

# Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 14 1995

**Ståls livscyklus i forskellige  
anvendelsessituationer**

**Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen  
Nr. 14 1995**

**Ståls livscyklus i forskellige  
anvendelsessituationer**

**Vejledning i retningslinier for livscykluskonstruktion**

Michael Müller og Johan C. Gregersen  
Instituttet for Produktudvikling.  
Sektion for Materiale- og Procesteknik

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

# 1. Indholdsfortegnelse

	Side
<b>2. Forord</b>	7
<b>3. Introduktion</b>	13
3.1 Konstruktion af stålbaseerede produkter	13
3.2 Skrotbaseret stål	17
3.2.1 <i>Problemer forbundet med fremstilling af skrotbaseerede stål kvaliteter</i>	17
3.3 Introduktion til metodegrundlaget for livscyklusvurderinger	28
3.3.1 <i>Afgrænsning af livscyklus</i>	29
3.3.2 <i>Fremgangsmåde ved opgørelsen</i>	29
<b>4. Beskrivelse af problemområder</b>	35
4.1 Sammenfatning	35
<b>5. Retningslinier</b>	41
5.1 Generelle retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål	43
5.1.1 <i>Valg af stål materiale</i>	44
5.1.2 <i>Materialekombinationer</i>	44
5.1.3 <i>Overfladebehandling</i>	44
5.1.4 <i>Implicit og eksplicit valg af fremstillingsprocesser</i>	45
5.1.5 <i>Montage/demontage</i>	45
5.1.6 <i>Specifikation</i>	46
5.1.7 <i>Betjeningsvejledning</i>	46
5.1.8 <i>Skrotningsmetode</i>	47
5.2 Retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål	48
5.2.1 <i>Situations- og livsforløbsopdelt indeks til retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål</i>	49
<b>6. Referencer</b>	55
6.1 Referenceliste	55
6.2 Videncentre	60
<b>7. Appendiks</b>	61
7.1 Retningslinieindeks	62
7.2 Stålfremstilling på Det Danske Stålvalseværk	95
7.3 Bortskaffelsessystemer	103



## 2. Forord.

Nærværende håndbog summerer indhold og resultater af i alt 4 faser i projektet med titlen:

*'Ståls livscyklus i forskellige anvendelsessituationer.'*

Fasernes arbejdstitler er:

1. *Opstilling af systematisk grundlag for analysen af forskellige stålanvendelser.*
2. *Analyse af 5 konkrete anvendelseseksempler.*
3. *Identifikation af problemområder.*
4. *Opstilling af vejledning i retningslinier for livscykluskonstruktion.*

Projektets formål er at opstille generelle retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål som materiale til brug for designere og konstruktører af industrielle produkter.

Arbejdet i projektets faser og dermed resultaterne herfra har fulgt en overordnet disposition med ovenstående overskrifter, som skal ses i relation til opnåelsen af en miljø- og arbejdsmiljørigtig anvendelse af stål som konstruktionsmateriale under hensyntagen til mulighederne for genanvendelse.

Projektets faser er sammenfattet i dette udkast til en håndbog indeholdende baggrundsmateriale og en vejledning til konstruktører.

Arbejdet er udført i perioden fra 1991 til 1994.

Arbejdet er finansieret af **Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi, Miljøstyrelsen** og udført af **IPU - Sektionen for Almen Procesteknik** med **Det Danske Stålvalseværk A/S, Frederiksværk** og **Rambøll, Hannemann & Højlund, Virum**, som projektpartnere.

Det Danske Stålvalseværk A/S og Rambøll, Hannemann & Højlund har som aktive partnere begge bidraget med formidling af kontakter til genvindingsindustrien samt til virksomhederne i forbindelse med anvendelseseksemplerne, ligesom de to virksomheder har bistået konstruktivt ved diskussioner omkring indhold og målsætning for projektet.

Styringsgruppen har bestået af deltagere fra følgende virksomheder og organisationer:

- \* Arbejdstilsynet, Frederiksborg Amt.
- \* Dansk Industri.
- \* Dansk Metalarbejderforbund.

- \* dk-TEKNIK.
- \* Det Danske Stålvalseværk A/S.
- \* Stålföreningen. Foreningen af danske Stålgrossister.
- \* Rendan A/S.
- \* Miljøstyrelsen.

Projektarbejdet er blevet mødt med stor velvilje blandt de involverede virksomheder. Der rettes en stor og varm tak til samtlige deltagere og virksomheder for indsatsen.

### *Håndbogen*

Projektet henvender sig til gruppen af konstruktører, der er beskæftiget med produktudvikling og konstruktion i eller for danske virksomheder inden for jern- og metalområdet og som gennem det daglige arbejde i konstruktions- og udviklingsafdelingerne i virksomhederne benytter og disponerer materialer i forbindelse med primært stålbaserede konstruktioner.

Konstruktionsfunktionen i de enkelte produktudviklende virksomheder har uden sammenligning størst mulighed for at præge anvendelsen af stål i en retning, der i højere grad tilgodeser forhold som:

- høj materialeudnyttelse
- vedligeholdelse under drift
- genanvendelighed
  - recirkuleringsmulighed
  - skrotbarhed
  - oparbejdelighed

Konstruktionsfunktionen har ligeledes stor mulighed for at præge anvendelsen af stål i en retning, der tilgodeser arbejdsmiljøet.

Anvendelsen af stål og stållegeringer er i sammenligning med anvendelsen af andre metaller eller metallegeringer den mest udbredte i den industrialiserede verden.

Stål er et meget alsidigt og universelt anvendeligt konstruktionsmateriale, der udmærker sig ved en lang række karakteristika, som tilsammen er årsagen til den udbredte anvendelse, blandt andet:

- mekaniske egenskaber
  - styrke
  - vægt/styrkeforhold
  - elasticitet/stivhed
  - bearbejdelighed
  - formbarhed
  - støbbarhed
  - hærdbarhed
- økonomi
  - gunstig pris
- genanvendelighed
  - 'ubegrænset' recirkulerbart.

- ressourcer
  - 'rigelige' forekomster.

Der er således mange grunde til at bevare dette materiales positive egenskaber, og virksomhedernes konstruktionsfunktioner kan i høj grad medvirke hertil gennem at sikre en fortsat stigende recirkuleringsgrad af de materialer som indgår i stålbaseerede produkter

- ud fra en energimæssig betragtning
  - der kan opnås en samlet energi besparelse på 50 % ved anvendelse af stål baseret på sekundær råvare fremfor malm.
    - genbrugsstål fremstillet af sekundær råvare kræver en energimængde på **ca. 16 MJ/ton**.
    - primært stål fremstillet af malm kræver en energimængde på **ca. 33 MJ/ton**.

ovennævnte tal er baseret på UMIP programmets opgørelser [26], og omfatter det samlede energiforbrug for fremstilling af 1 ton lavtlegeret stålplade af samme kvalitet.

- ud fra en miljømæssig betragtning
  - hvis det ikke sikres, at stål også i fremtiden kan recirkuleres, vil der med et samlet årligt globalt forbrug af stål på mellem 500 og 800 mio. tons, opstå et meget stort problem med deponering af skrottede stålkonstruktioner.
  - kun gennem en systematisk reduktion af følgematerialerne i stålskrottet kan mængden af tungmetalholdigt affald fra stålproduktionen nedbringes. Dermed reduceres såvel miljø- som arbejdsmiljøbelastningen, og de teknologiske muligheder for at oparbejde stålskrot til færdigvare forbedres.
- forudsætninger
  - stålet skal kunne udvindes med et så lavt indhold af følgematerialer som muligt, set i relation til stålets egenskaber.
- begrænsninger
  - større indhold af uønskede materialer i stålskrottet reducerer det teknologiske og økonomiske anvendelsesspektrum for genbrugsstål og øger belastningen på miljø og arbejdsmiljø.
  - mange af de følgestoffer, der i dag findes i stålskrottet optræder som følge af de skrottede produkters konstruktion og materialsammensætning i kombination med den teknologi, der anvendes i genvindingsindustrien. Disse følgestoffer vil under udvindingen af stålskrot og under fremstillingen af stål optræde i form af vandige, luftformige eller faste emissioner og selv i

meget små mængder overskride grænseværdierne for øko- og human toxicitet, hvorved de udgør et væsentligt problem for såvel det ydre miljø som arbejdsmiljøet.

<i>Eksempel: Udvalgte sammenlignelige emissioner til luft ved produktion af 1 kg stål</i>				
Kategori	Stålblader			
	Genbrug	Primær	Diff.	Diff.
	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[%]
As (arsen)	0,000016	0,000045	-0,000029	-181,28%
Kuldioxid	1216,009000	2837,747873	-1621,738873	-133,37%
Kulmonoxid	2,290960	17,619223	-15,328263	-669,08%
Cd (cadmium)	0,000007	0,000008	-0,000001	-14,00%
Cr (krom)	0,000052	0,000027	0,000025	48,21%
Cu (kobber)	0,000074	0,000069	0,000005	6,93%
N2O (dinitrogenoxid)	0,084667	0,075521	0,009146	10,80%
F- (Florid)	0,000370	0,006170	-0,005800	-1568,57%
Hg (kviksølv)	0,000029	0,000010	0,000019	64,26%
HC (hydrogencarboner)	6,473565	2,345111	4,128454	63,77%
HCl (saltsyre)	0,005375	0,034900	-0,029524	-549,25%
H2S (svovlbrinte)	0,016601	0,142537	-0,125937	-758,62%
CH4 (methan)	0,021394	0,017299	0,004095	19,14%
Mn (mangan)	0,618814	0,148198	0,470616	76,05%
Ni (nikkel)	0,000340	0,001468	-0,001128	-331,79%
NOx (nitrogenoxider)	4,864580	4,953459	-0,088879	-1,83%
Pb (bly)	0,000075	0,000128	-0,000053	-71,11%
Se (selen)	0,000093	0,000015	0,000078	83,62%
SO2 (svovldioxid)	5,741250	7,570745	-1,829495	-31,87%
Uspec. metaller	0,000054	0,000133	-0,000079	-147,51%
Uspec. partikler	0,651418	1,306455	-0,655037	-100,56%
Uspec. tungmetal	0,000000	0,000000	0,000000	-40,58%
Zn (zink)	0,000588	0,000289	0,000299	50,82%
<b>Totaler</b>	<b>1236,779321</b>	<b>2871,969683</b>	<b>-1635,190362</b>	<b>-132,21%</b>
<i>Eksempel: Udvalgte faste affaldsmængder ved produktion af 1 kg stål</i>				
Kategori	Stålblader			
	Genbrug	Primær	Diff.	Diff.
	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[%]
Kvarts	1,2439	0,2682	0,9757	78,44%
Uspec. affald fra stålprod.	11,1104	290,1293	-279,0189	-2511,33%
Uspec. ovnslagge	52,0000		52,0000	
Uspec. radioaktivt affald	0,0002	0,0007	-0,0005	-252,88%
Uspec. salt	0,3022		0,3022	
Uspec. slagge og aske	23,4948	19,4191	4,0757	17,35%
Uspec. støv m. tungmetal	3,8084		3,8084	
Uspec. tungmetalslam	2,7104		2,7104	
Uspec. volumenaffald	184,5458	47,0737	137,4721	74,49%
<b>Totaler</b>	<b>279,21611</b>	<b>356,89103</b>	<b>-77,6749</b>	<b>-27,82%</b>

Tabel 1. Uvalgte affaldsmængder og emissioner ved fremstilling af 1 kg primært/genbrugsstål [26].

- stigende forurening af ståskrotet med uønskede materialer øger behovet for råjern fremstillet af malm, der benyttes som skrotfortynder. Herved reduceres den energimæssige gevinst, samtidig med en øgning af de miljømæssige belastninger.

Som en illustration af disse forhold vises i tabel 1 en oversigt over en række af de påvirkninger som miljøet påføres ved fremstilling af 1 kg færdig stålplade fra henholdsvis malm og skrot. Ikke alle felter i tabellen indeholder data, da disse oplysninger ikke altid foreligger eller er svært tilgængelige.

Det fremgår af tabellen at fremstilling af genbrugsstål overordnet set medfører en mindre samlet mængde af fast affald og luftformige emissioner. Ikke uventet er der samtidig en tendens til at tungmetalbelastningen for genbrugsstålet ligger på niveau med eller højere en de tilsvarende værdier for primært stål fremstillet af malm. Endvidere fremgår det klart at mængden af gasarter reduceres markant ved fremstilling af genbrugsstål. For yderligere uddybning af disse forhold henvises til UMIP programmets publikationer [26].

Udgangspunktet for denne håndbog er en række konstaterede problemstillinger knyttet til den hidtidige anvendelse af stål som konstruktionsmateriale.

Fælles for disse problemstillinger er, at de virker begrænsende for en miljørigtig genanvendelse af stål og danner baggrund eller argumentation for projektets resultater i form af retningslinier henvendt til konstruktionsfunktionen, der gennem sin placering tidligt i et livscyklusforløb har de bedste muligheder for at påvirke og forbedre disponeringen af stål, således at man i højere grad tilgodeser genanvendelsesmulighederne.

Det er håndbogens formål:

- at bidrage til, at anvendelsen af stål som et vigtigt genbrugsmateriale sikres og udvides blandt andet ved:
  - at søge at give konstruktører, produktudviklere og produktansvarlige af stålbaserede produkter en indsigt i en række forhold, som kan være begrænsende eller direkte ødelæggende for mulighederne for at opnå en miljørigtig genanvendelse af stålet ved oparbejdning.
  - at beskrive nogle af de anvendelser af stål i kombination med andre materialer, der skaber åbenlyse og undgåelige problemer i relation til ståls livsforløb.
  - gennem påpejning af problemer og tilhørende argumentation at udpege eller foreslå alternative måder at anvende stål i mekaniske konstruktioner.

