

# Den praktiske estetikk

## Design for X

### 1. Innledning

Begrepet *design* forbindes av mange med ren formgiving. Med design i industrien tenkes det på funksjonell utforming, som for eksempel et håndtak som er både pent og samtidig godt og naturlig å holde i. Det finnes imidlertid et utvidet designbegrep som dekker andre egenskaper ved produktene enn bare formen. Design brukes i industrien om hele konstruksjonsprosessen, og dekker alle funksjonene produktet skal inneholde. Det utvidete designbegrepet henger sammen med det utvidete kundebegrepet.

Kundene til et produkt defineres tradisjonelt som de som kjøper produktet eller de som har behov for den primære funksjonen produktet tilbyr. Det er bruksfasen til produktet som vektlegges. Kundene til f.eks. et fjernsynsapparat er vanligvis privatfolk som skal ha produktet hjemme for å se på TV. De skal ikke reparere på det, demontere eller gjenvinne det. I det utvidete kundebegrepet kan man imidlertid finne en kunde i hvert av produktets livsfaser. Fasene kan f.eks. være produksjon, montasje, distribusjon, vedlikehold, rengjøring etc. I alle disse fasene, fra produktets vugge til grav, skal operatører og servicefolk forholde seg til produktet, og vil akkurat da være dets kunder. Det er da ønskelig at produktet er tilrettelagt slik at deres oppgave kan gjennomføres lettest mulig. Etter at miljøet i den senere tid har fått mer oppmerksomhet snakkes det nå ellers om *fra vugge til vugge* i og med at hele eller deler av produktet er tenkt resirkulert.

Alle produktets egenskaper, eller mangel på sådanne, er skapt under utviklingen av produktet. Fordi disse hensynene er så mangefasettet får de ofte fellesbetegnelsen "X". Utfordringen blir *Design for X (DfX)*.

Design som eget fagområde har vært i utvikling i mange tiår. Det har resultert i flere nye overordnede prosesser, delmetoder og teknikker som i ulikt omfang er fulgt opp med praktisk implementering i næringslivet. Historien bak de trendene som her omtales, DfX og Integrert produktutvikling, er imidlertid beskrevet ut fra hvordan den vareproduserende industri har utviklet seg i samme periode. Industrien har over årenes løp naturlig nok skiftet hovedfokus på hva som skal forbedres i dens daglige forretning.

Trender oppstår gjerne på et senere tidspunkt enn den vitenskapelige utvikling for samme område skulle tilsi. Man må se resultater etter de første brukerne før temaet vinner terreng og fremstår som en populær trend i et antall bedrifter. Det tar også tid å få utbredelse over landegrensene. Det er derfor vanligvis ikke samsvar mellom når begrepene er lansert første gang, og når de opplever status som trend i Norge.

### 2. Historikk

Da den vareproduserende industrien satte fokus på design av nye produkter, var det som et ledd i rekken av forskjellige tiltak for å tilfredsstille kundene og samtidig rasjonalisere produksjonen.

På tidlig åttital var automatisering av produksjonen et sentralt tema. Dette ble delvis drevet frem av konsulenter, teknologiutviklingen og leverandører av produksjonssystemer. Fokus var på forbedring av effektivitet og fleksibilitet til produksjonsutstyret gjennom automatisering og integrering. Dette løste ikke alle bedriftens problemer, og fokus skiftet. På midten av åttitallet fant den vestlige industri at den lå bak f.eks. Japan når det gjaldt kvalitet, noe som resulterte i en sterk vinkling på kvalitet. Dette fikk senere en revitalisering gjennom ISO 9000-boomen. På slutten av åttitallet var det logistikk som var nøkkelområdet. Økende kompleksitet i produksjons- planleggingen og -oppfølgingen brakte logistikken i fokus. Moderne styringsprinsipper som MRP II, JIT og OPT ble introdusert i norsk industri.

