller gjøre noe med. Med teknologi kommer fremdrift, nyttiggjøring og

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

forbedring av produksjon og distribusjonssystemer. Men teknologien har et Janus ansikt, og kan brukes negativt (kfr. atomvåpen, samt biologisk og kjemisk krigføring). Vi må kunne vite forskjellen og gjøre bruk av teknologien positivt.

Den tredje megatrenden, der alt er knyttet sammen, er *menneskelige verdier*, som er et direkte resultat av de foregående to megatrender, og som kanskje er det viktigste elementet i all sosial og kulturell endring. Vi må derfor forholde oss til hva folk tenker, føler og reagerer på, og hvordan deres preferanser og valg blir direkte påvirket og utviklet av utenforliggende faktorer. For vareproduserende industri vil et slikt utgangspunkt for forståelse være essensielt.

Resten av kapittel 4 vil dreie seg om utvalgte trender som bygger på det forannevnte og som er relevant for vareproduserende industri

4.3 Energieffektiviteten i fokus

Da Organisasjonen av oljeeksporterende Stater (OPEC) tredoblet oljeprisene i 1973 ble forskningsinnsatsen for å finne energisparende produksjonsmåter forsterket. Tankegangen var at en mer energieffektiv produksjonsmåte gav økonomisk gevinst, men også at miljøet kunne spares ved at forbruk av råstoff (og dermed utslipp) i produksjon ble mindre. I 1990-årene ble kravene til miljøvennlig produksjon skjerpet ved innføring av skatt på utslipp av karbondioksid fra offshore installasjoner i Norge. Kravet ble stilt på vegne av miljøet: Kraftproduksjon og -bruk skal også skje med minimale utslipp av drivhusgasser.

Vareprodusenter i Europa søker mindre utslipp og bedre energieffektivitet, når de i større grad enn tidligere opererer i klynger for å dekke sine behov og løse sine utslippsproblem. En klynge består av forskjellige bedrifter som er komplementære i sine behov. Produksjon av drivhusplanter i Nederland krever for eksempel store mengder varme. Drivhus velger derfor å operere sammen med gasskraftverk, som kan selge elektrisitet til lys, men også (spill-) varme til oppvarming av bygningene. Elektrisitetsproduksjon ut over den som brukes til lys i gartneriene selges ut av klyngen. Utslippene av CO₂ fra kraftverket ledes inn i drivhusene og gir økt vekst av planter.

Når energibehovene i en industri er kartlagt, gjelder det altså å finne en samarbeidspartner med komplementære behov! Opprettelse av produksjonsklynger er naturligvis enklest når industribedriftene ligger nært hverandre. Det er spådd en utvikling i retning av slike mer eller mindre selvforsynte klynger (Chem.Eng.News, 1996).

Energiproduksjon og -behov varierer sterkt i de ulike verdensdeler, og situasjonen i Norge er utypisk blant vestlige land vi ellers sammenligner oss

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

med. I Norge kan vi ikke snakke om knapphet på energiresurser med våre vann- og oljeresurser. Norsk kraftproduksjon kan likevel ikke ses isolert fra andre land. I diskusjonen om bygging av gasskraftverk, eventuelt import av kraft fra utlandet, er effekten på globalt utslipp av CO₂ sentralt. Et land med høy industrialisering og mangel på energiresurser er Japan. Hvis vi bruker dette landet som et mål på hva som vil være mer vanlig på lang sikt i Europa, er det klart at bevisstheten om *energiens kvalitet* i vår del av verden må økes betraktelig. Japan har store forskningsprogram på å utvikle et mangfold av fornybare energikilder, og omsette energi mer effektivt. For eksempel legges det i stadig større grad vekt på å utnytte varmestrømmer fra industrien med relativt lav temperatur.

4.3.1 En kvalitetsskala for energi

De forskjellige energitypers evne til å gjøre arbeid kan brukes til å rangere energi på en skala. I en situasjon med knapphet på energi vil det være avgjørende å bruke denne skala, også ut fra etiske hensyn. Nederst på skalaen står varmeenergi med temperatur lik den til omgivelsene. Denne energien kan ikke brukes til å utføre noe arbeid (men den er selvfølgelig verdifull til oppvarming). Varme med en høyere temperatur, kan brukes til å lage arbeid og ligger høyere på skalaen jo høyere temperaturen er. Elektrisk energi ligger øverst, denne energitypen gir nesten 100 % arbeid. Det er termodynamikkens 2. lov som gir oss denne rangeringen. Denne loven sier at energi ikke kan omsettes uten at det produseres varme ved lav temperatur. Fordi forbruk alltid er beheftet med spillvarme (avfall), gir loven en øvre fysisk begrensning på de omsetningshastigheter eller den vekst i forbruk vi kan ha i verden.

Energi som har evne til å gjøre arbeid, kalles eksergi. Eksergianalyser brukes i stor utstrekning til å vurdere produksjonsmåters effektivitet. En produksjonsmåte med høy eksergivirkningsgrad, sparer miljøet ved at produksjonen skjer med minst mulig tap av arbeid. Verdens reservoar av tilgjengelig arbeid (eksempelvis fossile brensler) blir spart. Å spare eksergi, er målet for svært mange analyser av denne typen. De prosessene som antakeligvis har minst eksergivirkningsgrad er de som bruker varme til å gjøre arbeid og de som omsetter kjemisk energi.

4.3.2 Et mål for effektiv energibruk: Produksjon med ekvipartisjon av krefter

De siste års forskning ved NTNU (Sauar, Kjelstrup og Lien, 1995, 1998) har vist at det ikke bare er mulig å sammenligne forskjellige produksjonsmåter ut fra hvor mye eller lite eksergi de virkelig krever. Vi kan også si noe om hvor

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

mye eksergi prosessene ideelt bør bruke, og hvordan man derfor bør omlegge driften. For flere typer prosesser kan vi si at design av nye og drift av gamle prosesser bør skje etter "Prinsippet for ekvipartisjon av krefter", det vil si med jevnest mulig fordeling av kreftene som driver systemet. Dette åpner nye muligheter i forskjellige retninger. En anvendelse av Prinsippet for ekvipartisjon av krefter er å analysere eksisterende produksjonsmåte: Hvor langt ligger vi fra ideell produksjonsmåte? Hvordan skal vi få den optimale eksergivirkningsgrad? En annen måte er sosialøkonomisk; vil det være riktig å skattlegge den eksergi som næringslivet bruker utover den eksergi de ideelt må bruke?

Mens den førstnevnte veien er rettet mot forbedringer i næringslivet selv, er den andre veien rettet mot myndighetene. Når myndighetene forstår hvilket potensiale det er for eksergisparing, vil de også være i stand til å stille produksjonskrav til næringslivet som vil drive utviklingen i retning av mer eksergieffektiv produksjon. På denne måten vil den enkelte produksjonsbedrifts energibruk kunne bli en kritisk parameter, for å få til et samlet bedre miljø for nasjonene. En slik utvikling er forutsagt også av professorer ved Universitetet i Delft og ved MIT.

4.4 Håndtering av usikkerhet og omstilling

De største forskningsutfordringene kan sammenfattes som strategisk *usikkerhet* og strukturell *sårbarhet* knyttet til den globale samfunnsutvikling og økonomiske drivkrefter, teknologi-utviklingen (IT og bioteknologi), nye former for sosio-teknisk organisering av produksjonssystemer, og hvordan miljøforskningen kan svare på Ulrich Becks utfordring om "produsert usikkerhet og organisert uansvarlighet". De rådende konsepter for miljøstyring i virksomheter ble primært utviklet for en stabil masse produserende storindustri og en energisektor der omstilling og kostnadskutt ikke var fremst på dagsorden. Det har vært vanlig å se på miljørisiki som tegn på "systemer i ubalanse", og middelet har vært "systematisk avvikshåndtering og korrigering" etter de samme prinsipper som vi også finner innenfor kvalitetsstyring. Dette er vel og bra i mange sammenhenger, men problemet oppstår når normalsituasjonen i industri og transport mer og mer dreier seg om fleksibel spesialisering, hensynsløse markedskrefter og konkurranse posisjonering, kontinuerlige, raske endringer i teknologi og organisering i komplekse nettverk og med tette, men ukjente koplinger mellom aktører og strukturer. I industrien er det en dynamikk som driver aktivitetene mot grensene for yteevne og tåleevne.

Styringssystemer basert på systematisk avvikshåndtering krever rimelig faste og stabile aksept- kriterier for hva som er "godt nok", "rent nok", osv.

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

De kybernetiske kontrollsløyfene for avvikshåndtering fanger ikke nødvendigvis opp raske endringer og omstillinger i koplingen mellom systemnivåer. Under slike forhold kreves det alternative styringsprinsipper som eksempelvis ”boundary control” basert på prinsipper fra termodynamikken. Det kan hevdes at kommersiell suksess i et konkurranseutsatt marked medfører at fordelene ved å operere i utkanten av akseptert praksis vil bli utprøvd og grensene for ”føre var” kriterier og andre miljøkrav overskrides. Noe av problemet her er at komplekse sosio-tekniske systemer ofte har redundans og barrierer som gjør at slike overskridelser ikke nødvendigvis har noen synlig effekt eller blir oppdaget i tide. LCA- metodikk kan muligens gjøre slike overskridelser mer synlige.

Ethvert tradisjonelt styringssystem etter eksempelvis ISO 14 000 eller EMAS-prinsipper vil med slike dynamiske normaltilstander lett miste oversikten og bryte sammen før eller siden. Beslutnings- støtteverktøy, også i forhold til miljørisiko, er vanligvis bygget på enkle nytte teoretiske antakelser om beslutningssituasjoner, mens eksempelvis internasjonal dokumentasjon om miljøkatastrofer gir et bilde av ”*distribuert beslutningstaking*” med en mengde, til dels uavhengige aktører i ulike enheter og nivåer, der ingen har den samlede oversikt som kunne forhindret katastrofen. Alternative måter å nærme seg behovet for beslutningsstøtte på er bl.a. beskrevet i Klein, G. & Calderwood, C. (1993). Distribuerte beslutninger, sammen med multi-attributt beslutningsteori er en stor utfordring og mulighet for videreutvikling av miljøforskningen, ikke minst i forhold til å utvikle konseptet industriell økologi til bedre å håndtere komplekse, dynamiske industrielle systemer.

4.5 Forbrukeradferd, konsumenter og preferanser

Konsumentpreferanser forandres stadig. Positive nyheter og forandring øker livskvaliteten og får oss til å trives. Negative hendelser som miljøkatastrofer, miljøbelastende industriprosesser eller defekte og farlige varer påvirker oss til å unngå bestemte produkter eller til og med fordømme bedriften. Konsumenter er meget følsomme for informasjon om negative eller risikorelaterte opplysninger om et produkt. Og følsomheten øker i takt med betalingsevne. Innenfor psykologien snakker vi om at negativ informasjon er mer diagnostisk enn (forventet) positiv informasjon. Det er for eksempel viktigere å vite om et produkt er helsefarlig enn om det er funksjonelt og billig. Negative aspekter har således en høyere signalverdi og får større betydning enn positive attributter i en vurderings- eller beslutningsprosess.

Konsumentpreferanser diskuteres oftest i forbindelse med valg av produkter innenfor samme nisje med ulik pris, kapasitet, eller ulike attributter som eksempelvis farge eller form. Diskusjon og forskning fokuserer gjerne på

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

raskt omsettelige dagligvarer eller bransjemessige motetrender. Når det gjelder utviklingen på miljøområdet er det imidlertid åpenbart at en diskusjon om konsumentpreferanser også må ta hensyn til langsiktig, sosial forandring og dypereliggende påvirkningsfaktorer enn pris, farge og form. På tross av raske motenytter, kan man skille ut relativt langvarige trender over tid som skapes, utvikles og forandres gjennom kunnskap, viktige hendelser og menneskers opplevelser.

Slike utviklingstrender kan anskueliggjøres gjennom fremveksten av "common sense" i form av "centripitale" og "centrifigale" sosiale krefter som påvirker konsumentenes preferanser og atferd. Til den centripitale utviklingen kan man tilskrive den fremvoksende allmenne, globale miljøbevissthet som utvikles gjennom eksempelvis Carsons bok "Silent Spring" som ble publisert i begynnelsen av 60-tallet, dagens forskningsrapporter om global oppvarming og miljøaksjoner blant annet i regi av Greenpeace. Denne "top-down"-utviklingen har ført til en økende interesse for regionale og lokale miljøforhold. Interessen har beveget seg inn i mat- og konfeksjonsvarer, ned i søppelposer og påvirket både energi- og transportsektoren. I denne kategorien finner vi også utviklingen fra det tidlige, eksklusive, radikale og ofte industrifiendtlige miljøengasjementet til det etablerte samfunns sterke vektlegging av holdbarhet, bærekraft og kvalitetsutvikling.

Blant de centrifigale kreftene som påvirker trender blant både konsumenter og produsenter finner vi utviklingen fra miljøsatsning på enkle konsumentprodukter som eksempelvis papir og vaskemidler, via kapitalvarer som eksempelvis kjøleskap, møbler og biler, til miljøsatsning på boliger, bostedsområder og regioner. Utviklingen har omfattet en kraftig ekspansjon av produkter og produktområder, samt en trendsettende innstilling om at miljømerking eller sertifisering representerer også bedre kvalitet, i tillegg til miljøhensyn.

De centripitale og centrifigale kreftene virker naturligvis innenfor den samme utviklingsprosessen. De stadig mer omtalte globale miljøtruslene later til å ha skapt grunnlag for at en lokalt og individuelt tar ansvar. På det individuelle planet, både i konsument og samfunnsborgerrollen, utvikles praktiske ideer fra det lille, hverdagslige perspektivet. Denne "bottom-up"-prosessen påvirker i høy grad markedet, fremtidige investeringer og internasjonal konkurransekraft. Konsumenter velger i dag miljø- og helsemerkede produkter i stor utstrekning. Om disse ikke finnes tilgjengelige, kan de unngå varen, eller når det gjelder kapitalvarer, å skaffe seg kunnskap om framtidige miljørelaterte krav. Produsenter er meget følsomme for denne typen informasjon- og kvalitetsetterspørsel, som ofte når frem til dem via underleverandører eller detaljhandelen, og de søker på samme måte kunnskap om framtidige krav innenfor sin bransje.

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

Spørsmålet om fremtidige utfordringer blir således sentralt for såvel konsumenter som produsenter. På bakgrunn av hva som har skjedd siden 1960-tallet kan vi forvente oss at konsumentene kommer til å legge stadig større vekt på miljøtilpasning av varer og bedrifter, og de kommer generelt til å etterspørre bedre kvalitet innenfor stadig flere områder. Relasjonen mellom miljøtilpasning og kvalitet kommer til å forsterkes, samt i større grad kobles til helse- og sikkerhetsaspekter. Krav til valgmuligheter og fleksibilitet kommer til å være like høye som tidligere, men minimumsstandarden for hva som er et akseptabelt produkt kommer til å forhøyes kontinuerlig. Dette innebærer at vareproduserende bedrifter og industrien forøvrig kan skaffe seg betydelige markedsfordeler ved å gå i teten for utviklingen innen sitt område. De som derimot ikke følger med i utviklingen, kommer raskt til å befinne seg under det aksepterte minimumsnivået for produkt- og produksjonskvalitet, og dermed konkurreres ut. Blant de nye ting som kommer til å skje i fremtiden, kan man forvente seg at det utvikles krav til mer integrerte produktpresentasjoner enn i dag, dvs. at konsumenten ikke er villig til kun å kjøpe produktet i seg selv, men også ønsker at konsekvensene av kjøpet er forenlig med de eksisterende, overgripende ideene som styrer livsstil eller hverdagsfilosofi. En slik utvikling vil raskt kunne komme til å generere vel gjennomtenkte policy-konsept innenfor helse-miljø-sikkerhet for såvel produkter og aktiviteter innenfor ulike bedrifter og bransjer.