Håndbogen søger at beskrive området gennem en introduktion bestående af afsnit omhandlende:

- **konstruktøren**, hvilke muligheder har konstruktører i produktudviklende virksomheder for at sikre, at de materialer, der benyttes i produkterne, i så høj grad som muligt recirkuleres. (3.1)
- **stål**, problemer forbundet med fremstilling af stål på basis af sekundær råvare i form af skrot fra kasserede industriprodukter og affald fra produktionen. (3.2)
- **life cycle assessment, LCA**, introduktion til fremgangsmåde, begreber og trin i opstillingen af en LCA for et produkt. (3.3)
- **problemstillinger**, et resume over generelle problemstillinger konstateret ud fra en gennemgang af livsforløbet for et antal typiske stålanvendelser. (4.)
- **retningslinier**, generelle og specifikke retningslinier for de overvejelser, man bør foretage og så vidt muligt dokumentere i forbindelse med udviklingen af nye produkter. (5.)

De generelle retningslinier kan i denne sammenhæng ses som anvisninger, henvisninger og informationer, der beskriver, hvor man skal være særligt opmærksom, mens en egentlig livscyklusvurdering stiller krav om kendskab til og anvendelse af en meget omfattende mængde grunddata, der rækker langt videre end den enkelte virksomheds rammer.

De specifikke retningslinier er ordnet i et indeks, som findes i denne rapport's sidste afsnit (7.1). Oplysningerne er indført på et antal stamdatakort. Det er ikke tanken, at disse stamdatakort skal læses i sammenhæng, og organiseringen er sket ved fortløbende nummere-ring.

I appendiks findes endvidere afsnit omhandlende:

- **stål**, beskrivelse af fremstillingsforløbet for stål på basis af sekundær råvare i form af skrot fra kasserede industriprodukter og produktionsaffald. (7.2)
- **stålskrot**, nogle metoder til forarbejdning og udvinding af sekundær råvare fra skrottede industriprodukter. (7.3)

Håndbogen kan således benyttes som kilde til generel information eller direkte til opslag i retningslinieafsnittet ved hjælp af indeks.

## 3. Introduktion.

Dette kapitel indeholder tre afsnit, der danner baggrund for de følgende afsnit i form af en beskrivelse af

- **konstruktøren**, hvilke muligheder har konstruktører i produktudviklende virksomheder for at sikre, at de materialer, der benyttes i produkterne, i så høj grad som muligt kan recirkuleres efter endt anvendelse.
- **genbrugsstål**, teknologiske og miljømæssige problemer forbundet med fremstilling af stål på basis af sekundær råvare i form af skrot fra kasserede industriprodukter og affald fra produktionen. Afsnittet afspejler en række konsekvenser ved anvendelse af sekundær råvare til stålproduktion, der stort set alle kan føres tilbage til det oprindelige materialevalg og materialesammensætningen i typiske industriprodukter.

samt en kort gennemgang af de trin, der skal gennemføres for at foretage en

- **life cycle assessment, LCA**, introduktion til fremgangsmåde, begreber og trin i opstillingen af en LCA for et produkt. I takt med indførelse af en mere miljørigtig anvendelse af stål i virksomhederne, vil der opstå et behov for at kunne gennemføre detaljerede kvantitative miljømæssige vurderinger af de konstruktionsmæssige dispositioner. Afsnittet introducerer trin for trin de begreber, overvejelser og aktiviteter der indgår i opstillingen en LCA.

Kapitlet suppleres med to afsnit i appendiks omhandlende:

- **stål**, beskrivelse af fremstilling af stål på basis af sekundær råvare i form af skrot fra kasserede industriprodukter og affald fra produktionen på Det Danske Stålvalseværk A/S i Frederiksværk.
- **stålskrot**, nogle metoder til forarbejdning og udvinding af sekundær råvare fra skrottede industriprodukter.

### 3.1 Konstruktion af stålbaserede produkter.

#### *Konstruktøren*

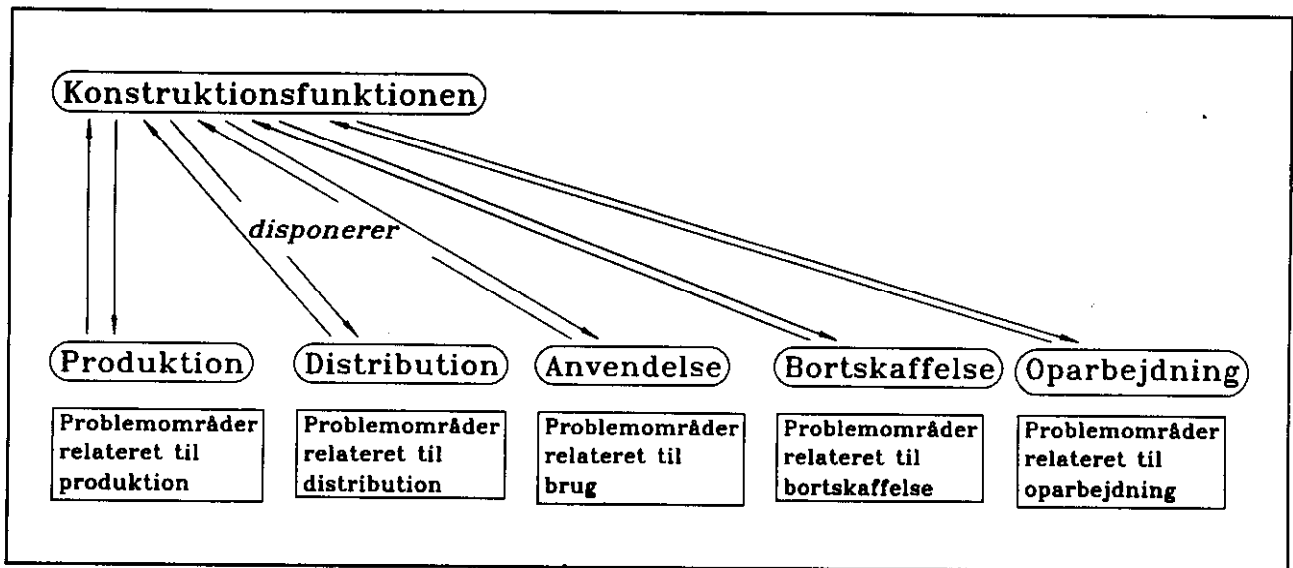
Konstruktøren skal i denne sammenhæng opfattes som den *person* eller nærmere *funktion*, der gennem udøvelsen af sit virke har mulighed for at påvirke anvendelsen af stål gennem et produkts livscyklusfaser.

Konstruktionsfunktionen opererer i princippet på mange niveauer af virksomhedens ledelse, og konstruktionsmæssige beslutninger kan træffes vedrørende alt fra det overordnede plan i form af for eksempel produkt-politiker til det mere operationelle plan, hvor detaljerede valg vedrørende et produkts udformning og fremstilling træffes.

Håndbogen henvender sig primært til det operationelle plan for konstruktionsfunktionen; men kan med fordel benyttes på ledelsesmæssigt plan til at vurdere, hvorledes miljø- og arbejdsmiljømæssige tiltag bedst muligt indpasses i virksomhedens overordnede produktprofil.

I de følgende afsnit vil der i relation til det opnåede kendskab til livscyklus for stål blive listet de rammer i form af muligheder og begrænsninger, som konstruktionsfunktionen har for at påvirke anvendelsen af stål.

Der benyttes følgende opdeling af et produkts livscyklusfaser, hvor især faserne 5 og 6 indeholder vigtig information for forståelsen af genanvendelsen af stålet efter brug og bortskaffelse gennem en synliggørelse af en række af de detailproblemer, der knytter sig til oparbejdningen af stål. Denne beskrivelse tager derfor sit udgangspunkt i ovennævnte livscyklusopdeling, idet der for hver fase vil blive foretaget en beskrivelse af de områder, hvor konstruktionsfunktionen allerede har eller har mulighed for at få indflydelse.



Figur 1. Samspillet mellem konstruktionsfunktionen og produktlivscyklus.

1. Konstruktion
2. Produktion
3. Distribution
4. Anvendelse/brug
5. Bortskaffelse
6. Oparbejdning

#### *Konstruktionsfunktionen*

Konstruktionsfunktionen udfører primært sin funktion i den første livscyklusfase, konstruktion, men funktionens dispositioner har direkte indflydelse på produktets livsforløb under de efterfølgende faser. Funktionen disponerer stålmaterialer under hensyntagen til et sæt af regler, normer og standarder. Disse regler består hovedsageligt af teknisk dokumentation vedrørende ståls egenskaber i traditionel, ikke miljømæssig, forstand suppleret

med et sæt af erfaringsmæssige retningslinier for virksomhedens produkter indarbejdet som virksomhedspraksis.

### *Design og konstruktion af stålprodukter*

Inden for rammerne af virksomhedernes produktpolitiker, de retslige krav, som produktområdet er underkastet (myndigheder, standarder osv.), samt konkurrencevilkårene opstilles specifikationerne for det nye produkt.

Med udgangspunkt i specifikationerne disponerer konstruktionsfunktionen produktet omfattende:

- produktstruktur (opbygning og organisering af funktionsenheder)
- funktionsenheder (motor, gear, styring osv.)
- materialer
- processer og overflader
- sammenføjningsmetoder
- emballage

Disse valg fastlægger helt eller delvist produktets egenskaber med hensyn til:

- produktion
- distribution
- brug
- bortskaffelse

Det er på dette tidspunkt, at konstruktionsfunktionen kan øve en indflydelse, der mere eller mindre fundamentalt kan ændre på disse.

Det er oplagt at synliggøre de konsekvenser, konstruktionsfunktionen har på produktion, distribution, brug og bortskaffelse. Denne synliggørelse gennem påpegning af problemområder i hver af disse faser vil føre til en ændring, der ikke nødvendigvis øger omkostningerne, men forhindrer miljøbelastninger i senere led.

### *Produktion af stålprodukter*

Produktets struktur, som beskrevet i produktokumentationen, er grundlaget for produktionsplanlægning og styring og fastlægger valg af processer, produktionsmetoder og disponering af materialer i form af råvarer og hel- og halvfabrikata. Produktokumentationen udgør således den samlede beskrivelse af det råderum, som produktionsfunktionen har til at frembringe det færdige produkt.

Valg af materialer og processer er direkte bestemt, d.v.s. støbejern skal støbes, rustfrit stål bearbejdes ved spåntagning, og de mulige samleprocesser er i vid udstrækning afgjort ved metodevalg. Fabrikation, bearbejdning og montage fastlægger de mængder af energi, hjælpematerialer, emissioner og affald, der medgår til at producere produktet. Da de enkelte processer har vidt forskellige materiale- og energiidnyttelse såvel som miljømæssige egenskaber, kan produktionsfunktionen kun reparere på de valg, konstruktionsfunktionen har foretaget.

### *Arbejds miljø*

Arbejds miljøet i forbindelse med produktionen af et givet produkt fast-

lægges implicit ved materiale og procesvalget, mens de arbejdsmiljø-mæssige aspekter ved produktet selv søges løst ved at udvikle produkterne i henhold til eksisterende normer, standarder og godkendelser, som de eksempelvis kendes fra arbejdsmaskiner.

Med andre ord, den enkelte konstruktør skal under udførelsen af sin funktion være meget bevidst om, at hun/han disponerer produktionsforholdene og de konsekvenser, dette har på miljø- og ressourceforhold.

### *Distribution*

Konstruktionsfunktionen har indflydelse på eventuel emballering og distribution af det færdige stålprodukt under transport af produktet til slutbruger.

Her er produktets struktur afgørende, f.eks.:

- passer produktet i modul til en europapalle?
- skal produktet kunne skilles ad for transport?
- er de enkelte enheder håndterbare, for så vidt angår vægt og dimension?

Denne liste kan suppleres med en række spørgsmål af miljømæssig art:

- emballagemængde?
- type og sammensætning af emballage?
- bortskaffelse af emballage?

### *Brug*

Produktets endelige udformning og funktion begrænser råderummet for udnyttelse heraf, idet anvendelsen eller et eventuelt misbrug af det færdige produkt hos slutbruger kan betinge omkostninger i form af forbrug af hjælpematerialer, energi og emissioner i form af afslidning, udslip og rust.

Anvendelsen af stålproduktet medfører ofte et behov for forebyggende vedligehold eller reparation, hvorved der kan udløses et supplerende eller sekundært forbrug til hjælpematerialer og/eller reservedele.

Slutbrugeren træffer som regel beslutning om produktets kassation ud fra kriterier med basis i produktets funktion, retningslinier for brug, lovmæssige forhold, sekundære forbrugsmønstrebetingede forhold m.m. Konstruktionsfunktionen disponerer med sine valg:

- driftsegenskaber (energi, hjælpematerialer, kemikalier osv.).
- reparation/vedligehold, egenskaber.
- produktets levetid.
- ergonomi, brugerens arbejdsmiljø.

Resultatet af anvendelsesfasen er et brugt produkt eventuelt med følgematerialer, der skal bortskaffes.