Tidlig nittital ble dominert av oppmerksomhet rundt designprosessen. Concurrent Engineering, Design-for-Nesten-alt, og kunnskapsbasert utvikling var noen av de populære begrepene. Design prosessen er sannsynligvis det mest kompliserte området innenfor CIM (Computer Integrated Manufacturing) men også det mest lovende med tanke på rasjonalisering av produksjonen (Duffy et.al.).

Hovedutfordringer innenfor design, og som har gitt begrepene *Design for X* og *Integrert produktutvikling* vind i seilene, kan formuleres som;

- ”Tid til markedet” er for lang
- produktene er ikke ”designet for ....”
- designaktivitetene er ikke godt nok ledet

#### *Tide til markedet*

MIT International Motor Vehicle Programme (ref.) var den første til å kvantifisere forskjellene på ledende bilproduserende land sine prestasjoner. Undersøkelsen sendte sjokkbølger inn i den vestlige verden (Se tabell 1).

	Japan	USA	Europa
<b>Time-to-market (år)</b>	3,9	5,0	4,8
<b>Utviklingstimer (millioner)</b>	1,7	3,1	2,9

*Tabell 1. To designprestasjons- kriterier fra bilindustrien*

Det gav også annen industri noe å tenke på, det var ikke sikkert bilbransjen var et spesielt tilfelle. Undersøkelsen viste at forskjellene i hovedsak skyldes organiseringen av designprosessen. Parallellitet er hovedkonseptet for å redusere design-ledetiden, og *Concurrent Engineering* eller *samtidig utvikling* ble det sentrale tema.

#### *”Ikke designet for ....”*

Funksjon var tradisjonelt første prioritet til designeren i mange typer industri. I det siste tiåret innså man imidlertid at inntil 70-80% av kostnadene ved et produkt blir bestemt i designfasen, selv om kostnadene til selve designaktiviteten bare står for ca. 10% av kostnaden pr. produkt. Som et resultat av dette fikk ”Design for Manufacturing” mye oppmerksomhet. Designeren fikk *regelbøker* å forholde seg til. Disse besto i grove trekk av lister over hva man skulle og ikke skulle gjøre med tanke på produksjonsvennlighet. I den senere tid har en lang liste av tema som man skulle ta hensyn til blitt lagt til DfM-konseptet, og man introduserte begrepet *DfX*, hvor X

varierer fra service og logistikk til livs-syklus-design. Konseptet med DfX tillater aspekt som normalt blir hensyntatt på et senere designstadium å bli vurdert tidligere på en samtidig, parallell måte og gjennom dette åpner for en kortere design- syklustid.

### *Designledning*

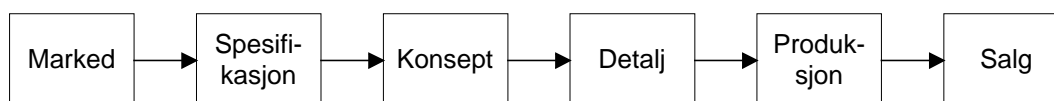
På grunn av den økende kompleksitet på produktet selv og det økende krav om at stadig flere bedriftsfunksjoner skal samarbeide om produktutviklingen, er det behov for en bedre struktur på produktet.

Disse utfordringene er i det seneste møtt med to typer tiltak; det utvikles stadig nye verktøy og teknikker som skal håndteres i den tidlige fasen av designprosessen (DfX), og man satser på parallellitet i aktivitetene, dvs. ”Concurrent Engineering” og integrert produktutvikling.

## 3. Design for X

Ofte konstruerer designerne først en løsning for et produkt som deretter blir produsert og montert. Gjennom tester og utprøvinger i markedet får designerne tilbakemelding på hvordan produktet oppfører seg i sitt planlagte miljø ved forventet bruk. Videre blir løsningene ofte oppdatert med tanke på produksjonsvennlighet. Design for ulike faktorer som f.eks. produksjon, montasje og miljø er vinklet mot å optimalisere konstruksjonen og produksjonen gjennom verdifulle tilbakemeldinger av X innenfor designvitenskapen, og skal slik innvirke allerede under designprosessen til at produktet får høyere kvalitet og funksjonalitet samt redusert tid til utvikling.

