

HVA NYTT BRINGER INDUSTRIELL ØKOLOGI INN¹?

Stipendiat Kjetil Røine, Program for industriell økologi, NTNU

1. Innledning

Begreper som livsløpsvurderinger, miljøledelse, produktorientert miljøpolitikk, resirkulering og miljøvennlighet er de siste 10 årene stadig oftere benyttet både i industrien, akademien, media, forvaltningen og i frivillige organisasjoner. Begrepene er imidlertid forbundet med usikkerhet, både når det gjelder betydning og hvordan de forholder seg til hverandre. Industriell økologi er et nytt begrep som øker denne usikkerheten. Hva er det nye ved industriell økologi som legitimerer at ordet kan brukes til forskjell fra de andre som er nevnt over? Hvilken kunnskap besitter industriell økologer som ingen andre besitter? Dette notatet beskriver noen av de nye elementene og perspektivene som industriell økologi bringer inn i arbeidet med miljøutfordringen².

Industriell økologi omtales både som begrep, konsept paradigme, strategi, verktøy og metode avhengig av hvilken aktør, eller hvilket fagfelt man tar utgangspunkt i, og av hvilke motiver aktørene har³. En person i prosessindustrien vil eksempelvis betrakte industriell økologi som en dreining fra tradisjonelt prosessorientert HMS-arbeid til system- og livsløpsorientert produktfokus. Dette kan redusere forbruk av materialer og energi, noe som vil redusere de økonomiske kostnadene for bedriften og samtidig være et gode for miljøet. En person i en miljøvernorganisasjon vil derimot betrakte industriell økologi som et mer makroorientert konsept hvis oppgave er å fremme en bærekraftig utvikling.

I dette notatet er hensikten å finne fellesnevner som legitimerer at ulike tilnærminger kan benytte og legge samme betydning i begrepet industriell økologi. En opplagt fellesnevner er *forbedringer*, men spørsmålet er forbedringer i forhold til hva. *Effektivitet* kan være en annen, men også dette må relateres til noe.

Industriell økologi reiser en så grunnleggende og kompleks problemstilling at det *er* behov for flere aktører til å håndtere denne utfordringen, ettersom "alle ikke kan holde på med alt"⁴. Dette gjør det nødvendig å finne fellesnevner for de ulike aktørene. Rollefordeling og oppgaver for de enkelte aktørene kommer vi tilbake til i kapittel 4.2.

¹ Ordet *nytt* kan ha mange betydninger, helt avhengig av hva det relateres til. I et tidsperspektiv som starter med jernalderen er bilen en ny oppfinnelse, men dersom man starter betraktningen fra den industrielle revolusjon, er den en gammel oppfinnelse. Et annet poeng er hva som kan betegnes som innholdsmessig nytt. Atomene ble påvist på 1600-tallet, men atomene som sådan var ikke nye. Oppdagelsen av atomene betød derfor kun at menneskene utvidet sitt forklaringsapparat og erkjennelse og kunnskap om naturen og hvordan den fungerer. Et tredje spørsmål er hvor (mye) nytt noe må være for å kunne bli betraktet/kalt for nytt. Det er også viktig å kunne diskutere hva som er det potensielt nye innen industriell økologi, hvilke muligheter eksempelvis industrien har, som ennå ikke er realisert.

² Hva miljøutfordringen er avhenger blant annet av geografisk plassering, bransje, aktør osv.

³ Aktørene her kan grovt klassifiseres som industri, akademien, forvaltning/myndigheter, frivillige organisasjoner, media og forbrukere.

⁴ Industrien er ikke eneste aktør innen industriell økologi ettersom industrien ikke er den grunnleggende årsak til samfunnets interaksjon med naturen, men snarere en følge av et behov i samfunnet. Næringslivet er på den annen side med på å skape et behov i samfunnet, noe som resulterer i økt produksjon og forbruk og er dermed en direkte årsak til økte miljøbelastninger.

2 Kort om konseptet industriell økologi

Industriell økologi er ikke en egen, etablert vitenskap, men snarere et ungt og uferdig konsept som ikke har utviklet sin "personlighet" ennå. Derfor er det vanskelig å si noe *absolutt* om hva som er rett og hva som er galt innenfor industriell økologi. Innenfor såkalt absolutt vitenskap, som noen hevder at naturvitenskap er et eksempel på, påstås det at sannhet er noe som oppdages/finnes, i motsetning til de som mener at sannhet er noe som skapes (Rorty 1989). Sistnevnte mener at sannhet er sosialt konstruert, og blir til gjennom hvordan vi oppfatter og forklarer verden. Sannheten blir skapt gjennom vårt språk og oppfattelse/fortolkning av ord og begreper⁵. Industriell økologi kan sies å ha et slikt vitenskapssyn. En forståelse av at kunnskap og identitet er sosialt konstruert er et viktig element i et bærekraftig paradigme (Ehrenfeld 1994:11) Det må bli opp til de ulike aktørene å være med på å skape denne vitenskapen, noe som krever ydmykhet og respekt for hverandre og hverandres interesser.

Industriell økologi handler om bærekraftighet og har oppstått som en følge av begrepet bærekraftig utvikling (Ehrenfeld, 1994). Bærekraftig utvikling⁶ har oppstått som en følge av en bekymring for menneskehetens fremtid på jorden, og dens evne til å håndtere følgene av menneskelige aktiviteter. Disse konsekvensene kan eksempelvis være utslipp til jord, vann og luft (jordens evne til å håndtere avfall) og forbruk av både fornybare og ikke-fornybare ressurser (jordens evne til å forsyne jordens befolkning med nødvendige ressurser)⁷. Både bærekraftig utvikling og industriell økologi bygger på forutsetningen om at *jorden er et lukket system med begrensede ressurser og begrenset avfallskapasitet*, noe som menneskelig handling og aktivitet så langt i liten grad synes å ha tatt konsekvensen av (Ehrenfeld 1994).

Til grunn for dette konseptet ligger i) det uatskillelige forholdet mellom mennesker og natur, og ii) naturen som modell for organisering av vårt samfunn. 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 industrielle samfunn bør være organisert og fungere. De naturlige økosystemene er de mest perfekte systemene vi kjenner til; med eksempelvis intet avfall, selvregulering (tilbakekoblingsmekanismer) og lukkede materialslyofer; dvs. bærekraftige systemer. Industriell økologi fremsettes som en mulig vei for å oppnå målsetningen om bærekraftig utvikling.