### *Bortskaffelse*

Stålproduktets konstruktionsmæssige udformning, tilstanden efter endt brug, den direkte skrotværdi af de materialer, der kan udvindes, og omkostningerne forbundet med deponering af fast affald er betingende for, hvorledes produktet klassificeres og bortskaffes.

Det er således primært tilgængelighed, værdi og omkostninger, der betinger, hvilken kombination af bortskaffelsesmetoder der vil blive benyttet ved for-

arbejdningen til sekundær råvare. Konstruktionsfunktionen skal derfor prøve at forudse bortskaffelses- eller skrotningssituationen typisk 5 - 10 år frem i tiden. I denne forbindelse er det væsentligt at prøve at tilgodese arbejdsmiljøet i forbindelse med produktets skrotning gennem produktets udformning og beskrivelse af fremgangsmåde ved demontage.

Stålskrottet som sekundær råvare er en international handelsvare, der er således ingen sikkerhed for, at stålskrot produceret i Danmark også oparbejdes her, ligesom en del af den skrotmængde, der oparbejdes i Danmark, faktisk stammer fra udlandet. Stålværket indkøber og registrerer den sekundære råvare i henhold til internationalt anvendte kvalitetskategorier, hvor spændvidden i kvaliteten af det genanvendelige stålskrot går fra rent jern til uspecificeret blandet skrot. Omkostningerne ved oparbejdningen vil typisk være energiforbrug, forbrug af råvarer og hjælpematerialer, emissioner, følgefurening, fast affald, rust, støv og tungmetaller.

Det er vigtigt, at konstruktionsfunktionen løbende udvider kendskabet til denne fase, hvorved sikres en bedre baggrund for at kunne vurdere de teknologiske og miljømæssige konsekvenser af en given konstruktion i oparbejdningsfasen.

### **3.2 Skrotbaseret stål.**

Jern og jernholdige stoffer er frit forekommende i naturen, og miljøbelastningen fra rene stålkonstruktioner uden tilstedeværelse af andre stoffer kan stort set føres tilbage til de miljømæssige bidrag fra selve fremstillingen af stålet.

De væsentligste belastninger opstår, når stålmaterialerne af konstruktionsmæssige årsager, kombineres med andre materialer eller overfladebehandlinger for at opnå en bestemt funktion eller egenskab, såsom korrosionsbeskyttelse eller finish. Som udtryk for størrelsesordenen af den mængde af andre materialer der typisk indgår i en stålkonstruktion kan nævnes, at det ikke er usædvanligt, at den uspecificerede affaldsmængde fra skrotningen af moderne stålbaserede industriprodukter udgør op til 30 % af den samlede mængde.

Herved introduceres en række følgematerialer, hvor en stor del kan henregnes til gruppen af tungmetaller. Typiske metaller der benyttes i forbindelse med konstruktioner udført i stål er zink, nikkel, krom, kobber, tin, bly, samt en lang række stoffer som også indgår som legeringsmaterialer i stålet. Hertil kommer en lang række organiske og uorganiske materialer i form af plast, glas, gummi, keramik, sten etc.

Mange af disse stoffer kan udgøre en miljømæssig risiko enten direkte som følge af toxicitet eller indirekte ved at reducere mulighederne for at genanvende stålet.

I anvendelsesfasen for et produkt optræder problemerne primært som følge af udvaskning eller slid. Den største risiko opstår, når et produkt efter endt anvendelse skal bortskaffes. Såfremt det ikke er muligt ved skrotningen af produkterne og den efterfølgende oparbejdning, at identificere og separere

disse materialer fra det rene stålskrot, og derved gøre det muligt at håndtere dem på en miljømæssig forsvarlig måde er der stor risiko for at de ender som fast affald, vandige eller luftformige emissioner.

Langt de fleste miljøproblemer omkring anvendelsen af stål kan derfor relateres til mulighederne og begrænsningerne for opnåelsen af en genanvendelse med høj lødighed. Med høj lødighed forstås her, at så stor en del af stålet som muligt efter endt anvendelse kan oparbejdes til gængse stål kvaliteter samtidig med at miljøbelastningen ved denne recirkulering begrænses.

Den samlede miljømæssige gevinst ved genanvendelsen af stål skal derfor primært findes i en

- forøgelse af
  - den samlede mængde stål baseret på sekundær råvare.
- forbedring af:
  - genanvendelsespotentialer gennem større renhed (metaller, sporstoffer) i skrottet.
- reduktion af:
  - følgematerialer.
  - emissioner ved genvinding og oparbejdning af sekundær råvare.
  - den samlede affaldsmængde ved fremstilling af sekundær råvare.
  - energiforbruget ved fremstilling af nye stålmaterialer.
  - behovet for anvendelse af råjern ved fremstilling af genbrugsstål.

I appendiks gives en samlet uddybende beskrivelse af de processer, der udføres fra modtagelse og identifikation af skrottet til udstøbningen af den retablerede råvare.

I dette afsnit diskuteres en række af de følgematerialer, der kan være begrænsende for genanvendelsesmulighederne og -niveauet af proces-teknologiske, miljø- og arbejdsmiljømæssige årsager.

Disse materialers oprindelse kan naturligt føres tilbage til

- sammensætning af de skrottede produkter.
- muligheder og metoder til oparbejdningen af stålskrottet til sekundær råvare.

### **3.2.1 Problemer forbundet med fremstilling af skrotbaserede stål-kvaliteter.**

Som udgangspunkt er benyttet Det Danske Stålvalseværks produktion af skrotbaseret stål, der fordeler sig med 50 - 60% til plader og resten til profiler, et forhold der dog hurtigt kan tilpasses den aktuelle efterspørgsel.

De typiske anvendelser for disse materialer er skibe, broer, kedler, bygninger og armeringsjern til beton.

I princippet kan der fremstilles stål i alle kvaliteter ud fra skrotbaseret råvare. Den aktuelle anvendelse afhænger af efterspørgsel samt skrotrets renhed.

Størstedelen af stålskrottet går dog til fremstilling af u- eller lavtlegerede kulstofstål.

Den typiske sammensætning af disse stål vil for en række typiske legeringselementer ligge i intervallerne:

	<i>Min.</i>	<i>Typ.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Enh.</i>
<i>C</i>	0,05	0,10	0,60	%
<i>Mn</i>	0,30	0,90	1,50	%
<i>Si</i>	0,12	0,20	2,00	%
<i>P</i>	0,008	0,02	0,035	%
<i>S</i>	0,002	0,008	0,035	%
<i>Cu</i>	0,0	0,25	0,55	%
<i>Cr</i>	0	0,20	0,60	%
<i>Ni</i>	0	-	1,00	%
<i>Mo</i>	0	-	0,10	%
<i>Sn</i>	0	-	0,02	%
<i>Al</i>	0,005	0,03	0,06	%

Skrot fra automobiler og andre tyndpladeanvendelser vil ofte stamme fra dele, hvor der ved fremstillingen har været krav om formbarhed. Disse stålkvaliteter vil derfor typisk have et lavt indhold af uønskede materialer i form af kobber og tin.

Typiske tyndpladeprodukter forarbejdes så godt som altid ved findeling i et shredder anlæg (se 7.3) ved skrotningen. Selv om det oprindelige plademateriale i produkterne er af god kvalitet med høj renhed er der ved ukritisk anvendelse af denne forarbejdning en stor risiko for at reducere disse materials lødighed gennem en uhensigtsmæssig sammenblanding med andre materialer, hvorved de mulige alternativer for genanvendelse indskrænkes.

### Værktøjer

Til mere krævende anvendelser, for eksempel til værktøjer, findes et meget stort antal forskellige typer af stål med et samlet indhold af legeringsmaterialer, der kan overstige 30%.

Stål til værktøjer fremstilles ikke på Det Danske Stålvalseværk A/S, men det ofte højtlegerede og højtverdige stål fra denne anvendelse ender som oftest i værkets elektroovn, hvor det indgår i produktionen af de lavtlegerede konstruktionsstål. Herved går en del af de ofte meget værdifulde legeringsmaterialer, der indgår i værktøjsstål, tabt.

Produktionen af værktøjsstål udgør ca. 10/00 af den samlede globale årsproduktion, og man estimerer, at mindre end 5% heraf recirkuleres til den oprindelige anvendelse (kilde, Uddeholm Danmark).

Værktøjer til smedning, stansning, trækning, prægning, plastsprøjtetøbning, ekstrudering m.m. er typiske anvendelser for disse materialer. Denne gruppe repræsenterer maskinelementer fremstillet af højtlegerede stålkvaliteter spændende fra egentlige Cr, Mo, V og W legerede værktøjsstål med op til 25% indhold af legerings-elementer til rustfaste Cr-stål (*ferritiske*) eller Cr-Ni-stål (*austenitiske*) formstål til plastværktøjer.

Endvidere vil der forekomme et vist volumen konstruktions- og sejhærdede ståltyper med moderat til lavt legeringsindhold. Den samlede tonnage af materialer til værktøjsfremstilling forventes at være lille.

Den mere specialiserede anvendelse af disse stål gør det i højere grad muligt at identificere og udsortere de enkelte ståltyper inden returnering, samtidig med at disse materialer opnår en højere skrotværdi.

I appendiks 7.2 findes en oversigt over en række almindeligt forekommende stål kvaliteter.

### *Følgematerialer*

Denne gruppe omfatter alle materialer forskellige fra Fe som indgår i fremstillingen af stål fra skrotbaseret råvare. Disse materialer kan groft opdeles i

- ønskede materialer, der indgår
  - i legering
  - som smelteraffinering
  - som slagge
  
- uønskede materialer, der af
  - tekniske
  - økonomiske
  - miljømæssige
  - arbejdsmiljømæssigeårsager begrænser genanvendelsesmuligheder og -omfang.

Koncentrationen af sidstnævnte kategori er høj, og den største del af disse materialer er ikke bundet som legeringsmaterialer i stålet, men er i høj grad følgematerialer med en sekundær funktion set i relation til stålet.

### *Normeret materialeflow*

Som en illustration af denne problemstilling tages udgangspunkt i rækken af de grundstoffer, der indgår i det samlede masseflow på Det Danske Stålvalseværk A/S.

Det bemærkes, at der er meget få materialegrupper, hvor der netto tilføres større mængder til produktionen. Til gengæld er der indtil flere materialegrupper, hvor der netto skal bortskaffes betydelige mængder materialer.

### *Uønskede materialer*

Grundstoffer, som udgør en begrænsning for genanvendelsesmulighederne for stålet, er markeret med \*.

For de fleste af disse materialers vedkommende er der tale om uønskede stoffer, som er leveret til værket sammen med skrottet.

Der kan ikke gives en helt entydig definition på, hvilke grundstoffer gruppen af uønskede materialer omfatter, idet det kan afhænge af den specifikke anvendelse. Et forslag til en overordnet gruppering kan være som følger:

Uønskede materialer består af de elementer i det periodiske system, som

- er forskellige fra jern og som ikke med vilje er til stede i stålet som tilsat legeringsmateriale.
- ikke eller kun meget vanskeligt kan fjernes med enkle, metallurgiske metoder.
- gennem deres tilstedeværelse medfører en forøget risiko for belastning af miljø og arbejdsmiljø ved skrotbaseret stålfremstilling.
- gennem deres tilstedeværelse medfører en forøget risiko for belastningen af det globale miljø gennem en begrænsning af genanvendelsesmulighederne for stålet på så højt niveau som muligt.

Eksempler på ønskede/uønskede stoffer:

- S og P betragtes som uønskede materialer, fordi deres tilstedeværelse har negativ indflydelse på det færdige ståls mekaniske egenskaber. Mængden af disse kan dog kontrolleres gennem kemiske reaktioner mellem stål og slagge i form af oxidation og reduktion.
- C, Mn, Si, B og Al er typisk materialer, som har en ønsket og forudbestemt funktion som legeringselement i stålet.
- N, O og B betragtes som gasser og ikke som uønskede elementer.
- et givet element kan i nogle sammenhænge være et ønsket legeringselement, som det kendes fra Cu i Corten stål (benyttes blandt andet til langsomt korroderende ubeskyttede facadeplader i byggeindustrien), mens samme Cu i højeste grad er uønsket i stål til svejsning eller plastisk formgivning.
- generelt må det dog siges, at elementerne Cu, Sn, Ni, Cr, As, Sb, Cd, Pb, Zn, Mo, Ti, Nb og V almindeligvis betragtes som uønskede materialer i stålet og dermed som ukendte elementer i skrottet.

De uønskede elementer forekommer også i stål fremstillet af malm, dog i mængder der er små sammenlignet med mængderne i stål fremstillet af skrottede industriprodukter.

Det er derfor vigtigt at være opmærksom på, at den mest effektive måde, hvorpå man kan reducere de problemer, som stofferne giver anledning til, er ved at nedsætte mængden, der skal håndteres på stålværket gennem en bedre frasortering i foregående led og endnu bedre gennem en reduceret og mindre integreret anvendelse i industriprodukterne.