Det er mange oppfatninger av hva DfX er. Det blir betraktet som en strategi, en metode, et kunnskapssystem, en iboende egenskap hos designeren osv. Det er viktig å ikke blande DfX inn som betegnelse for den overordnede design prosessen (figur 1). Man ser tilfeller av at enkelte av X’ene beskrives så omfattende at de nesten blir komplette prosesser, men dette er vanligvis ikke å anbefale. Ønsket er å legge til rette for å kunne ta flere hensyn samtidig, og da kan ikke alle prioritene representere hver sin overordnede prosess. Dersom DfQ skal være en total prosess og de andre hensynene (X) innordnes og tilpasses i forhold til denne, er man tilbake til utgangspunktet.



*Figur 1: En generell produktutviklingsprosess*

Det riktige er derfor å se på DfX som tilleggsteknikker for de interesseområder som ønskes dekt. Den overordnede designprosessen beskrives gjerne grovt ved fasene ide, spesifikasjon, konsept, detalj og realisering (figur 1). Det er gjennom arbeidet i disse fasene, og gjerne de tidligste, man ønsker å ta hensyn til utvalgte områder.

I enkelte tilfeller har produktet få funksjoner eller en overskyggende viktig egenskap, og da kan man i større grad legge opp til at akkurat denne egenskapen skal prioriteres i utviklingen.

Her presenteres DfX som en målrettet aktivitet som har til hensikt å;

- tilpasse produktet til X-systemet ( $X_{\text{livsløp}}$  f.eks. DfM, DfA)
- optimalisere et aspekt ved et produkts liv ( $X_{\text{egenskap}}$  f.eks. DfC, DfQ)

Antallet X'er har i løpet av de siste 10-15 årene økt kraftig, og det kan nå listes opp et 20-talls ulike betydninger av X. På overordnet nivå dominerer to grupper av X'er:

$X_{\text{livsløp}}$ : X står her for en fase eller *fasesystem* i produktets liv, og

$X_{\text{egenskap}}$ : Her representerer X'en en universal egenskap eller universal kraft

$X_{\text{livsløp}}$	$X_{\text{egenskap}}$
innkjøp	Q Kvalitet (Q, q)
produksjon	T Tid (ledetid, presisjon)
montasje	C Kostnader (direkte og indirekte)
kvalitetskontroll	E Effektivitet
transport	F Fleksibilitet
reklame	R Risiko
lagring	En Miljømessige effekter
distribusjon	
salg	
bruk	
service	
utrangering	
etc.	

Tabell 2. Et utvalg betydninger av X'en i DfX

En tredje betydning ble introdusert av Hubka i 1984, hvor X representerer *produktegenskaper*. Dette kan f.eks. være design for styrke, design for fasong, design for ergonomi, men denne vinklingen har ikke fått samme gjennomslag som de andre. Det skyldes delvis at den grunnleggende designoppgaven nettopp er å lage tilfredsstillende løsninger for styrke, form, ergonomi (primærfunksjoner), mens det ofte er de andre aspektene man ønsker å ta hensyn til i tillegg.

Kapitlet går ikke inn på alle betydningene av X her, til det finnes spesiallitteratur, men alle områdene er like konkret beskrevet når det gjelder teknikker og anbefalte framgangsmåter. Design for "Manufacturing and assembly" og "Design for Environment" blir omtalt som eksempler i neste avsnitt.

Noen av X'ene motvirker hverandre, litt avhengig av hvilket produkt man utvikler. For biler er ikke "Design for Quality" alltid forenlig med "Design for Cost". Da må konsekvenser evalueres og valg treffes på vanlig måte. Thoben (1993) hevder videre at DfX ikke uten videre er nyttig eller mulig å gjennomføre for alle typer produkter. Han hevder at "On-of-a-kind" -produksjon ser ut til å trenge sine egne DfX'er.

Hein sier at DfX skal være et møtepunkt mellom produktet og X-systemet hvor effekter som kan måles med de universelle egenskapene skapes.

