

En produkts väg från idé och råvara till produkt och tillbaka

Susanne Engström, Eva Björkholm, Kungliga Tekniska högskolan

Inledning

Del 8 handlar om design- och produktionsprocessen ur ett hållbarhetsperspektiv. Här läggs hållbarhetsperspektivet på teknikutvecklingsprocessen (produktutveckling, design etc.) samt tekniska lösningar med fokus på material, något som är centralt när det gäller ett hållbarhetsperspektiv på en produkts väg.

I tidigare delar har andra aspekter på processen behandlats. I del 8 avgränsas därigenom innehållet till hållbar design. Modulen handlar om innovation, vilket kan förklaras som en ny idé som i sin tur kan omfatta väldigt mycket; ett nytt material, en ny tjänst, en ny algoritm, ett nytt program eller en ny vara etc. (Dahlin, 2014). Det kan vara en ny process eller en ny organisation eller en förbättring av en produkt. Det sistnämnda kallas produktinnovation. Tidigare sågs innovationsprocessen som en linjär process där en lösning på ett verkligt problem togs fram och att man för detta använder kunskaper som ofta framkommit i grundforskning. Inledningsvis gjordes då en teknisk verifikation och därefter idé-genererades en prototyp fram för att sedan gå till produktion och marknadsintroduktion för den nya produkten. En sådan linjär process över utvecklingsarbetet anses vara föråldrat och numera talas det mer om interaktiva processer. I dagens mer interaktiva processer kan probleminidentifikation göras på olika ställen i processen och innovationen ses som en lärandeprocess som många inblandade personer under processen kan delta i (Dahlin, 2014; Wikberg Nilsson et al, 2017). I del 8 görs ett försök att knyta an till en mer modern, interaktiv syn på kedjan men för enkelhetens skull beskrivs processen i stort som en linjär process.

Eleverna skall genom teknikundervisning ges möjlighet att utveckla en förståelse för att teknisk verksamhet och den egna användningen av tekniska lösningar har betydelse för, och påverkar individer, samhälle och miljö. Vidare ska teknikundervisningen bidra till att eleverna utvecklar tilltro till sin förmåga att bedöma tekniska lösningar och relatera dessa till hållbar utveckling. Genom att inom teknikämnet undervisa om design- och produktutvecklingsprocesser, som interaktiva processer inom vilka man analyserar, värderar, skapar idéer, diskuterar, bygger prototyper, utvärderar etc. kan eleverna ges möjlighet att utveckla relevant förståelse och viktiga förmågor.

Texten i del 8 delas in i ett antal avsnitt som följer och behandlar delar av den övergripande processen för hållbar design: (1) identifiering av behov, analys, idégenerering, prototyp och material; (2) produktion; (3) distribution; (4) användning; (5) återvinning (Wikberg Nilsson et al., 2017; Ulrich & Eppinger 2014). Det finns olika definitioner av en hållbar process men innebörden är densamma. Processen startar med identifierandet av ett behov följt av en analys av samtliga förväntade funktioner. Det innebär att designen måste balansera dagens designkriterier, som exempelvis utseende och kostnad, med nya kriterier för hållbarhet. Ibland används även begrepp som Miljöanpassad design eller *Design for environment* (DFE)(Ulrich & Eppinger, 2014). *Hållbar* design kan sägas ha ett något bredare fokus, där hänsyn även tas till social och ekonomisk hållbarhet.

Inom teknikundervisning genomförs vanligtvis enbart steg 1 i processen. Elever får identifiera behov, genomföra en analys, generera olika idéer och välja material samt ibland bygga en prototyp. Därefter kan man låta elever diskutera efterföljande steg, kanske göra studiebesök eller studera processer på film. I del 8 beskrivs hållbarhetsaspekter i relation till de olika stegen i processen men ett något mer fokus har lagts på steg 1.

Texten går inte in på tekniska lösningar och tekniska system som sådana, utan beskriver hållbarhetsaspekterna kring dem. Texten ska ses som en beskrivning av aspekter på hållbar utveckling kopplat till produkters väg genom samhällets olika system. Andra delar i modulen beskriver tekniska lösningar mer ingående ur andra perspektiv.