Middelanalyser

Middelanalyser:		Slabs	Skrot	Diff.
Grundstof		[kg/ton]	[kg/ton]	[kg/ton]
Fe	jern	982,656100	953,398174	-29,257926
C	kulstof	1,384566	1,370702	-0,013864
Mn	mangan	9,199558	6,572814	-2,626744
Si	silicium	2,567503	10,094843	7,527340
* P	fosfor	0,159942	0,028684	-0,131258
* S	svovl	0,081341	0,487634	0,406293
* Cr	krom	0,081627	0,272501	0,190874
* Cu	kobber	2,678541	2,923755	0,245214
* Ni	nikkel	0,079442	0,092200	0,012758
* Sn	tin	0,151120	0,204888	0,053768
* Pb	bly	0,020000	0,829797	0,809797
* Mo	molybdæn	0,153320	0,290941	0,137621
* As	arsen	0,108340	0,120884	0,012544
Al	aluminium	0,268702	2,362361	2,093659
* Nb	niob	0,060200	0,006147	-0,054053
* V	vanadin	0,083856	0,040978	-0,042878
N	kvælstof	0,078132		-0,078132
* Ti	titan	0,016060		-0,016060
B	bor	0,001681		-0,001681
H	brint			
Ca	calcium	0,022000	10,607063	10,585063
Co	kobolt	0,090000	0,084004	-0,005996
Mg	magnesium-		2,710671	2,710671
O	ilt			
Na	natrium		0,155715	0,155715
K	kalium		0,151617	0,151617
Cl	klor		0,430265	0,430265
* Zn	zink	0,025000	5,566813	5,541813
Ta	tantal			
	flour			
* Cd	cadmium		0,014342	0,014342
* Hg	kviksølv		0,002049	0,002049
Ba	barium		0,014342	0,014342
Bi	vismut	0,003000	0,012293	0,009293
* Sb	antimon	0,020000	0,049173	0,029173
W	wolfram		0,022538	0,022538
Br	brom		0,018440	0,018440
Zr	zirkon	0,010000	0,002049	-0,007951
Ar	argon			
	olie			
	andet			
	rest	0,000000	1,061321	1,061321
I alt		1000,00	1000,00	0,00

Tabel 2

Tabellen afspejler i et vist omfang de problemer, som skabes gennem de dispositioner, som foretages under konstruktions-, produktions-, anvendelses-, og bortskaffelsesfaserne, idet hver af disse tegner sig for et bidrag til dette regnskab, enten gennem dispositioner eller handlinger man reelt har foretaget eller har undladt at foretage. Regnskabet vil på lidt længere sigt kunne danne basis for en egentlig miljødeklaration for stålmaterialer fremstillet af skrot, og som sådan kunne indgå direkte i beslutningsgrundlaget ved valg af materiale og leverandør.

I de følgende afsnit betragtes nogle af de kritiske stoffer og metaller:

*Titan, (Ti), niob, (Nb), molybdæn, (Mo), antimon, (Sb) og arsen, (As)*

Selv meget små mængder af uønskede elementer såsom Ti, Nb og Mo kan ændre materialeegenskaberne hos ulegeret stål kvaliteter beregnet til vanskelige formgivningsoperationer, såsom optrækning, prægning eller dybtrækning.

Mulighederne for fremstilling af let magnetiserbare kvaliteter reduceres ligeledes ved tilstedeværelsen af disse materialer som følge af ændringer af stålets mikrostruktur gennem forandring af betingelserne for kornvækst og rekrySTALLISATION under størkningsforløbet og den efterfølgende varmebehandling.

Endelig kan stofferne Sb og As udfældes i stålets mikrostruktur på korngrænserne og dermed øge skørheden af stålet. Dannelsen af korngrænseudfældninger af disse materialer under størkning begrænser mulighederne for fremstilling af konstruktionsstål gennem den kontinuerte strengstøbeproces, som er en meget udbredt fremstillingsproces på moderne skrotbaserede stålværker,

*Kobber, (Cu) og tin, (Sn)*

Cu og Sn er set ud fra et stålproduktionsteknisk synspunkt blandt de mest skadelige metaller. De er vanskelige at separere fra, når de først er i metalsmelten, og de har selv i små mængder en stærkt forringende indflydelse på det færdige ståls egenskaber i form af reduceret styrke og forringet svejsbarhed. Cu og Sn har indflydelse på materialeegenskaber som trækstyrke, brudforlængelse og sejhed. Stål recirkuleret fra forbrændingsanlæg udviser op til 5 gange så meget Cu og Sn som andre skrotkategorier.

*Kobber, (Cu)*

Den mængde af kobber, der ifølge middelanalysen forlader Det Danske Stålvalseværk A/S pr. ton færdig stål, er næsten identisk med den normerede modtagne mængde, idet det teknologisk er meget vanskeligt og særdeles omkostningskrævende at borttrafinere kobberindholdet. Der er således god grund til at reducere mængden af kobber i skrottet, blandt andet gennem en sikring af, at det kobber, der indgår i konstruktionerne, kan fjernes under skrotningen.

Den stigende koncentration af kobber i stålskrottet skal ses som en følge af den udbredte anvendelsen af dette metal, primært til elektriske komponenter i form af

- ledninger
- motorviklinger
- transformatorer
- m.m.

der kombineret med

- mangelfuld sortering ved skrotningen, som følge af
  - skrotforarbejdning i shredder
  - ukritisk fødnings af shredder
  - ingen forudgående sortering af skrotprodukter
  - produkter ikke egnede til demontage
  - økonomisk potentiale til genudvinding af kobber for lille
  - ingen produktdokumentation
  - ingen skrotningsanvisning
  
- utilstrækkelige teknologier ved smeltebehandlingen til bort-  
raffinering

bevirker, at Cu er en væsentlig kilde til forurening af stålskrottet.

Apparater og automobiler er typiske produkter, der indeholder Cu i store mængder og som for de flestes vedkommende skrottes ved behandling i et shredder anlæg. Shredderskrottet er hovedkilden til den mængde kobber, der ender i det færdige stål.

Den nuværende koncentration af kobber i shredderskrot er på 0,25 - 0,28% og således tæt på den tilladelige koncentration på 0,3% i almindeligt stål til konstruktionsbrug. En lille del af denne kobbermængde, typisk 0,05 - 0,07%, skyldes kobber, der allerede er bundet i stålet fra tidligere. Tilvæksten i den samlede kobbermængde skyldes kobber, der tilføres stålværket sammen med skrottet.

Andre skrotkategorier har lavere koncentrationer af Cu, idet materialerne med den relativt høje Cu-koncentration produceret i perioden fra 1975 og fremefter endnu ikke i fuldt omfang er kommet retur til stålværkerne. Når dette sker, kan en yderligere forværring forventes at ske, medmindre man på det tidspunkt er i stand til at fremstille shredderskrot med et betydeligt lavere kobberindhold.

Så længe man ikke alene baserer stålproduktionen på shredderskrot, kan problemet omkring indholdet af kobber kontrolleres, når blot mængderne af denne kategori på forhånd er kendte. Kobberindholdet i shredderskrot er nogenlunde stabilt i modsætning til de uspecificerede skrotkategorier. Skrot med en Cu-koncentration på 0,25 - 0,28% betegnes som Cu-neutralt skrot.

Cu-indholdet fortyndes primært gennem tilsætning af svært skrot, i et vist omfang maskingods og i meget begrænset udstrækning egentligt råjern udvundet fra malm. Med stigende indhold af kobber er det nødvendigt at øge disse andele og i sidste ende råjernsandelen, hvorved de energi- og miljømæssige fordele ved skrotbaseret stål reduceres.

#### *Skjult kobbermængde*

Det er ikke alene hensynet til stålqualiteten, der har betydning. Det akkumulerende kobberindhold i stål kan betragtes som en skjult og dermed unyttiggjort kobberressource, der i mængde pr. år kan estimeres til:

Stål: Global årsprod. 500.000.000 - 800.000.000 tons

heraf udgør kobber ca. 0,1% (est.)

Kobber: 500.000 - 800.000 tons

Med en middelanvendelsestid pr. stålgennemløb på ca. 10 - 20 år svarer dette til, at der er omkring 5 - 10 milliarder tons stål i omløb. Med samme kobberindhold som ovenfor svarer dette til en skjult råvareressource på 5 - 10 mill. tons kobber.

Denne mængde er langsomt stigende i takt med den stadigt mere udbredte fremstilling af skrotbaseret stål, samtidig med at behovet for rent kobber stiger, og lødigheden af de kendte forekomster falder. Problemet er paradoksalt, fordi kobber på samme tid tilhører en gruppe af metaller, hvor reserverne nærmer sig udtømmning. Der er således al mulig grund til at sikre, at anvendelsen af stål ikke i fremtiden medfører en stigning af den uønskede binding af kobber.

#### *Afregning efter Cu-indhold*

En mulig løsning på problemet kunne være at afregne shredderskrot efter Cu-indhold. Dette praktiseres visse steder i Europa, blandt andet i England, og har en gavnlig effekt på mulighederne for at foretage en grovsortering af skrotmængden inden behandling i shredder.

#### *Tin, (Sn)*

Tin har meget stor indflydelse på det færdige ståls egenskaber, og selv ganske små tinmængder kan have dramatisk effekt på stålets styrke-egenskaber.

#### *Affortinnede pakker*

Stålskrot med en overfladebehandling af tin, typisk affald i form af gitterspild (*uudnyttet plademateriale*) fra stansning af emballagedele med kendt og erkendt indhold af tin, kan behandles i et affortinningsanlæg, hvor tinlaget fjernes elektrolytisk og genvindes, medens det affortinnede stålskrot presses til pakker, der omsmeltes på stålværket.

Selvom man hos Det Danske Stålvalseværk A/S prøver at undgå tin i skrottet, modtager man alligevel 0,2 kg/ton, hvoraf de 75% opløses i stålsmelten og forlader værket med det færdige stål. Affortinnede pakker tegner sig for en stor del af den modtagne mængde tin, idet der trods den elektrolytiske rensning altid vil overføres en vis mængde tin herfra. Dette skyldes blandt andet, at der ved fortinning af stål dannes visse intermetalliske forbindelser mellem jern og tin, der ikke siden fjernes elektrolytisk.

Tinmængden i stålskrottet kan stamme fra

- andre overfladebehandlinger
- elektriske komponenter
- metallegeringer, såsom bronze
- lejedele fra motorer og maskiner

der ikke er frasorteret eller afrenset effektivt.

Ikke-kildesorteret husholdningsaffald, der leveres til forbrænding, kan indeholde ganske store mængder fortinnet stål i form af brugte konserverdåser. Den årlige mængde fortinnet stål herfra kan som tidligere nævnt

være så stor som 20.000 - 25.000 tons pr. år.

Det ukendte indhold af tin har været medvirkende årsag til, at skrot fra forbrændingsanlæg hidtil ikke har kunnet genanvendes til skrotbaseret stålproduktion.

#### *Nikkel, (Ni) og krom, (Cr)*

Nikkel og krom indholdet i stålskrot stammer primært fra overfladebehandling og legeringsmaterialer i de rustfri stålqualiteter.

Nikkel- og krombelagte produkter frasepareres almindeligvis ikke i dag ved skrotningen.

Hvorvidt mængderne af disse metaller lader sig genvinde ved en frasortering, vides ikke, men for stålværkerne udgør de med de nuværende koncentrationer ikke et alvorligt problem, idet disse metaller indgår som legeringsmateriale. Set som en materialemæssig ressource er disse materialer tabt.

Den normale lagtykkelse ved en fornikling er ca. 10µm nikkel eller krom, hvilket på 1 m<sup>2</sup> stålplade med en tykkelse på 1 mm svarer til en volumenandel på 1% og en vægtandel på godt 1%.

#### *Rustfrit stål*

Nikkel- og kromholdige produkter med højere indhold af disse materialer i form af de rustfri stålqualiteter frasorteres som regel allerede ved kilden og indleveres til skrothandleren separat alene grundet opnåelsen af en bedre skrotpris end almindeligt, lavtlegeret stålskrot. Denne sortering er meget grov i forhold til det faktiske antal rustfri stålqualiteter, og der skelnes almindeligvis kun mellem to typer:

##### *Magnetisk:*

*(ferritisk rustfrit stål)*

*Typisk: 14 - 18% Cr og 0 - 8% Ni*

*Maks.: 23 - 27% Cr og 0% Ni*

*(martensitisk rustfrit stål)*

*Typisk: 11 - 18% Cr og 0 - 2% Ni*

*(kraftigt kolddeformeret austenitisk rustfrit stål)*

*Typisk: 16 - 20% Cr og 8 - 14% Ni*

*Maks.: 24 - 26% Cr og 19 - 22% Ni*

##### *Umagnetisk:*

*(austenitisk rustfrit stål)*

*Typisk: 16 - 20% Cr og 8 - 14% Ni*

*Maks.: 24 - 26% Cr og 19 - 22% Ni*

hvor de ferritiske kvaliteter opnår en langt ringere pris end de austenitiske (18/8-typer), der i skrotbranchen betragtes som *rigtigt* rustfrit stål.

#### *Magnetisk separation*

En del af de ferritiske og martensitiske samt de kolddeformerede, austenitiske stålqualiteter bliver grundet disses magnetiske egenskaber i kombination med den magnetiske separation, der benyttes i automatiske skrotbehandlingsanlæg, opblandet med almindeligt stålskrot ved skrotningen.

Som eksempel herpå kan nævnes skrotning af produkter uden forudgående demontage ved behandling i en shredder, hvor de indvendige dele i form af

kar og beholdere kan være fremstillet af en rustfri stål kvalitet. Austenitisk stål vil blive frasorteret sammen med aluminium, messing, kobber og andre umagnetiske metaller, mens de magnetiske rustfri ståle ender sammen med det almindelige stålskrot ved magnetisk separation. Med det angivne indhold af især krom er der tale om betydelige mængder.

Problemet kan sidestilles med anvendelsen af de Ni og Cr-baserede overfladebehandlinger.