Utfordringen er dermed å utvikle metoder, modeller og verktøy basert på økologiske prinsipper og i samsvar med naturens tålegrense. Det sentrale er derfor *implementering av ønsket endring*, der industri, akademia, forvaltning, media og marked er aktører. Problemet er å besvare hva som er en ønsket endring ettersom det er flere aktører med ulike behov/interesser som ikke nødvendigvis trekker i samme retning.

I praksis har industriell økologi vokst frem de siste 10 årene med særlig industrien som pådrivere. 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..."⁸. Denne beskrivelsen er nært knyttet til industriell metabolisme

⁵ "Language is everything, everything is language" (Heidegger)

⁶ Definer/beskriv bærekraftig utvikling: både sosial, kulturell, økonomisk og miljømessig.

⁷ Selv om overgangen mellom hva som er ikke-fornybare ressurser og hva som er fornybare ressurser nødvendigvis må være flytende og diskutabel, menes her at ikke-fornybare ressurser er de ressurser som har en reproduksjonstid på mer enn 100 år. Olje er et eksempel på dette. Fornybare ressurser derimot er de som har en reproduksjonstid på mindre enn 100 år. Eksempelvis er vind en udiskutabel fornybar ressurs, mens trevirke (skog) er mer i grenseland men regnes som en fornybar ressurs.

⁸ Stikkord for tidsskriftet er i) industriell metabolisme, ii) dematerialisering og dekarbonisering, iii) livsløpsplanlegging, -design og -vurdering, iv) miljøriktig design, v) forlenget produsentansvar, vi) industrielle økoparker, vii) produktorientert miljøpolitikk og viii) øko-effektivitet.

(material- og energiflyt) og til industriens rolle for implementering. Den omtaler målsetningen med industriell økologi som "reducing the environmental burdens throughout the product life cycle". Beskrivelsen er etter vår mening kun begrenset relatert til bærekraftighet, den er *for* mikroorientert idet den tar produktene for gitt, og den legger opp til "business as usual", noe som ikke er konsistent med å betegne industriell økologi som et nytt paradigme (Ehrenfeld 1994). Nedenfor vil vi redegjøre for hva som kan være den sentrale problemstillingen innen industriell økologi.

3 Den sentrale problemstillingen innen industriell økologi

3.1 Innledning

Ettersom det ikke foreløpig eksisterer noen felles forståelse for industriell økologi, kan et fruktbart utgangspunkt for å beskrive det nye som industriell økologi bringer inn være å enes om hva som er den sentrale problemstillingen i industriell økologi. I en av de mest refererte publikasjonene innen industriell økologi, nevnes noen særlige kjennetegn ved dette konseptet (Graedel and Allenby, 1995)⁹:

1. Systemtilnærmingen (et virkemiddel og en premiss)
2. Livssyklusperspektivet (en konsekvens av systemtenking)
3. Tverrfagligheten (et virkemiddel for forståelse og syntese)
4. Optimalisering mht. kapital, ressurser og energi (optimalisering av større systemer)
5. Interaksjonen mellom menneske og natur (balansere langsiktig bærekraft)

Etter vår mening skjer det en sammenblanding av begreper her. De tre første elementene er i virkeligheten virkemidler eller verktøy for å kunne oppnå det en ønsker med industriell økologi, og gir dermed ikke noe videre svar på hva (det nye ved) industriell økologi er. Både systemtilnærming, livsløpsperspektiv og tverrfaglighet må relateres til noe. Dette "noe" er det som utgjør det sentrale i problemstillingen. Når det gjelder systemtilnærmingen er denne imidlertid også en premiss som ligger til grunn for industriell økologi ved at en økologisk tilnærming eksplisitt *innebærer* en systemtilnærming. Det fjerde momentet er unyansert ettersom man ikke kan optimalisere flere ting samtidig, og ettersom det ikke kommer klart fram hva man skal optimalisere i forhold til (kapital, ressurser og energi er vage begreper). Forøvrig er nettopp optimalisering det man har forsøkt å oppnå i alle år og innebærer derfor ikke noe nytt. Det nye kan imidlertid sies å være at man nå forsøker å optimalisere større systemer, i motsetning til tidligere som dermed innebar en suboptimalisering.

Det femte punktet ovenfor er imidlertid sentralt. Interesseforholdet mellom menneske og natur, mellom industriell og naturlig metabolisme (stoffomsetning), har vært diskutert i flere tiår, blant annet gjennom "The tragedy of the commons" (Hardin 1968) Gaia-teorien (Lovelock 1979) og "The Limits to Growth" (Meadows et al. 1972). Disse beskriver den inkonsistens som eksisterer mellom menneskelige aktiviteter og naturens tålegrenser. Industriell økologi bygger på disse tankene. Ehrenfeld (1994) beskriver problemet som industriell økologi bringer frem som "the scale and the pace of development are inconsistent with the carrying capacity of the earth.", og at vi derfor "have to rethink and reconstruct the fundamental relationship between man and nature". Dette er begge påstander som krever oppmerksomhet på makronivå.