Utgångspunkt för att behandla hållbarhetsperspektiv – de globala målen

I denna text definieras hållbar utveckling som en utveckling som baseras på miljömässiga och sociala betingelser som främjar mänsklig välfärd i obegränsad tid, enligt *Our Common Future* (1987). FN har genom åren antagit mål för hållbar utveckling och senast 2015 antog FN 17 globala mål för hållbar utveckling (Sustainable Development Goals) under samlingsnamnet Agenda 2030. Två av målen verkar för en hållbar produktion och konsumtion, respektive en långsiktigt hållbar ekonomisk tillväxt och anständiga arbetsvillkor. Omställning till en hållbar produktion och konsumtion av varor och tjänster är nödvändigt för att minska negativ påverkan på klimat och miljö samt människors hälsa.

Från ett livscykelperspektiv måste material i produkter vara balanserade i ett hållbart, slutet system med syfte att nå de villkor som råder för en hållbar miljö. Man kan i det sammanhanget tala om tre utmaningar: (1) Måste bli av med användandet av icke-förnybara naturresurser, (2) Bli av med problemet med kvittblivning (hur man blir av med det) av syntetiska och oorganiska material som inte förmultnar, (3) Bli av med

skapandet av giftigt avfall som inte är en del av naturliga livscyklar (Ulrich & Eppinger, 2014).

Det är anledningen till att design och produktion ska ses i ett livscykelssammanhang genom livscykelanalys och att detta också blir viktigt att undervisa om inom teknikämnet.

Livscykelanalys (LCA)

Livscykelanalys (Life Cycle Assessment, LCA) är ett sätt att identifiera befintliga eller planerade produkters miljöpåverkan när de tillverkas, används och slängs. Att tänka i livscyklar är grunden för DFE (miljöanpassad) och hållbar design. Analysen börjar då råvarorna utvinns ur naturen och slutar när varan hanteras som avfall, den följer alltså en produkt från vaggan till graven. Ett annat sätt att se på produkters livscykel är att följa hur produkten återgår till systemet igen genom återanvändning, en mer hållbar livscykelanalys ”från vaggan till vaggan”.

Det är komplext att beskriva ett produktsystems livscykel. Det går inte att ta med alla delar, men det kan ändå ge en fingervisning om hur mycket produkten påverkar miljön och vad som kan vara mest strategiskt att förändra för att minska miljöpåverkan. Viktigt är att diskutera vilka systemavgränsningar som skall göras. En begränsning med LCA är att det endast är miljöpåverkan som behandlas. Därför har det utvecklats metoder kopplade till social livscykelanalys för att analysera processer för den sociala dimensionen av hållbar utveckling.

Tanken med en LCA är att man först identifierar värdet som en produkt tillför, själva nyttan med en produkt, utan att värdera miljöpåverkan. Sedan ställer man nyttan mot den potentiella miljöpåverkan. När man analyserar miljöpåverkan genomförs följande steg (a-e): (a) Det är viktigt att beskriva syftet med en LCA. Vill man kunna jämföra alternativ; olika produkter eller processer? Vill man förstå storleken av miljökostnader som produkten kan drabbas av? eller hitta argument för sin marknadsföring av produkten? det är inledningsvis viktigt att tydligt beskriva varför en LCA görs. (b) Vilka avgränsningar ska göras inom LCA? Ska hela kedjan beaktas, från vaggan till graven, eller bara vissa delar av processen? (c) Upprätta en flödesskiss för produkten; flöden av material, av energi, information, vilka råvaror och energibärare används, transporter, vattenförbrukning? (d) typ av miljöpåverkan som ska tas med? koldioxidutsläpp? övergödning, biologisk mångfald, kemikalier? (e) Redovisningen, vad ska den omfatta och hur ska den se ut? (Dahlin, 2014).