Som tidligere nevnt har flere studier avdekket at ca. 70% av kostnadene med et produkt fastlegges i de tidlige designfaser. Dette ser i følge Andreasen og Perks ut til å gjelde for de andre universalegenskapene også. Det anbefales at man beholder de

universelle egenskapene separat, og ikke forsøker å slå dem sammen på en kunstig måte, til f.eks. kostnader.

Mange av retningslinjene som trekkes opp innenfor de ulike fagområder er faktisk til god hjelp i utviklingen av nye produkter. Som trend er ikke DfX ferdig i Norge, og man antar at potensialet fremdeles er stort selv om norske bedrifter har gjort deler av disse tingene i sine tradisjonelle prosjekter.

Når man gjennomfører utviklingsprosjekter er arbeidsmetoder som "Concurrent Engineering" og integrert produktutvikling sentrale når man skal finne riktig fremgangsmåte for å sikre integrasjon mellom produkt og produksjon samt spare tid.

### 3.1 Design for produksjon og montasje (DfMA)

Retningslinjer innen Design for produksjon og montasje, DfMA (Manufacturing and Assembly), er primært laget for å optimalisere tilvirkningssystemet med tanke på kostnader, kvalitet og produktivitet. De forteller hvordan produktdesign innvirker på andre komponenter innenfor tilvirkningssystemet. Informasjonen er tiltenkt designerne og konstruktørene tidlig i designprosessen. DfM retningslinjene representerer systematisk og god designpraksis, og er fremkommet over år med design og produksjonserfaring. De er forsøkt presentert slik at de både stimulerer kreativitet og viser vei til god design (Syam et al.). Dersom disse reglene følges, skal de resultere i produkter som er lettere å produsere.

Betydelige fordeler gjennom bruk av DfA ble ikke realisert før systematiske analyseverktøy ble tilgjengelige sent på 70-tallet. Det eldre konseptet "Design for Manufacturing" var på dette tidspunkt ansett som det viktigste fokusområde. Boothroyd argumenterte imidlertid for at de mulige utgiftene i montasjen er mye høyere enn de i tilvirkningen. Derfor burde "design for assembly" alltid bli vurdert først!

De fleste forsøk på å utvikle systematiske prosedyrer for å analysere montasje konsentrerte seg i begynnelsen om produktutvikling for å lette automatisk montasje. Dette ble senere dreid mot å forenkle automatisk plassering av deler og automatisk mating. Boothroyd laget senere noen designregler og også de var vinklet mot å lette automatisk montasje. Han skilte på produkt og komponentdesign, mens andre forfattere har presentert retningslinjer på andre former. De mest vanlige er;

1. Design slik at det blir et minimum av deler
2. Utvikle en konstruksjon bestående av moduler
3. Minimalisere variasjonen mellom delene
4. Design delene slik at de blir multifunksjonelle
5. Design deler som kan brukes til flere ting
6. Design deler som er lette å fremstille
7. Unngå egne festeanordninger
8. Minimalisere montasje retningene; etterstreb ovenfra-og-ned montasje
9. Sørg for at produktet har en egnet basedel som montasjen kan bygges på
10. Sørg for at basedelen har egenskaper som gjør at den lett kan settes i en stabil posisjon i horisontalplanet
11. Maksimer overensstemmelse, design for lett montasje

12. Forsøk å lette montasjen gjennom bruk av faser og avtrappinger som hjelper til å styre delene til riktig posisjon
13. Forsøk å lage delene symmetriske slik at man unngår ekstra orienteringsinnretninger og tap i materkapasitet
14. Overdriv de usymmetriske egenskapene for å lette orienteringen hvis symmetri ikke kan oppnås, eller legg til asymmetri som kan brukes til orienteringen
15. Minimaliser håndteringen, design med tanke på håndtering og mating
16. Evaluer montasjemetodene
17. Eliminer eller forenkler tilpasninger
18. Unngå fleksible (myke) komponenter

Reglene viser i hvilken retning man skal gå, men erstatter ikke det talent eller den innovasjon og erfaring et utviklingsteam er i besittelse av. Videre må reglene brukes slik at det samsvarer med krav fra marketing og til produktets ytelse.