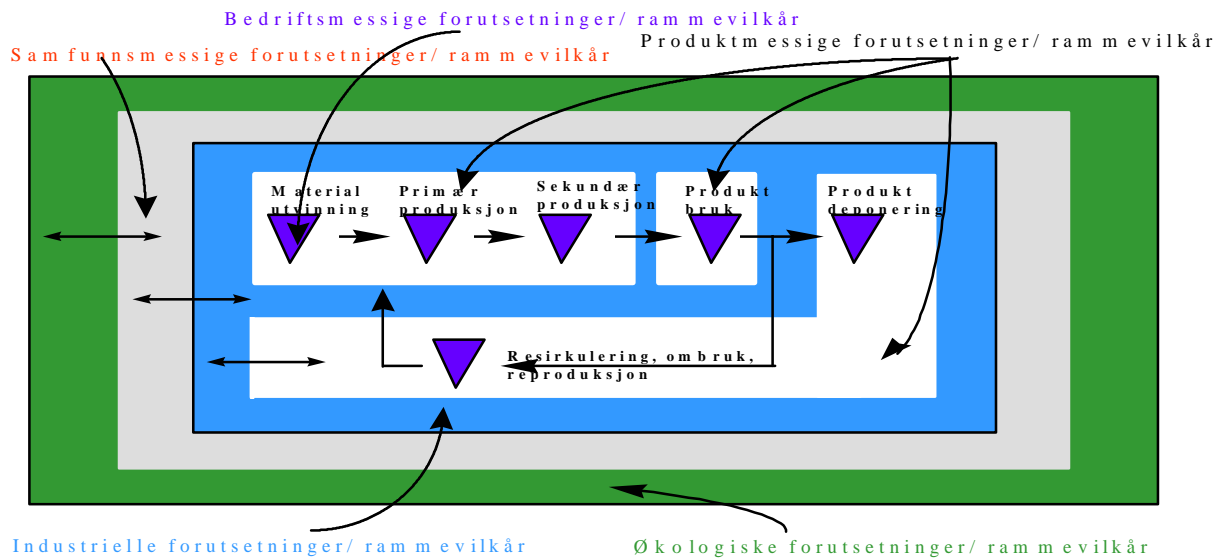
⁹ De definerer industriell økologi som "*Industrial ecology is the means by which humanity can deliberately and rationally approach and maintain a desirable carrying capacity, given continued economic, cultural and technological evolution. The concept requires that an industrial system be viewed not in isolation from its surrounding systems, but in concert with them. It is a systems view in which one seeks to optimize the total materials cycle from virgin material, to finished material, to component, to product, to obsolete product, and to ultimate disposal. Factors to be optimized include resources, energy, and capital.*"

3.2 Det industrielle økologiske system

Implementering av ønsket endring relatert til bærekraftighet gjør at begrepene mikro- og makronivå står sentralt innen industriell økologi. Som Sagar og Frosch (1997) sier det, "...it is necessary to analyse the system at larger scale to grasp the context, and at a smaller scale to understand the underlying mechanisms". Mikronivå er det nivået der mekanismer og detaljer studeres og enkeltaktører opererer og er delelementer i et større, definert system. Mikronivå kjennetegnes ved en bottom-up tilnærming. Et eksempel på dette er mikroøkonomi som "...er den delen av samfunnsøkonomien som behandler problemene til det enkelte individ eller innenfor det enkelte foretak..." (Gyldendal 1994).

På makronivå betrakter man helheten og de lange linjene i et definert system og samspillet mellom aktører i dette systemet, samt de totale effektene og konsekvensene av dette samspillet. Makronivå kjennetegnes ved en top-down tilnærming. Et eksempel på dette er makroøkonomien, samfunnsøkonomien, som "...behandler de totale størrelsene i samfunnsøkonomien,...og prøver å gi et samlet overblikk over samfunnsøkonomien i motsetning til mikroøkonomisk teori." (Gyldendal 1994).

Hva er det som kjennetegner mikronivå og makronivå og interaksjonen mellom disse i den sammenhengen industriell økologi opptrer i?. Dette avhenger av systemet som defineres. Det samme systemet må defineres av alle aktørene for å kunne enes om en felles problemstilling. Målet med systemavgrensningen må være å definere systemet på en slik måte at man ivaretar de økologiske interessene som industriell økologi bygger på¹⁰. Dette er vist i Figur 1 nedenfor.



Figur 1: Det industrielle økologiske systemet

Figuren viser hva som teoretisk sett er systemet og systemgrensene for industriell økologi. Det er de økologiske forutsetningene og rammevilkårene (jordens ressurser) som er bestemmende og avgjørende

¹⁰ Noe av kritikken mot industriell økologi (og bærekraftig utvikling) er at det er så omfattende at det strengt tatt kan inneholde alt. Det er imidlertid bare å erkjenne at problemstillingen som industriell økologi reiser er komplisert og vanskelig. Dersom den ikke hadde vært det, ville vi ikke hatt de miljøutfordringene vi har i dag og da hadde det heller ikke vært behov for et paradigmeskifte som Ehrenfeld (1994) argumenterer for. Det er imidlertid alltid en avveining mellom på den ene siden å forenkle et system slik at det kan være operativt og håndterbart og på den andre siden gjengi og ivareta et så realistisk bilde av virkeligheten som mulig. Industriell økologi, søker, som vi skal se senere, å være operativt, praktisk orientert og fokusere på implementering der industrien er en meget sentral aktør. Det understrekes, blant annet av Brundtland kommisjonen, at elementer som forbedret egenkapital, redusert fattigdom, demokratisk utvikling og menneskerettigheter er viktige i utviklingen mot et bærekraftig samfunn. Selv om det er en opplagt forbindelse mellom disse elementene og industriell økologi, ansees ikke dette å være innenfor kjerneområdet til industriell økologi. Slik sett vil vi alltid operere med sub-optimaliseringer.

for all menneskelig aktivitet på jorden. Det økonomiske system på makronivå, som er et subsystem til det økologiske system, er her innbakt i *samfunnsmessige forutsetninger og rammevilkår*, sammen med blant annet politikk og sosiale institusjoner. Disse er igjen bestemmende og avgjørende for de *industrielle forutsetninger og rammevilkår*. Eksempelvis er lover, regler, skatter og avgifter avgjørende for all industriell aktivitet.

Videre er samfunnets og industriens etterspørsel etter enkeltprodukter avgjørende og bestemmende for produksjon av disse *produktene*. Innerst i figuren har vi *den enkelte bedrift* som faktisk produserer disse produktene. Selv om det ikke er helt riktig og enkelt å foreta en rigid definisjon av hva som er makronivå og hva som er mikronivå i figuren over, kan vi grovt sett si at de to ytterste rektanglene, økologiske og samfunnsmessige forutsetninger og rammevilkår, tilhører makronivå, mens de tre innerste tilhører mikronivå.

Det mangler imidlertid minst ett viktig element i denne beskrivelsen, nemlig interaksjonen mellom nivåene og dynamikken i dette. Dette er av blant annet Capra (1997) og Kuishi (1997) sett på som helt sentralt i ethvert levende system. Interaksjonen mellom nivåene og aktørene, vist ved piler på figuren, gjør at det ikke bare er de samfunnsmessige og industrielle forutsetninger og rammevilkår som er bestemmende for eksistensen av enkeltprodukter. Påvirkning skjer også innenfra ved at bedrifter gjennom eksempelvis reklame *skaper* et behov i samfunnet. Som nevnt over er imidlertid de økologiske rammevilkår absolutte (jorden er et lukket system), og stabiliteten i systemet trues dersom de innenforliggende nivåene vokser seg så store at de sprenger på innenfra.