När man arbetar med en LCA i teknikklassrummet är det möjligt att låta eleverna beskriva nyttan med en produkt som de designat och därefter låta dem genomföra en analys av miljöpåverkan enligt punkterna ovan. Eleverna kan försöka beskriva syftet

med en LCA, de kan få besluta hur mycket av kedjan som ska tas med och varför, de kan upprätta flödesskisser och ange typ av miljöpåverkan som ska tas med samt uppskatta omfattningen. Eleverna kan sedan få uppgiften att presentera och diskutera resultatet. Gällande miljöpåverkan kan det vara svårt att tänka på allt som en produkt bidrar med och en produkt kan bidra med många olika effekter under sin livscykel. En lista som kan tjäna som stöd för analys har upprättats av Ulrich & Eppinger (2014) baserat på Lewis et al (2001):

Global uppvärmning som ökar på grund av utsläpp av koldioxid, metan, klorfluorkarboner, svarta sotpartiklar och kväveoxider, från industriella processer och produkter.

Utarmning av resurser. Många råvaror som används för produktion, som järnmalm, gas, olja och kol är icke-förnybara resurser.

Fast avfall. Produkter genererar fast avfall. Något av detta återvinns men det mesta skickas till förbränning eller till deponi. I förbränningsanläggningar genereras luftföroreningar och giftig aska, i deponier skapas giftiga ämnen som exempelvis metangas och ämnen som förorenar grundvattnet släpps ut.

Vattenföroreningar. De vanligaste orsakerna är utsläpp från industriprocesser som kan innehålla tungmetaller, gödning, lösningsmedel, oljor, syntetiska ämnen, syror och fasta ämnen. Vattenföroreningar kan påverka grundvatten, dricksvatten och känsliga ekosystem.

Luftföroreningar. Luftföroreningar orsakas av utsläpp från fabriker, kraftverk, förbränningsanläggningar, bostäder, kommersiella byggnader och fordon. Vanliga föroreningar innehåller kvävedioxid, svaveldioxid, ozon, flyktiga organiska ämnen.

Markförstöring. Det handlar om de negativa effekter som utvinning och produktion av råvara, som gruvdrift, jordbruk och skogsbruk har på miljön. Detta kan innebära minskad bördighet, jorderosion, ökad salthalt i mark och vatten samt avskogning.

Biologisk mångfald. Biologisk mångfald handlar om mängden växt- och djurarter som påverkas av markröjning för stadsutveckling, gruvdrift, transporter, och industriell verksamhet.

Nedbrytning av ozonskiktet. Ozonskiktet skyddar jorden från skadliga effekter av solens strålning. Skyddet bryts ned av reaktioner med salpetersyra (från förbränning av fossila bränslen) och halogenföreningar.

En överblick över hållbarhetsaspekter

I del 8 behandlas hela kedjan från behov till återvinning. Kedjan har delats upp i 5 steg. Respektive steg omfattar i sin tur en process. Under följande avsnitt kommer de olika stegen att beskrivas närmare.

Steg 1: behovsanalys, identifiering av behov, analys, idégenerering, prototyp och material

Steg 2: produktion

Steg 3: distribution

Steg 4: användning

Steg 5: återvinning

Arbetet med hållbarhetsanalyser av en produkts hela kedja, underlättas av att förstå en produkts hela livscykel. Man ska kunna kritiskt analysera alla de steg som lösningen ska passera. Det finns tre viktiga val som man alltid måste göra som designer/produktutvecklare genom hela processen: val av komponenters utformning, val av tillverkningsprocess, val av tillverkningsmaterial (Dahlin, 2014). Här nedan beskrivs under respektive avsnitt, hållbarhetsaspekter inom de olika stegen.

Steg 1 – behovsanalys, identifiering av behov, analys, idégenerering, prototyp och material

Designfasen omfattar den interaktiva processen: planera, utforska, skapa och prototypa (Wikberg Nilsson & Ericson & Törlind, 2017). I en sådan process är det viktigt att användarperspektivet är inkluderat. Det betyder att processen ska fastställa användares intentioner och behov för att sedan utvärdera alternativ och koncept, och hela tiden sätta användaren i centrum. Genom att arbeta användarcentrerat och utforskande i sin designprocess finns också möjligheten att utforska och utvärdera hållbarhetsaspekter.

Exempelvis; identifiering av användarbehov, regler och lagar, naturresurser och material i nuvarande lösningar, sociala aspekter inom målgruppen, mångfald och jämställdhet. När sedan idéer och innovativa lösningar designas ska de vara användbara och tillfredsställande för användaren. Idéerna ska vara accepterade, ha minimal påverkan på människor och miljö.