Fabricius hevdet at tradisjonell DfM vil gi et visst bidrag, men ikke svært mye. Dette er en måte for å senke produktkostnadene noen få ekstra kroner, og gjøres vanligvis mot slutten, ikke begynnelsen av prosessen. En ekte DfM starter imidlertid i konseptfasen og ender i detaljdesignfasen. Prosedyren kan benyttes på fire nivå;

- bedriftsnivå
- familienivå
- strukturnivå
- komponentnivå

Komponentnivået representerer den ”tradisjonelle optimalisering”. Med dette fokus skal man redusere maskinoperasjonene på hver komponent, nødvendige montasjer og fastspenninger for hver komponent og ledetiden for hver operasjon.

På strukturnivå vurderer designeren hvordan produktet skal bygges opp inklusive komponenter og montasje. For å få til dette elegant er det nødvendig å redusere antall komponenter, antall montasjeoperasjoner og å forenkle selve oppbyggingsstrukturen for produktet.

På familienivå er hovedpoenget å forberede for varianter av det samme produktet. Et stort spekter av produkter skal tilfredsstillende forventningene i markedet, men de skal samtidig være i ”familie” med hverandre for å forenkle forholdene i produksjonen.

Bedriftsnivået sikrer at det nye produktet blir sammenholdt med den øvrige produktporteføljen. Dette inkluderer forsøk på å oppnå stor grad av gjenbruk av komponenter også mellom forskjellige produkter. Videre forsøkes det å oppnå en stor grad av likhet i komponentfremstillingen og montasjen mellom forskjellige produkter.

Hittil er dette bare anbefalinger på et generelt nivå, og designeren trenger konkrete verktøy for å få til dette i praksis. En prosedyre på syv trinn for DfM er utviklet av Fabricius:

- Trinn 1. DFM Diagnose  
Fastlegge produksjonsvennligheten til eksisterende produkter og sammenligne med andre produkter på markedet
- Trinn 2. Lag en målsetting for din DFM aktivitet.

- Målene bør spesifiseres for alle de syv universelle egenskapene (kvalitet, tid, kostnader, effektivitet, fleksibilitet, risiko, miljø)
- Trinn 3. Identifisering hovedfunksjoner  
Identifisering av hovedfunksjoner og deres gjensidige påvirkning
- Trinn 4. Evalueringskriterier og design ideer  
Klargjøring av evalueringskriterier og design ideer for hver hovedfunksjon og de fire fokusnivåene; bedrift, familie, struktur og komponent.
- Trinn 5. Konsept design  
Generere alternative konseptuelle design gjennom å fastlegge produkt karakteristika i en top-down rekkefølge, dvs gå gjennom de fire nivåene.
- Trinn 6. Evaluering og valg  
Vurdere tilvirkningsegenskapene til de foreslåtte konsepter, og sammenligne dem med DFM-målene. Det totalt sett beste design velges.
- Trinn 7. Overgang til detaljutforming  
Kommunisere det valgte konsept til designteamet, som deretter gjennomfører detaljdesign i parallell med marketing- og produksjonsutviklingen.

Det finnes utdypende forklaringer for disse trinnene og det er laget *sjekklister* man kan gå gjennom for å sikre seg at alle hensyn er vurdert. Det er på ulike steder i verden laget metoder parallelt, og man kan i dag velge blant noen godt etablerte.

Her nevnes noen flere metoder for Design for Assembly:

- Boothroyd og Dewhurst utviklet som kjent i 1977 sin prosedyre for strukturert design analyse, som guider designteamet mot en robust og elegant produktstruktur. Metoden er senere også utviklet som programvare (DfMA)
- Lucas metoden kom sent på 80 tallet
- Sonys metode, Design for Assembly Cost-effectiveness (DAC) kom også sent på 80-tallet
- Hitachi Corp. lanserte Assemblability Evaluation Method (AEM)
- Computer Sciences Ltd i England (CSC) har utviklet TeamSET

Boothroyd bekrefter at mange flere metoder og eksempler på implementering finnes, men er ikke blitt like populære. Metodene kan klassifiseres som enten kvalitative eller kvantitative, begge typene har sine fordeler og ulemper. Det vises til egen litteratur for fordypning i disse.