3.3 Eco-efficiency og Eco-effectiveness

Denne diskusjonen viser at industriell økologi inntar både et makro- og mikroperspektiv. Industriell økologi har makroperspektiv fordi det omhandler bærekraftighet. Det inntar et mikroperspektiv fordi det som skjer på bedrifts-, produkt- og industrinivået er bestemmende for samfunnet og økologien gjennom interaksjon. Utdraget blir dermed å finne ut hvordan de ulike nivåene kan påvirke hverandre slik at bærekraftighet oppnås. Hvilke konsekvenser får aktiviteter på mikronivå for makronivået og visa versa? Sett fra mikronivåets side er det interessant å avdekke hvordan enkeltaktørene der, eksempelvis industrien, kan påvirke og minimere konsekvensene av egen aktivitet på makronivå. Sett fra den andre siden, hvordan kan samfunnsmessige rammer og forutsetninger utformes slik at det legges til rette for bærekraftig virksomhet.

Et konkret eksempel på ulike interesser på mikro- og makronivå er forholdet mellom økologisk bærekraftighet (makro) og bedriftsøkonomisk profitt (mikro). Industriell økologi bygger på forutsetningen om at jorden er et lukket system med i) begrensede ressurser og ii) begrenset avfallskapasitet¹¹. Når det gjelder det første punktet, regulerer markedsmekanismen (på makronivå) ressursknapphet ved å øke prisen på denne ressursen. Dette gjelder ressurser som direkte kan benyttes som råvarer, eksempelvis aluminium og olje. Det inkluderes også en fremtidig knapphet i denne prisen¹². På dette punktet fungerer markedsmekanismen godt. Når det gjelder det andre punktet, fungerer ikke markedsmekanismen like godt. Effekter av menneskelig aktivitet, eksempelvis forurensning, degradering av biologisk mangfold og utarming av ressurser som følge av forbruk av andre ressurser (skogsdød som følge av sur nedbør som følge av forbruk av kull til forbrenning), er ikke inkludert i markedsmekanismen. Disse effektene er eksternaliteter som per se betyr at de holdes utenfor regnestykket. Å inkludere dette, å internalisere eksternaliteter, handler om å oppnå riktige priser på en vare slik at de også reflekterer de skadene produktet påfører miljøet gjennom et helt livsløp.

Det er flere som går lengre og mener at det, i en bærekraftig utvikling, ikke er tilstrekkelig å oppnå riktige priser. Det er like viktig at prisene er riktige *i forhold til* jordens begrensede ressursgrunnlag, med andre ord at nivået/volumet på aktivitetene er riktige. Dette er særlig hevdet av Georgescu-Rougen

¹¹ Ressurser er altså både råvarer og resipienter.

¹² Eksempelvis er prisen på kobber økende blant annet fordi verdens kobber reserver vil ta slutt i år 2020 med dagens utvinningstempo.

(1979), Daly (1991), O'Neill (1996) og Ehrenfeld (1994,1997). Disse hevder at det økonomiske system er et subsystem til de naturlige økosystem, og at volumet (throughput) i det økonomiske systemet ikke må vokse seg så stort at det truer stabiliteten i det økologiske systemet. Dette betyr at selv om prisene er riktige, er det ikke nødvendigvis bærekraftig av den grunn. Dette baserer seg på termodynamikkens 2.lov om økende entropi i et lukket system.

Disse argumentene baserer seg på en bred systemdefinisjon av industriell økologi. Dette er viktig å poengtere ettersom O'Rourke et al. (1997) i en kritisk kommentar observerer at, "by drawing the industrial box small enough, anything it seems can be an optimized ecosystem". Dette leder oss over på den andre "hovedinteressen" som industriell økologi må håndtere, nemlig bedriftsøkonomisk profitt. Kritikken mot industriell økologi (O'Rourke 1997) hevder at industriell økologi har utviklet seg til å bli en inkrementell endringsstrategi der enkeltproduktet står i fokus, og at den ikke har utviklet seg etter intensjonene og målsetningene om bærekraftighet. Det fokuseres i for liten grad på forbedringspotensialet i større systemer på makronivå som infrastruktur (transport, energi, bygninger, resirkulering) og på forbrukssiden, begge elementer av stor betydning for den totale miljøbelastningen. Grunnen til dette kan være at forskjellige aktører legger ulike betydninger og tolkninger i begrepet "industriell økologi", at utviklingen av industriell økologi hittil har vært dominert av industrien, og at *potensialet* i industriell økologi ennå ikke er "utløst".

Industrien ser på 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 og Brattebø 1998). "Større miljøinteresse" vil i denne sammenhengen si at forbrukeren kjøper produkter som er det mest miljøvennlige alternativet sett i et livsløpsperspektiv¹³. Markedets interesser er også næringslivets interesser, og motivasjonen for industrien er å posisjonere seg i et fremtidig marked. Dette har ført til en overgang fra myndighetsdrevet til markedsdrevet miljøpolitikk. At dette skaper win-win situasjoner, der virksomheten både er fordelaktig for bedriften og miljøet, er selvsagt ingen ulempe. Dette rører som sagt tidligere ved noe av kjernen innen industriell økologi ettersom næringslivet betrakter forbedringer i miljøytelsen til ett produkt som forbedringer for miljøet. Dette er ikke nødvendigvis riktig. Eksempelvis skjer det ikke miljøforbedringer dersom forbruket av et produkt øker mer enn miljøeffektiviseringen pr. produsert enhet eller at et nytt produkt kommer i tillegg til eksisterende produkter. Det er et paradoks at selv om de siste ti år har vært preget av økt miljøfokus, økt systemtilnærming og økt interesse fra industriens side, viser de mest sentrale indikatorer på miljøtilstanden en forverring av situasjonen. Tilsammen understreker dette at det er utilstrekkelig kun å fokusere på et mikronivå. Industriell økologi er mer enn en industriell strategi for å oppnå økt konkurransekraft.