Dagens samfunn viser således frem bevisste konsumenter som søker informasjon om produkters standard, både når det gjelder miljøtilpasning og helse/sikkerhets-aspekter. Preferanser vedrørende pris, design og eksempelvis funksjonalitet, kobles i stadig sterkere grad til kjøpsprosessen med bakgrunn i en økende interesse for bedre livskvalitet på lang sikt, en innstilling som også innbefatter omverdenen, nærområdet og kommende generasjoner

4.6 Livskvalitet og verdier

4.6.1 Livskvalitet versus levestandard

Hva vi mener med livskvalitet vil naturligvis variere mellom mennesker, med ulike interesseområder, livssituasjoner og alder. Det henger sammen med hva vi liker og setter pris på. Rokeach arbeidet allerede på 1960-tallet med sin inndeling av livsverdier i to kategorier. Han benevnte dem "terminale" (eksempelvis frihet og fred) og "instrumentelle" verdier (penger og komfort). I dag tilhører begrepene materielle og postmaterielle verdier lignende anvendte områder og vitenskapelig diskusjon

Levestandard skiller seg fra livskvalitet blant annet ved at den utgjør (bortsett fra at levestandard i form av penger og komfort kan verdsettes i seg

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

selv) en ressurs for å takle vanskeligheter og problemer. Levestandard kan således ses på som en instrumentell verdi, med Rokeach terminologi, dersom man evner å utvikle ressursene til en immaterielt, eller mer fundamental verdi. Begrepene anvendes videre på ulike nivåer, dvs. levestandard betegner ytre eller omkringliggende faktorer som påvirker menneskers liv, eksempelvis biler per capita, personer per bo-areal etc., og det måles ofte på nasjonsnivå. Livskvalitet er derimot en indre, opplevelseshenrykket vurdering, ut fra den subjektive skala som har vokst frem i ens eget liv, og som kan omfatte både ytre og indre faktorer. Relatert til miljøspørsmål innebærer dette at økonomisk sterke nasjoner, interessegrupperinger eller individer har større mulighet til å realisere ressurser for å bidra positivt til en sunn fremtidig utvikling. Enkelte er til og med villig til å hevde at det å ha større ressurser også medfører et større moralsk ansvar for samfunnsutviklingen.

Verdier, eller livsverdier, inngår som sentrale komponenter i det man bruker å kalle overgripende mentale strukturer, forestillingssystemer eller "verdensbilder". Hit hører også grunnleggende opplevelser av virkeligheten slik den er, og hvordan den bør være. Slike verdensbilder er ofte ikke -uttalte og dypt forankret i egen erfaring og kultur. Et kulturelt fellesskap inneholder og opprettholdes av sosiale verdier, som i større eller mindre grad deles av de som tilhører gruppen. I vår tid utsettes våre omgivelser for stadig større påvirkninger og trusler, noe som blant annet resulterer i stadig flere spørsmål om hva som er rett og riktig i forholdet mellom menneske og miljø, samt en opplevd øket betydning av jomfruelig natur og villmark.

Tidligere levde grottefolk og jeger-samlerkulturene i naturen, men det er ikke lenge siden J.J. Rosseous romantiske motto "tilbake til naturen" forandret verden på sin tid. Om man kan sammenfatte budskapet med å si at det reflekterte en advarsel mot altfor kunstig eller kultivert menneskelig aktivitet og samspill, så betyr "tilbake til naturen" i dag i sterkere grad å gi tilbake det som opprinnelig tilhører de livgivende omgivelser. Det finnes i dag en nokså utbredt oppfatning om at mennesket må gjenopprette en "balanse" som har blitt forstyrret av våre aktiviteter. Menneskeheten later dermed til å ha gått en full sirkel, fra et verdensbilde der vi kjempet for vår overlevelse i overveldende omgivelser, til en plassering av mennesket i et mer eller mindre kultivert og altomfattende sentrum, til dagens situasjon der naturens bærende element igjen viser sin overlegne kraft og menneskene igjen kjemper for å overleve, i det minste som en del av den Store Sammenhengen. Den omgivende naturen kommer til å eksistere for "evig", nyttig eller unyttig for menneskelig behov, og uten en verdimeessig relasjon til menneskeheten. Og ettersom vi verdsetter livet, så har vi også igjen lært oss å sette pris på og respektere naturen. Men livet skal ikke bare inneholde trygghet og akseptabel standard, det skal helst også inneholde positive kvaliteter.

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

Fremveksten av miljøtenkningen innebærer derfor for noen at viktige kvaliteter som helse, dagens sikkerhet og framtidig trygghet blir fremhevet. Det er imidlertid lett, og meget menneskelig, å blande sammen våre livsverdier med naturens egne vilkår for forandring eller overlevelse. Det som er positivt for oss har en tendens til å bli vurdert som mer naturlig. Det kan således være lettere å støtte ideer om å bevare kinesiske pandaer enn kampanjer for en utrydningstruet insektart, og det er eksempelvis lettere å nyte et jordbrukslandskap enn å akseptere et jordskjelv. Det er derfor viktig å skille mellom vurderende kvaliteter og gitte vilkår i miljøarbeidet.

Miljøtrusler og miljøkatastrofer har tydeliggjort sammenhengen mellom hendelser og substanser i det omgivende miljø og personlig helse, velbefinnende og livskvalitet. Koblinger mellom toksiske stoff direkte fra omgivelsene, eller via eksempelvis mat, morsmelk, skremte oss allerede på 1960-tallet. I dag er det kanskje Tjernobylulykken som tydeligst viste de mange usynlige koblingene som finnes mellom omgivelsene, inklusive naturens produkter, og menneskelig helse, vår opplevelse av naturen og hverdagslig livskvalitet. Å vite at vannet i bekken kan brukes til å koke kaffe eller at det vidstrakte fjellandskapet ikke inneholder lager for høyaktivt atomavfall kan være noen eksempler på kunnskap som skiller velbefinnende fra ubehagelige opplevelser.

4.6.2 Arbeid versus fritid

Arbeid betyr inntekt og tilbyr en forankring i en videre sosial sammenheng, kan fungere som kunnskaps- og identitetsutviklende samt være et instrument for å skape økt sosial samhörighet. Ofte settes både arbeid og fritid høyere dersom begge er tilgjengelige, dvs. både "trygghet" og "frihet", og selve omskiftningen innebærer et forhøyet velbefinnende. Mennesker som tilfeldig eller over lengre tid har vært arbeidsledig, pleier ofte å oppleve at de ikke utnytter sin tid like effektivt som ellers. Engasjementet synker, rutiner blir stadig mer ensformige, valgalternativene later til å minke og trøtthet og irritasjon øker under slike omstendigheter. Fritid forutsetter "ufri" tid og får således ulik betydning om man har arbeide eller ei. Den kan omfatte hvile, men et viktigere aspekt synes å være å gjøre noe annerledes og hyggelig. Å ha et arbeide er en verdi, og har i lengre tid blitt fremmet som et politisk krav. Dagens Europa har stadig økende arbeidsledighet, korte ansettelser, raske forflytninger mellom ulike typer arbeid og arbeidssteder, og stadig høyere krav til utdanning for å følge med i utviklingen. De fleste tror at arbeidsledigheten vil holde seg høy eller øke. Hvor går grensen til et "nytt" samfunn? Finnes det et punkt for en "kritisk masse" der sysselsettingspolitikk forandres til noe annet, eksempelvis en alvorlig helsesituasjon, politiske omveltninger eller en markant økt andel lykkelige mennesker som surfer på

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

nettet og har det bra? I denne sammenhengen der livsverdier, livskvalitet og miljø blir diskutert kort, er det grunnlag til å understreke at hverdagslivet slik vi er vant med det, kommer til å endres. Det er imidlertid vanskelig å vite om dette vil bli negativt eller positivt. I dag er både arbeid og fritid viktige verdier. Det er ofte ikke noe problem å øke andelen fritid dersom levestandarden forblir den samme. Negativ forandring i levestandard, eksempelvis for å få mer fri tid, blir vanligvis mottatt med sterk motstand, så sant ikke levestandarden er uvanlig høy med god margin. Er disse forholdene uttrykk for tidstypiske eller fundamentalt menneskelige vurderinger? Nytenkende personer har anledning til å fundere over en positiv løsning av forholdene som omfatter en akseptabel og stabil levestandard, økende fritid for mange mennesker og et bærekraftig samfunn med livskvalitet.

4.6.3 Kollektivt ansvar og fremtidige generasjoner

Livskvalitet omfatter eksempelvis å trives, ha det bra, oppleve meningsfullhet og håp. For mange mennesker er livets viktigste kvalitet knyttet svært nært til barna, deres velbefinnende, trygghet og fremtid. Som sosiale vesener har vi mennesker til og med evnen til å utvide våre forhåpninger og drømmer til også å omfatte større grupper, eksempelvis venner og bekjente, nasjonen eller menneskeheten. I de store, eller til og med globale naturkatastrofenes og miljøtruslenes era, later det til at vi så smått begynner å nærme oss en forståelse for hvor vår lille planets sårbarhet og menneskehetens, alternativt sivilisasjonens, fremtid og overlevelse. De problemer vi står ovenfor, krever tilsynelatende også en internasjonalisering av kontakter og koordinering av tiltak gjennom de potensielt fryktelige, negative scenarier som vi i dag kan ane eller kalkulere risikoen for at skal inntreffe. Den pågående globaliseringsprosessen, innenfor såvel internasjonal produksjon, handel og forhandling som i vår egen bevissthet gjennom nye media- og kommunikasjonskanaler, er formodentlig et av de viktigste forutsetningene for fremtidig problemløsning. Om vi ett øyeblikk ser bort fra det fåtall individer som tror at de skulle kunne flykte til en annen planet dersom de store miljøtruslene tok en reell form, så gjenstår for oss andre å ta et ansvar som har vokst frem over mange generasjoner, slik at vi i vår tur kan bidra til å skape forsvarlige livsvilkår og livskvalitet for de som kommer etter oss. Men valget er naturligvis fritt, og det finnes andre verdier som konkurrerer med ansvar, engasjement og problemløsning. Det er derfor viktig at sentrale menneskelige verdier som eksempelvis livskvalitet, fremgang og respekt fra andre kobles til, og tydeliggjøres nøye ved kollektive satsninger på miljø- og utviklingsspørsmål.

4.7 Miljø som konkurransefaktor

I dette kapittelet skal vi identifisere sentrale aktører og mekanismer som påvirker konkurransesituasjonen, se på næringslivets egen oppfatning av miljø som konkurransefaktor, og til slutt diskutere hvorvidt økonomiske og økologiske hensyn lar seg forene i et slikt omfang at målet om en miljøholdbar industri er innen rekkevidde. Det vises ellers til vedleggsnotatet *Miljø som konkurransefaktor* (Larssæther og Eik 1998)

4.7.1 Aktører og mekanismer

Bedriftene må forholde seg til en komplisert hverdag også på miljøområdet, og påvirkning utøves fra mange ulike aktører på ulike nivå. Under følger noen eksempler på aktører og mekanismer som i stor grad former industriens hverdag, og som vil påvirke hvordan miljø fungerer som konkurransefaktor.

- Forbrukere og NGO's: Gjennom etterspørsel av grønne produkter og påvirkning av markedstrender
- Finansielle aktører: Gjennom miljøkrav ved investeringer og påvirkning av politiske prosesser som endrer rammevilkårene på miljøområdet
- Myndigheter: Gjennom direkte og indirekte reguleringer av markedet på nasjonalt og internasjonalt nivå, eksempelvis grønne skatter, forlenget produsentansvar og miljøsertifiseringssystemer
- Industrien selv: Gjennom å stille krav til underleverandører og ta initiativ til utforming av generelle retningslinjer for miljø-arbeid, eksempelvis avtaler som ICC-charteret.

4.7.2 Næringslivets egen oppfatning

Mens industrien tidligere ofte så på miljøarbeid som et nødvendig onde som myndighetene presset på dem, ser en i dag at flere og flere industribedrifter er mer proaktive i sitt miljøarbeid. Bjarne Ytterhus har gjort undersøkelser på norske ledes miljøoppfatning og fant blant annet at *myndighetenes tiltak* var den største drivkraften for miljøarbeid i 1993, mens *bedriftens eiere* var viktigste drivkraft i 1996. Det ble også funnet at markedet er blitt en stadig viktigere motivasjonsfaktor for bedring av miljøarbeidet (Viddal, 1997). Høsten 1997 ble det utført en undersøkelse for å kartlegge statusen for industriell økologi i norsk næringsliv (Hagen, Røine & Brattebø 1998). Resultatene viser at bedriftene mener de har et ansvar for å redusere miljøbelastningene i produksjonen, men også for å påvirke forbrukerne til å

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

velge mer miljøvennlige produkter og tjenester. Bedriftene ser på seg selv som de viktigste aktørene for å løse miljøproblemene.

4.7.3 Blir miljø overkjørt av økonomi?

I mye litteratur innenfor industriell økologi blir det understreket at motsetningen mellom miljø og fortjeneste kan være en falsk dikotomi. Porter & Linde's hovedpoeng i artikkelen "Green and Competitive: Ending the Stalemate", er at effektiv bruk av ressurser er en kritisk faktor i en bedrifts konkurranse-evne, i kombinasjon med rask omstillingsevne. Schaltegger (1996) argumenterer også for at proaktive miljøbedrifter vil øke sin fortjeneste:

"Hence, the optimal point for the environmental policy of a company has been sliding to the left on the axis "environmental impacts". This means that from an economically rational perspective many more firms should introduce environmental accounting than a decade ago." (Schaltegger, 1996).

Til tross for at to tredjedeler av den amerikanske befolkning er av den oppfatning at det er ingen motsetninger mellom beskyttelse av miljøet og økonomisk utvikling, hevder Walley & Whitehead (1996) imidlertid at kompleksiteten i miljøproblemene og det økende reguleringstrykket fra nasjonale og internasjonale myndigheter, har blitt undervurdert. Følgelig blir det for enkelt å avfeie det de hevder er en reell konflikt mellom miljø og økonomiske hensyn i bedriftens hverdag med at det alltid vil være et vinn-vinn forhold.

En relevant problemstilling fra sosialøkonomisk teori er forholdet mellom bedriftsøkonomisk lønnsomhet på mikronivå og økologisk bærekraft på makronivå. Det har vært, og er fortsatt et avvik mellom bedriftenes eget regnskap og de omkostningene samfunnet som helhet må bære på grunn av at miljøkostnader ikke i tilstrekkelig grad er innarbeidet i industriens beregnings- og beslutningsgrunnlag. Når nå utviklingen går mer i retning av markeds- og produktbasert politikk, tilfaller det industrien større muligheter, men også større ansvar på miljøområdet.

I diskusjonen om hva som skal til for å få etablert et bærekraftig samfunn, argumenterer Ehrenfeld (1994) for en endring i de rollene samfunnsaktørene spiller og de reglene som styrer samspillet mellom dem. Den bærekraftige bedriften må, i følge Ehrenfeld (1996) utvide sin organisatoriske og tidsmessige horisont, slik at langsiktige hensyn til industriens omgivelser blir innarbeidet i beslutningsgrunnlaget. Den enkelte bedrift opererer imidlertid ikke i vakuum, og det er som tidligere nevnt flere av bedriftslederne i Hagens, Røines & Brattebøs (1997) undersøkelse som stiller spørsmålsteget ved om miljøproblemene lar seg løse innenfor dagens økonomiske tenkning.

Trender og fremtidsscenarier for vareproduserende industri

Et sentralt diskusjonstema innenfor miljødebatten har vært om det vil være tilstrekkelig å endre vekstens innhold, eller om det faktisk er nødvendig å forlate vekst som prinsipp i økonomisk utvikling. Her har arbeidet til "Grønn skattekommisjon" (NOU 1996:9) blitt trukket frem som et sentralt virkemiddel der beskatning på miljøbelastning snarere enn arbeidsinnsats skal svekke den koblingen som i dag eksisterer mellom økonomisk aktivitet og miljøbelastning. I sin rapport "Bærekraftig produksjon og forbruk" foretok Rasmussen et al (1996) en sammenligning mellom den "normale" utviklingsbanen som er skissert i langtidsprogrammet 1994-1997 (St.meld. nr. 4 1992-1993) og en utviklingsbane med de forutsetningene som ligger nedfelt i Grønn skattekommisjon. Innføring av grønn skatt resulterte i økt økonomisk vekst, kombinert med økte CO₂-utslipp, sett i forhold til "business as usual"-forløpet. Det er altså ikke uten videre gitt at en grønn skattereform vil være et tilstrekkelig virkemiddel. Dersom det blir nødvendig å innføre begrensninger på det totale volumet av økonomisk aktivitet, kan en sentral problemstilling bli hvordan den vareproduserende industri takler en rolle som leverandør av *nødvendige* varer og tjenester innenfor et samfunn der volumet av material- og energiflyten er tilpasset de økologiske rammevilkår og en rettferdig global fordeling.