Rampersad har laget et evaluerings skjema for å vurdere et produkts godhet med tanke på montasje. Han tar for seg komponent for komponent og gir straffepoeng for dårlige egenskaper. Eksempler på dårlig montasjeegenskaper kan være at komponenten er elastisk (vanskelig å mate og gripe), nesten symmetrisk (kan forveksles), kan knuses (vanskelig å gripe) osv. Ved å gjennomgå alle komponentene ser man hvor man har størst forbedringspotensiale, og kan sette inn kreftene på disse. I tillegg kan to alternative prototyper sammenlignes gjennom å se hvilken som har høyest verdi. Det er forholdsvis vanskelig å vurdere tegninger av nye produkter, og et

av ankepunktene er at evalueringen først kan skje når en komponent er nesten ferdig utviklet. Dette gjør det svært kostbart å endre design. Man ser derfor på disse skjemaene som gode verktøy til de siste justeringer på komponentene. Mange bedrifter har profittert på å benytte DfMA- regler og –teknikker i sine utviklingsprosjekt, og det er fremdeles interesse for å forbedre sine prestasjoner på dette området.

### 3.2 Design for Miljø (DfEn)

Alle produkter påvirker miljøet på en eller annen måte, og “design for miljø” eller DfEn (Environment) som fokusområde vinner stadig terreng. Engasjementet er økende også i samfunnet generelt, man ser for eksempel at lovgivning for utslipp og resirkulering stadig skjerpes. Som det går frem av benevnelsen representerer DfEn retningslinjer og teknikker som gjør at man lettere kan ta riktige valg med tanke på besparelse av miljøet. En gylden regel innenfor dette fagområdet er at det alltid lønner seg å produsere miljøvennlig. Dette vil gå frem av ethvert ordinært regnskap dersom man tar inn de faktiske kostnader et produkt påfører miljøet og samfunnet. Grunnen til at man kan finne et annet svar, er at man ikke har tatt med alle fremtidige kostnader forbundet med opprydding, eller at man har priset dem for lavt.

Design for miljø ble lansert som tema på ICED -93. Mange land håndhever regelen om at produsentene er ansvarlige. Produsentene har lagt merke til at det grønne merket er noe konsumentene i økende grad kikker etter, og ser derfor at det lønner seg å ta hensyn til miljøaspekter i produktutviklingen. Begrepet *miljøaspekter* omfatter i denne sammenheng ren produksjon, gjenbruk av produkt og komponenter og materialgjenvinning. De miljømessige aspekter i produktets totale livssyklus disponeres under produktutviklingen. På denne måten vokser eller tvinger interessen for DfEn seg frem.

*“Slik det brukes til vanlig, betyr uttrykket ”Design for the environment” å gjøre miljøhensyn til en integrert del av arbeidet ved utvikling av nye produkter, prosesser eller ny teknologi. Konseptet DfEn stammer fra industriens forsøk på å sikte designerne og ingeniørene inn på spesielle miljømål når de skulle skape et nytt produkt”. (U.S. EPA’s “Design for the Environment Fact Sheet” 1993)*

Miljø er en av de nyeste X’ene, og det preger utviklingen av konseptet og verktøyene som utgjør dette området, fordi det finnes dataprogrammer og databaser for å avhjelpe arbeidet. Flere forskere har foreslått at området skal behandles som del av det eksisterende rammeverk, og har følgelig gitt det en struktur som passer med etablerte metoder.