Att låta eleverna i teknikklassrummet arbeta med en användarorienterad designprocess och ta ställning till aspekter enligt ovan, ökar möjligheten att processen uppfattas relevant och verklighetsförankrad. Det kan även öka känslan av relevans i att betrakta hållbarhetsaspekter. När elever arbetar användarorienterat i sin designprocess kan det

innebära att de får ett verkligt uppdrag, att de intervjuar människor ur målgruppen om behov och kontext, att de diskuterar sina lösningar med målgruppen och inhämtar synpunkter, att de redovisar sina lösningar för användare och utvärderar synpunkter. I allt detta kan eleverna identifiera sociala och miljömässiga frågor som de kan analysera.

Designfasen kan sägas vara det första steget i en produkts livscykel. Här finns de största möjligheterna att ta beslut som är avgörande för en produkts miljöprofil. En designer eller ingenjör som arbetar med att utveckla en produkt ställs inför några centrala val som är extra viktiga ur ett hållbarhetsperspektiv. Sådana val kan bland annat handla om materialval och materialmängd.

Materialvalet är avgörande för en hållbar design. Vissa material är skadliga för människors hälsa och för naturen, det kan t.ex. handla om cancerframkallande ämnen eller särskilt farliga metaller som kvicksilver, kadmium och bly. Sådana material kan ofta ersättas av andra mindre skadliga material, t.ex. har litiumbatterier ersatt bly- och kadmiumbatterier.

En produkts materialaspekter kan vid en första anblick verka självklara och uppenbara, men är faktiskt till stor del osynliga ur en designers perspektiv. De flesta material som används vid framställningen av en produkt finns inte i själva produkten, eftersom den största delen av de material som används i tillverkningsprocessen går direkt iväg som avfall. Dessutom är de flesta produkter spridda ute i samhället som privata ägodelar och därför är det svårt att veta hur mycket material som är lagrat i undanstoppade föremål som exempelvis gamla mobiltelefoner och datorer. För det tredje är i många fall det verkliga innehållet i och ursprunget till ett givet material okända för tillverkaren. Slutligen släpps materialen som finns i produkterna ut på för det mesta osynliga vägar som avdunstning, slitage, urlakning och förbränning.

En del material finns i begränsad mängd och användningen av dessa tär på naturens resurser. Det kan gälla både tillgången på själva materialet, som exempelvis vissa metaller som används i elektronikprodukter. Ju fler kretskort produkterna innehåller, desto mer värdefulla metaller innehåller de vanligtvis. Metallerna finns i små koncentrationer i berggrunden, vilket gör att stora mängder malm behöver brytas för att utvinna dem. Men det kan även gälla tillgången på resurser som fossilt bränsle och vatten. Det är därför viktigt att använda förnyelsebara resurser från system som kan återställas. Användning av spillmaterial, biprodukter eller återvunna material som exempelvis trä från gamla byggnader är också ett sätt att minska miljöpåverkan.

Mängden material i en produkt har inverkan på miljön. Går det att minska mängden material för att uppnå samma funktion, genom att t.ex. göra lätta produkter, små produkter eller utesluta onödiga delar? Att minska antalet olika material i en produkt kan också vara en strategi för hållbar design. Exempelvis är material som inte går eller

är svåra att ta isär också svåra att återvinna eller återanvända. Många olika material och delar innebär oftast mer energianvändning i tillverkningen.

Frågor som kan ställas i designfasen:

- Förtjänar den här produkten att utvecklas?
- Kommer den hålla tillräckligt länge?
- Är den tillräckligt multifunktionell?
- Kommer den att åldras med skönhet?
- Är produkten fri från onödiga tillsatser?
- Går den att reparera?
- Har vi en fungerande ”end of life”-lösning?

Frågeställningar om materialval:

- Vad är materialet gjort av?
- Var och hur har det producerats?
- Var kommer det att användas?
- Var hamnar det efter användning?
- Hur länge är det tänkt att användas?
- Hur länge har det faktiskt använts?