5 FREMTIDIGE UTFORDRINGER OG MULIGHETER FOR VAREPRODUSERENDE INDUSTRI

Forrige kapittel omfattet trender som vareproduserende industri sannsynligvis må forholde seg til. Her vil vi konkret diskutere hvilke muligheter og utfordringer som eksisterer med bakgrunn i det som er presentert i de tidligere kapitlene. Vi ønsker å ta tak i de ytre forutsetningene og rammevilkårene, de reelle miljøproblemene, suksessparametre knyttet til industri-økologisk virksomhet og til slutt hvilke konkrete endringer og utfordringer disse suksessparametrene innebærer. Det understrekes at momentene som fremkommer nedenfor reflekterer hvor vi står i dag i vel så stor grad som hvor vi kommer til å gå i fremtiden, og at eventuell inkonsistens mellom målsetting og verktøy/metoder innen industriell økologi, nettopp danner grobunn for videre forskningsaktivitet.

5.1 Ytre forutsetninger og rammevilkår

Dette kapittelet sammenfatter viktige ytre rammevilkår og forutsetninger som i dag er av betydning for industriens miljørettede arbeid.

5.1.1 Noen hovedendringer i miljøpolitikk og miljøregulering

Internasjonalt har den industrirettede miljøpolitikken lagt vekt på forebyggende tekniske løsninger siden midten av 1980-tallet, eksempelvis gjennom fokusering på renere produksjon og avfallsminimering. I Norge ble dette realisert først på 1990-tallet gjennom SFT's Program for renere Teknologi (SFT 1994), og utførelsen av *teknisk miljøanalyse* i rundt 200 virksomheter. Denne type tiltak omfattet nesten utelukkende produksjonsanleggene. Siden har også norsk industri blitt sterkere påvirket av det internasjonale fokuset på produkters miljøegenskaper i livsløpsperspektiv. Her har spesielt World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) og International Chamber of Commerce (ICC) ledet an i den internasjonale holdningsendringen.

Agenda 21, vedtatt på Rio-konferansen, slår fast at offentlig politikk og industrielle strategier må vektlegge «mer effektive produksjonsprosesser, forebyggende strategier, renere produksjonsteknologier og prosedyrer over hele produktets livsløp». Det understrekes også at industri og næringsliv

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

«anerkjenner miljøledelse som blant de høyeste prioriteter i bedriften og som en nøkkelfaktor for bærekraftig utvikling", samt at «prisingen av varer og tjenester skal i økende grad reflektere de miljømessige kostnader av deres input, produksjon, bruk, resirkulering og avhending i henhold til nasjonalt spesifikke betingelser". Disse punktene i Agenda 21 har, med bred støtte fra både industri og myndigheter, bidratt til omfattende endringer i miljøpolitikken utover 90-tallet.

Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling (St.meld. nr 58 1996-97) legger stor vekt på livsløps- og kretsløpsorienteringen, og fremhever også behovet for å se bærekraftig produksjon og forbruk i sammenheng. For industrien innebærer dette først og fremst innarbeiding av en miljøpolicy som fremhever produktenes miljøegenskaper og funksjonalitet hos forbruker, samt produktenes/komponentenes levetid og grad av gjenbruksmulighet og resirkulerbarhet. Trenden er altså at det fokuseres mer og mer på virkemidler og tiltak i retning av en livsløps- og kretsløpsorientert miljøpolitikk, der produktene som bærer av miljøkvalitet står i sentrum. Sannsynligvis er vi bare i starten av denne prosessen. Etter hvert som høyere gjenvinningsgrader realiseres, og nye typer produkter skal resirkuleres, vil trolig både kostnader og energibehov for drift av resirkuleringssystemene stige betydelig, f.eks. på grunn av mer omfattende transportbehov for restprodukter til gjenvinning og avsetning i markedet.

Det er i dag økende forståelse for at miljøforbedringer for enkeltprodukter kun har marginal miljømessig effekt totalt sett. En effektiv samlet ressursbruk krever derfor også effektive systemer for resirkulering og materialgjenvinning. Resirkulering på makronivået krever på sin side tiltak og samordning på tvers av verdikjeder⁴, på tvers av produktgrupper, og på tvers av sektorer. Med basis i EU's direktiv for emballasje-gjenvinning er dette nå formalisert ved prinsippet om *forlenget produsentansvar*. I løpet av noen få år er det bygget opp et omfattende system - ved regelverk og infrastruktur - for innsamling, prosessering og resirkulering av materialer som plast, papir, kartong, glass og metaller fra emballasje. I Norge ble det etablert materialselskaper for dette i 1996. I 1998 er det etablert ytterligere nye materialselskaper for å koordinere innsamling og gjenvinning av det såkalte EE-avfallet (elektroniske og elektriske produkter). Produsentansvaret for EE-produkter trer i kraft 1. juli 1999, og Norge er første land ute for denne type produkter.

⁴ En verdikjede er de ledd som inngår i produksjon og forbruk av verdier som skapes i samfunnet. Ofte brukes begrepet produktkjede som en analogi til verdikjede, der man viser til kjeden råvareuttak, produksjon av halvfabrikata, ferdigvareproduksjon, salg, forbruk, og til sist avhending (f.eks. avfallsdeponering eller resirkulering).

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

5.1.2 Endringer i virkemiddelapparatet i miljøpolitikken

Den offentlige utredningen *Om virkemidler i miljøpolitikken* (NOU 1995) er et sentralt dokument som ledd i revideringen av virkemiddelbruken for gjennomføring av miljøpolitikken. Miljøpolitikken i Norge skal være basert på et sett av miljøpolitiske prinsipper, og virkemidlene som skal brukes for å oppfylle disse prinsippene skal være grunnlaget for gjennomføring av tiltak i praksis.

En grunnholdning i det moderne miljøvernarbeidet er at tiltak skal baseres på vitenskapelig dokumentasjon i kombinasjon med føre-var prinsippet. En annen grunnholdning er at man skal angripe problemet ved kilden, med mest mulig forebyggende strategier. En tredje grunnholdning er at forurenseren selv skal betale for de skadene som påføres miljøet, og at det her i større grad skal legges samfunnsmessige kostnader til grunn i tillegg til de rent bedriftsøkonomiske. En fjerde grunnholdning er at virkemidler og tiltak skal anvendes slik at man samfunnsøkonomisk har størst mulig effekt av innsatsen. Alle disse grunnholdningene, eller miljøpolitiske prinsippene, er i praktisk politikk vevd inn i hverandre, og styrer valget av virkemidler og tiltak i enkeltsaker og innen de ulike sektorer i miljøvernarbeidet (NOU 1995).

Det skilles mellom økonomiske og administrative virkemidler. Blant de *administrative virkemidlene* er det juridiske virkemidler som har størst praktisk betydning, f.eks. ved regler i form av forbud og påbud (direkte regulering) i ulike kombinasjoner. Disse kan være enten generelle eller individuelle, og kan kombineres med adgang til å gi tillatelser eller fritak. For eksempel er forurensningslovens generelle forurensningsforbud kombinert med at miljømyndighetene kan gi utslippskonsesjon. Andre former for direkte regulering er utslippskvoter og resipientkrav, og bindende eller veiledende miljøkvalitetsnormer. Som juridiske virkemidler regnes også avtaler mellom myndigheter og private aktører, eksempelvis avtaler om forlenget produsentansvar. En annen type administrative virkemidler er informasjon, som det legges mer og mer vekt på som grunnlag for å påvirke atferd.

Bruken av *økonomiske virkemidler* har likevel fått den største oppmerksomheten de siste årene. Mens direkte reguleringer virker ved å forplikte aktørene til å handle på bestemte måter, virker økonomiske virkemidler indirekte gjennom å påvirke aktørenes vurdering av hva det er økonomisk fordelaktig å foreta seg. Disse omfatter hovedgruppene miljøavgifter, omsettelige utslippskvoter, pantesystemer og tilskudd/subsidier. Bakgrunnen for slike tiltak er at det skal være lettere å se sammenhengene mellom økologi og økonomi for den enkelte, at det følger økonomiske konsekvenser av endret atferd, og at det derved forhåpentligvis skal være lettere å angripe miljøproblemene ved kilden - hos 'forurenseren'. Omsettelige kvoter innebærer også at ulike aktører kan kjøpe og selge

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

utslippskvoter, ved utslipp til en felles resipient, noe som kan vise seg økonomisk fordelaktig ved at de største utslippsreduksjoner kan oppnås der hvor kostnaden er lavest. Slik sett vil miljøtiltakene kunne være mer optimale i en helhetlig sammenheng, med hensyn til miljø og økonomi (såkalte 'no-regret' tiltak).

Et hovedproblem med økonomiske virkemidler er at mange miljøkonsekvenser er vanskelige å beregne økonomisk. Kombinasjonen av prinsippet om at forurenser betaler, bruken av økonomiske virkemidler og føre-var prinsippet, innebærer likevel at stadig flere miljøkonsekvenser kan håndteres mer helhetlig, på en samfunnsøkonomisk mer fornuftig måte. Det er likevel ikke slik at de økonomiske virkemidlene ensidig tar overhånd i praksis. Realiteten i miljøvernarbeidet i Norge er at man fortsatt bruker både administrative og økonomiske virkemidler, og et bredt spekter av slike i kombinasjon, for å få en best mulig effektivitet i miljøarbeidet.

Samtidig med den økte vektleggingen av økonomiske virkemidler, er det et ønske å redusere bruken av detaljregulering. Myndighetene bør primært drive rammestyring overfor industrien, og overlate flere av detaljvalgene til industrien selv. Derfor preges dagens miljøpolitikk i større grad av forhandling og konsensus med partene i næringslivet, gjerne ved bruk av frivillige forordninger og avtaler mellom bedrift, bransje og myndighet. Det foregår altså en '*deregulering*' på miljøsidene, ved at aktørene i markedet får en større rolle.

Ett av de mest markante kjennetegn ved den markedsbaserte miljøpolitikken er bruken av standardiserte systemer for *miljøledelse* eller *miljøstyring*. EU's miljøledelsesforordning EMAS (*Environmental Management and Audit Scheme*), og ISO-14000 serien er eksempler på dette. Disse kommenteres nærmere i kapittel 5.4.1.

5.2 Miljøutfordringer i vareproduserende industri

I dette kapittelet vil vi kort fokusere på hvilke økologiske funksjoner som er truet, reelt og potensielt, av vårt produksjons- og forbruksmønster, og gi noen enkle eksempler på miljøutfordringer innenfor et lite utvalg bransjer og bedrifter. Intensjonen er på ingen måte å gi en fyllestgjørende beskrivelse av dette viktige problemområdet, men snarere gi en liten forsmak på det arbeidet som vil bli en naturlig del av neste fase i P2005 Industriell økologi når konkrete forskbare problemstillinger skal identifiseres og bearbeides.

En overordnet målsetning for en bærekraftig vareproduserende industri er å skape balanse mellom det økonomiske systemet som leverer (nødvendige) varer og tjenester og de økologiske rammevilkårene. Rasmussen et al (1996)

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

skisserer i rapporten *Bærekraftig produksjon og forbruk* følgende økologiske krav til en slik utvikling:

- ◆ *Økologiske prosesser som er essensielle for menneskelig liv og velferd (livsunderstøttende systemer) må holdes ved like*
- ◆ *Det biologiske mangfoldet må bevares*
- ◆ *Fornybare ressurser må brukes på en bærekraftig måte*
- ◆ *Forvaltningen av ikke-fornybare ressurser må underordnes de tre overstående krav.*

Tæringen på ozonlaget blir her fremstilt som en umiddelbar global miljøtrussel, mens drivhuseffekten, reduksjon i biologisk mangfold, overskridelse av håndteringskapasitet i økosystemene og mangel på matjord blir beskrevet som potensielle globale trusler. På nasjonalt plan er det lokal luftforurensning som er den eneste umiddelbare trussel mot tilfredstillende av grunnleggende menneskelige behov i dag, mens håndteringskapasitet og mangel på matjord blir beskrevet som potensielle trusler dersom dagens utvikling fortsetter (Rasmussen et al., 1996).

Innenfor elektronikkbransjen er hovedproblemet at ikke-fornybare ressurser brukes opp på grunn at et for stort og stadig økende produksjonsvolum. Dessuten befinner bransjen seg i en sterkt stigende del av ytelseskurven (s-kurven som viser den teknologiske utvikling for denne bransjen), slik at produkter ikke greier å levere tilstrekkelig ytelse etter kort tid. Avfallsberget vokser eksponentielt, og dette hensynet er i liten grad innarbeidet, verken i økonomiske beregningsmodeller eller i produktutvikling, der hele produkter og tilbehør skiftes ut med korte mellomrom. Såkalt OBS-avfall i komponenter, eksempelvis kobber og kadmium er også et problem som truer håndteringskapasiteten til økosystemene, og utfasingskrav har blitt nedfelt i Nordsjø-deklarasjonen. Et mer generelt problem som blir trukket frem er at transport i dag er altfor billig sett i forhold til økologiske omkostninger, både lokalt og globalt (EPF).

Resirkuleringsbransjen står i en særstilling i forhold til mange andre aktører, i det miljø og ressurs hensyn blir både et "indre" og et "ytre" anliggende. For emballasjeindustrien er naturlig nok ressurs spørsmål knyttet til kretsløp av ulike typer emballasje produkter den mest sentrale utfordringen (Tomra).

Innenfor møbelbransjen er råvareutvinning/råvareproduksjon og materialforbruk årsak til de største miljøproblemene som bedriften må behandle. Også transport av produkter fra bedrift til marked produserer utslipp som kan relateres til lokale og globale miljøproblemer. Selve produksjonsprosessen har få eller ingen forurensende prosesser. Materialbruken skiller seg ut med vekt på ikke-fornybare ressurser, plast, til forskjell fra de tradisjonelle møbelbedriftene som ofte legger hovedvekt på

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

fornybare ressurser, eks. tre. En prioritert målsetning er å redusere den totale ressursbelastningen ved å oppnå høyere miljøeffektivitet samlet sett (Håg).

Også treforedlingsindustrien har råvareuttak som sitt største miljøproblem. Her er det etableringen av et såkalt bærekraftig skogbruk som er hovedutfordringen, noe som berører både energispørsmål og biologisk mangfold. Utslipp til vann er også et problem som gir motivasjon for lukking av prosesser. Avfallsgenerering knyttet til emballasje blir også nevnt som en miljøutfordring innen denne bransjen (Norske Skog).

Også aktører utenfor vareproduserende industri merker økte miljøkrav. Ettersom energi er så viktig i hele samfunnet og innebærer store kostnader, både økologiske og økonomiske, er energibransjen i spesielt fokus både fra politikere, myndigheter, NGO-er og media. Viktige stikkord er klimaendringer, dekarbonisering, fornybare energikilder, og luftkvalitet i byer. Det er en gryende forståelse både i energibransjen og andre aktører at en må forholde seg til de totale miljøeffektene av energibruk, og at det bør skje en klarere differensiering av ulike energityper til ulike behov. Et eksempel på dette er overgang fra elektrisk oppvarming til oppvarming ved hjelp av fjernvarme og varmepumper (Statoil).

5.3 Suksessparametre for vareproduserende industri

5.3.1 Innledning

En parameter skal karakterisere en aktivitet eller et system. Dette kan skje både kvalitativt og kvantitativt. Kvantitativt kan denne parameteren uttrykkes ved hjelp av én eller flere indikatorer.

Industriell økologi er mål- og resultatorientert. Som det fremgår av problemstillingen i kapittel 2.2, kan det å forene øko-effektivitet på makronivå og mikronivå sees på som en mulig målsettingen med konseptet, og suksess betraktes etter i hvor stor grad vi lykkes med dette, ikke bare ved å beskrive enten bedrifts- eller samfunnsnivå, men også foreningen av disse. Suksess er betinget utfra hvilken referanseramme som bedømmes, og vurdering av gode suksessparametre er derfor avhengig av hvilke aktører de skal gjelde for, og hvilket system disse aktørene utgjør. I dette kapitlet beskrives først og fremst industrielle suksessparametre.

Det er ikke mulig i denne rapporten å skissere en endelig fasit på hva som er ideelle kriterier for fremgang innenfor industriens miljøarbeid. Dette er en kontinuerlig utviklingsprosess som bør være en av de sentrale forskningsoppgavene videre i P2005 Industriell økologi. Vi vil imidlertid skissere hva som hittil har vist seg å være suksessrike parametre utfra

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

industriens referanseramme, og knytte dette til den tolkningen vi har av industriell økologi ved å benytte Ehrenfeld (1997) som utgangspunkt.