#### Zink, (Zn)

Tilstedeværelsen af stigende mængder Zn fra galvaniseret stål er et voksende problem. Produktionen af galvaniseret plade til automobilindustrien har medført en stadig stigning i produktionen af galvaniseret skrot, især fra fragmenteringsanlæggene. Det er stålproducenternes forventning, at denne Zn-mængde vil fordobles over en 5-årig periode, og at man inden for de næste 10 år skal kunne håndtere en Zn-mængde, der er 4 gange større end i dag. Stålværkerne skal derfor indstille sig på at forarbejde stålskrot med et væsentligt forhøjet Zn-indhold i de kommende år svarende til de mængder, der allerede er disponeret.

Zink som enkeltbidrag betragtet udgør en meget stor del af den samlede mængde følgemetaller, dog samtidigt med, at kun en meget beskedent mængde bliver tilbage i det færdige stål efter smeltning. Uden en effektiv filtrering af de røggasser, der afsuges under smeltningen i elektroovnen, ville denne mængde zink udgøre en alvorlig miljøbelastning for omgivelserne.

Anvendelsen af zink er stigende blandt andet på grund af bil-industriens stigende anvendelse af el-galvaniseret plade, og zink er generelt det hyppigst benyttede materiale til metallisk overfladekorrosionsbeskyttelse.

Zink i de nuværende mængder udgør ikke et direkte problem for fremstillingen af stål og det færdige ståls egenskaber, idet zinkindholdet fordamper ved de høje smeltetemperaturer for stål uden at efterlade rester i selve stålet. Hvis mængden af zink bliver for stor, kan dette dog medføre for stor gasudvikling i smelten, hvilket kan give problemer under den efterfølgende udstøbning. Risikoen for lokal opkoncentrering eller udfældning af Zn under størkningsforløbet specielt ved de kontinuerte udstøbninger vil blive væsentligt forøget. Ved kontinuert strengstøbning af stænger med lille tværsnit vil tilstedeværelsen af Zn kunne give anledning til problemer under afkølingen i form af dannelser af bobler og porøsitet under afgang. Et fænomen som Zn-kogning kan forekomme, hvilket kan medføre, at den kontinuerte støbeprocess må afbrydes, og endelig kan der forekomme en uheldig kemisk reaktion mellem den vandkølede kobberstøbeform og Zn-indholdet i smelten.

Zinkindholdet i dampene fra smeltebadet i elektroovnene skal opfanges ved afsugningsanlæggets filteranlæg, da dette materiale ellers vil udgøre en alvorlig miljømæssig belastning for omgivelserne.

I et effektivt filteranlæg er det imidlertid muligt at tilbageholde zinkindholdet sammen med det øvrige filterstøv. Det gennemsnitlige indhold af zink i filterstøvet kan udgøre op til 20 - 25% vægt %, hvorved der er tale om en råvare med en vis lødighed.

Et zinkindhold i filterstøvet på ca. 33 vægt % regnes for delomkostningsneutralt, mens der for lavere indhold skal betales for bortskaffelsen. Filterstøvet forarbejdes blandt andet i Bilbao i Spanien, hvor zinkindholdet udvindes gennem en række termiske og kemiske processer.

Der kan således være økonomi i at styre zinklødigheden af filterstøvet inden for de stålproduktionstekniske grænser for på denne måde at få dækket en del af omkostningerne for den videre behandling af filterstøvet inden den endelige deponering.

Selektering, sortering og identifikation af stålskrottet efter indhold af zink inden levering til oparbejdning er en metode til at opnå en højere lødighed af filterstøvet, der dermed sikrer en effektiv genanvendelse af zink, der er et af de metaller, som man forudser mangel på inden for en overskuelig periode. Den globale middelkoncentration af zink er på 0,008% og er således sammenlignelig med middelkoncentrationen for kobber på 0,007% [arb. rap. 10]. Den gennemsnitlige mængde filterstøv, der på globalt plan reelt oparbejdes, er kun ca. 25% [Det Danske Stålvalseværk A/S]. Stigningen i anvendelsen af zink som korrosionbeskyttelse af stål uden samtidig mulighed for genvinding kan betragtes som et reelt ressourceproblem.

*Bly, (Pb), Cadmium, (Cd)  
og kviksølv, (Hg)*

Metaller som Pb, Cd og Hg modtages i relativt små mængder, og så godt som intet resterer i det færdige stål. I lighed med zink fordamper disse metaller under smeltningen og opsamles i røggas-filtreringen.

Disse materialer optræder med en samlet andel på ca. 1 o/oo og med Pb som den største enkeltbidragyder, (jævnfør skema med middelanalyser for skrot), og det kan være et arbejdsmiljømæssigt problem, at specielt mængden af bly i skrottet ikke frasorteres.

### **3.3 Introduktion til metodegrundlaget for livscyklusvurderinger.**

Nærværende håndbog er baseret på en kortlægning af almindelig praksis for omgangen med stålmaterialer i disses livsforløb, og har som primært formål at gøre opmærksom på en række sammenhænge, som ikke i almindelighed er tydelige for konstruktionsfunktionen i mange virksomheder.

Selvom der tages udgangspunkt i konkrete problemstillinger, kan der på dette grundlag sjældent anvises definitive løsninger i en aktuel valgsituation. De opstillede retningslinier kap. 7.1 er af en bred orienterende karakter med henblik på at gøre opmærksom på en række sammenhænge ved disponering af stål, som skal eller bør indgå i overvejelserne ved det samlede materialevalg for derved at undgå at skabe problemer for de efterfølgende faser i livsforløbet.

For en uddybning af beslutningsgrundlaget for en bestemt materialeanvendelse henvises flere steder i retningslinierne til en egentlig livscyklusvurdering for et produkt eller delelementer heraf, og det kan forventes at der i takt med indførelse af en mere miljørigtig anvendelse af stål i virksomhederne, vil der opstå et behov for at kunne gennemføre detaljerede kvantitative miljømæssige vurderinger af de konstruktionsmæssige dispositioner.

En af metoderne hertil er den såkaldte **life cycle assessment, LCA**, og det følgende afsnit introducerer trin for trin de begreber, overvejelser og aktiviteter, der indgår i opstillingen af en LCA, og som muliggør en mere kvantitativ analyse af et givet produkts miljøbelastning gennem livsforløbet.

Denne opfattelse er bekræftet af UMIP-projektet (Udvikling af Miljørigtige Industri Produkter).

### **3.3.1 Afgrænsning af livscyklus.**

Livscyklusvurdering eller på engelsk **Life Cycle Assessment** (i det følgende forkortet **LCA**) beskæftiger sig med opgørelse af de samlede påvirkninger på miljøet fra et produkt set igennem hele produktets livscyklus (fra vugge til grav) eller:

- fra udvindingen af råvarer,
- over produktionen af halvfabrikata, kemikalier og standardkomponenter,
- til den egentlige produktion af produktet,
- igennem dets brugsfase,
- og frem til og med dets genanvendelse eller anden form for bortskaffelse.

Miljøvurderingen omfatter de samlede påvirkninger af det ydre miljø, arbejdsmiljøet samt ressourcegrundlaget.

Da der er tale om en meget kompleks problemstilling vil den efterfølgende summariske gennemgang ikke være komplet på en række punkter. For yderligere information henvises til [24].

#### *Produktsystem*

Som udgangspunkt for en miljøvurdering defineres det produktsystem, der skal betragtes. Produktsystemet består af alle de processer, som materialer, hjælpestoffer og energibærere gennemløber fra udvinding til bortskaffelse.

#### *Hjælpestoffer*

Hjælpestoffer er stoffer, der benyttes i fremstillingen af materialerne, men som ikke indgår i selve produktet. Livscyklus for hjælpestofferne indeholder ligeledes faserne råvareudvinding, materialefremstilling, produktion, brug og bortskaffelse, men i produktsystemet afgrænses livscyklus for hjælpestofferne til kun at medtage deres brugs- og bortskaffelsesfaser.

#### *Energisystemerne*

Produktsystemet indeholder desuden de energisystemer, der ligger bag alle processerne, og de transportsystemer, som binder processerne sammen. For disse undersystemer betragtes hele livscyklus.

### **3.3.2 Fremgangsmåde ved opgørelsen.**

#### *Opgørelse af input og output*

Efter definition af det betragtede produktsystem og afgrænsning af dets livscyklus er det første trin af livscyklusvurderingen en omhyggelig opgørelse af input til (ressourcer og arbejdskraft) og output fra (produkter,

halvfabrikata, emissioner til det ydre miljø og påvirkning af arbejdskraft) samtlige processer, der foregår i løbet af produktets livscyklus.

#### *Energiforbrug*

Input til processerne er forbruget af materialer og hjælpestoffer samt energiforbruget. Energiforbruget opdeles på elektrisk energi samt termisk energi, da elektrisk energi produceres på elværket, mens termisk energi fremstilles på den pågældende virksomhed. Termisk energi opdeles i de brændsels typer, ud fra hvilke den produceres.

Output fra processerne er de stoffer, der emitteres til luft og spildevand fra selve processen og fra den termiske energi til processen, samt det affald, som selve processen producerer.

#### *Arbejds miljøvurdering*

Til arbejds miljøvurderingen opgøres, hvilke belastninger den person, der arbejder ved processen, er udsat for, samt eksponeringstiden, dvs. hvor længe personen er udsat for belastningen pr. produceret plade. De belastningstyper, der er medtaget i arbejds miljøvurderingen i UMIP, er:

#### *Belastningstyper*

- kemisk belastning som kan medføre en eller flere af effekterne: kræft, reproduktionsskader, allergi og nervesystemsskader.
- ensidigt, gentaget arbejde, som kan medføre bevægeapparatbelastning.
- støj, som kan medføre høreskader.
- ulykker.

Der kan godt forekomme flere belastningstyper.

Input og output for de andre processer opgøres på tilsvarende måde. Det gælder også for produktionen af elektricitet.

Resultatet af *opgørelsen* eller *livscyklusopgørelsen* er grundlaget for den kvantitative vurderingsmetode, der skal udføres.

#### *Oversætte opgørelsen*

Formålet med vurderingsmetoden er at oversætte opgørelsen af emissioner til det ydre miljø til en række potentielle bidrag specificeret udfra de forskellige miljøeffekter, der kendes og benyttes i dag.

Herved bliver det muligt at foretage en mere kvantitativ vægtning mellem et givet produkts enkeltbidrag til miljøeffekter og på dette grundlag at gennemføre en sammenligning mellem miljøeffektbidrag fra forskellige produkter inden for samme kategori.

Herved opnås to ting:

#### *Reducere mængden af data*

- \* For det første reduceres en ofte overvældende og forvirrende mængde data for emissioner af forskellige forbindelser til det ydre miljø til en overskuelig mængde potentielle miljøeffektbidrag, samtidig med at de emissioner, der ikke bidrager til nogen kendt miljøeffekt, sorteres fra.

*Oversætte til potentielle miljøeffektbidrag*

- \* For det andet oversættes mængder af emitterede stoffer til potentielle miljøeffektbidrag, hvorved det bliver enklere at vurdere dem i forhold til hinanden og identificere de væsentligste miljøbelastende emissioner eller trin fra produktets livscyklus.

Retningslinierne kan i denne sammenhæng ses som anvisninger, henvisninger og informationer, der beskriver, hvor man skal være særligt opmærksom, mens en egentlig livscyklusvurdering stiller krav om kendskab til og anvendelse af en meget omfattende mængde grunddata, der rækker langt videre end den enkelte virksomheds rammer. Livscyklusvurdering kan i et vist omfang ses som den endelige opgørelse over et færdigt produkt.

Den følgende gennemgang skal ses som en introducerende beskrivelse af det forløb, man skal gennemføre på grundlag af opgørelsen for at opstille en miljøvurdering for et givet produkt.

*Klassificering*

Ved klassificeringen behandles opgørelsen emission for emission, og for hvert enkelt stof identificeres de forskellige miljøeffekttyper, der ydes bidrag til. Resultatet er en opdeling af emissionerne fra opgørelsen i en række kategorier efter potentielle miljøeffekter.

De miljøeffekttyper, der indgår i livscyklusvurderingen, er:

*Globale effekter*

- drivhuseffekt
- stratosfærisk ozonlagsnedbrydning

*Regionale effekter*

- forsurening
- næringssaltbelastning
- fotokemisk ozondannelse

*Lokale effekter*

- økotoxicitet
- human toxicitet
- affaldsmængde
- arealødelæggelse

Et enkelt stof kan godt bidrage til forskellige miljøeffekttyper og derfor samtidigt klassificeres i flere kategorier.

Ressourcer klassificeres efter, om ressourcen er fornyelig eller ikke-fornyelig. Fornyelige ressourcer er bl.a. plantebiomasse og vand, mens ikke-fornyelige ressourcer er fossile brændsler, metaller og mineraler.

*Standardisering*

Ved standardiseringen udregnes for hver enkelt miljøeffekt det samlede bidrag fra de stoffer i opgørelsen, der er klassificeret som potentielle bidragydere.

*Miljøeffekttype*

For at kunne foretage en sammentælling af de potentielle bidrag til en given miljøeffekt foretages en omregning af bidraget fra hvert enkeltstof til et tilsvarende bidrag for et fælles kendt referencestof. Herved reduceres detaljeringsgraden; men samtidig muliggøres en direkte sammenligning mellem produkter med forskellig materialesammensætning.

Resultatet af standardiseringen kan derfor for hver miljøeffekttype sammenfattes i et enkelt tal, der beskriver det potentielle bidrag til miljøeffekttypen omregnet til en emission af det tilhørende referencestof.