Det er her beskrevet to hovedinteresser som står sentralt i industriell økologi; økologisk bærekraft på makronivå og bedriftsøkonomisk profitt på mikronivå. *Den sentrale problemstillingen er derfor å forene disse interessene.*

Sentralt i industriell økologi står derfor begrepet økoeffektivitet. Øko-effektivitet er av World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) definert å være (BCSD 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"

WBCSD forklarer dette enkelt med " å gjøre mer med mindre". Økoeffektivitet er av Støren (1998) definert som:

$$\text{Økoeffektivitet (Eco-efficiency)} = \frac{\text{Ønskede effekter}}{(\text{kostnader} + \text{skadelige effekter})}$$

Dette kan også formuleres som: Eco-efficiency = Value added/(Environmental impacts + costs)

¹³ Dette forutsetter fri flyt av riktig informasjon.

Denne definisjonen gjelder på mikronivå. Den tar hensyn til forbedringer for hvert enkelt produkt eller for hver enkelt bedrift, men inkluderer ikke effekter som følge av volumet produktet produseres i og det relaterer heller ikke dette til den totale miljøbelastningen. Det vil si at forbedring av miljøytelsen til hvert produkt, økt økoeffektivitet (eco-efficiency), kun er suboptimalisering av systemet som helhet.

Dersom vi kan betrakte naturen som en av flere aktører i det industrielle systemet, er det for denne uinteressant hvor stor miljøbelastning hvert produkt påfører. Det er *den totale miljøbelastningen* som naturen "forholder seg til". Dette handler om økoeffektivitet på makronivå (eco-effectiveness). Den totale miljøbelastningen er avhengig av volum og miljøbelastning/volum. Sentralt er det derfor å finne ut hvordan disse to parametrene kan reduseres, og hvordan dette er kompatibelt med i) produktivitet og ii) industriens mål om maksimering av profitt?

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. Et uttrykk for vanskelighetene ved dette er vist i Hagen, Røine og Brattebø (1998), der 74 % av bedriftene svarer at de ser på sin virksomhet som bærekraftig, mens 69 % tror miljøsituasjonen på sikt vil true vårt eksistensgrunnlag. Industriell økologi er et forsøk på å være bindeleddet/limet mellom mikro- og makrointeresser. Utfordringen innen industriell økologi er å forene disse to "øko-effektivitetene".

4 Sentrale elementer i industriell økologi

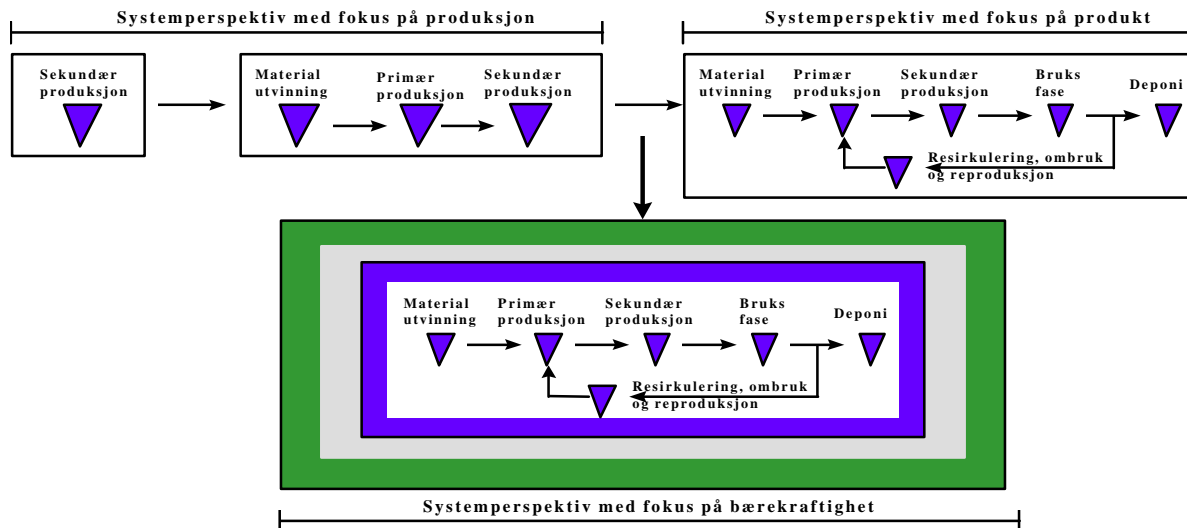
I dette kapitlet skal vi se på avgjørende faktorer eller viktige virkemidler for å møte den sentrale problemstillingen innen industriell økologi.

1. System- og livsløpstilnærming
2. Aktører
3. Tverrfaglighet
4. Økologi (som "læremester")
5. Økonomi
6. Teknologi
7. Implementering

4.1 System- og livsløpstilnærming

Systemtilnærming er et virkemiddel som kan håndtere problemstillingen industriell økologi reiser. Hva innebærer så en systemtilnærming? For det første betyr dette å analysere hele det definerte systemet under ett, inkludert resultater og konsekvenser. Et godt eksempel på systemtilnærming er å betrakte et fotballag. Det beste laget "på papiret" er ikke nødvendigvis det laget som vinner. Laget består av enkeltspillere, og all erfaring viser at resultatet som laget skaper, ikke er summen av enkeltprestasjonene som spillerne gjør. Det er også et resultat av *samhandlingen* i laget. Denne samhandlingen sees også i naturen. Det er ikke verdien på hvert enkelt individ som skaper den totale verdien i et økosystem, det er snarere den samhandlingen som foregår i naturen som skaper verdien (Kushi 1997). I et industriell økologisk perspektiv er det derfor nødvendig å forbedre samhandlingen mellom ulike aktører for å oppnå et optimalt resultat. Forutsetningen er at det er enighet om hva som er målet med samhandlingen.

For det andre betyr systemtilnærming at man tar utgangspunkt i behov og interesser hos aktørene i dette systemet. Overgangen fra end-of-pipe løsninger til preventive tilnærminger er et eksempel på dette. På denne måten unngår man å fokusere på (problem)symptomer, men isteden på problemets kjerne, årsak og dets drivkrefter. For det tredje trengs modeller og verktøy. En systemtilnærming kan dermed være en lovende modell som kan forklare, beskrive og forutse faktiske endringer og hendelser i komplekse systemer.