Det må innledningsvis nevnes at med et så bredt konsept som industriell økologi, er det viktig å kunne identifisere flere parametre som tilsammen representerer et mål for øko-effektiviteten. Kryssende interesser og ulike referanserammer gjør at det finnes en rekke akser som det må tas hensyn til. Eksempler på dette kan være:

- ◆ *Mikroorientert versus makroorientert*
- ◆ *Langsiktig versus kortsiktig*
- ◆ *Økologisk versus økonomisk*
- ◆ *Kvalitativ versus kvantitativ*
- ◆ *Teknologisk versus ikke-teknologisk*

De beste suksessparametrene vil være de som ivaretar flest mulig av disse elementene. Det kan imidlertid synes som om slike "altomfattende" parametre er vanskelig å utvikle, og i alle fall kvantifisere. Oppgaven blir dermed å forsøke å finne mindre omfattende og mer håndgripelige kriterier. Som nevnt i kapittel 3.1, står verdier og verdispørsmål sentralt i miljøproblematikken, og dette gjør det vanskelig utfra et vitenskapelig ståsted å utvikle egnede metoder. Industriell økologi er imidlertid en analogi til de naturlige økosystemene, og disse kan dermed være modell også for utviklingen av suksessparametre.

5.3.2 Suksessparametre på bedriftsnivå

Tilbakemeldinger fra blant annet bedrifter i P2005⁵ viser at det er vanskelig å kunne identifisere gode suksessparametre som innbefatter problemstillingen innen industriell økologi. De momentene som kom fram kan imidlertid til en viss grad relateres til det som WBCSD har erklært noen kriterier for øko-effektivitet, som nevnt i kapittel 2.2. Både fra NTNU/Sintef hold og fra bedriftene ble det understreket at spesielt materialintensiteten for varer og tjenester må minimaliseres. Suksessparametre må omhandle ressursutnyttelse, og derav material- og energieffektiviteten i et system. Dette kan og må kvantifiseres.

Når det gjelder mikronivå, beskriver Ehrenfeld (1997) den ideelle, bærekraftige bedrift, og de momenter som han trekker frem vil måtte forstås som relevante vis-à-vis suksesskriterier for bedriften:

- ◆ *Fokusere på service/tjenesteyting, i motsetning til varer, til kundene og anstrenge seg for å skaffe dette på den minst ressurs intensive og*

⁵ Workshop i forkant av P2005-dagene 11.august 1998.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

økologisk ødeleggende måten, gjennom design å ta hensyn til miljøpåvirkninger gjennom hele verdikjeden.

- ◆ *Markedsføre bare tjenester (og varer) som tilpasser seg et sett med bærekraftige prinsipper og indikatorer basert på siste vitenskapelig forståelse og et sett med sosiale verdier oppnådd gjennom bred folkelig deltakelse.*
- ◆ *Utdanne sine kunder og strategiske partnere gjennom hele verdikjedens kretsløp om implikasjoner av deres handlinger knyttet til bærekraftighet, og gjennom dette bidra til å forme forbrukernes preferanser.*
- ◆ *Opprettholde antall ansatte og jevne ut lønnsforskjellene mellom ledelse og arbeidere.*
- ◆ *Operere med samme politikk og standard i produksjon og markedsføring av varer og tjenester, uavhengig av lokalisering.*
- ◆ *Publisere rapporter på alle aktiviteter som gjør inngrep med bærekraftighet.*
- ◆ *Bruke et sett av "verktøy for bærekraftighet" som rettesnorer for handling.*
- ◆ *Gjøre alt det ovennevnte rutinemessig og med ansvarlighet, slik at handlinger skjer utfra en visjon om bærekraftighet og et sett med normative verdier dypt forankret i organisasjonskulturen.*

Det ble spurt på workshop mellom bedrifter og fagmiljø om produkter kan foredles uten å øke energi- og ressursforbruk i produksjon. Det var enighet om at utvikling av immaterielle løsninger, dematerialisering og serviceytelser kan gjøre dette mulig. Flere understreker nødvendigheten av interaksjon mellom næringsliv og universitet. Videre ble det stilt spørsmål ved hvordan utvikle suksessparametre som gjør at en gitt bedrift kan sammenligne seg med andre bedrifter i samme bransje. Miljøpolicy ble betraktet som lettere å markedsføre enn teknologi som sådan, og egner seg derfor godt i denne sammenhengen. Videre ble det understreket at entusiastisk deltakelse fra den enkelte ansatte i bedriften er helt nødvendig for å kunne lykkes. Dette dreier seg om å optimalisere den menneskelige ressurs, noe som sees på som vel så viktig som de teknologiske ressurser. Det ble hevdet at introduksjon av miljøledelsessystemer er et godt virkemiddel for å påvirke og bevisstgjøre kunder, leverandører og strategiske partnere. Det var en gjennomgående tone at det er svært viktig i fremtiden å kunne se alle ulike "-ledelser" i sammenheng, det være seg miljøledelse, kunnskapsledelse, risiko- og sikkerhetsledelse, kvalitetsledelse, og, ikke minst, økonomiske ledelse. Dette må forenes i beslutningsprosessen, som del av bedriftens organisasjonslæring. En flat organisasjonsstruktur, deltakelse og informasjonsflyt er sentralt for å få miljøpolicy innarbeidet på alle nivå i

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

bedriften. Flere og flere bedrifter publiserer egne miljørapporter, og sammen med betydningen av offentlig erklært miljøpolicy, gjør dette at miljø kan bli en viktig suksessparameter i fremtiden. Et felles sett av verktøy anses viktig, og dette er nettopp noe av intensjonen bak å få bedriftene til å engasjere seg i forskning- og utdannelsessystemet. Det ble påpekt av flere at beslutninger i langt større grad enn nå må inkludere nye verdinormer der filosofi og humaniora kommer sterkere inn. Dette går også på deltakelse fra alle bedriftens ansatte gjennom miljøfokusering, ansvarsfordeling og flatere organisasjonsstruktur.

5.3.3 Suksessparametre på samfunnsnivå

På lik linje med at hvert enkeltindivid må se sin betydning for bedriftens totale resultater, er det viktig at hver enkelt bedrift ser sin betydning for samfunnets totale resultater. Derfor er det sentralt å utvikle suksessparametre som måles også på samfunnsnivå. Workshopen om suksessparametre understreket at utfordringen er å utvikle gode indikatorer som reflekterer den totale miljøbelastningen. Både kvalitative og kvantitative indikatorer på mikro- og makronivå er derfor nødvendige. Ehrenfeld (1997) har, som nevnt i kapittel 2.2, identifisert "de 3 C'er" som kan karakterisere en ideell bedrift knyttet til industriell økologi:

- ◆ *Connectedness (sammenheng).*
- ◆ *Community (fellesskap)*
- ◆ *Cooperation (samarbeid).*

Det er viktig å være klar over hvilke systemgrenser som settes når miljøutfordringen og -tiltak diskuteres. Mange deltagere på workshopen fremholdt at et utvidet systemperspektiv, utvidelse av systemgrensene, gjør at man stadig ser større og nye sammenhenger som dermed i sterkere grad enn tidligere kan relateres til samfunnsnivå. Det å se betydningen av egen virksomhet for totalresultater er således svært viktig. Et sentralt poeng i så måte er at suksessparametrene må kunne karakterisere samspillet mellom elementene i et system, og ikke bare elementene isolert sett. Samarbeid ble også fremhevet som en svært sentral suksessparameter. Det er imidlertid også viktig å være klar over hva man samarbeider om. Samarbeid mellom ulike fagdisipliner, mellom næringsliv og akademia, innad i næringslivet, i verdikjeder, og derav også i nettverk og clusters, ble sett på som avgjørende for å løse miljøproblemene. Behovet for koblinger mellom ulike aktører øker nødvendigvis med økende grad av kompleksitet.

Disse er langt mer kvalitative og makroorientert, og mindre "teknologi-orientert". Indikatorene fra WBCSD omhandler det Ehrenfeld kaller "Kritiske teknologier og infrastruktur", (se kapittel 2.1), mens de sistnevnte C'ene

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

omhandler i større grad "Nye roller og nye regler". Selv om økonomisk profitt er en betydningsfull målestokk for næringslivet er det helt nødvendig å utvikle ikke-økonomiske parametre. Dette er viktig også fordi økonomisk profitt først vil bli en nyttig parameter når den betraktes i nåtid og ikke i fremtid. Økonomisk profitt er således kun relatert til og avhengig av markedets miljøbevissthet og ikke den økologiske bærekraft. Det vi innen industriell økologi i P2005 bør arbeide med, er å utvikle metoder for effektivt å sammenstille disse ulike indikatorene, slik at det kan utvikles en miljømessig profil for bedriftene.

5.3.4 Sammenfatning om suksessparametre

En mulig sammenfatning av diskusjonen i litteraturen og i egen workshop knyttet til hva som anses sentralt som suksessparametre for Industriell økologi er gitt nedenfor. Vi mener det er riktig å knytte suksessparametrene direkte til begrepet øko-effektivitet i skjæringsfeltet mellom bedriftsnivå og samfunnsnivå (som den sentrale utfordring på feltet Industriell økologi). For en vareproduserende bedrift vil dette derfor kunne fremtre som 'indre' og 'ytre' orienterte suksessparametre:

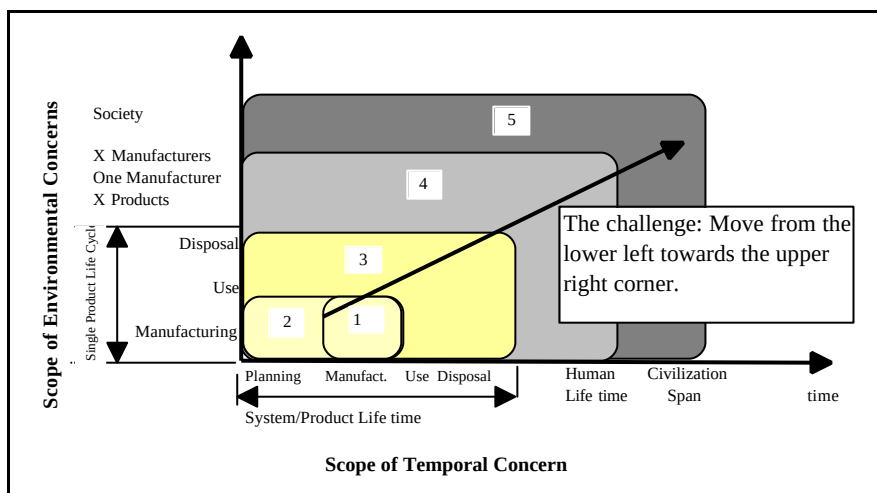
- ◆ *Indre orienterte suksessparametre: Bruk av operative indikatorer for øko-effektivitet tilpasset bedriftens egne produkter, med vekt på ressurseffektivitet i livsløpsperspektiv, som del av systematisk miljøledelsesarbeid*
- ◆ *Ytre orienterte suksessparametre: Nettverkssamarbeid om miljøforbedringer, innovasjon og omstillinger, inn mot bedriftens omliggende system, som del av organisasjonslæring og samarbeidslæring*

Dette innebærer at Industriell økologi i P2005 bør prioritere forskning knyttet til metoder, teknologi, løsninger og læring langs disse to linjene. Det vil være naturlig å anvende et slikt fokus både med sikte på utviklingen av miljøriktige produkter (varer og tjenester) og med sikte på løsninger som øker effektiviteten i resirkuleringssystemer. På denne måten vil det være en sammenheng mellom den sentrale utfordringen og forståelsen av Industriell økologi, systemtenkningen, tverrfagligheten, og de reelle behov som vareproduserende bedrifter identifiserer på området.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

5.4 Muligheter og tiltak i vareproduserende industri

Vi vil i dette kapittelet ta opp tråden fra de utfordringene og mulighetene innen vareproduserende industri som er knyttet til endringene og perspektiver som er omtalt i kapittel 5.3.4. Disse er ambisiøse og krever både omstillingsvilje og -evne. Organisasjonsutvikling og -læring, miljøledelse, miljøforbedringer gjennom design- og gjenvinningsstrategier, samt øko-effektivitet er alle sentrale begreper som vil bli omhandlet her. Dette knytter Industriell økologi tett mot de andre satsingsområdene innen P2005, Integrert produktutvikling og Bedrifter i nettverk, samt til P2005-satsingen "Senter for det lærende næringsliv". Argumentasjonen nedenfor er som nevnt før basert på hvor vi står i dag og danner utgangspunkt for forskningsplan og konkret utvikling av nye metoder for å møte utfordringene industriell økologi trekker opp.



Figur 5.1 Klassifisering av miljøprestasjonsnivåer (Fet, 1998)

En oversikt over ulike nivå av miljøytelse fra Fet (1998) er presentert i modell 1 (modifisert fra Bras, 1996). De to aksene representerer tid og omfang av miljøfokus, og ut fra disse forhold defineres ulike strategier som angir en utvikling i retning av et bærekraftig samfunn.

1. Environmental Engineering.
2. Pollution Prevention.
3. Environmental Conscious Design and Manufacturing.
4. Industrial Ecology.
5. Sustainable Development.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

Fet (1998) foretar også en gjennomgang av de eksisterende metoder på feltet, og trekker frem "systems engineering" som en mulig overordnet strategi i en integrert tilnærming til industriens miljøtiltak.

5.4.1 Organisasjonsutvikling og -læring

Organisasjonskultur

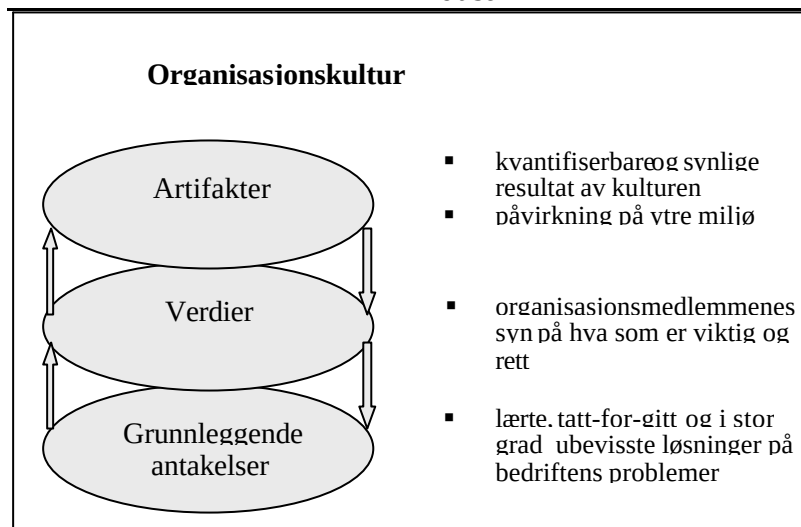
En forutsetning for å gjøre en bedrift mer miljøvennlig, er å ta tak i de grunnleggende oppfatningene om bedriftens verdensbilde og hva bedriften velger å gjøre basert på dette bildet. Endring av en bedrifts påvirkning på det ytre miljøet handler bl.a. om endring av organisasjonskultur.

Edgar Schein tilhører en retning innenfor forskning på organisasjonskultur som mener at *ledere* aktivt kan bearbeide organisasjonskultur ved hjelp av de rette virkemidlene. Her vil vi fokusere på hvilken rolle ledere kan spille for å endre organisasjonskultur og skape mer miljøvennlige bedrifter.

Organisasjonskultur er et sett lærte løsninger på en bedrifts løpende problemer som over tid manifesterer seg i menneskene og de fysiske produktene som utgjør en bedrift. En bedrifts forståelse av hvilken påvirkning den har på det ytre miljøet vil være et resultat av hvilke tilbakemeldinger den får fra omgivelsene og oppfatningene organisasjonsmedlemmene representerer. Både marked og ledere kan således fungere som drivkrefter for å endre organisasjonskultur.

Schein (1987) deler organisasjonskultur inn i artifakter, verdier og grunnleggende antagelser, som vist i figur 5.2 nedenfor. Skillet mellom de ulike nivåene av organisasjonskultur går på grad av synlighet og bevissthet. Artifakter er de mest synlige og mest kvantifiserbare resultatene av organisasjonskultur. Verdier ligger på et høyere abstraksjonsnivå, og er organisasjonsmedlemmenes oppfatning om hva som er viktig. Gjennom felles diskusjon og refleksjon vil organisasjonsmedlemmene med stor grad av enighet kunne komme fram til hva disse er.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri



Figur 5.2 Scheins (1987) modell av organisasjonskultur

Grunnleggende antagelser er det egentlige, dypeste og minst bevisste nivået av organisasjonskultur. Dette er løsninger på en organisasjons problemer i forhold til intern integrasjon og ekstern tilpasning, som har vist seg å fungere så mange ganger og over så lang tid, at de etter hvert blir tatt for gitt og ikke lenger blir stilt spørsmål ved.