När man arbetar i steg 1, designfasen kan man använda strategier och metoder för att garantera hållbarhet i slutprodukten. Det viktigaste är att ha hållbarhet i tanke och handling genom hela steg 1 – processen. Principerna som gäller; minimera avfall, minimera antalet delar och användning av rätt material – får vara vägledande. Sedan är det viktigt att diskutera hållbarhetsfrågor under designprocessen; ekologiska-, ekonomiska och sociala hållbarhetsfrågor (Wiberg Nilsson et al, 2017). Exempel på frågor är: Vilka material används i produkten idag? hur påverkar de miljön? Hur kan användningen av fossila bränslen minimeras? i produktionen? när produkten används? hur kan återvinning underlättas? bidrar produkten till lönsamhet i ett långsiktigt perspektiv? För vem? Påverkas sysselsättning – lokalt, globalt, negativt? Vilka sociala förhållanden påverkas – lokalt, globalt? Jämställdhets- och jämlikhetsaspekter?

I tekniklassrummet när elever arbetar med en användarorienterad designprocess med syfte att utveckla förmågor inom teknikutveckling och med ett genomgripande hållbarhetsperspektiv, bör de få möjligheten att ha hållbarhet i tanke genom hela processen.

Steg 2 – produktion

Steg 2 omfattar produktionsprocessen som också kan kallas tillverkningsprocessen. Viktigt redan i steg 1 är att tänka på tillverkningsprocessen. Att designa produkter som kan tillverkas genom att minimera antalet tillverkningssteg, att processer och material används som har minimal påverkan på naturresurser, men även att god ergonomi och arbetsmiljö säkerställs (Wikberg Nilsson et al., 2017).

Om man vill genomföra en LCA är det inte självklart var man väljer att börja livscykelanalysen

- ska utvinningen av råmaterialet och transporter av detta inkluderas? Eller startar analysen med bearbetning och sammansättning av förädlade material?

Utvinning av råmaterial sker exempelvis i form av malmbrytning, uttag av fossila bränslen eller trä/cellulosa från skogen. Metallutvinning är ett exempel där stora mängder malm behöver brytas och bearbetas för att få fram ett kilo ren metall. Utvinningen av själva råmaterialet kräver stora mängder energi och genererar utsläpp som belastar miljön. Förbrukningen av vatten vid utvinningen av råmaterialet är en annan faktor som är avgörande för dess miljöpåverkan. Ett exempel är bomullsplantan som kräver varmt klimat och därmed mycket vatten, både beredningen av plantan och tillverkningen av tyg kräver mycket vatten, dessutom används bekämpningsmedel som är skadliga för bomullsodlarna och miljön. Mängden vatten som används för att producera exempelvis livsmedel och kläder är något som vi oftast inte reflekterar över, samtidigt som bristen på rent vatten är ett av världens allvarligaste miljöproblem. Skillnaderna i vattenåtgång mellan olika livsmedels produktionsprocesser är betydande. Till exempel går det åt samma vattenmängd, ca 7000 liter, för att producera 22,5 kg bönor som att producera 450 g nötkött.

Även i de följande stegen av produktionsprocessen bör analysen av miljöpåverkan omfatta vatten- och energiförbrukning, former av energi, miljöskadliga utsläpp, transporter etc.

Bearbetning av råmaterial innebär att det behandlas och omformas till mer användbara material, som exempelvis metallegeringar, polymerer eller spånskivor. Alla delar i tillverkningsprocessen omsätter energi. Det omsätts energi för att tillverka materialet. Exempelvis för att förädla malm till metall och metall till konstruktionsmaterial. Det omsätts energi för att bearbeta materialet vid tillverkningen med mer eller mindre materialsvinn. I detta skede måste hänsyn tas till de givna specifikationer som råder för produkten; krav på mått, vikt, hållfasthet, korrosionsbeständighet, styvhet, temperaturlöslighet etc. De givna förutsättningarna kan möjligen omförhandlas varpå krav för produktionsuppdraget omformuleras. Det är även väsentligt att fundera över vilken tillgång som finns till tillverkningsmaterial. En analys kan göras av marknaden;

kommer det att finnas en långsiktig tillgång på material? Är det en fungerande marknad som styrs av tillgång och efterfrågan?