Figur2: Ulike fokus i systemtilnærming

Som Figur 2 imidlertid viser, er ikke systemperspektiv et entydig begrep, da dette kan inntas både med fokus på produksjon, på produkt og på bærekraftighet. En prosessingeniør kan arbeide for lukking av material- og energisløyfene i sin fabrikk (produksjon). Dette er imidlertid ikke noe nytt. En produktdesigner kan arbeide for lukking av material- og energisløyfer for produktet gjennom hele dets livsløp, fra utvinning av råvarer, til produksjon, via transport og forbruk til resirkulering, gjenbruk eller deponering. Dette innebærer noe nytenkning da en erkjenner at produktet har en miljøbelastning gjennom hele dets livsløp. Dersom systemperspektivet er rettet mot bærekraftighet, vist nederst på Figur 2 som er identisk med Figur 1, må virksomheten også relateres til produksjonsvolum, energikilder, ressursforbruk osv. Hvorvidt systemperspektivet skal være rettet mot produkter eller mot bærekraftighet, er det O'Rourke (1997) påstår er inkonsistensen mellom mål og strategier innen industriell økologi praksis i dag.

4.2 Aktører

Utfra det komplekse bildet av miljøutfordringen som her tegnes opp, er det *behov* for at flere aktører bidrar til problemstillingen industriell økologi reiser. Industriell økologi er *ikke* utelukkende for industrien og om hva industrien kan gjøre, men vel så mye om hva eksempelvis myndigheter, academia, media, politikere, forbrukere, frivillige organisasjoner og industri sammen kan gjøre for å møte miljøutfordringen. Selvsagt er industrien sentral ettersom den har stor påvirkningsmulighet både på miljøegenskapene til et produkt og på forbruksmønsteret i samfunnet. En rangering av viktigheten til disse ulike aktørene synes imidlertid ikke riktig å gjøre. Som Capra (1996) hevder, er det å forstå *samspeillet og interaksjonen* mellom disse aktørene avgjørende for å kunne lykkes med målsetningen.

4.3 Tverrfaglighet

Den akademiske verden er disiplinorientert. Fakulteter og institutter er organisert etter fagområder som matematikk, kjemi, sosiologi og økonomi, for å nevne noen få. Som vist foran er miljøutfordringen svært sammensatt og kompleks med spørsmål knyttet til økonomi, til forbrukeradferd, til implementering, til organisasjonskultur, til miljøeffekter noe som betyr at alle de nevnte fagområdene har viktige bidrag inn mot dette. Ved å innta en forebyggende og systemorientert vinkling til miljøutfordringen, må tverrfaglighet derfor være et viktig virkemiddel innen industriell økologi.¹⁴ Det er problemstillingen, å forene øko-effektivitet på mikro- og makronivå, som er det felles samlingspunktet.

¹⁴ Tverrfaglighet er per se komplisert fordi det ikke er ett etablert fagfelt og har dermed ikke en enhetlig terminologi.

Dermed blir betydningen av "egen" disiplin som sådan redusert, ved isteden å spørre hva denne disiplinen kan bidra inn mot denne problemstillingen.

En tverrfaglig tilnærming innebærer at en problemstilling løses gjennom en prosess der deltakere med ulike bakgrunn arbeider sammen og samtidig. Dette til forskjell fra at sluttresultater fra et prosjekt i ett fagområde brukes i et annet prosjekt i et annet fagområde. Tverrfaglighet kan skje innen de teknologiske disiplinene, eksempelvis mellom kjemi og maskinkonstruksjon, og mellom teknologiske og ikke-teknologiske disiplinene, eksempelvis kjemi og statsvitenskap. Innen industriell økologi er det behov for begge disse to typer av tverrfaglig samarbeid.

I problemstillingen nevnt foran i dette kapitlet er det særlig skilt mellom mikro- og makronivå. Teknologer og bedriftsøkonomer er hovedsakelig mikroorientert, mens samfunnsvitere, humanister og makroøkonomer er makroorientert. Sistnevnte diskuterer i større grad forutsetningene og grunnlaget for det som skjer, samt beslutningsprosesser, implementering og endringsprosesser på makronivå. Økt grad av endring, noe et paradigmeskifte innebærer, forutsetter større behov for å diskutere grunnleggende forutsetninger.

Industriell økologi innebærer en endring fra å se på miljøproblemene som et rent lokalt, bedriftsspesifikt, industrielt og teknologisk anliggende, forårsaket av industrien selv og der løsningene i stor grad end-of-pipe baserte. Nå betraktes miljøutfordringene i større grad som et samfunnsanliggende, der forbruksmønster og infrastruktur er sentrale miljøparametre. Dette krever tverrfaglig kompetanse. Dette støttes av Ehrenfeld (1994) som sier at like viktig som å designe nye produkter og prosesser, er det å designe bærekraftige sosiale institusjoner og rammevilkår som dermed legger til rette for bærekraftig produksjon og forbruk.

For academia er det lett å se hvordan tverrfaglige konstellasjoner kan oppstå. I industrien er det verre ettersom den arbeider ut fra en gitt oppgave, det å produsere. Hva innebærer det derfor for industrien å arbeide tverrfaglig? Hvordan kan en teknologisk basert bedrift inkludere ikke-teknologiske aspekter? Hvordan skal bedrifter gjøre nytte av samfunnsvitere, hvis styrke er å arbeide med makrospørsmål, når bedriften er mikroorientert? Hvordan kan bedrifter få økt forståelse av øko-effektivitet på makronivå, og betydningen av egen virksomhet?

Som Hagen, Røine og Brattebø (1998) har vist er norske bedrifter nå klar over at i tillegg til et teknologisk forbedringspotensiale, her relatert til maksimering av profitt og til minimering av utslipp fra produksjonsanlegg, er det et stort organisatorisk forbedringspotensiale der menneskelige ressurser og kunnskaper, og ikke teknologien i seg selv, har betydning for sluttresultatet. Denne positive trenden viser seg blant annet gjennom en flatere organisasjonsstruktur med ansvarsfordeling til den enkelte medarbeider.

Det kan hevdes at de elementene i industriell økologi er gammel kunnskap og at problemstillingene har vært drøftet av ulike fagområder i lang tid. Dette er for såvidt riktig. Det nye ved industriell økologi er imidlertid å frembringe ny kunnskap ved blant annet å syntetisere og forene eksisterende kunnskap. Å syntetisere eksisterende kunnskap kan bety å analysere hvordan samme problemstilling betraktes av ulike tradisjonelle fagdisipliner. Noe av det nye er at man bringer ulike fagdisipliner sammen for å belyse den samme problemstillingen. Oppgaven innen industriell økologi er å frembringe denne nye kunnskapen og implementere den i praksis. Målet er å forene de to hovedinteressene omtalt i begynnelsen av dette kapitlet.