Grunnleggende antagelser vil reflektere organisasjonsmedlemmenes syn på fundamentale spørsmål som - menneskets forhold til naturen, - hva som er virkelig og sant, - menneskets natur, - menneskelig virksomhet, og - menneskelige relasjoner. De dominerende oppfatningene på noen av disse spørsmålene innenfor et vestlig paradigme har vært at - mennesket står over naturen, - at jorda har få begrensninger når det gjelder ressurser, - at vi gjennom vitenskapen avgjør hva som er virkelig og sant, - at mennesker er aktive og vil jobbe mot selvutvikling, og - at demokrati, frihet og selvutfoldelse er verdier som blir satt høyt (Ehrenfeld 1994).

Et industriell økologisk paradigme er basert på andre svar på disse spørsmålene. Her er oppfatningene blant annet at jorda er et lukket økologisk system med begrensede ressurser, at det menneskelige samfunnet og det naturlige økosystemet har utviklet seg parallelt og i takt med hverandre, og at bærekraftighet innebærer å opprettholde menneskelig og naturell kapital (Ehrenfeld 1994). En viktig utfordring ligger i å dreie vårt tenke- og handlemønster fra et tradisjonelt vestlig til et industri økologisk, både på samfunns- og bedriftsnivå. Ledere kan påvirke en organisasjons oppfatning om disse grunnleggende spørsmålene i retning større miljøbevissthet gjennom å bearbeide verdier og artifakter.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

De tre nivåene av organisasjonskultur⁶ er i et gjensidig påvirkningsforhold. Artifakter og verdier er først og fremst et resultat av grunnleggende antagelser. Men grunnleggende antagelser vil også påvirkes av verdier og artifakter, og det er i slike prosesser ledere har en mulighet til å bearbeide og endre organisasjonskultur. Utfordringen ligger i å lage et system som er *konsekvent* på alle de tre nivåene av organisasjonskultur. For at organisasjonskultur i form av grunnleggende antakelser skal kunne endres må det være stor grad av samsvar mellom verdier og artifakter. Dette krever at ledere har kunnskap om og er bevisst prosessene som skaper og endrer organisasjonskultur.

Xerox er et eksempel på en bedrift der de grunnleggende antakelsene kan antas å ha blitt forandret og bedriftens påvirkning på det ytre miljøet forbedret⁷. Tidligere solgte Xerox kopimaskiner, men satser nå på å selge *kopifunksjoner* heller enn fysiske produkter. Dette innebærer at Xerox leier ut kopimaskinen, tar betalt for den enkelte kopien og sørger selv for å oppgradere maskinen når dette er nødvendig. Et slikt fokus på funksjon heller enn produkt er i tråd med industri økologisk tenking (Ehrenfeld 1994). Man kan selvsagt spørre om dette reduserer ressursforbruket av papir. Kanskje funksjonen som skal oppfylles bør være tilført kunnskap/ressursforbruk? Uansett, dersom denne vinklingen på vareproduserende industri sprer seg til flere bedrifter og bransjer, vil det være en fundamental endring i måten å drive industribedrifter på.

Organisasjonslæring

Som nevnt i kapittel 2.2 krever industriell økologi en implementering av ønsket endring. Omstillingsevne krever derfor en kontinuerlig læringsprosess i organisasjonen. Som før nevnt er Senter for det lærende næringsliv ved NTNU/Sintef derfor sentralt for arbeidet med P2005 Industriell økologi. Organisasjonslæring er en selvsagt del av oppgaven med å innarbeide et

⁶ Schein (1987) forstår organisasjonskultur som: *"Et mønster av grunnleggende antagelser- skapt, oppdaget eller utviklet av en gitt gruppe etter hvert som den lærer å mestre sine problemer med ekstern tilpasning og intern integrasjon- som har fungert tilstrekkelig bra til at det blir sett på som sant og til at det læres bort til nye medlemmer som den rette måten å oppfatte, tenke og føle på i forhold til disse problemene"*.

⁷ Diskusjonen om Xerox og organisasjonskultur er basert på et foredrag av Hugh Smith ansatt i Xerox, holdt på *European Roundtable on Cleaner Production* i Oslo høsten 1997, og ikke en vitenskapelig beskrivelse av kulturen i bedriften.

⁸ Andre eksempelbedrifter er Schindler AG i Ebikon, Sveits, som er nest størst i verden innenfor heiser (Weizsäcker et.al, 1997). Schindler AG har begynt å levere «vertikal transport» i stedet for heiser. Dette er leveranser på langtids leasing kontrakter som inkluderer service og vedlikehold av heisene. I 1992 kom 70% av inntekten fra disse service kontraktene.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

kontinuerlig og systematisk miljøledelsesarbeid, som del av den totale ledelse i en bedrift. Dette gjelder også kompetanseoppbygging på alle nivå i bedriften som et nødvendig grunnlag for informasjon, kunnskap, motivasjon og vurdering av nye mulige løsninger tilpasset en høyere øko-effektivitet.

Forskergruppen rundt Peter Senge ved MIT har til fulle understreket behovet for systemtenkning som del av organisasjonslæring, og definerer dette som den 'femte disiplin' innen slik læring (Senge 1990). Det vises også til en rekke eksempler på hvilken relevans dette har i sammenheng med miljøforhold, spesielt 'almennings tragedie', dvs. dilemmaet knyttet til motsetningene mellom økonomisk lønnsomhet på bedriftsnivået og samfunnsøkonomisk miljømessig kostnad (Senge et al. 1994). Systemtenkningen krever her at alle relevante effekter i bedriftens omgivelser faktisk vurderes inn i analysen av en gitt løsnings egnethet, og dette må stimuleres frem gjennom læring og samarbeid. Fritjof Capra (1996) på sin side, som er en av pionerende internasjonalt i skjæringsflaten mellom systemtenkning og økologi, presiserer at et system består av delsystem organisert i nettverk, der delsystemene igjen er nettverk av systemkomponenter, som igjen er nye nettverk, osv. Hans primære budskap er at kunnskap og læring om systemets samlede oppførsel bare kan tilegnes ved forståelse av samspillet (interaksjonene) mellom de enkelte delene i systemet. Det er altså i følge Capra viktig å studere og forstå samhandlingen innen systemet, som innebærer en klar fokusering på aktørsamarbeid og samarbeidsrelasjoner mellom bedrifter og andre aktører i et gitt system. Dette må kobles til industriell økologi som et strategisk sentralt element for bedriften, med den følge at organisasjonslæring knyttet til mulighetene som industriell økologi tilbyr blir en stadig viktigere del av ledelsesoppgaven (Allenby 1998).

I et slikt perspektiv kan vi slutte sirkelen og igjen komme tilbake til Ehrenfelds (1997) anbefaling om at de 3 C'er (connectedness, cooperation, communication) er essensielle for organisasjonslæring om et fremtidsrettet ytre-miljø arbeid. Eksternt innebærer dette, og da særlig relatert til de ytre orienterte suksessparametrene (kapittel 5.3.4), at samarbeid mellom bedrifter i såkalte industrielle nettverk gir muligheter for miljøforbedringer langs og på tvers av produktkjeder, og langt utover det bedriften kan klare på egen hånd, både i produksjon og gjenvinningsfasen. Det finnes i dag flere vellykkede eksempler på slike nettverk, Kalundborg er ofte trukket frem (Ehrenfeld and Gertler 1997), og likeledes har Tomra, Dyno og Håg et samarbeid innenfor plastområdet der materiale fra bruskorker blir benyttet i møbelproduksjon. Å fremme samarbeid på tvers av konkurrerende bedrifter og ulike bransjer blir av Ehrenfeld (1994) også trukket frem som et vesentlig bidrag på veien mot en bærekraftig industri.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

Hensikten med såkalte administrative styringssystemer er å støtte samspillet mellom teknologi og mennesker (Viddal 1997). Dagens beslutningsverktøy er i liten grad i stand til å avveie hensynet til miljø opp mot økonomi, og hvordan miljøbelastninger skal verdisettes og innarbeides i bedriftens kalkyler og strategiske beslutninger er en klar utfordring i tiden som kommer. Internt innebærer dette blant annet organisasjonslæring gjennom ulike ledelsessystemer. Innen industriell økologi er det særlig miljøledelse, men også en kombinasjon av andre typer "-ledelse", som står sentralt. Miljøledelse innebærer aktiviteter og verktøy som sikrer at miljøproblemene fanges opp og behandles optimalt i bedriftene (Myklebust, et al., 1998). Begrepet omfatter de delene av den totale ledelsesfunksjonen som sørger for at miljøpolitikk (miljømål) etableres og iverksettes slik at organisasjonens aktiviteter er i overensstemmelse med miljømål (inkl. myndighetenes krav).

De to mest kjente miljøledelsessystemene i dag er EMAS og ISO14000-serien. Den europeiske miljøstandarden "Eco Management and Audit Scheme (EMAS)" ble gjort gjeldende fra juni 1995, og denne forordningen gir retningslinjer for krav til miljøstyring og miljørevisjon. Systemet er frivillig og markedsdrevet og er myntet på industrielle foretak. EMAS-forordningen er i første omgang utarbeidet som en norsk forskrift med hjemmel i blant annet forurensingsloven, og miljøverndepartementet er hovedansvarlig for ordningen.

Et viktig mål med utarbeidingen av ISO 14000-serien er å forebygge miljøproblemer uten å skape flere hindringer for internasjonal handel. ISO 14000-serien omfatter flere standarder og kan i hovedsak deles i to grupper. Den ene gruppen omfatter standarder til bruk for å evaluere *organisasjonen og systemet*, mens den andre gruppen standarder brukes for å evaluere og analysere produkt- og prosessegenskaper. Kontinuerlig forbedring står sentralt i ISO-1400 og serien omfatter mange ulike verktøy for miljøforbedring.

Miljøstandardene er i dag basert på frivillighet. Motivasjonen er ofte press fra sluttbrukere, eller på underleverandører for dokumentasjon på miljøvennlig bedriftspraksis. Utfordringen ligger i å øke bevisstheten omkring å gjennomføre, dokumentere og kontinuerlig forbedre egne produkter og aktiviteter, og påvirke eget nettverk til tilsvarende arbeid. I denne sammenhengen er det viktig å understreke at selskaper også kan ha beveggrunner som går utover det å bruke miljø som en posisjoneringsfaktor. Dette kan innebære vilje til å investere i fremtidig teknologi, og løsninger som gir bedre miljøytelse på samfunnsnivå, på tross av høyere kostnader. En slik bevegelse bort fra instrumentelle motiveringsfaktorer og over til moralske og ideologiske standarder i forhold til miljøutfordringen kan føre oss viktige steg i

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

retning av et samfunn der målsetninger på alle nivåer peker i retning av et miljøholdbart samfunn.

I am aware that my ideas have drawn criticism for being "too idealistic" or "impractical" and "not in the interest of the survival of business." However, I believe that business' involvement in social issues is both a moral and a practical obligation.

Ryuzaburo Kaku, Honorary Chairman of the Board, Canon Inc.

5.4.2 Utvikling av miljøvennlige produkter og prosesser

I forrige kapittel så vi på organisasjonsutvikling og betydningen av grunnleggende antakelser, verdier og organisasjonslæring for et godt miljøarbeid. I dette kapitlet vil vi ta tak i "artifaktene", som er de mest konkrete og åpenbare tiltakene som kan gjøres for å oppnå økt øko-effektivitet både på bedriftsnivå og samfunnsnivå. Det vises til Figur 2.2, *Industriell økologi, materialsyklusen og aktører*, som danner utgangspunkt for diskusjonen i dette kapitlet, samt til kapittel 2.4 *LCA og miljøtilpasset produktutvikling i Norge og Norden*.

Kartlegging og vurdering av miljøbelastning

Livsløpsvurderinger (LCA) er antakeligvis den mest benyttede metoden for kartlegging og vurdering av miljøbelastning. Gjennomføring av livsløpsvurderinger er mer eller mindre standardisert gjennom SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry) og i ISO 14040. Disse standardene forteller hvordan en streng livsløpsanalyse skal gjennomføres ned til hver minste detalj. Ulike miljøer på område er tildels enig i at metodikken beskrevet i disse standardene, ikke kan gjennomføres i produktutviklingsprosjekter fordi den er for arbeidskrevende i omfang, og fordi den krever et datagrunnlag for materialer og prosesser som ganske enkelt ikke er tilgjengelig i utviklingsprosjekter.

Utfordringene innenfor kartlegging av miljøbelastning vil for enhver bedrift være å forenkle eget produktsystem slik at arbeidet med datainnsamling og bearbeiding blir overkommelig, og å gjennomføre dokumentasjonsarbeidet. NTNUs Program for industriell økologi har på bakgrunn av dette opprettet et LCA-laboratorium som ett hjelpemiddel i denne prosessen.

Den grunnleggende tanken bak en miljøanalyse er å beregne de miljømessige belastninger av produktets produksjon, distribusjon, bruk og bortskaffelse - dvs. gjennom produktets livsløp. Det er allikevel viktig å legge merke til at selv om en livsløpsanalyse gir gunstig resultat overfor bæredyktige miljøkriterier, betyr ikke dette at produktet automatisk bidrar til en bærekraftig utvikling. Når miljøhensyn skal bygges inn i produktutviklingen,

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

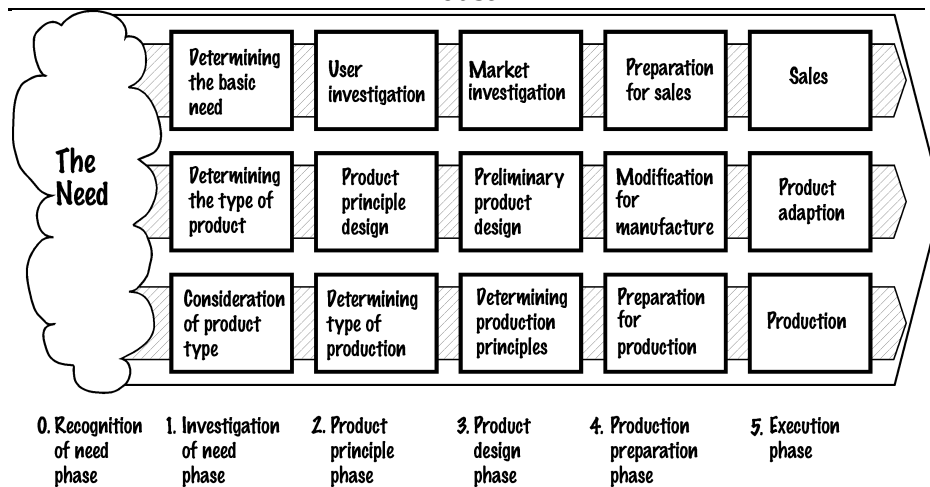
er det nødvendig å foreta analyser av forslag- og eksisterende løsninger. Miljøanalyser kan inngå i aktiviteter hvor formålet er (Olesen, 1995):

- ◆ *Å skape innsikt* relatert til kunnskap og forståelse for miljømessige sammenhenger for løsningsalternativer og konkrete produkter
- ◆ *Fokusering* som vedrører identifisering av problemområder som igjen kan være gjenstand for problemløsning eller produktutviklingsinnsats.
- ◆ *Formulering av mål*. Identifisering av miljøorienterte utviklingsmål og spesifikasjoner. Målsettingen kan være både de forretningsmessige krav og de produktspesifikke tekniske miljøkrav og kriterier som må stilles til produktet.
- ◆ *Vurderinger og valg av løsninger*. Valg av alternative løsningsforslag. Resultatet blir beslutningsunderlag for valg mellom alternative løsninger for produktet og dets livsløp.
- ◆ *Verifisering og dokumentasjon*. Analyse på sannsynliggjøring og dokumentasjon av en løsnings miljømessige egenskaper og oppførsel i hele eller deler av produktets livsløp.

Metoder for miljøtilpasset produktutvikling

Produktutvikling i industrien må operere i et miljø bestående av integrerte funksjoner (Andreasen og Hein 1987). Dette er illustrert i Figur 5.3 med modellen for integrert produktutvikling fra DTU i Danmark. IPU-modellen er en idealisert modell for produktutvikling hvor funksjoner som marked, produksjon og produkt er integrert i et holistisk system. På tvers av de tre hovedlinjene i modellen skal informasjonsutveksling finne sted i tilstrekkelig grad og med tilstrekkelig stor innlevelse slik at de riktige beslutninger blir tatt på riktig tidspunkt overfor marked, produktet og produksjonsapparatet innenfor bedriften.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri



Figur 5.3 Integrert produktutvikling, IPU (Andreassen og Hein 1987).