Som referencestof for bidrag til den globale opvarmning, drivhuseffekten, benyttes kuldioxid, CO<sub>2</sub>, hvilket medfører, at gassernes bidrag til drivhuseffekten udtrykkes som CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. For stratosfærisk ozonlagsnedbrydning udtrykkes stoffernes bidrag som g CFC-11-ækvivalenter, for forurening som g SO<sub>2</sub>-ækvivalenter, for nærings-saltbelastningen som g NO<sub>3</sub>-ækvivalenter, mens den for fotokemisk ozondannelse udtrykkes som g C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-ækvivalenter.

#### *Standardiseret miljøprofil*

Samlingen af bidrag til de forskellige miljøeffekter benævnes samlet produktets standardiserede miljøprofil.

#### *Standardiseret ressourceprofil*

Ressourceforbruget standardiseres ved at udtrykke alt forbrug af ikke-fornyelige ressourcer ved det totale livscyklusforbrug af basale ressourcer. Den samlede opgørelse over de forskellige forbrug af ikke-fornyelige ressourcer benævnes produktets standardiserede ressourceprofil.

#### *Evaluering*

Standardiseringen følges i UMIP's livscyklus-vurderingsmetode af evalueringen, som muliggør en vurdering af den fremkomne miljøprofil f.eks. i forhold til miljøprofiler for andre tilsvarende produkter eller i forhold til nogle opsatte miljøforbedringsmål.

#### *Normalisering*

Det første af de tre evalueringstrin er **normaliseringen**, hvor de standardiserede miljøeffektbidrag normaliseres ved division med et sæt referenceemissioner.

#### *Personækvivalenter*

Referenceemissionerne er opgjort som personækvivalenter, PE, dvs. miljøeffektbidrag pr. person pr. år inden for det berørte recipientområde (globalt, regionalt eller lokalt). Herved omsættes bidragene fra vægtækvivalenter af de forskellige referencestoffer til en fælles enhed (PE). Ved normaliseringen opnås således, at miljøeffektbidragene bliver sammenlignelige på baggrund af det valgte sæt af referenceemissioner.

Referenceemissionen for drivhuseffekten beregnes ved at dividere den totale globale emission af CO<sub>2</sub> i et år med verdenens samlede befolkningstal det samme år. Det standardiserede bidrag til drivhuseffekten deles med referenceemissionen.

Afhængigt af valget af referenceemissioner kræver en egentlig sammenligning af de forskellige miljøeffekter en indbyrdes vægtning mellem miljøeffekterne i den konkrete situation.

I vurderingsmetoden kan denne vægtning opdeles i tre dele:

#### *Virksomhedsvægtning*

- en **virksomhedsvægtning**, der tager udgangspunkt i den konkrete virksomheds produktpolitik og markedsstrategi inden for miljøområdet.

#### *Miljøfaglig vægtning*

- en **miljøfaglig vægtning**, hvor hver af miljøeffekttyperne vurderes i den konkrete situation ud fra miljøfaglige kriterier. Her er tale om en

teknisk vurdering af, hvor alvorlig den pågældende miljøeffekt er i den sammenhæng, den optræder i den betragtede livscyklus. F.eks. er et forsøringsbidrag langt mindre alvorligt, hvis det udledes til en sjællandsk kalkrig jordbund, end hvis det havner i en svensk eller norsk sø.

#### *Miljøpolitisk vægtning*

- en **miljøpolitisk vægtning**, hvor politiske kriterier lægges til grund for en vægtning af miljøeffektyperne over for hinanden. Her kan som kriterier f.eks. anvendes virksomhedens miljøpolitik med dens erklærede reduktionsmål eller nationalt eller internationalt politisk fastsatte reduktionsmålsætninger for de enkelte miljøeffekter.

De miljøfaglige og miljøpolitiske vægtningsfaktorer kan stilles sammen til en samlet faktor for hver miljøeffekttype, hvorved sammenligningen kan føres til ende.

#### *Ressourceforbrug normaliseres*

Det standardiserede ressourceforbrug divideres med et referenceforbrug, hvilket fører til et normaliseret ressourceforbrug. Referenceforbruget er det totale globale forbrug af de pågældende ressourcer opgjort for referenceåret. Dette tal deles med den totale befolkningspopulation i referenceåret. Den fælles enhed er også her personækvivalenter, der giver en verdensgennemsnitsborgers forbrug.

#### *Faglig vægtning*

Der kræves også en faglig og politisk vægtning ved sammenligning af de forskellige ressourceforbrug. Ved den faglige vægtning foretages for hver ressource en vurdering af de globale reserver samt tidshorizonten for hvornår ressourcen kan forventes opbrugt.

#### *Politisk vægtning*

Den politiske vægtning kan f.eks. indeholde kriterier for, hvornår og til hvilke formål en bestemt ressourcereserve skal disponeres.

#### *Referencebelastningstiden*

I arbejdsmiljøvurderingen normaliseres den opgjorte eksponeringstid for hver belastningstype ved at dividere med referencebelastningstiden.

Referencebelastningstiden er den samlede eksponeringstid for den pågældende belastning i løbet af referenceåret i Danmark.

#### *Normaliserede arbejdsmiljøprofil*

Enheden for de normaliserede data bliver herved eksponeringstimer pr. million belastningstimer i Danmark. Ved samling af de normaliserede data for alle belastningstyperne fremkommer den normaliserede arbejdsmiljøprofil.

Vurderingen udføres ved at se på, hvor mange lidelser der opstår som følger af belastningerne. Vurderingsfaktorer opstilles af arbejdsmiljøeksperter ud fra antal anmeldte lidelser og skønnet eksponeringstid i Danmark. Der udføres en korrigeret vurdering, hvor vurderingsfaktorerne korrigeres under rapportering. Der korrigeres for forskelle i anmelderhyppigheden af de forskellige typer lidelser.



## 4. Beskrivelse af problemområder.

Undersøgelserne i projektet 'Livscyklusanalyse af stål i forskellige anvendelsessituationer', [1], har tegnet et billede af ståls livscyklus gennem 5 specifikke anvendelseseksempler, ligesom der er udpeget et bredt spektrum af problemer forbundet med anvendelsen af stål set i relation til livscyklus.

Et problemområde kan i denne sammenhæng betragtes som et forhold eller en anvendelse af stål, der gennem teknologiske, økonomiske, miljømæssige og/eller arbejdsmiljømæssige begrænsninger reducerer muligheden for at genbruge stålet. Problemområderne er derfor oftest ikke enkeltstående; men kan henføres til den typiske stålanvendelse i kombination med andre materialer.

Det er endvidere karakteristisk, at udvidet forståelse og kendskab til de grundlæggende sammenhænge i stålmaterialers livsforløb vil give konstruktionsfunktionen bedre muligheder for at begrænse eller eliminere mange af problemerne gennem en mere hensigtsmæssig materialeanvendelse og udformning af produkterne.

Mange af de reelle problemer, der er forbundet med brugen af stål i moderne industriprodukter og konstruktioner er nye for konstruktørerne, andre er kendte og endeligt er en del forventelige. Overskriften for dette kapitel er derfor gennem en kort resumering af undersøgelsens indhold at påpege disse problemer og deres oprindelse for konstruktørerne.

### 4.1 Sammenfatning.

De 5 anvendelseseksempler har omfattet:

*Smedekonstruktioner:  
Landbrugsmaskiner*

For anvendelseseksemplet vedrørende maskiner til landbruget kan undersøgelsens resultater sammenfattes i følgende hovedlinier:

- maskiner til landbruget er underlagt en række miljø og arbejdsmiljømæssige krav relateret til deres anvendelsessituation.
- de anvendelsesbetonede krav tilgodeses gennem udviklingen af nye og tilpassede produkter.
- forhold omkring materialeforbrug og afslidning af materiale under anvendelse, drift og vedligehold indgår ikke i konstruktionsfunktionens overvejelser omkring udformning af produkterne.
- valg af
  - materialer
  - overfladebehandlinger
  - kombinationer heraf

er alene baseret på økonomi og funktionsmæssige krav.

- intet detailkendskab til, hvorledes produkterne bortskaffes efter endt brug.
- materialeanvendelsen sker med en udnyttelse, der svarer til et gennemsnitligt spild på 20%.
- krav om højere produktivitet for maskiner og redskaber til landbruget stiller krav om større enheder, og dermed mere vægtoptimerede konstruktioner. Dette medfører anvendelsen af flere materialetyper, og især anvendelsen af aluminium er stigende.

*Svære stålkonstruktioner:  
Off-shore*

For anvendelseseksemplet vedrørende off-shore-konstruktioner kan undersøgelsens resultater sammenfattes i følgende hovedlinier:

- off-shore-industrien disponerer relativt få anlæg med store samlede, velkendte og dokumenterede stålmængder.
- styrende for udformningen er:
  - internationale krav gennem klassifikation og forsikring på samme måde, som det kendes fra skibsfarten.
  - de tekniske specifikationer er fastlagt, og mulighederne for at indføre konstruktionsmæssige varianter omkring udformning og materialevalg er ikke store.
  - økonomiske forhold vedrørende forsikring.
  - miljømæssige overvejelser i forbindelse med driften af disse anlæg. Der ønskes en høj grad af sikkerhed mod forurening ved udvinding og forarbejdning af råolien.
  - krav til en levetid på mindst 25 år.
- mere specifikke egenskaber vedrørende materialeanvendelsen og muligheden for at recirkulere denne indgår ikke i overvejelserne omkring udformningen af selve off-shore enhederne eller de dertil knyttede anlæg i form af fundamenter, borebrønde, pipelines m.m.

*Tyndpladekonstruktioner:  
Hvidevarer/komfurer/  
automater*

For anvendelseseksemplerne vedrørende komfurer og displayautomater kan undersøgelsens resultater sammenfattes i følgende hovedlinier:

- miljømæssige forhold omkring denne produktkategori er i fokus blandt andet gennem lovgivning omkring anvendelse af CFC-fri gasser til opskumning af isolation i kølemøbler.
- udviklingen på kølemøbelområdet betragtes som en indikator for hvad man kan forvente sig af fremtidige krav til produkt egenskaber set over hele livscyklens.

- bortskaffelsen af produkterne indgår ikke i konstruktionsfunktionens overvejelser omkring:
  - udformning af produktet
  - valg af materialer
  - overfladebehandlinger
  - kombinationer heraf.

*Konstruktionsstål:  
Byggeindustrien*

For anvendelseksempplerne vedrørende bortskaffelse af stål anvendt i byggeindustrien kan undersøgelsens resultater sammenfattes i følgende hovedlinier:

Byggeindustriens anvendelse af stål giver ikke anledning til store problemer ved nedrivningen af bygninger/vejanlæg. Det største problem de senere år har været store udsving i det internationale prisniveau for skrot, der har bevirket, at incitamentet til at genvinde stålet maksimalt har været lavt.

*Genvindingsindustrien*

For genvindingsindustrien kan undersøgelsens resultater sammenfattes i følgende hovedlinier:

- mange produkter er ikke forberedt for skrotning, der muliggør en maksimal genvindingsgrad og stor resulterende renhed af de enkelte materialer.
- information gennem mærkning af materialer kan ikke udnyttes i nævneværdigt omfang på grund af den håndterings- og bearbejdnings-teknologi, der benyttes i genvindingsindustrien.
- produkternes konstruktion og den tilstand, i hvilken de ankommer til genvindingsindustrien, vanskelig- eller nærmere umuliggør en selektiv skrotning.
- de metoder, genvindingsindustrien råder over, og den måde branchen, er organiseret på, tilskynder ikke til en mere selektiv skrotning.
- udviklingen af nye produkter sikrer ikke i tilstrækkeligt omfang en effektiv nedbrydning og bortskaffelse. Kendskabet til genvindingsindustriens muligheder og metoder ved bortskaffelse af stålprodukter er for lidt udbredt.
- en dialog mellem produktudviklere, bortskaffere og oparbejdningsindustrien er nødvendig i fremtiden for at koordinere indsatsen.

*Generelt*

Det er ikke muligt at generalisere resultaterne for de brancher, der har deltaget i undersøgelsen, men selv med den spredning, der har været i anvendelserne, kan der findes en del fælles træk, uanset om man som konstruktør eller produktudvikler beskæftiger sig med frontpaneler til komfurer eller understel til offshore-anlæg.

Fælles for de konstruktionsfunktioner, der har været repræsenteret, har været, at man primært fokuserer på produkternes eller konstruktionernes traditionelle egenskaber repræsenteret ved:

- funktion
- udformning
- kvalitet
- levetid
- tilpasning til:
  - tekniske normer
  - nationale normer
  - markedssegmenter
- økonomi

mens overvejelser vedrørende, hvorledes produkterne efter endt anvendelse skal skaffes af vejen, kun indgår i meget begrænset omfang. En af årsagerne hertil er blandt andet, at tiden, fra produktet udvikles til det bortskaffes, er lang set i relation til de øvrige faser i livscyklus for stål.

Koblingen mellem produktionsfunktionen og konstruktionsfunktionen er meget stærkere på grund af

- den korte tidsmæssige afstand mellem disse aktiviteter.
- den ofte sammenfaldende adresse.
- de ofte sammenfaldende økonomiske og tekniske interesser.

Samme forhold gør sig i et vist omfang gældende for de tilbagemeldinger til konstruktionsfunktionen, som kommer fra markedet i form af ny krav, konkurrerende produkter, vigende salg etc.