4.4 Økologi (som læremester)

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.

Industriell økologi har to analogier til naturlige økosystemer: i) Interaksjonen mellom menneske og natur og ii) De naturlige økosystemer som modell for organisering av det industrielle samfunn. Stikkord for dette er feedback mekanismer, dynamikk, interaksjon og helhet (holisme). Ehrenfeld (1997a) nevner tre sentrale begreper innen industriell økologi som alle er sterkt knyttet til forholdene i naturlige økosystemer: i) sammenheng (connectedness), ii) fellesskap (community) og iii) samarbeid (cooperation). Disse begrepene er i mange tilfeller motsetninger til de forholdene vi ser i industrielle samfunn der reduksjonistisk kunnskap og administrative systemer (i motsetning til "sammenheng"), konkurranse (i motsetning til "samarbeid") og individuell selvråderett (i motsetning til "fellesskap") er dominerende. Dette understreker betydningen av både systemperspektiv og tverrfaglighet innen industriell økologi, men også behovet for endring av dagens praksis og implementering av mer økologisk baserte modeller og metoder.

4.5 Økonomi

Økonomi er den sentrale premiss i industrien. Kravet til inntjening og konkurransekraft styrer generelt sett bedriftenes valg. Det vil ikke være mulig å innarbeide 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. I flere tilfeller ser vi eksempler på dette allerede. Dessuten er det grundig dokumentert at en rekke miljømessige investeringer av typen renere produksjon også er økonomisk lønnsomme på kort sikt ('vinn-vinn' situasjonen) (Brattebø 1995, Amundsen 1992, Hagen, Røine & Brattebø 1998). Dilemmaet knyttet til 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.

Som tidligere nevnt påstår blant annet Daly (1991) at det økonomiske system er et subsystem til de naturlige økosystem, og at volumet (throughput) i det økonomiske systemet ikke må vokse seg så stort at det truer stabiliteten i det økologiske systemet. Dette representerer en kontrast til dagens globalisering av handel og kapitalflyt, noe som flere og flere stiller seg skeptiske til hvorvidt det er bærekraftig eller ikke (NRK, 1998)

4.6 Teknologi

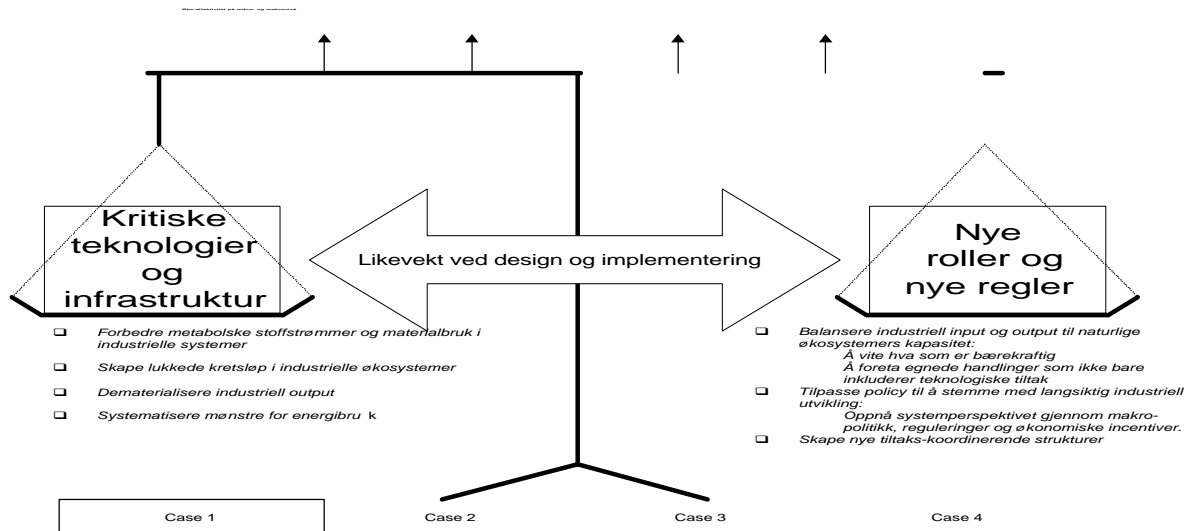
For industrien er det naturlig å hevde at teknologien er et sentralt virkemiddel for endring, og det er dette som ligger til grunn for det omfattende FoU-arbeidet knyttet til tekniske løsninger innen f.eks. produksjonsteknikk, produktutvikling, materialteknologi og datateknologi som til sammen bidrar 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 og kulturfaglig kunnskap, siden teknologien må settes i den rette sammenheng for at totalresultatet skal bidra til økt bærekraft (Jansen 1994).

4.7 Implementering

Implementering er et annet sentralt begrep innen industriell økologi. Selv om målet innebærer en radikal endring fra dagens praksis, er sannsynligheten for å lykkes størst ved å inkludere de sentrale aktørene i prosessen. Industriell økologi søker en handlingsendring og ikke bare en holdningsendring. Derfor er industrien en sentral aktør. Spørsmålet er dermed hvordan industribedrifter og andre enkeltaktører kan ha påvirkningsmulighet overfor infrastruktur og omliggende forutsetninger og rammebetingelser.

Dette beskrives i Ehrenfeld (1994) der han foretar en operasjonalisering av industriell økologi ved å klassifisere hovedelementene i industriell økologi i to hovedgrupper: i) "*Kritiske teknologier og infrastruktur*" og ii) "*Design av nye roller og nye regler*". Førstnevnte gruppe beskriver en direkte parallell mellom naturen og det industrielle systemet. Momentene her er alle med på å gjøre det industrielle systemet mest mulig lik det naturlige økosystemet. Det er idealsituasjonen som tegnes opp. Den andre gruppen er den som skiller det industrielle samfunn fra det økologiske og er derfor nødvendig