I likhet med det som er nevnt i kapittel 3 knyttet til systemteknikk, skal produktutvikling alltid baseres på det aktuelle definerte behovet. Utfra dette konseptuelle rammeverket er det utviklet konkrete metoder for miljøtilpasset produktutvikling. Noen av disse er:

- ◆ Eco-Innovation (Fussler og James 1996)
- ◆ EcoDesign (Brezet et al. 1997)
- ◆ Miljøriktig konstruktion (Olesen et. al. 1996)
- ◆ TRIZ (Altshuller 1984)
- ◆ Miljøanpassad produktutveckling (Ryding et.al 1996)
- ◆ Design for Environment (Fiksel 1996 og Burrell 1996)

Alle metodene poengterer behovet for integrasjon mellom disipliner for å oppnå resultater. Felles for metodene er at informasjonsmengden som skal behandles og evalueres, øker dramatisk gjennom inkludering av miljøegenskaper og livsløpsbetraktninger.

Eco-Innovation-metodikken fokuserer på nye løsninger på framtidige problemer, og hevder at dagens miljøproblemer kun er utfordringer som kreative bedrifter kan løse og samtidig oppnå suksess i markedet. Eco-Innovation metodikken baserer seg på miljøanalyser presentert gjennom øko-kompasset (eco-compass). Dette er et diagram med seks akser som representerer områdene:

- ◆ helse og potensiell miljørisiko
- ◆ bevaring av ressurser
- ◆ energi-intensitet

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

- ◆ material-intensitet
- ◆ refabrikasjon, gjenbruk og resirkulering
- ◆ tjenesteutvidelse

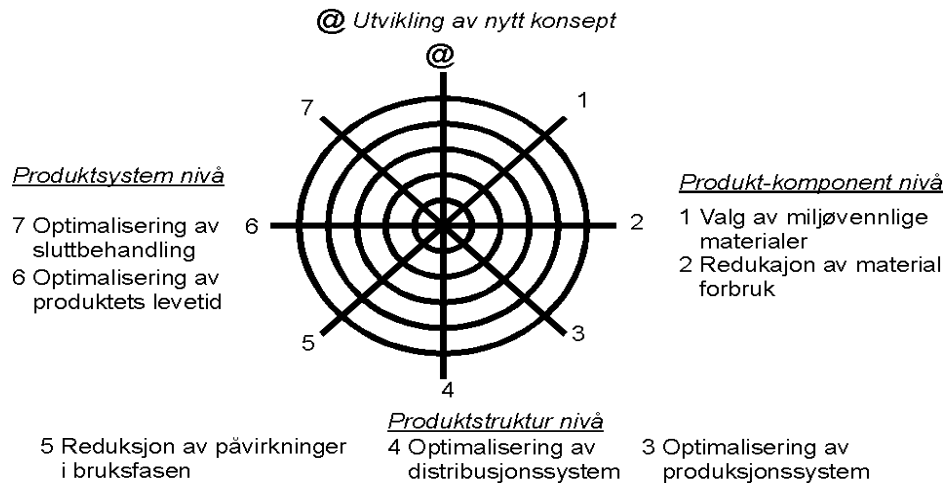
Sentralt i Eco-Innovation metodikken er "Eco-Innovation Workshops". Motivene bak dette er å hjelpe til med å identifisere og skape nye idéer ved å i) velge de idéene som gir signifikante bidrag til forbedring av livskvalitet og miljøprofil, ii) fokusere på de idéer som bidrar med verdiskapning for virksomheten på kort sikt, dvs. den økonomiske dimensjon i økoytelse og iii) definere langsiktige forretningsmessige utviklingsscenarier som bygger på og utvikler virksomhetens potensiale

EcoDesign har som formål å bidra til å finne den rette balansen mellom økologiske og økonomiske egenskaper i utviklingen av nye produkter. *EcoDesign* søker å forebygge miljøproblemer gjennom å integrere miljøegenskaper i alle faser av produktutviklingsprosessen samtidig som man ivaretar hensyn til alle andre viktige egenskaper som bl.a. marked, kvalitet, produksjonsvennlighet og økonomi. *EcoDesign* metodikken retter seg først og fremst mot utviklingsprosjekter hvor målet er å foreta inkrementelle forbedringer eller fullstendig redesign av eksisterende produkter og produktkonsepter, men kan også til en viss grad lede til innovasjon av den grunnleggende funksjonen i produktet. *EcoDesign* skiller seg fra tradisjonelle produktutviklingsmodeller og -metoder gjennom de grunnleggende prinsippene metoden bygger på, nemlig i) bærekraftig utvikling, ii) renere produksjon, iii) livsløpsvurderinger og systemtenkning og iv) integrert produktutvikling (Brezet et. al., 1997)

Integrert produktutvikling (IPU) er modellen som danner basis for selve produktutviklingsprosessen i *Eco-Design*. IPU-modellen er vist i figur 5.4. *EcoDesign* fokuserer på integrasjonen mellom disipliner, men også på integrasjon mellom produktlivsfaser. Bare ved å se sammenhengene mellom produktlivsfaser kan man bygge inn egenskaper i produktet som kommer til syne når produktet gjennomgår de ulike fasene. *EcoDesign*-metodikken deles inn i sju steg.

1. *Organisering av EcoDesign-prosjektet. Plan for produktutviklingsprosjektet, oppgaveformulering*
2. *Valg av produkt som skal utvikles/forbedres. Identifisere kundebehov og analysere konk. produkter*
3. *Etablering av EcoDesign-strategi. Etablere målspesifikasjon*
4. *Generering av valg og idéer. Generere produktkonsepter, velge konsept*
5. *Detaljering av konsept*
6. *Kommunikasjon og lansering av produktet*
7. *Etablering av oppfølgingsaktiviteter*

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri



Figur 5.4 *EcoDesign Strategy Wheel for beskrivelse av status samt korte og langsiktige forbedringsstrategier i et utviklingsprosjekt*

Miljøriktig konstruksjon (Olesen et. al., 1996) er et resultat fra UMIP-prosjektet i Danmark, (se kapittel 2.4). UMIP-prosjektet resulterte i verktøy og modeller for utvikling av miljøvennlige produkter for dansk industri. Dette er metoder for gjennomføring av livsløpsvurderinger m.h.p. miljøbelastning, dataverktøy for dette formålet samt konstruksjonsregler for miljøvennlig produktutvikling (Alting et al., 1996), (Olesen et.al., 1996), (Wenzel et. al., 1996), (Olesen, 1992) og (Mørup,1993). I miljøriktig konstruksjon er produktutviklerens oppgave å velge løsninger på funksjonelle krav til produktet. Dette gjelder både overordnede brukerkrav, og underordnede krav til produktets delsystemer og komponenter. Muligheten for å påvirke produktets miljøbelastning er store mens alle valgmulighetene ligger åpne, men når produktutviklingen er avsluttet og løsningene er valgt, er rammene for produktets miljøbelastning fastlagt, og produsenten, brukeren og bortskafferer kan kun suboptimalisere delsystemer innenfor disse rammene.

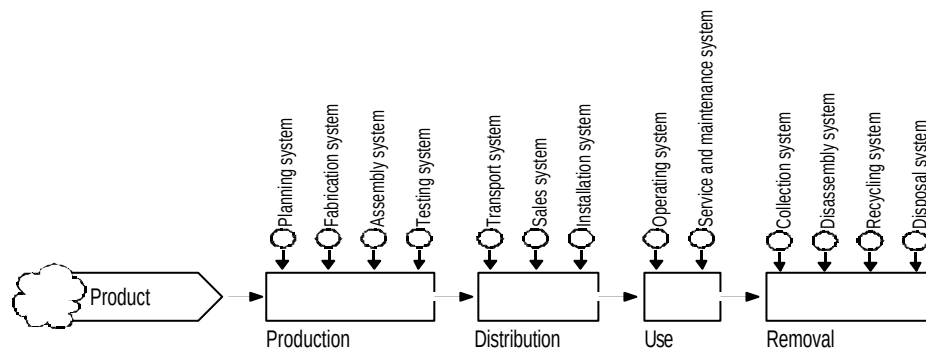
Underveis i livsløpet møter produktet en lang rekke «produktlivssystemer». Disse er eksempelvis montasjesystemer, transportsystemer og resirkuleringssystemer. Noen av disse er vist i figur 5.5. Det er derfor nødvendig å forstå livsforløpet til produktet, å kartlegge hvilke produktlivsløps-scenarier som kan opptre, og sannsynligheten for at dette skal opptre. Gjennom produktutviklingen, kan produktutvikleren forsøke å påvirke brukeren ved å bygge inn ulike elementer i produktet, for å øke sannsynligheten for et bestemt livsløp i å opptre.

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

Innenfor alle disse metodene beskrevet her, vil produktutviklingsteamet alltid stå overfor avveiningssituasjoner i de ulike faser av arbeidet, hvor motsetningsforhold "optimaliseres", m.a.o. motsetningene løses ikke. Dette skyldes ofte psykologiske barrierer hos designeren som hindrer kreativ utfoldelse. Altshuller (1984) søkte å finne metoder for å unngå slike barrieresituasjoner. TRIZ er den russiske forkortelsen for "Theory of Inventive Problem Solving" (Altshuller, 1984). Dette er en empirisk teori basert på ca to millioner patentanalyser, og er en relativt ny metodikk i den vestlige verden etter emigrasjon fra Russland til USA så sent som ca. 1990.

I analyseresultatene fant Altshuller og hans kolleger generiske prinsipper for å løse tekniske motsetningsforhold. Innovative løsninger oppstår når motsetningene løses. Videre viser analyseresultatene mønstre for alle tekniske systemers utvikling. Ved å ta i bruk disse utviklingsmønstrene i egen produktutvikling, kan bedrifter forutse utviklingen innenfor egen bransje, og utvikle neste generasjons produkter tidligere enn konkurrentene.

Til slutt nevnes at betydningen av spesifikke miljøtiltak knyttet til den enkelte bedrift og dens produksjon ikke er redusert selv om systemgrensene utvides. Det er fortsatt svært viktig å arbeide for eksempelvis renere og energieffektiv produksjon (Dorfmann et al 1992). Derne er problematikk knyttet til logistikken vesentlig, og hvordan dette inkluderes i designfasen. Tiltak som kildereduksjon, substitusjon, resirkulering og annen avfallshåndtering vil sette nye krav til alle logistikkfunksjonene. Dette skaper behov for nye definisjoner, begreper og utvikling av teorier, modeller og løsninger innenfor fagområdet.



Figur 5.5 Produktlivssystemer, (Mørup, 1993)

Metoder for gjenvinning og avfallshåndtering

Forebyggende miljøarbeid gjennom miljøtilpasset produktutvikling er helt vesentlig. Produkters bruksfase ender imidlertid før eller siden, og derfor er

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

det også viktig å utvikle metoder og kunnskap om gode miljømessige løsninger for gjenvinning og avfallshåndtering, i forsøk på å lukke material-, energi- og produktsløyfer og dermed også minimere ressursforbruk. Det må imidlertid nevnes at "Metoder for miljøtilpasset produktutvikling" og "Metoder for gjenvinning og avfallshåndtering" er sterkt bundet til hverandre fordi i) design forenkler og reduserer behovet for gjenvinning og avfallshåndtering og er dermed et forebyggende tiltak og ii) design av nye produkter kan også basere seg på bruk av resirkulert materiale.

Forlenget produsentansvar er en strategi som spesifikt omhandler resirkuleringssystemer og oppbygging av infrastruktur for dette. Per i dag er denne ordningen innført for emballasje, ved at brukere (produsenter og importører) pålegges et frivillig vederlag for å finansiere innsamling, sortering og gjenvinning av emballasje som glass, papir og plast. Ordningen fungerer godt og er et eksempel på at bransjen selv påtar seg ansvaret for å forbedre miljøet. Det er ikke opplagt at alle produkter fra den vareproduserende industrien bør gjenvinnes. I tilfeller der transportavstander er store eller produktene er små og bestående av mange ulike komponenter, kan gjenvinning være mer miljøbelastende enn lokalbaserte løsninger som eksempelvis kontrollerte landfyllinger.

Demontering og gjenbruk er viktige løsningsalternativer for å oppnå resirkulering både av materiale og gjenbruk av produkter og dermed redusere avfallsmengden. I begge disse tilfellene er det helt sentralt å kunne ta komponentene fra hverandre på en enkel og effektiv måte. Demontasje står i mange tilfeller i kontrast til effektiv og spesielt automatisk montering hvor man bl.a. legger stor vekt på bruk av hurtigkoblinger for effektiv sammenføyning. Disse er i mange tilfeller umulig eller i beste fall svært vanskelig å ta fra hverandre uten at komponentene blir skadet eller ødelagt. Det er derfor behov for å inkludere teknikker og regler for enkel demontasje inn i monteringsmetodikken.

Til grunn for vurdering av hvilke strategier som skal velges i etterbruksfasen kan ulike metoder benyttes. Livsløpsvurderinger er nevnt. *Materialstrømsanalyse* er en annen metode som identifiserer materialstrømmene gjennom produktsystemet. *Eksergianalyser* kan også være nyttige, (se kapittel 4.3), ettersom energi er en kritisk miljøparameter og derfor blir et mål for å identifisere produksjonsprosesser med minimal miljøbelastning.

5.4.3 Metoder for analyse av risiko og sårbarhet

I alle analysene nevnt ovenfor, forsøker man å identifisere produkters oppførsel gjennom produktlivsløpet. Livsløpet er ukjent under utvikling av nye produkter, og kan være delvis kjent ved produktfornyelser. Dette

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

medfører at man utvikler livsløpsscenarier for hvordan produktet, produksjonsanlegget, eller produktsystemet oppfører seg fra vugge-til-grav/vugge. Det er derimot ingen garanti for at nettopp det scenariet vil opptre i den aktuelle produktlivsfasen. Litt forenklet kan vi si at risiko- og sårbarhetsforskningen er opptatt av å identifisere "Hva kan gå galt" med en prosess eller et produkt, med sikte på å redusere muligheten for at noe uønsket skal skje og begrense følgene dette kan få. Risiko- og sårbarhetsanalyser gjør det mulig å komme *i forkant* og fange opp problemer før de får utvikle seg til alvorlige ulykker og skader. Dessuten er det etablert retningslinjer, standarder og lovverk som industrien må forholde seg til.

Innenfor dette området vil følgende utfordringer være sentrale:

Miljørisikoanalyser og konsekvensutredninger

Risikoanalyser er tradisjonelt blitt benyttet som underlag for å sikre menneskeliv og materielle verdier. Nå vil man i økende grad også innlemme skader på ytre miljø. Det er imidlertid ikke god nok kunnskap og erfaring i industrien i dag når det gjelder miljørisikoanalyser. Det finnes ikke i samme grad standardiserte metoder som for tekniske risikoanalyser. Miljørisikoanalyser er i dag fortrinnsvis knyttet til uhellsutslipp, mens de regulære utslippene som akkumuleres over tid, faller utenfor. Retningslinjer og standarder fra både EU og USA er underveis på dette området, og norsk industri vil bli møtt med krav om gjennomføring av miljørisikoanalyser.

Konsekvensutredninger kreves for visse typer bedrifter, bl.a. gjennom tilpassing av EU-direktivet: *Environment Impact Assessment* (Official Journal of the European Communities, 1985). Konsekvensutredninger praktiseres langt strengere i EU enn i Norge, og det kan forventes at norske myndigheter vil foreta skjerping på dette området fremover.

Prinsipper for miljøstyring/miljøledelse

Industrien anvender ikke prinsipper for miljøstyring og miljøledelse i samme grad som sikkerhetsstyring/-ledelse. *Internkontrollforskriften* (Kommunal- og arbeidsdepartementet, m.fl., 1992) fra 1992 omfatter hele HMS-begrepet (helse, miljø og sikkerhet), men ytre miljø har ikke hatt samme fokus som styring av sikkerhet og arbeidsmiljø. Det er en utfordring å utvikle effektive styringssystemer som integrerer sikkerhet og miljø i et totalt styringssystem for bedriftene. Det arbeides med standardisering og sertifisering på miljøområdet (EMAS, ISO 14000), noe som vil bli en viktig konkurransefaktor for bedriftene.

Ulykkesrisiko

Fremtidige utfordringer og muligheter for vareproduserende industri

Et revidert "Sevesodirektiv" ("Tiltak for å avverge storulykker i virksomheter som håndterer farlige stoffer") er underveis (*Seveso II*). Dette direktivet stiller krav til analyser, krav til beredskap og krav til dokumenterte styringssystemer for sikkerhet og miljø. Når det gjelder innsats for å forebygge mindre ulykker, vil dette være regulert gjennom andre lover og regler (bl.a. *Internkontrollforskriften* (Kommunal- og arbeidsdepartementet, m.fl., 1996) med tilhørende lover og forskrifter).