Det är även viktigt att analysera utsläppen till atmosfären, vatten och mark när bearbetningen av tillverkningsmaterialet sker; utsläpp av koldioxid, utsläpp av gifter och andra miljöpåverkande ämnen - vanligt vid gruvbrytning, råmaterialhantering och inom förädlingsprocesser. Dessutom måste hänsyn tas till sociala aspekter; arbets- och livsvillkor för de som arbetar i olika delar av bearbetningsprocessen, exempelvis i gruvbrytningen (Dahlin, 2014).

I teknikklassrummet kan eleverna få analysera ett exempel på en process i vilken materialet tas fram; från bomullsplanta till jeansstyck, från gruvan till metallegeringen som används för att tillverka komponenter i mobiltelefonen (exempel coltan), från träd till papper, från olja till plast. Det kan vara svårt att få fram alla uppgifter om utsläppsmängder, energianvändning, vattenförbrukning, arbetsmiljöaspekter etc. men det viktiga är att låta eleverna få insikt i processens olika steg. Var och hur bearbetningen utförs, vilka ämnen som släpps ut och att de får se exempel på olika arbetsförhållanden. I arbetet med ett sådant tema kan man tänka sig att samverkan sker med företag, att studiebesök, intervjuer och genomgång av hållbarhetsredovisningar görs. Tanken med att låta elever analysera materialframtagningsprocesser är att de ges möjlighet att erhålla en förståelse för att den produkt som de själva har designat kommer att produceras av material som framställs på olika sätt och en värdering av miljöpåverkan krävs.

När materialet är framtaget och bearbetat är det dags för *komponenttillverkning*, vilket innebär att materialen omformas till komponenter i produktsystem, som t.ex. dörrar eller mikrochip. Samma hållbarhetsaspekter som ovan är aktuella här; energianvändning, vattenförbrukning, utsläpp, arbetsförhållanden etc. men nu fokuseras på tillverkningen av komponenter som ska sammanfogas i själva produkten. För att synliggöra mängden av komponenter i en och samma produkt kan man inom teknikundervisningen utgå ifrån en produkt. Som beskrivits i en tidigare del, hur viktigt det är att låta elever studera, identifiera och analysera tekniska lösningar och objekt, kan man även låta elever studera en produkts ingående komponenter för att förstå vilka och att många olika material ingår i en färdig produkt. Om man väljer att analysera en redan befintlig produkt; ett par jeans, en mobiltelefon, en sko etc. och låter eleverna analysera de olika komponenterna; olika material, tillverkning, uppskattade utsläpp och energianvändning, geografisk plats för tillverkning etc., kan eleverna utveckla insikter i produkters komplexitet och miljöpåverkan. Dessa insikter kan sedan föras tillbaka på den prototyp som de själva designat.

I nästa steg, *ihopsättning och förpackning*, sätts komponenterna ihop med hjälp av maskiner eller handkraft till färdiga produkter som ofta även förpackas. Samma aspekter som ovan kan analyseras även inom detta steg.

Sammanfattningsvis kan följande frågeställningar om utvinning av material och produktion vara relevanta, både för en professionell designer och produktutvecklare och för en elev i teknikklassrummet: Används vatten? Hur mycket? Används kemikalier? Hur mycket? Vilka former av energi används? Hur mycket? Används transporter? Vilka typer? Hur långt? Görs koldioxidutsläpp? Hur mycket? Görs miljöskadliga utsläpp till mark/luft/vatten? Hur mycket? Påverkas den biologiska mångfalden? Hur? Används djur? Hur? I vilket land utvinns materialet? Vem utvinner materialet? Hur är arbetsförhållandena?

Steg 3 – distribution

Produkten distribueras via ett komplext distributionsnätverk från fabriken till en mängd distributionsföretag, vidare till butik och köps slutligen av en användare. Även distribution av det avfall som produkten ger upphov till påverkar miljön. För en hållbar design och produktion måste grunden utgöras av förpackningar och transporter som minimerar påverkan på naturresurser.

I distributionsledet kan särskilda strategier tillämpas som gynnar en hållbar design. Genom att minska *produkt- och förpackningsvikten* förbrukas mindre energi och miljöpåverkan minskar. Användningen av lätta, luftfyllda förpackningskuddar är ett sådant exempel. En minskning av *produkters och förpackningars volym* gör att transporteffektiviteten ökar. Detta kan åstadkommas genom att exempelvis designa produkter så att de kan plockas isär under transporten. Men även förpackningar formade som rätblock eller kuber kan packas effektivare än en cylinderform.