Ecodesign er en av framgangsmåtene man kan sortere under DfEn. Bærekraftig teknologi, industriell økologi, livssyklus design, grønn utvikling, design for miljøet, miljømessig samvittighetsfull utvikling, forurensnings hindring og miljømessig utvikling er andre tilnærminger. For alle begrepene finnes det informasjon og litteratur. Vi skal se litt på hva som ligger i begrepet *ecodesign*. Med *ecodesign* menes at miljøet er med på å peke ut retningen for beslutningene i designprosessen. Rapporten ”ECODESIGN, a promising approach to sustainable production and consumption” er utarbeidet universiteter og forskningsinstitusjoner fra Nederland og Frankrike, og det vises til denne litteraturen for mer utfyllende informasjon. Metoden



beskriver innholdet i det som defineres som bærekraftig produktutvikling. Fremgangsmåten er godt dokumentert, og består både av definerte faser og konkrete råd.

Bærekraftig utvikling defineres som ”utvikling som møter dagens behov uten å risikere muligheten for fremtidige generasjoner til å møte *sine* behov”. Det er også riktig å si at metoden streber etter å hindre utslipp heller enn å rydde etter at de har kommet. Utslipp som aldri kommer trenger ikke ryddes opp i!

Rapporten grunngir hvorfor det er viktig med ecodesign, og presenterer en fremgangsmåte for slike aktiviteter i syv trinn:

1. Organisering av Ecodesignprosjektet
2. Velge et produkt (for redesign)
3. Sette opp en ecodesignstrategi
4. Generere og velge ideer
5. Detaljere konseptet
6. Markedsføre og lansere produktet
7. Etablere oppfølgingsaktiviteter.

Det legges stor vekt på at man må velge en strategi for arbeidet tidlig. Det er definert åtte strategier som er mer eller mindre ambisiøse:

Strategi @	Utvikle et nytt konsept
Strategi 1	Velge ut materialer med lav miljøpåvirkning
Strategi 2	Redusere materialforbruket
Strategi 3	Optimalisere produksjonsteknikkene
Strategi 4	Optimalisere distribusjonssystemene
Strategi 5	Redusere miljøødeleggelse ved bruk
Strategi 6	Optimalisere produktets levetid
Strategi 7	Optimalisere ”end-of-life” -systemene

I gjennomgangen av disse strategiene finner man mye av den samme oppbyggingen som andre DfX-beskrivelser, nemlig bruken av tommelfingerregler. Dette er etterhvert en innarbeidet fremgangsmåte, noe som reflekterer at man må være generell i metodikken for å treffe flest mulig situasjoner. På det tidspunkt man gir råd finnes ikke komponenten, og man må nøye seg med tommelfingerregler. I dette materialet er det et pluss at det er detaljert og strukturert godt.

Man ser av strategiene at de svarer til fasene i livet til produktet, med unntak av den første som medfører et nytt konsept. Ambisjonene er derfor størst i starten, mens man lenger ned i strategiene havner lenger og lenger bak i livssyklusen helt til man finner strategien for å optimalisere vrakingsprosessen for produktet.

Produkter påvirker miljøet på en komplisert måte. Alle prosessene benyttet i fremstilling og bruk av produktet, har ulike utslipp eller forbruk av råvarer, og alle disse utslippene har sine effekter på miljøet. Denne komplekse påvirkningen gjennom hele produktets levetid kan utredes med en LCA analyse (Life Cycle Analysis). Dette kan i dag gjøres effektivt med databaser over utslipp og kjemiske forbindelser. Det er allikevel en formidabel jobb å kartlegge alle råvarer og komponenter fra vugge til grav.

Noe av materialet kan brukes om igjen, noe kan resirkuleres, og noe må dumpes. DfEn er derfor ofte beskrevet sammen med design for demontering. Demonteringen har to faktorer det bedømmes etter, finansielle og miljømessige aspekter (Boothroyd et al.).