Sårbarhet av ytre miljø

Sårbarhet av ytre miljø lokalt er aktuelt i forbindelse med lokalisering av bedrifter. Sentrale spørsmål er hva omgivelsene tåler av utslipp før grensen for naturens tålegrense overskrides. Det er ikke bare snakk om hvor mye energi eller forurensende stoff som blir sluppet ut, men også hvilken type stoff, tidspunkt for utslippet og utslippstedets beskaffenhet. Det forventes at bedriftene har en beredskap som skal sikre at man ikke overskrider naturens evne til produksjon og selvfornyelse. USA har regelverk/retningslinjer som berører dette temaet; bl.a. fra FEMA ~ *Federal Emergency Management Agency*. Tilsvarende retningslinjer vil kunne bli gjort gjeldende også i Norge.

5.4.4 Innovasjon

For å nå det overordnede målet med forskningsprogrammet P2005 er det helt sentralt at eksisterende og nyutviklet kunnskap finner sin anvendelse i den vareproduserende industri. Det må imidlertid advares mot forenklede fremstillinger av en slik prosess der innovasjon oppstår som en lineær funksjon av tilførte forskningsresultater. I kontrast til en slik virkelighetsforståelse står oppfatningen av innovasjon som en usikker, tildels uorganisert prosess som foregår innenfor meget komplekse og dynamiske systemer der markedsbehov, teknologi og tilgjengelig kunnskap må tas i betraktning samtidig. Dessuten er det viktig å ta i betraktning de tilbakekoblingsmekanismer som eksisterer mellom disse komponentene. Det er også slik at nyutvikling av kunnskap ikke nødvendigvis er en forutsetning for innovasjon, ofte vil det være slik at eksisterende viten hos involverte parter utgjør den primære drivkraften bak slike prosesser (Kline & Rosenberg, 1986). Følgelig blir aktørsammensetningen ofte av overordnet betydning, et poeng som bør påvirke hvordan det videre arbeidet i P2005 Industriell økologi blir organisert. Det synes klart at et nært samarbeid og feedback mellom forskning og industri i en realistisk problemløsningskontekst er en viktig forutsetning dersom vi skal lykkes med å få til den nødvendige innovasjon også på miljøområdet.

6 KOMPETANSEPROFIL

6.1 Hva kan P2005 Industriell økologi tilføre bedriftene og akademien

Som et startpunkt for drøfting av ønsket kompetanseprofil innen industriell økologi kan det nå være hensiktsmessig først å oppsummere hva forskningen innen P2005 Industriell økologi bør kunne tilføre bedriftene og akademien. Med bakgrunn i det som er fremkommet i tidligere kapitler av denne rapporten, der det fra industrihold legges stor vekt på behovet for å operasjonalisere industriell økologi ved en klargjøring og anvendelse av metoder og tiltak i retning 'øko-effektivitet' i praksis, kan en foreløpig målsetting med P2005 Industriell økologi knyttet til kompetanseutvikling i bedriftene være:

- ◆ å øke forståelsen og anvendelsen av begrepet øko-effektivitet i den daglige virksomheten i bedriftene
- ◆ å tilføre bedriftene kunnskap om metoder for å måle og dokumentere øko-effektivitet
- ◆ å øke kunnskapen om lærings- og samarbeidsprosesser med sikte på iverksetting av øko-effektivitet et viktig punkt

Disse målsetningene kan knyttes til to viktige anvendelsesområder:

1. Utvikling og produksjon av mer øko-effektive produkter innen vareproduserende industri, inkl. produktenes funksjon og miljømessige egenskaper over hele livsløpet
2. Utvikling av mer øko-effektive løsninger tilpasset prinsippet om forlenget produsentansvar og resirkuleringssystemer for vareproduserende industri

Gjennom P2005 Industriell økologi kan akademien tilføres et langsiktig og tett industrisamarbeid, økt innsikt i grunnleggende metodespørsmål for vurdering og dokumentasjon av øko-effektivitet i ulike systemer, økt tverrfaglig samhandling og et felles begrepsapparat for systemtenkning anvendt på industritilknyttede miljøutfordringer, og forskerrekuttering på viktige emner innen feltet. I tillegg vil P2005 Industriell økologi gi en reell og god mulighet for å styrke den forskningsbaserte undervisning i det nye multifakultære Studieprogram i industriell økologi, som NTNU etablerer med oppstart fra høsten 1999, og som vil lede frem til hovedfag med fordypning innen industriell økologi. Dette vil i sin tur bidra til styrket kompetanse i industrien, og bør dermed rettes bevisst mot de problemstillinger og

anvendelsesområder som industrien opplever som de mest sentrale, se punktene ovenfor.

6.2 Kompetanseprofil i lys av bredden innen industriell økologi

State-of-the-art rapporten og dens vedleggsnotater viser med stor tydelighet at industriell økologi er et bredt konsept som innebærer kommunikasjon, forståelse og vurdering av ulike systemer på tvers av mange etablerte fagområder. En kompetanseprofil innen industriell økologi må derfor ta utgangspunkt i en slik bred premiss, og baseres på grunnlag av samspill mellom ulike fagdisipliner.

Vi har i rapporten slått fast at industriell økologi kompetanse skal tuftes på systemtenkning og systemanalyse, der man både ser sammenhengene i komplekse produkt- og materialsystemer over hele livsløpet. Kunnskap om fastsetting av systemgrenser og disse grensenes innvirkning på resultater og vurdering av systemegenskaper er overmåte viktig i en slik sammenheng. Dette ser vi tydelig demonstrert både i debatten om energisystemer og resirkuleringssystemer i samfunnet. Vi ser også dette ved gjennomføring av LCA-beregninger, der resultatene fra beregningene vil avhenge svært mye med valgte forutsetninger om plassering av systemgrenser, dvs. hvordan vi avgrenser systemet mot dets omgivelser.

Industriell økologi tar utgangspunkt i kartlegging og kvantifisering av stoff- og energiutvekslinger i et gitt system, for eksempel et produktsystem, og en kvantifisering og bedømmelse av de miljø- og ressursmessige effektene dette systemet har på omgivelsene. Dette er et teknisk og naturvitenskapelig utgangspunkt. Videre vet vi at beslutninger i praksis alltid avveies mot økonomiske hensyn i de samme systemer, og vi vet at introduisering og gjennomføring av endringer i systemene innebærer at man må ta hensyn til sosiale og kulturelle forhold hos de aktørene som systemet omfatter.

Industrien vil derfor ha behov for å kunne gjennomføre økonomiske vurderinger, kortsiktige og langsiktige, basert på livsløpstenkning, der såvel produksjonskostnader, produktkostnader, logistikk-kostnader og kostnader hos bruker og i avhendingsfasen er vurdert inn. I tillegg kommer de eksterne miljøkostnader ved produksjonen og produktet, som i økende grad må internaliseres i vurderingene. Tilsvarende vil industrien ha behov for å kunne gjennomføre kvalifiserte vurderinger av markedshensyn knyttet til brukerpreferanser, kundekrav, og det utvidede produsentansvar som innebærer krav til endringer og samarbeid om tiltak i retning resirkuleringssystemer og bedre utnyttelse av restprodukter, avfall og

Kompetanseprofil

energiutslipp. Industriell økologi vil som et utpreget aktørsamarbeidsrettet konsept ha store krav til kompetanse i retning organisasjons-, kommunikasjons-og lærings-modeller, i egen bedrift og i nettverk. Dette vil gjelde både i nettverk lokalt, nasjonalt og i verdikjeden internasjonalt. Det vil være en viktig ledelsesoppgave å legge til rette for design av både tekniske og organisatoriske løsninger for denne type aktørsamarbeid. Industriell økologi må derfor utvikles som et felt i skjæringsområdet mellom fagfeltene teknologi, bedriftsøkonomi, organisasjon og ledelse, natur- og ressursfag, og samfunnsfag som sosiologi, statsvitenskap, sosialøkonomi, og psykologi.

På grunn av feltets store bredde er den eneste mulighet for dypere kompetanseutvikling at man baserer seg på kompetanseutvikling i flerfaglige sammensatte team. Enkeltpersoner vil umulig kunne ha dybdekunnskap i store deler av hele feltet, men må kunne inneha en dypere nisjekompetanse i tillegg til en breddeforståelse. Industrien etterspør ellers ikke 'generalister' på dette området. Vårt klare inntrykk er at man ser behovet for noen få personer som har en sterk systemforståelse og som behersker kvantitative metoder knyttet til vurderinger av hvordan løsninger vil ha effekt på det større system, men at de fleste personer som vil arbeid med industri-økologiske emner vil arbeid med løsninger mer snevert innen sitt hovedfagområde, i samarbeid med andre som dekker andre viktige fagområder.

NTNU har allerede gjennomført en strategisk kompetansevurdering innen industriell økologi i og med etableringen av nytt multifakultært Studieprogram innen industriell økologi. I dette programmet vil det rekrutteres studenter etter to års studier, fra flere fagdisipliner og fakulteter, hvor programmet over tre år leder frem til hovedfagsgradene sivilingeniør (teknologi), cand.scient. (naturvitenskap) eller cand.polit. (samfunnsvitenskap), alle med en fordypning og en felles faglig plattform innen industriell økologi. Det kan være nyttig å nevne de enkeltfagene som vil inngå som obligatoriske fagmoduler i det felles industriell økologi studietilbudet (tentative fagtitler er angitt):

- Geofysiske ressurser og ressursbruk
- Biologiske ressurser og økosystemer
- Miljøledelse
- Innføring i industriell økologi og systemanalyse
- Innføring i miljø- og ressursøkonomi
- LCA metodikk og anvendelse
- Ytre rammevilkår og miljøpolitikk
- Bærekraftige energisystemer
- Restproduktssystemer

Kompetanseprofil

- Prosjektfag 1 (tverrfaglig prosjektfag over et valgt type system)
- Prosjektfag 2 (ditto)

En fagkrets som dette, som kombineres med individuelle fag som studenten følger ved sitt eget fagmiljø/institutt, reflekterer det vi i dag oppfatter er industriens primære kunnskapsbehov på feltet industriell økologi. Dette kunnskapsbehovet vil måtte fylles, på lengre sikt, ved at NTNU utdanner og leverer kandidater til arbeid i industrien. På kortere sikt vil kompetansebehovet i industrien måtte fylles ved parallelle tiltak. Her vil særlig etterutdanning, prosjektsamarbeid og bedriftstilpassede FoU-prosjekter være nødvendige tiltak. P2005 Industriell økologi må ha som ambisjon å støtte opp om slike aktiviteter og tiltak med mer langsiktig og tverrfaglig orientert forskning. Dette vil best kunne utføres ved at kompetanseutviklingen skjer i et tettest mulig samarbeid, der forskningen tar et reelt utgangspunkt i de problemstillinger og behov som bedriftene selv leverer inn i P2005 gjennom bedriftscase og bedriftsprosjekter.

6.3 Kompetanseprofil rettet mot øko-effektive løsninger for produkter produksjon, og for resirkuleringssystemer

Kapittel 6.1 summerer opp at kvantifisering og operasjonalisering av industriell økologi i praksis vil måtte oppnås via begrepet øko-effektivitet, og at det vil være to hovedanvendelser for dette begrepet, nemlig produktutvikling og produksjon samt resirkuleringssystemer.

På det første området, produktutvikling og produksjon, vil kompetanseprofilen naturlig måtte rettes mot å forstå produktsystemets økonomiske og økologiske kvaliteter over hele dets livsløp, som inkluderer alle produksjonstekniske forhold, så vel som råvarefase, bruksfase og avhendingsfase. Erfaringene fra en rekke LCA prosjekter dokumenterer at en betydelig miljø- og ressursbelastning forårsakes i bruksfasen. Dette er selvsagt produkt- og systemavhengig, men tilsier at forbedringstiltak i større grad enn i dag vil måtte ta utgangspunkt i alle fall i større kunnskap om produktets bruksmessige forhold og den funksjon produktet fyller for brukeren. Frem til i dag har dette først og fremst tatt utgangspunkt i produksjonstekniske forbedringer, slik som bruk av renere produksjon og avfallsminimering i industribedriftene.

Kunnskap om produkters samlede ressursinnsats og miljøpåvirkning over hele livsløpet er nøkkelen til slike forbedringer, men forbedringene vil ikke finne sted uten ved målrettet produktutviklingsarbeid der man i designfasen tar tilstrekkelig hensyn til mulighetene for å innarbeide mer miljøvennlige

Kompetanseprofil

bruks-, vedlikeholds- og bortskaffelsesforhold. Denne type miljømotivert innsats og utviklingsarbeid må etterhvert prege et stort spekter av produkter, og også infrastrukturen i samfunnet. Spesielt viktig vil produktfokuseringen være i tilknytning til produkter som involverer miljøtoksiske stoffer, som innebærer et stort materialforbruk som før eller siden blir til avfall, og som innebærer et stort energiforbruk.

Produktrettede forbedringer krever samarbeid mellom aktører langs verdikjeden. Vi ser allerede i Norge flere eksempler på at bedrifter blir utsatt for krav til miljødokumentasjon og miljøvaredeklarasjon når egne produkter skal leveres i markedet. Vi ser også eksempler på at bedrifter selv stiller miljøkrav til egne underleverandører. Denne type krav springer ut av den økende utbredelsen for internasjonale miljøstandarder, som ISO 14001. Kompetanse knyttet til samarbeid i verdikjeden, rettet mot øko-effektive produkter, blir med stor sannsynlighet av de mest sentrale kompetansebehov for industrien fremover.

Et annet, og nytt, aspekt knyttet til øko-effektiv produksjon, er fremveksten av modeller for samarbeid mellom produksjonsanlegg når det gjelder utnyttelse av avfall, restprodukter og spillvarme. Slike samarbeidsmodeller kan utvikles etter Kalundborg-prinsippet fra Danmark, der en rekke samlokaliserte fabrikker i løpet av 25 års drift har utviklet en industriell øko-park med høy utnyttelse av hverandres avfallsressurser. Alternativt kan man tenke slike samarbeidsmodeller som mer 'virtuelle' øko-parker der produksjonsbedrifter lokalisert innen et distrikt med overkommelig transportavstand kan samarbeide om felles ressurs- og avfallsutnyttelse.

På det andre hovedanvendelsesområdet for øko-effektive løsninger, knyttet til utvidet produsentansvar og resirkuleringssystemer, vil kompetanseprofilen måtte ta mer utgangspunkt i hvordan bedrifter og bransjer kan samarbeide på tvers av hverandre, men innenfor definerte material- og produktsegmenter, med sikte på mer effektive løsninger for håndtering av avfall og restprodukter. Avfallspolitikken i dag fremhever avfallsreduksjon, ombruk og materialgjenvinning, energigjenvinning og dernest forsvarlig destruksjon av restavfallet, i fallende prioritetsrekkefølge.

Det legges store ressurser i utbyggingen av omfattende og landsdekkende infrastruktur for gjenvinning, dvs. resirkuleringssystemer for plast, kartong, papp/papir, metaller, glass, osv. Systemene er først iverksatt for emballasje, og kommer i 1999 også for elektriske og elektroniske produkter. På dette feltet er det et stort behov for kunnskap både om hva som er gode metoder for å kvantifisere og bedømme øko-effektivitet og dernest for å vurdere egnetheten av tekniske og organisatoriske løsninger for de enkelte deler av produkt- og materialspekteret. Her vil aktørene i hele materialkretsløpet måtte involveres, selv om vi i dag særlig ser at aktiviteten domineres av gjenvinningsbedrifter, transportører og materialselskaper, med produsenter og

Kompetanseprofil

importører som betaler avgift og er pliktige medlemmer av retursystemene. Med stigende resirkuleringsgrader, dvs. når mer og mer av materialene resirkuleres, vil kostnadene i form av penger og energiinnsats til innsamling, transport og repressesering, trolig måtte øke pr enhet resirkulert materiale, fordi det er de reneste og lettest tilgjengelige materialfraksjoner vi i dag har tatt hånd om på denne måten. Med tiden vil vi også måtte forholde oss til mer urene og vanskeligere tilgjengelige materialfraksjoner, noe som er mer ressurskrevende. Utviklingen av denne type systemer vil derfor være meget krevende, og må baseres på kompetanse både om systemanalyse, ressursbruk, økonomi, materialkvaliteter, avsetningsmarkeder og organisering.

Et program som P2005 Industriell økologi vil kunne fange opp store deler av dette samlede brede perspektivet. Likevel er det utenkelig at den kunnskapsproduksjon som P2005 skal bidra til ved forskning smøres bredt og tynt utover. Vi har ikke i forbindelse med State-of-the-art rapporten tatt stilling til hvordan forskningen i P2005 skal prioriteres for best mulig effekt her, det vil måtte gjøres som del av det kommende arbeidet i P2005 programmet.