Olika alternativa *transportsystem* påverkar miljön i olika stor utsträckning, t.ex. är fartygstransporter ofta mindre miljöskadliga än att landbaserade transporter. Att använda sig av *lokala material och lokal tillverkning* är att föredra för att minska transportledet.

Exempelvis finns träbaserade material i Sverige som kan ersätta fossil plast som oftast transporterats långt. *Förpackningssystem* som kan återanvändas många gånger, som t.ex. containrar av polypropylen, är också en strategi som gynnar hållbar design.

Steg 4 – användning

Vilken miljöpåverkan har produkten under användning? Här bör hänsyn tas till energikonsumtion, förbrukningsmaterial, användarvänlighet och användarupplevelse, vilka energikällor som används, att hjälpa användaren att spara genom smarta val samt enkelhet för service och reparation.

Att designa produkter som är slitstarka och har *lång livslängd* är en strategi för hållbar design. Att produkterna kan användas av många personer efter varandra, via secondhand och byten av olika slag. Miljöpåverkan från el- och elektronikprodukter är mycket stor i jämförelse med andra produkter som vi använder. En lång livslängd för en elektronikpryl gör att vi behöver köpa färre nya produkter.

Att designa produkter som *enkelt kan repareras* är ytterligare en strategi. Det betyder t.ex. att de går att ta isär och ersätta med reservdelar, som att batterier inte byggs in i en produkt, utan skruvas fast, så att den inte måste kasseras när batteriet tar slut.

Multifunktionella produkter, dvs. produkter som har flera funktioner, kan vara ett sätt att minska miljöpåverkan. Idag utvecklas textilier som renar vatten med enbart solljus som energikälla, och kläder som blir svala i extrem hetta.

Miljömärkning är ett sätt att hjälpa konsumenter att göra medvetna val. Förslag på frågeställningar Användning av produkt: Hur lång livslängd har produkten? Används vatten? Hur mycket? Används kemikalier? Hur mycket? Vilka former av energi används? Hur mycket? Används transporter? Vilka typer? Hur långt? Görs koldioxidutsläpp? Hur mycket? Görs miljöskadliga utsläpp till mark/luft/vatten? Hur mycket? Vem använder produkten?

Steg 5 – återvinning/återbruk

Det är viktigt att produkter skapas så att delar enkelt kan tas isär och återvinnas var för sig. Då krävs att de är uppmärkta efter hur de ska återvinnas. Sådana aspekter måste tas hänsyn till redan i steg 1, under designfasen. Lösningar måste fungera på ett visst sätt som möjliggör återvinning.

Avfallstrappan, också kallat avfallshierarkin, är EU:s gemensamma prioritering som visar i vilken ordning avfallet skall tas omhand för att minimera miljöpåverkan. Den visar både hur vi kan minska uppkomsten och minimera mängden avfall som slutligen deponeras. Trappan delas in i fem nivåer: Minimera, återanvända, återvinna, utvinna energin, deponera.

Minimera: I första hand ska vi se till att skapa så lite avfall som möjligt. Det kan ske genom att varor produceras på ett resurssnålt sätt och genom att konsumera så lite varor som möjligt.

Återanvändning/återbruk innebär användning av en kasserad produkt utan föregående förädling. Att t.ex. använda kläder längre och se till att hela kläder återanvänds ger större miljövinster än att lämna dem till material- eller energiåtervinning.

Återvinning innebär användning av material, näringsämnen eller energi från avfall. Att källsortera är en av de viktigaste saker en privatperson kan göra för miljön.

Materialåtervinning gör att avfallet kan användas på nytt och bli till nya produkter, utan att använda exempelvis olja. För att återvinning ("recycle") ska vara effektivt är det viktigt att i största möjliga utsträckning använda rena eller separerbara material i produkter. Aluminium och stål kan återvinnas hur många gånger som helst utan kvalitetsförlust.