De problemer, som skabes eller skal løses i genvindings- eller oparbejdningssituationen, har imidlertid ingen etableret forbindelse og ingen økonomiske eller tekniske relationer til de producerende virksomheder. Derfor indtager problemerne i disse faser en meget svag position set i forhold til konstruktionsfunktionens samlede grundlag for nyudvikling.

Flere af virksomhederne følger udviklingen omkring tilbagetagningspligt nøje, men afventer retningslinier eller lovgivning for, hvorledes fremtidens mere miljørigtige produkter skal udformes.

Undersøgelsen har dokumenteret, at stål som genbrugsmateriale karakteriseres ved:

- en overordentlig høj genanvendelighed
  - kan recirkuleres mange gange uden tab af egenskaber
  - god separérbarhed på grund af magnetiske egenskaber
- få teknologiske begrænsninger bortset fra en lille gruppe materialer, herunder Cu og Sn, som ved deres tilstedeværelse i skrot - og dermed i færdigt stål fremstillet af skrot - begrænser mulighederne for at genanvende stålet på grund af forringelsen af stålets egenskaber.
- mere miljørigtigt at genanvende frem for udvinding
  - lavere energiforbrug, ca. halvdelen af stål fremstillet af malm-baseret råvare.[1],[26]
  - lavere samlet miljøbelastning. [1],[26]

Som regel er det teknisk muligt at udvinde og genanvende stål fra tidligere konstruktioner, og materialet har kun en meget begrænset metallurgisk hukommelse. Materialet har på mange punkter helt ideelle egenskaber.

Problemerne er i højere grad de følger, der opstår i forbindelse med den måde, hvorpå produkterne er

- **konstrueret:**

- der er i høj grad behov for at opstille et beslutningsgrundlag til brug under udviklingen af et nyt produkt for derved at sikre, at det færdige produkt i højere grad er tilpasset miljø- og arbejdsmiljø i den resterende og kalendermæssigt set længste del af livscyklus.

- **produceret:**

- produkternes udformning, proces- og produktionsteknologi og økonomi er betingende for produktionen.

- **anvendt:**

- for en lang række konsum- og professionelle produkter gælder, at anvendelsen af disse i vid udstrækning er uden for kontrol. Konstruktørerne kan ganske vist foreskrive, hvorledes forsvarlig og korrekt brug af et produkt skal foregå, men der er ingen garanti mod misbrug.

- **bortskaffet:**

- en stor del af problemernes løsning er henlagt til genvindingsindustrien, andre mangler stadig at blive løst.

- **oparbejdet:**

- det er gennem en målrettet indsats muligt at komme langt med hensyn til den teknologiske håndtering af en lang række af de problemer, genanvendelsen af stål tegner sig for. Fælles for disse problemer er, at de alle kan henføres til tidligere stadier i ståls livscyklus specielt til konstruktions- og bortskaffelsesfaserne. I praksis kan stålværkerne altid blive bedre til at separere og håndtere farlige stoffer og metaller. Men endnu bedre ville det være, hvis det i stadigt mindre omfang var nødvendigt, hvis disse problemer blev løst, hvor det var mest hensigtsmæssigt.

### *Tilgængelighed*

Det handler i høj grad om tilgængelighed til de stålmængder, der indgår i produkterne, hvor især overfladebehandling og korrosionsbeskyttelse udgør et problem. Dette problem er måske ikke så stort i forbindelse med oparbejdningen, men genvindingsindustrien producerer store mængder affald, blandt andet indholdende rester af overfladebehandling. Andre problemer omkring anvendelse og mulighederne for genanvendelse af stål opstår typisk

gennem de produktsammenhænge, hvori stålet indgår, f.eks. kombinationer med andre materialer, overfladebehandling, manglende mulighed for demontage etc. samt de økonomiske og teknologiske forudsætninger for efterfølgende separation.

#### *Skrot- og stålpriser*

Stål- og genvindingsindustrien har igennem en længere periode været præget af, at priserne og dermed det økonomiske potentiale for stål på verdensplan i længere tid har befundet sig på et historisk lavt niveau, hvilket gør, at udvinding af stål fra skrot kun lige akkurat kan foregå med omkostningsdækning. Herved reduceres den direkte motivation til at foretage omkostningskrævende og langsigtede tiltag inden for området. Udviklingen på verdensplan, og specielt i Fjernøsten, peger dog i retning af gradvist stigende priser på stålskrot, der, såfremt de kan modsvares af stigninger i prisen på færdigstål, må forventes at have en gavnlig indflydelse.

#### *Livscyklus for stål*

Kun ved at anskue hele livscyklussen for stål og hvert eneste stadi i anvendelsen af stål kan der sikres en fornuftig, miljømæssigt forsvarlig og økonomisk rentabel måde at genanvende stål på.

Hvis udviklere og producenter af nye produkter sørger for at specificere bestanddelene i deres produkter samt foreskrive for forbrugere og genvindingsindustri, hvorledes disse efter endt brug skal behandles for at sikre en maksimal genanvendelse, vil det være muligt at nedbringe følgeforureningen bestående af tungmetaller og andre materialer.

Kun herved kan det sikres, at der til stadighed kan fremstilles kvalitetsstål af skrot med en stadigt faldende miljøbelastning, samtidigt med at genanvendelsesmulighederne for en stor del af de materialer, der ofte er en følge af anvendelsen af stål som konstruktionsmateriale, sikres. Dette vil bevirke en bedre udnyttelse af de sjældnere tungmetaller, idet det for flere af disse stoffer gælder, at man allerede har nået et kritisk niveau for de tilbageværende forekomster i naturen.

#### *Afslutning af livscyklus*

Livscyklus for stål og dermed den miljømæssige kæde afsluttes altid hos stålværket, hvor problemer, der ikke på anden vis er håndteret under et produkts livscyklus, uvægerligt vil ende.

Mængderne af tungmetaller, der skal håndteres hos Det Danske Stålvalseværk A/S, kan benyttes som en god indikator for, hvorledes omverdenen (ikke kun den danske del) tackler problemerne.

#### *Arbejds miljø*

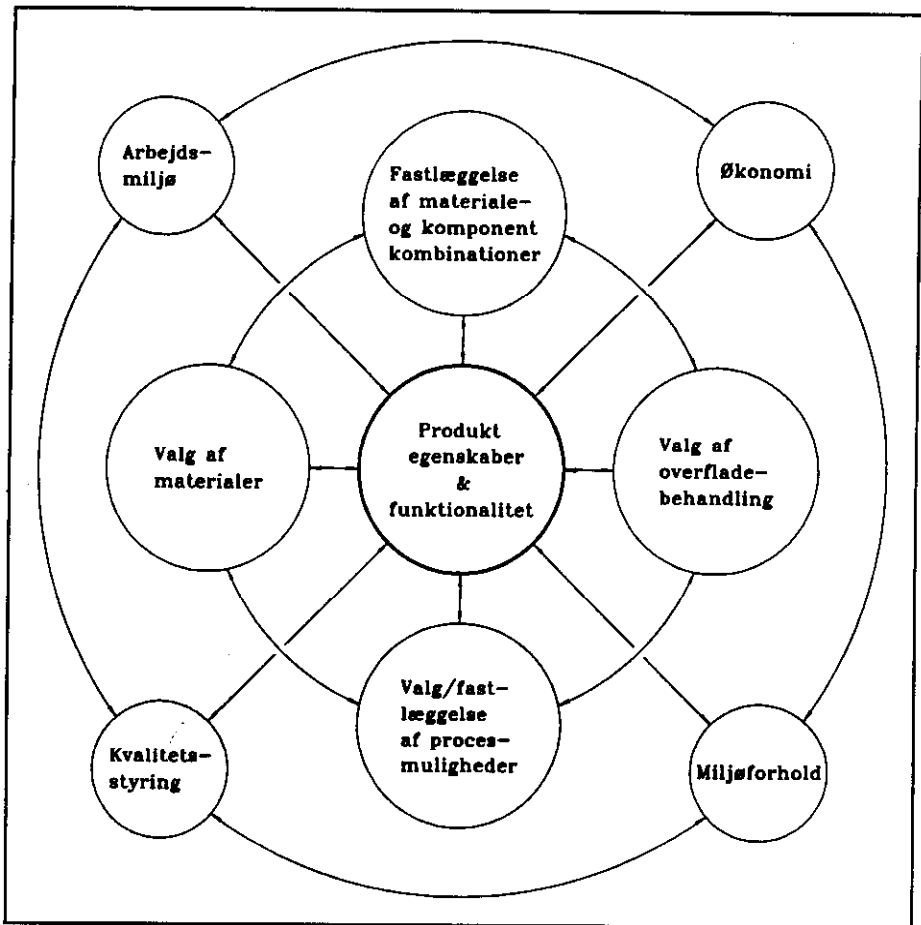
De arbejdsmiljømæssige forhold i forbindelse med produktion af produkterne varetages hovedsageligt af virksomhedernes produktionsfunktion, selvom det i høj grad er konstruktionsfunktionens dispositioner, der er bestemmende for materiale- og procesvalg. Produktion af dele hos underleverandør forventes at foregå under samme arbejdsmiljømæssige forhold som egen produktion. I sidste ende er det dog underleverandørens opgave at sikre dette. De arbejdsmiljømæssige aspekter ved brugen af produktet sikres i konstruktionsfunktionen gennem kendskab til og anvendelse af de regler, normer og standarder, der er gældende. Dette kan være stærkstrømsregulativer, regler for udformning og brug af arbejdsmaskiner, lovgivning omkring støjniveau med mere.

## 5. Retningslinier.

Den typiske valgsituation, som man som produktudvikler eller konstruktør af nye produkter kommer ud for, er illustreret ved nedenstående figur.

### *Produktegenskaber*

Hovedopgaven i en konstruktionssituation er at udforme komponenter, underfunktioner og standardkomponenter således, at de tilsammen giver det færdige produkt de ønskede overordnede egenskaber. Alle detaljer søges i konstruktionsprocessen rettet mod opfyldelse af de overordnede egenskaber.



**Figur 2.** Konstruktørens valgsituation.

På enkeltkomponentniveau tilgodeses de overordnede krav gennem detailudformningen af de dele, som indgår i produktet.

Under dette forløb gennemløbes normalt et antal trin, hvor de enkelte trin ofte behandles flere gange i et iterativt forløb med aktiviteterne:

- valg af materialer.
- valg af overfladebehandling.
- fastlæggelse af materiale og komponentkombinationer.
- implicit eller eksplicit fastlæggelse af fremstillingsprocesser.

Overskriften for alle disse valgsituationer er opfyldelsen af et sæt ønskede produktetegenskaber og funktionaliteter hos komponenten.

### *Begrænsninger*

De begrænsninger, der indgår i forløbet, er typisk:

- tidsforbrug
- økonomi
- kvalitetskrav
- arbejdsmiljøkrav
- etc.

der alle mere eller mindre tydeligt kan være formuleret som en politik for den pågældende virksomhed. Valgsituationen er derfor ikke et enkelt, fremadskridende forløb, hvor beslutningerne følger en naturlig rækkefølge, der successivt udelukker hverandre. Der er snarere tale om et iterativt forløb, der søger at optimere kombinationen af ønsker, krav og begrænsninger bedst muligt.

### *Eksempel*

Som en illustration kan gives et eksempel på udformningen af et maskinelement til en ikke nærmere bestemt konstruktion.

*1. Krav: Maskinelementet skal være i besiddelse af en vis styrke, samtidig med at prisen skal holdes på et acceptabelt lavt niveau. Samtidigt skal maskinelementet svare til det kvalitetsniveau, som virksomheden har defineret for sine produkter.*

*2. Valg: Maskinelementet udføres i lavtlegeret kulstofstål og dimensioneres herefter. Bearbejdningsprocesser fastlægges implicit som en naturlig følge af materialevalg og dimensionering.*

*3. Funktion: Materialevalg og udformning medfører, at maskinelementets vægt bliver for høj.*

*4. Valg: Stærkere og dermed højere legeret stål, dimensioner reduceres.*

*Bearbejdningsprocesser fastlægges implicit som en naturlig følge af materialevalg og dimensionering, men kan blive kritisk, hvis der er tale om et materiale, der er vanskeligere at bearbejde eller formgive.*

*5. Funktion: Styrke og vægt er nu opfyldt. Korrosion i det omgivende miljø er imidlertid nu kritisk, da materialeindholdet i komponenten er minimeret a.h.t. vægtkrav. Det kan være et problem at opfylde den ønskede levetid på maskinelementet.*

*6. Valg: Emnet overfladebehandles for at nedsætte risikoen for korrosion. Overfladebehandlingsprocesser fastlægges eksplicit som en naturlig følge af materialevalg og overfladebehandling.*

*Alternativer: Hele forløbet revurderes med hensyn til anvendelsen af alternative materialer, såsom aluminium (vægt, korrosion) eller rustfrit materiale (korrosion). Dette medfører højere materialepris i begge tilfælde, og materialevalget er måske kritisk i kombination med andre stålkomponenter.*

**7. Funktion:** Den samlede funktion revurderes ved gennemløb af ovenstående trin.

**8. Valg:** Efter passende antal iterationer fastlægges maskinelementets endelige udformning under hensyntagen til funktion, økonomi og andre krav.

Ovenstående beskriver et typisk forløb, som gennemløbes mere eller mindre:

- systematisk
- bevidst
- hurtigt

som en kombination af udviklerens viden og erfaring. Det er således en naturlig ting at lade beslutningsprocessen styre af et sæt kendte formulerede parametre. Samtidigt er det tydeligt, at hver eneste gang, der træffes valg vedrørende materialetype, overfladebehandling, kombinationer med andre materialer og de dermed resulterende valg af fremstillingsprocesser, vil der udløses et sæt miljømæssige konsekvenser, som skal beskrives i relation til ovenstående forløb.