7 VEDLEGG

Det er utarbeidet vedleggsnotater som danner grunnlaget for noen av kapitlene i selve state-of-the-art rapporten. Disse notatene kan bestilles eller hentes fra vår hjemmeside: www.indecol.ntnu.no. Følgende vedleggsnotater er produsert:

1. Hva nytt bringer industriell økologi inn? (Røine 1998)
2. Industriell økologi og forskningsutfordringer (Brattebø og Røine 1998)
3. Livsløpsvurderinger og miljørettet produktutvikling i nordisk industri (Hanssen og Wigum 1998)
4. Statsvitenskapelig bidrag til industriell økologi (Solem og Malvik 1998)
5. Kritisk blikk på industriell økologi-tilnærmingen i academia og industrien i dag. (Asbjørnsen 1998)
6. Miljø som konkurransefaktor (Larssæther og Eik 1998)
7. Referat fra studieturer USA våren 1998 (Røine og Brattebø 1998)
8. Referanser på Internett (Røine 1998)

8 REFERANSER

- Allenby, B (1999): Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation, Prentice Hall
- Alting, Leo et al. (1996): Miljødimensionen i produktet - en introduktion til virksomhetens ledelse, UMIP, Miljøstyrelsen, København
- Altshuller, H (1984): Creativity as an exact science. Gordon and Breach Publishers
- Amundsen, A. (1992): Miljøteknologi og renere produksjon, Universitetsforslaget AS, Oslo
- Andreasen og Hein (1987): Integrert Produktutvikling. Universitetsforlaget
- Argyris, C. og Schon, D. A. (1978): Organizational Learning. Addison-Wessley: Reading Massachusetts
- Asbjørnsen, O.A. (1978): "Menneskelige faktorer i den tekniske utvikling" SINTEF Seminar, Kjemiavdelingen, NTH, Trondheim, Norway.
- Asbjørnsen, O.A. (1992): Systems Engineering Principles and Practice. SKARPODD, Arnold, Maryland 21012, USA.
- Asbjørnsen, O.A (1998): Kritisk blikk på industriell økologi - tilnærmingen i akademia og industrien i dag. Vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim
- Ayres, R. og Simonis, U (1994): Industrial Metabolism: Restructuring for sustainable development. Tokyo/New York/Paris, United Nations University Press
- BCSD (1993): Getting eco-efficient, Report of Business Council for Sustainable Development (BCSD), First Antwerp Eco-efficiency Workshop
- Beck, U. (1997): Risiko og frihet. Fagbokforlaget, Bergen. Etterord: Risikosamfunnet i revy og introduksjonen ved Torben Hviid Nielsen
- Biel, A., & Gärling, T. (1995). The role of uncertainty in resource dilemmas. *Journal of Environmental Psychology*, *15*, 221-233.
- Blanchard, and W. Fabrycky (1990); Systems Engineering and Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA
- Brattebø, H. et al. (1998): Forprosjekt innen industriell økologi - Sluttrapport, NTNUs Program for industriell økologi, Trondheim
- Brattebø, H (1995): Industrial Production and Sustainability, SMU-rapport 4/95, Trondheim
- Brattebø og Røine (1998): Industriell økologi og forskningsutfordringer, Vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim

Referanser

- Brezet et al. (1997): EcoDesign. A promising approach to sustainable production and consumption. UNEP IE. Paris
- Burall,P. (1996): Product Development and the Environment. The Design Council, Gower, Hampshire.
- Capra,F (1996): The web of life, Anchor Books, New York
- Dorfman et al (1992): Environmental Dividends; Cutting More Chemical Wastes, Inform
- Drottz-Sjöberg, B.-M. (1997). Attitudes, values and environmentally adapted products. Rhizikon: Risk Research Reports, No. 30. Stockholm: Center for Risk Research, Stockholm School of Economics.
- Drottz-Sjöberg, B.-M. (1994). Experiences of nature and the environment. Rhizikon: Risk Research Reports, No. 21. Stockholm: Center for Risk Research, Stockholm School of Economics.
- Drottz-Sjöberg, B.-M. (1995). Risk perception and sustainable consumption. In E. Stø (ed.), Sustainable consumption. Report from the International Conference on Sustainable Consumption at Lillehammer, February 1995 (pp.299-339). Working report no. 2-1995. Lysaker: National Institute for Consumer Research.
- Ehrenfeld,J (1994): Industrial ecology: A strategic framework for Product Policy and Other Sustainable Practices, Speech at Green Goods: The second international conference and workshop on product oriented policy, Stockholm
- Ehrenfeld, J. (1996) Integrated Environmental Management: Strategies for the Sustainable Firm
- Ehrenfeld,J. (1997): Putting the product into Production: Improving the likelihood of Achieving Sustainability. Foredrag på NFR-konferanse "Brundtland rapport - 10 år etter" 3. Oktober, Oslo, Norway
- Ehrenfeld,J and Gertler,N (1997): Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg, Journal of Industrial Ecology, vol 1, no 1, MITPress
- Erkman,S (1997) : Industrial Ecology - A historical view, J. of Cleaner Production, 5 (1-2)
- Fiksel,J. (ed) (1996): Design for Environment. Creating Eco-Efficient Products and Processes, McGraw-Hill.
- Fet, A. M. (1998). Environmental management tools and their application - A review with references to case studies. Paper presented at the 2nd International Conference on Technology Policy and Innovation Lisbon'98", 3.-6.August 1998
- Frei, M. og Züst, R., (1997): The Eco-effective Product Design - The Systematic Inclusion of Environmental Aspects in Defining Requirements. In: Krause, F.-L. and Seliger, G. Ed. Life Cycle

Referanser

- Networks. Proceeding of the 4th CIRP International Seminar on Life Cycle Engineering, 26-27 June 1997, Berlin, Germany. Chapman & Hall.
- Frewer, L. J., Howard, C., & Shepherd, R. (1998). Understanding public attitudes to technology. *Journal of Risk Research*, 1, 221-235.
- Fussler, C and James, P. (1996): Driving Eco-Innovation. A breakthrough discipline for innovation and sustainability. Pitman Publishing
- Gilpin, A. 1995. Environmental Impact Assessment. Cutting Edge for the Twenty-First Century. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- NOU (1996): Grønn skattekommisjon, 1996:9, Oslo
- Hagen, Røine og Brattebø (1998): Status for industriell økologi i norsk næringsliv, i Brattebø, H. et al.: Forprosjekt innen industriell økologi - Sluttrapport, Trondheim
- Hanssen, O.J., Førde, J.S. & Thoresen, J. (1994). Environmental Indicator and Index Systems. An overview and test of different approaches. A pilot study for Statoil. Østfold Research Foundation, Research Report OR 17.94. 48 pp.
- Hanssen, O.J., Rydberg, T., & Rønning, A (1995): Sustainable Product Development. Methods and Experiences from Case Projects. Final Results from NEP Project. Østfold Research Foundation, Research Paper OR 28.95
- Hanssen, O.J. (1996). Sustainable Industrial Product Systems. Dr. techn. thesis, NTNU. Østfold Research Foundation AR.20.97.
- Hanssen, O.J (1997): Sustainable industrial product systems, Dr. techn. thesis, NTNU
- Hanssen, O.J. (1998a): Environmental Impacts of Product Systems in a Life Cycle Perspective. A General Survey based on 18 Life Cycle Assessment Studies. J. Cleaner Prod. In press.
- Hanssen, O.J. (1998b): Sustainable Product Systems. Experiences based on case projects in Sustainable Product Development. J. Cleaner Prod. In press.
- Hanssen, O.J. (1998c): Status for Life Cycle Assessment activities in the Nordic region. Submitted for publication in Int. J. LCA.
- Hanssen, O.J. og Wigum, K.S. (1998): Livsløpsvurderinger og miljørettet produktutvikling i nordisk industri, Vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim
- van Hemel, C. G. 1998, EcoDesign empirically explored, Design for Environment in Dutch small and medium sized enterprises, TU Delft,

Referanser

- Hogg, M. A., & Vaughan, G. M. (1995). Social psychology. Chapter 15: The physical environment and social behavior (pp. 558-594). London: Prentice Hall Europe.
- Jansen, L. (1994): Towards a sustainable future, en route with technology, Dordrecht, Nederland
- Journal of Industrial Ecology (1997): Backpage, **1**, (1), MITPress, Boston
- Kahle, L. R. (1996). Social values and consumer behavior: Research from the list of values. In C. Seligman, J. M. Olson and M. P. Zanna (eds.), The psychology of values: The Ontario Symposium, Volume 8. Chapter 6 (pp. 135-151). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass.
- Kiuchi, Tachi (1997): "What I Learnt from the Rainforest", World Future Society, Key-note address, July.
- Klein, G. & Calderwood, C. (eds.) (1993) Decision Making in Action: Models and Methods, Ablex Publ.
- Kleiven, J. (1994) (Ed.), Miljøbetinget livskvalitet. Oslo: Norges Forskningsråd.
- Kommunal- og arbeidsdepartementet, m.fl., 1992: Internkontrollforskriften. Ny revisjon, 1997: Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter, Internkontrollforskriften.
- Larssæther, S. & Eik, A. (1998): Miljø som konkurransefaktor, Vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim
- Myklebust, O. et al (1998): Bærekraftig industriell produksjon og forbruk, Tverrfaglig strategiprojekt ved Sintef Teknologiledelse, Tapir, Trondheim
- Møller, H., Hanssen, O.J., Lindfors, L.G., Svensson, T., Hoffmann, L., Stranddorf, H.K., Toldsted, J.T. & Rønning, A. (1998): Nordic project on Implementation of Environmental Labelling Type III In the business sector (NIMBUS). Report from the pilot study on Nordic Environmental Product Declarations. Østfold Research Foundation, OR.27.98
- Mørup, M. (1993): Design for Quality. Dissertation. DTU, Lyngby, Danmark
- NOU (1995): Om virkemidler i miljøpolitikken, Oslo
- Porter M. and Linde C. van der (1996): Green and Competitive: Ending the Stalemate in Business and the Environment, Earthscan
- OECD (1998): Eco-efficiency, ENV/EPOC/MIN(98)7, Paris
- Official Journal of the European Communities, 1985: Council Directive of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public

Referanser

- and private projects on the environment, Official Journal of the European Communities No L175, 5.7.8
- Olesen, J. (1992): Concurrent Development in Manufacturing - Based on dispositional mechanisms. Dissertation, DTU, Lyngby
- Olesen, J. (1995): Produktutviklerens miljømæssige analyser og vurderinger. Miljøriktig konstruktion. Rapport 4. UMIP-projektet
- Olesen, J. et.al. (1996): Miljøriktig Konstruktion, UMIP, Miljøstyrelsen, København
- O'Rourke,D., Connelly,L. and Koshland,C.P. (1996): Industrial ecology: a critical review, Int. J. of Environment and Pollution, **6**, (2-3), pp. 89-112
- Oskamp, S., & Schultz, P. W. (1998). Applied social psychology (2d edition). Chapter 11: Environmental issues - energy and resource conservation (pp.2.5-227). New Jersey: Prentice Hall.
- Oskamp, S., & Schultz, P. W. (1998). Applied social psychology (2d edition). Chapter 10: Organizational settings - job satisfaction (pp. 180-203). New Jersey: Prentice Hall.
- Porter, M. og van der Linde, C. (1995): Green and Competitive - Ending the stalemate. Harvard Business Review, Sept-Oct. Proposal for a Council Decision adopting a specific programme for research, technological development and demonstration on "Competitive and sustainable growth" (1998 - 2002)
- Rasmussen, I. et al (1996): Bærekraftig produksjon og forbruk, Prosus rapport, Oslo
- Rasmussen,J (1997): Risk management in a dynamic society: a modelling problem. Safety Science, Elsevier, **27** (2-3)
- Royal Dutch Shell (1997): Personal Communication.
- Rydning,S.-O. et.al (1996): Miljöanpassad produktutveckling, Industriförbundet, Stockholm
- Røine,K (1998a): Referat fra studieturer USA våren 1998, vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim
- Røine,K (1998b): Referanser på internett, Vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim
- Røine,K (1998c): Hva nytt bringer industriell økologi inn?, vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim
- Sauar, E. (1998): Energy Efficient Process Design by Equipartition of Forces: With Applications to Distillation and Chemical Reaction, dr.techn. thesis, Norwegian University of Science and Technology, scheduled for Sept. 1998

Referanser

- Sauar, E., Kjelstrup Ratkje, S., and Lien, K.M. (1996): Ind.&Eng.Chem. Research, **35** 4147
- Schaltegger s. et al (1996): Corporate Environmental Accounting, J.Wiley
- Schein, E. (1987): Organisasjonskultur og ledelse. Er kulturendring mulig? Oslo: Mercuri Libro Forlag
- Schmidt-Bleek, F., Tischner, U.: Produktentwicklung. Nutzen gestalten—Natur schonen, no. 270, Schriftenreihe des Wirtschaftsförderungsinstituts, Wirtschaftsförderungsinstitut der Wirtschaftskammer Österreich, Vienna, Austria.
- Senge,P. (1990): The fifth discipline, Century Business
- Senge,P. et al (1994): The fifth discipline fieldbook, Doubleday, New York
- SFT 1994): Program for renere teknologi, Miljøteknologi 94:03, Oslo
- Solem,K.E 1992): Education for a changing world in Developing Resourceful Humans: Adolt Education within the Economic Context by Lynn Elen Burton (ed.), Routledge, London
- Solem,K.E (1994): Project 2020: Flight Plan For Change, Aircommand National Defence, Ottawa, Canada
- Solem,K.E og Malvik,I.V (1998): Statsvitenskapelig bidrag til industriell økologi Vedleggsnotat til State-of-the-art rapport, P2005 Industriell økologi, Trondheim
- Stevels, 1997, TU Delft, <http://www.io.tudelft.nl/research/mpo/research.htm>
- St.meld. (1992-1993): Langtidsprorammet 1994-1997, 1992-93:4
- St.meld. (1996-97): Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling, 1996-97:58
- Støren, S. (1998): Design for environment with aluminium extrusions, Proceedings of the International Conference on Aluminium, INCAL'98;11-13 February 1998, New Dehli, India, **2** (1998); Eds. D.H. Sastry, s: Subramanian, K.S.S. Murthy and K.P. Abraham
- Sweatman, A (1994): Beyond a colour: The new understanding on green in design. Presented at the National conference on successful strategies for ecologically sustainable development - Protecting the future: ESD in action, 5th-7th Dec. 1994, Wollongong, NSW Australia.
- Viddal, M.G. et al (1997): ISO 14000 og EMAS - for miljøbevisst ledelse, Tano Aschehoug AS
- Walley N. and Whitehead B. (1996): It's not easy being green. In Business and the Environment, Earthscan

Referanser

- Weizsäcker, E.v., Lovins, A.B. og Lovins, L.H. (1997): Factor Four. Doubling wealth, halving resource use. Earthscan Publications Ltd. (s. 94)
- Wenzel, H. et. al. (1996): Miljøvurdering af produkter, UMIP, Miljøstyrelsen, København
- Yndestad, H. (1997): System theory. Aalesund College.
- Ytterhus, B.E (1994): The Norwegian Business Barometer 1993 (arbeidsnotat), Bedriftsøkonomisk Institutt, Oslo
- Ytterhus, B.E (1996) Norwegian Environmental Business Barometer, Bedriftsøkonomisk Institutt, Oslo
- Xerox (1996): Design for the Environment. Designing Environmental Quality into Xerox Products.
- Xerox (1996): Xerox Products and the environment. Informasjonsmateriell fra Xerox
- Økstad, E. (1997). Environmental Performance Indicators in Industry. Practical experiences with developing EPI's in 12 companies. European Green Table/Federation of Norwegian Business and Industries, Oslo. 57 pp.

Rapporter utgitt av
Program for industriell økologi
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

1/1999	Ingvild V. Malvik, Elin Mathiassen, Terje Semb	<i>Bærekraftig mobilitet – en visjon for framtiden?</i>
2/1999	Jørund Buen, Karl C. Nes, Vidar Furholt, Karine Ulleberg	<i>Prosjektoppgave i Industriell økologi</i>
3/1999	Hilde Nøsen Opoku	<i>A Grand Objective lost in the Waste Bin? Local Agenda 21 and solid waste reduction in the Norwegian municipality of Trondheim.</i>
4/1999	Martina M. Keitsch, John Hermansen, Audun Øfsti	<i>Sustainable Urban Watermanagement based on the Concept of Industrial Ecology</i>