Metallförpackningar mals sönder och stålet sorters bort med hjälp av magneter. Stålet smälts ner till nytt stål och återvinns till allt från armeringsjärn och järnväg. När man smälter om stål sparas närmare 80 % av energin som behövs för att tillverka stål av järnmalm. Vid återvinning av aluminium så smälts den först, för att sedan gjutas till aluminiumtackor. Över 90 % av energin sparas. Detta har gjort stål- och aluminiumåtervinningen mycket viktig för miljön och industrin.

Glas är ett material som också kan återvinnas hur många gånger som helst utan att funktionaliteten förändras.

Plast är däremot ett mer komplext material som ofta innehåller oönskade kemikalier, vilket gör det svårare att återvinna. Idag återvinns endast 10 %. Plast är inte heller beständigt, det åldras och får då försämrade egenskaper.

Det som idag kallas "recycled" är i de flesta fall egentligen "downcycled" eftersom materialen eller produkterna är uppblandade med olika typer av material och bara kan återvinnas ett antal gånger innan de måste kasseras eller förbrännas (exempel på detta är PET-flaskor, papper och kartong).

När allt som kan återvinnas till nytt material har sorterats bort finns ändå en del kvar. Det förbränns med *energiutvinning*. Nästan hälften av hushållsavfallet i Sverige energiutvinns.

En stor del av vårt avfall är biologiskt lättnedbrytbart som till exempel trädgårdsavfall och matrester. Genom *biologisk återvinning*, huvudsakligen kompostering eller rötning, utvinns näring och energi vilket ger stora miljövinster. Rötning är den vanligaste metoden att behandla matavfall. Vid rötning bildas biogas, som främst består av metan och koldioxid.

Biogas är en förnybar energikälla. Den kan efter rening användas som fordonsbränsle, till uppvärmning och elproduktion.

Deponi (soptipp) är ett kontrollerat upplag för avfall som inte avses flyttas. Knappt en procent av hushållsavfallet i Sverige deponeras. För närvarande deponeras t.ex. aska

från förbränningsstationer och radioaktivt avfall. Hållbar deponering kräver att det sker på ett sätt så att det miljöfarliga avfallet inte läcker ut i för stora mängder till omgivande naturliga system.

Producentansvar finns idag för bland annat förpackningar, returpapper, läkemedel, batterier, elektriska och elektroniska produkter, däck och fordon. Det innebär att alla som tillverkar, importerar eller säljer dessa produkter ska ansvara och betala för återvinningen och hanteringen av förbrukad vara.

Förslag på frågeställningar Avfall – vad händer när produkten slängs?

Produkten slängs på en soptipp/Produkten eldas upp i ett kraftvärmeverk/ Produkten blir till ny råvara (återvinning)

Används vatten? Hur mycket? Används kemikalier? Hur mycket? Vilka former av energi används? Hur mycket? Används transporter? Vilka typer? Hur långt? Görs koldioxidutsläpp? Hur mycket? Görs miljöskadliga utsläpp till mark/luft/vatten? Hur mycket? Används djur?

Hur? I vilket land sker avfallshanteringen? Vem sköter avfallshanteringen? Hur är arbetsförhållandena?

Med texten i del 8 har intentionen varit att fördjupa produktutvecklingsprocessen genom att synliggöra relaterade hållbarhetsaspekter. I teknikklassrummet är arbete med processens steg 1, från problem till prototyp ett vanligt inslag. I många klassrum ges elever möjlighet att identifiera problem och behov som kan lösas med teknik och utarbeta förslag till lösningar. Genom att relatera hållbarhetsaspekter till detta möjliggörs för eleverna att också få värdera konsekvenser av olika teknikval för individ, samhälle och miljö.

Referenser

Dahlin, J-E. (2014). Hållbar utveckling – en introduction för Ingenjörer. Lund: Studentlitteratur.

Lewis H, Gertsakis J, Grant T, Morelli N, Sweatman A. (2001). Design + Environment: a Global Guide to Designing Greener Goods. Greenleaf: Sheffield

Our Common Future (1987). Hämtad i februari 2019 från: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

Ulrich, K.T & Eppinger, S.D. (2014). Produktutveckling Konstruktion och design. Lund: Studentlitteratur.

Wikberg Nilson, Å., Ericson, Å., Törlind, P. (2015). Design Process och metod. Lund: Studentlitteratur.