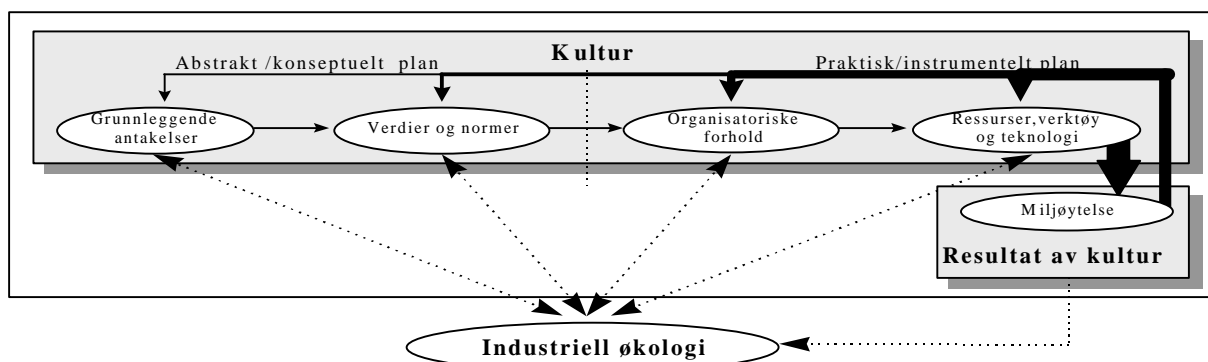
for å kunne nærme seg en slik ideell situasjon. Til forskjell fra de naturlige økosystemer som er selvregulerende og trenger dermed ikke trenger ytre styring, består det industrielle samfunn av aktører med ulike interesser og behov. Det trengs derfor design av nye roller og nye regler for aktørene, som er konsistent med økologiske prinsipper og bærekraftighet.



Figur 3: Likevekt mellom teknologisk og institusjonell forbedring

Ehrenfeld understreker at det må være en balanse mellom disse to gruppene. Denne balansen er nødvendig utfra det som tidligere er sagt om forholdet mellom mikro- og makronivå. Design av sosiale institusjoner og rammevilkår som er bærekraftige, er like viktig som design av produkter og produksjonssystemer. Dette understreker nok en gang betydningen av en tverrfaglig tilnærming til industriell økologi. Dette er vist i Figur 3 ovenfor.

En annen side ved implementering av industriell økologi er hvordan dette påvirker aktørenes organisasjonskultur. Figur 4 nedenfor viser at industriell økologi også må håndtere mer konseptuelle spørsmål og forutsetninger som ligger til grunn for mer praktisk og instrumentell aktivitet.



Figur 4: Ulike analysenivåer i en vilkårlig kultur (samfunn/bedrift/individ)

Det er helt nødvendig at industrien har innarbeidet en grunnleggende forståelse for industriell økologi i sin organisasjonskultur (abstrakte/konseptuelle plan) ettersom dette er bestemmende for hva som skjer på det praktiske plan.

5. Konklusjon

Det nye ved industriell økologi kan sies å være den utvidelsen av systemgrensene som aktørene opererer innenfor. Det foreslås utfra dette at den sentrale problemstillingen i industriell økologi er å forene de to hovedinteresser økologisk bærekraft på makronivå og bedriftsøkonomisk profitt på mikronivå.

Dette resulterer i behov for kunnskap fra flere aktører og fagretninger. Dette kan gjerne være gammel kunnskap som anvendes på nye problemstillinger eller ny kunnskap som oppstår ved sammenstilling av eksisterende kunnskap fra ulike områder. Dette knytter seg spesielt til forståelsen av hvordan interaksjonen mellom aktørene er, slik vi også forsøker å forstå det økologiske systemet. Som Kiushi (1997) hevder er det resultatet av samspillet mellom aktørene som gir systemet en verdi, ikke verdien av enkeltaktørene.

6. Referanser

- BCSD (1993): *Getting eco-efficient*, Report of Business Council for Sustainable Development (BCSD), First Antwerp Eco-efficiency Workshop
- Capra,F (1996): *The web of life*, Anchor Books, New York
- Daly,H. (1991): *Steady State Economics*, Island Press, Washington D.C
- Ehrenfeld,J (1994): "Industrial ecology: A strategic framework for Product Policy and Other Sustainable Practices", *Green Goods: The second international conference and workshop on product oriented policy*, Stockholm
- Ehrenfeld,J. (1997): "Industrial ecology: a framework for product and process design" *Journal of Cleaner Production*, Vol 5, No 1-2, pp 87-95
- Ehrenfeld,J. (1997a): "Putting the product into Production: Improving the likelihood of Achieving Sustainability". Foredrag på NFR-konferanse "Brundtland rapport - 10 år etter" 3. oktober 1997
- Erkman,S. (1997): "Industrial ecology: a historical view", *Journal of Cleaner Production*, Vol 5, No 1-2, pp 1-10
- Georgescu-Rougen,N. (1979): *Growth and Change*, **10**, pp 16-23
- Graedel,T. and Allenby,B. (1995): *Industrial Ecology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA
- Gyldendal (1994): *Leksikon*, Gyldendal Forlag, Oslo
- Hagen,Røine og Brattebø (1998): "Status for industriell økologi i norsk næringsliv", Brattebø,H. et al.: *Forprosjekt innen industriell økologi - Sluttrapport*, Trondheim
- Hardin,G. (1968): "The tragedy of the commons", *Science* 162, December, pp 1243-1248
- Jansen,L (1994): *Towards a sustainable future, en route with technology*, Dordrecht, Nederland
- Kiuchi, Tachi (1997): "What I Learnt from the Rainforest", World Future Society, Key-note address, July
- Lovelock,J. (1979): Gaia-teorien
- Meadows et al. (1972): "The Limits to Growth"
- NRK (1998): "Sånn er livet", P2, 3.september
- O'Neill,R.V. (1996): "Perspectives on Economics and Ecology", *Ecological Application*, 6(4), pp 1031-1033
- O'Rourke,D., Connelly,L. and Koshland,C.P (1996): "Industrial ecology: a critical review", *Int. J. of Environment and Pollution*, Vol 6, Nos 2/3, pp. 89-112,1996

Rorty,R (1989): "The contingency of language", in *Contingency, irony and solidarity*, Cambridge University Press

Sagar,A.D. and Frosch,R.A. (1997): "A perspective on industrial ecology and its application to a metal-industry ecosystem", *Journal of Cleaner Production*, Vol 5, No 1-2, pp 39-46

Støren,S. (1998): "Design for environment with aluminium extrusions", Proceedings of the International Conference on Aluminium, INCAL'98, 11-13 February 1998, New Dehli Vol 2.