#### 4. Anvendelser i Norge

Norske bedrifter har de siste tiårene gjennomført forbedringstiltak med bakgrunn i lokale behov og med innhold delvis skreddersydd til egen bedrift. I disse prosjektene anvendes ofte deler eller hele sett av teknikker som det finnes egne benevnelser på i akademiske miljø. Det finnes ingen entydig og klar grense for hva som er anvendt av designregler og ikke i Norge. Vi vil derfor her peke på trekk man har sett ved ulike bransjer de siste tiår.

Elektronikkbransjen lager mange og relativt billige produkter, for eksempel brytere og støpsler, og har i mange år hatt stor glede av "Design for manufacturing and assembly" (DfMA). For disse produktene er mange parametre standardiserte (ytre mål, tverrsnitt på ledere, krav til isolasjon og det finnes regler for sikkerhet osv). Innenfor disse rammene kan man tilstrebe en egen design, men ofte vil det for leverandører av slike produkter gjelde å finne løsninger som inneholder et minimum av komponenter og som alle enkelt kan mates og monteres automatisk i stort tempo. Da kommer stykkprisen ned, og man kan konkurrere i et åpent marked.

Møbelbransjen har i større grad bakgrunn i den tradisjonelle betydningen av ordet design med formgivning. Den finner i noen grad motsetning mellom spennende fasong og standardisering av komponenter. Her er det mer vanlig å beregne kostpris og kalkulere verdien av hver funksjon man konstruerer mot prisen (Design for Cost), samt å tilfredsstille kundene gjennom rask respons (Time, DfM).

Prosessindustrien er opptatt av tilgjengelighet på anlegg og sikkerhet for mennesker ved uforutsette hendelser. Her er begrep som RCM (Reliability Centred Maintenance) og FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) kjente uttrykk, og man vil forsøke å designe egenskaper som gjør anlegget driftssikkert, vedlikeholdsvennlig og pålitelig/sikkert. Dette kan gjøres gjennom begrep som "Design for Safety", "Design for Maintenance", "Design for Reliability" etc.

"Design for Environment" er som total fremgangsmåte foreløpig lite brukt i Norge, men elementer herfra er godt befestet hos enkelte bedrifter, for eksempel "Life Cycle Analysis", og bevissthet rundt materialvalg.

De mest kjente og brukte av alle "Design for X" -områder eller teknikker i Norge er ikke uventet blant de tidligste og de mest konkrete. Innenfor  $X_{\text{livsløp}}$  handler det om "Manufacturing", "Assembly", "Use" og "Service". Fra universalegenskapene,  $X_{\text{egenskap}}$ , er kvalitet, kostnad og tid kjente områder, mens miljø vinner innpass.

## 5. Referanser

Boothroyd G, P. Dewhurst og W. Knight (1994): *Product design for manufacture and assembly*. Marcel Dekker, New York, ISBN 0-8247-9176-2

Boothroyd, G. og L. Alting, (1992) *Design for assembly and disassembly*. Annals of the CIRP, 41, 45-48.

Fabricius F. (1994): *Design for Manufacture DFM*. Eureka Famos Project Booklet.

Fabricius, F. (1994): *A Seven Step Procedure for Design for Manufacture*. *World Class Design to Manufacture*, vol. 1, nr. 2.

Hein, L. (1993): *Fitting DFX-tools into the framework of product development*. Notes at the WDK-Workshop Copenhagen, May 1993

Andreasen, M.M., og L. Hein (1986): *Integrert produktutvikling*. Universitetsforlaget, Drammen.

Thoben, K.D. (1993): *Are there suitable DFX-strategies for One-of-a-Kind Production*. Working paper presented at the WDK-Workshop on DFX-research, Copenhagen May 3-4.

Duffey, A.H.B.; M.M. Andreasen; K.J. MacCallum og L.N. Reijers (1993): *Design Co-ordination for Concurrent Engineering*. ESPRIT Basic Research Working Group 7401: CIMDEV: *Internal Report*

Rampersad, H. K. (1993): *Integrated and Simultaneous Design for Robotic Assembly*. John Wiley & Sons, Chichester.

Syan, C.S. og U. Menon (1994): *Concurrent Engineering, Concepts, implementation and practice*. Chapman & Hall, London.