### **5.1 Generelle retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål.**

Generelle retningslinier for et beslutningsforløb med en så iterativ karakter, som beskrevet i indledningen, vil koncentrere sig om et antal hovedproblemer i relation til stål, hvor hver af disse punkter skal vurderes enkeltvist og i indbyrdes relation.

Som anført i indledningen, vil retningslinierne tage udgangspunkt i konstruktionsfunktionens arbejdssituation.

#### *Generel retningslinie*

Den generelle retningslinie for konstruktionsfunktionen lyder således:

***Beskriv baggrunden og de overvejelser, der ligger til grund for produktets udformning set i relation til samtlige faser i livscyklus.***

Herunder beskrives:

- *materialer, der indgår i produktet.*
- *processer, der er benyttet ved fremstillingen.*
- *det færdige produkts egenskaber, når det forlader virksomheden.*
- *produktets forventede brugsegenskaber.*
- *produktets demontering efter endt brug og det forventelige resultat heraf.*
- *hvorledes de enkelte materialegrupper opnået ved demontagen skal oparbejdes efter dagens teknologi.*

- *de forventede miljø- og arbejdsmiljømæssige belastninger og konsekvenser for hver fase af produktets livscyklus.*
- **hvorfor netop dette produkt er udformet, som det er.**

Ovenstående forløb er kendetegnet ved en række specifikke valgsituationer som beskrives i de efterfølgende afsnit. Samtidig skal der henvises til indeks og stamlade for retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål i afsnit 5.2 og appendiks 7.1.

### *Stålanvendelse*

#### **5.1.1 Valg af stålmateriale.**

De generelle retningslinier ved valg af stålmateriale i en overvejende stålbaseret konstruktion er:

- vælg skrotbaserede stålqualiteter, hvor dette er foreneligt med de tekniske, økonomiske og sikkerhedsmæssige konstruktionskrav i øvrigt.
- vælg stål med så lavt indhold af legeringsmaterialer som muligt set i relation til anvendelsen.
- specificer altid ståltypen i henhold til norm for pågældende kategori.
- hvis anvendelsen kræver brug af højere legerede stålqualiteter, bør disse mærkes, således at disse kan identificeres. Materialets Werkstoff-nummer kan med fordel benyttes her, da anvendelsen heraf er velkendt inden for EU.

### *Kombinationer*

#### **5.1.2 Materialekombinationer.**

Hvis stål skal kombineres med andre materialer, bør man:

- vælge materialer, der er kompatible med stål i samtlige livscyklus-faser og som ikke begrænser stålets videre anvendelse. Jvnf. kap. 3.2.
- undgå materialer, der i genbrugssammenhæng er inkompatible med stål. Med inkompatibel menes her materialer, der, hvis de ender i smelten sammen med stålet, reducerer stålets egenskaber og dermed mulighederne for genanvendelse på maksimalt niveau.

### *Overflader*

#### **5.1.3 Overfladebehandling.**

Overfladebehandling af stål udgør et særligt afsnit i retningslinierne for miljørigtig anvendelse af stål, idet der her opstår en kompleks problemstilling med en afvejning af:

- materialevalg
  - hvilket materiale tilfredsstillter krav om styrke, levetid, overfladebehandling, arbejdsmiljøhensyn og økonomi?
- produktlevetid
  - hvilken levetid ønskes af det færdige produkt?

- produktudseende
  - overfladebehandles af kosmetiske årsager eller for at øge produktets samlede levetid?
  - kvalitetsindtryk?
- bortskaffelse
  - hvorledes skal det overfladebehandlede materiale bortskaffes ved endt brug, og hvilke konsekvenser har det for genanvendeligheden, miljø og arbejdsmiljø?
  - hvilke recirkuleringsmuligheder findes for stål og/eller overfladebehandling?
  - hvilke emissioner forekommer ved afrensning eller afbrænding af overfladebehandlingen?
  - hvilke affaldsmængder og -typer forekommer ved afrensning eller afbrænding af overfladebehandlingen.
- økonomi
  - hvilken kombination tilgodeser kravene til laveste kostpris?

Det bør ved valg af overfladebehandling tilstræbes, at denne

- kan afrenses ved skrotning
- er kompatibel med stålbasismaterialet
- kan afbrændes uden udvikling af miljøbelastende emissioner
- kan deponeres uden risiko for udvaskning

Endelig skal arbejdsmiljølovgivningens særlige bestemmelser om fx substitution, arbejde med kodenumererede produkter og foranstaltninger til forebyggelse af kræftisiko følges.

#### **5.1.4 Implicit og eksplicit valg af fremstillingsproces.**

Retningslinier for valg af produktionsprocesser befinder sig i grænseområdet mellem konstruktions- og produktionsfunktionen, hvor det endelige valg af fremstillingsmetode som regel sker ved produktionsforberedelsen og varetages af produktionsfunktionen i virksomheden. I mindre virksomheder er der ofte et personsammenfald mellem konstruktions- og produktionsfunktionerne, mens det i større virksomheder er almindeligt, at disse to funktioner varetages af forskellige medarbejdere. Procesvalget til fremstilling af en specifik komponent er ofte ikke entydigt fastlagt af konstruktionsfunktionen, men sker mere implicit ud fra komponentens overordnede type samt de funktionskrav, som stilles til den færdige komponent.

- Det bør i udformningen af nye produkter tilstræbes, at disse lader sig fremstille af processer med lav miljø- og arbejdsmiljø-mæssig belastning.

#### **5.1.5 Montage/demontage.**

Retningslinierne for montage og især mulighederne for demontage af

*Procesvalg*

*Tilgængelighed*

produkterne efter endt brug skal sikre:

- adgang til materialer
- høj grad af separation i materialegrupper
- muliggørelse af selektiv og specialiseret skrotning

Det er derfor vigtigt at anvise genvindingsindustrien:

- hvordan produkterne kan adskilles
  - ikke destruktivt
  - destruktivt
- brug af montage-metoder, der tillader senere demontage
- hvilke materiale- eller komponentfraktioner, der fremkommer ved selektiv skrotning.
- hvorledes arbejdet med demontage kan udføres sikkerheds- og sundhedsmæssigt forsvarligt.

### *Specifikationer*

#### **5.1.6 Specifikation.**

Specifikation af materialeanvendelsen bør som minimum indeholde en

- produktmiddelanalyse baseret på de benyttede materialers sammensætning.
- oplysning om den forventelige middelanalyse af de materialefraktioner, der er resultatet af skrotningen. (De fleste af disse oplysninger kan direkte uddrages af styklistedata for produktet i kombination med leverandør/indkøbsspecifikationer om materialerne).
- oplysninger om materialeudnyttelsen ved fremstilling af de enkelte komponenter og middelanalysen af produktionsskrottet.

### *Vejledninger*

#### **5.1.7 Betjeningsvejledning.**

Betjeningsvejledningen oplyser brugeren om korrekt anvendelse af produktet i relation til de afgrænsninger eller forudsætninger, som har ligget til grund for udviklingen.

Vejledningen er det mindste måde at sikre sig, at produktet

- får en lang levetid
- god driftsøkonomi
- kan anvendes sikkerheds- og sundhedsmæssigt forsvarligt
- eventuel lav miljøbelastning

men der er ingen sikkerhed for, at produktet benyttes som anvist i vejledningen.

Der bør derfor være et incitament til at følge betjeningsvejledningen i form af en beskrivelse af konsekvenserne ved fejlbetjening f.eks.:

- øgede driftsomkostninger
- øgede reparationsomkostninger
- kortere levetid
- lavere gensalgpris

Og endelig kan produkterne forsynes med en indbygget begrænsning af mulighederne for fejlbetjening.

## Skrotning

### 5.1.8 Skrotningsmetode.

Undersøg og beskriv de mest velegnede skrotningsmetoder for det aktuelle produkt i form af:

- virkningsgrad i form af:
  - materialegenvinding ved skrotningen:
    - typer
    - mængder
    - renhed
  - affaldsmængde:
    - sammensætning
    - mængde
    - bortskaffelse

De generelle retningslinier for anvendelsen af stål har alle til formål, at konstruktionsfunktionen og dermed virksomheden beskriver for sig selv og omverdenen, hvilke overvejelser man har gjort sig under udviklingen af det konkrete produkt i forbindelse med skrotningen.

Der er derfor ikke principiel forskel på de overvejelser, som man bør gøre sig alt afhængig af, om der er tale om seriefremstilling af konsumprodukter, specialmaskiner i enkelt styk eller skibs- eller off-shorekonstruktioner.

De væsentligste forskelle på disse konstruktionskategorier er:

- dokumentationsgraden
- materialemængder pr. enhed
- myndighedskrav

Konsumprodukter vil være veldokumenterede som følge af den produktoptimering, der er en naturlig del af udvikling og videreudvikling af denne kategori.

Specialmaskiner, som typisk er enkelt individer, vil altid være konstrueret med henblik på god sikkerhed for dimensionering og dermed sjældent optimeret med hensyn til materialemængder og kombinationer.

Skibs-, off-shore-, bro- og bygningskonstruktioner vil være veldokumenterede og ofte underlagt faste internationale regler for udformning, materialeanvendelse, dimensionering, materialekombinationer.

Der vil således være stor forskel på det basismateriale, man har til rådighed for at foretage de miljømæssige overvejelser omkring udviklingen af et nyt produkt.

## 5.2 Retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål.

Dette afsnit indeholde en række generelle og specifikke retningslinier organiseret som et antal stamdatakort for de overvejelser omkring anvendelsen af stål, som man bør foretage og så vidt muligt dokumentere i forbindelse med udviklingen af nye produkter.

De generelle retningslinier består af anvisninger, henvisninger og informationer, der beskriver forhold som kræver særlig opmærksomhed.

Data m.m. vedrørende miljørigtig anvendelse for stål skal være tilpasset konstruktørens arbejdssituation og være til rådighed som tilgængelig information på opslagsniveau på linie med andre materiale- og komponent specifikationer, således at disse kan indgå som en naturlig del af beslutningsgrundlaget, samt den efterfølgende specifikation af produktets egenskaber i drifts og bortskaffelses situationen.

### *Retningslinier*

Retningslinierne for konstruktører er organiseret på en sådan måde, at de relaterer sig til:

- arbejdssituationen for konstruktionsfunktionen, hvor man med udgangspunkt i krav til funktion vælger:
  - materiale.
  - overfladebehandling.
  - kombinationer med andre emner og komponenter.
  - og implicit eller eksplicit fastlægger processer og procesmuligheder.
- livsforløbet for stål anvendt i produktsammenhæng relateret til livsforløbsfaserne:
  - konstruktion
  - produktion
  - anvendelse
  - bortskaffelse
  - oparbejdning

og opbygget på en sådan måde, at der tages udgangspunkt i:

- en konkret konstateret problemstilling. [20]
- eventuelt et heraf resulterende behov.

### Retningslinierne

- argumenterer for, hvorfor det vil være hensigtsmæssigt at følge dem, og sluttelig underbygges retningslinierne med forslag til, hvorledes man kan uddybe beskrivelsen af de miljømæssige konsekvenser.
- med tilhørende indeks kan benyttes som første trin i en implementering af ønsket om at opnå en mere miljørigtig anvendelse af stål i fremtidige konstruktioner.

- indeholder samme grundlæggende information, som er behandlet i håndbogen; men kan derudover anvendes som grundlag for strukturering og opbygning af et virksomheds- og produktspecifikt kartotek eller database, der siden udvides gennem tilføjelse af data, viden, erfaringer og metodehenvisninger, specifikke for den enkelte virksomhed.
- er i den aktuelle situation indført i et free-text databaseværktøj. Dette tillader nem registrering, indledende sortering og søgning, samt efterfølgende behandling med standard PC-programmer til database og regneark. Der er således mange muligheder for at opbygge et eget system tilpasset virksomhedens informationsteknologiske metodegrundlag.

Oplysningerne er indført på et antal stamdatakort fortløbende nummereret. I de næste to afsnit findes et indeks, der illustrerer en mulig struktur, der kan anvendes ved en hurtig søgning af denne information. Det er ikke tanken, at disse stamdatakort skal læses i sammenhæng.

#### **5.2.1 Situations- og livsforløbsopdelt indeks til retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål.**

Indekset er bygget op med udgangspunkt i den konkrete valgsituation, og stamkortene er sorteret efter livsforløbsfaser, se figur 4. Hvert afsnit af indeks indeholder således det udsnit af stamdatakortene, som er relevante for den konkrete anvendelsessituation. Af samme årsag vil der forekomme sammenfald, idet forskellig indgange til mængden af stamdatakort kan udløse samme information.

I appendiks 7.1 findes et antal stamdatablade, som beskriver retningslinier for miljørigtig anvendelse af stål med udgangspunkt i en konkret problemstilling.

**Situations- og livscyklusopdelte indeks til retningslinier for:  
Miljørigtig anvendelse af stål.**

<i>Situation og livsforløbs-fase</i>	<i>Tema</i>	<i>Emne</i>	<i>Indeks</i>
<b>Materialevalg:</b>			
<b>Konstruktion</b>	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Livscyklusforhold for stålmaterialer.</i>	<i>001</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Systematisk recirkulering af stål.</i>	<i>003</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Konkurrencemæssige aspekter.</i>	<i>004</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Udvikling af bortskaffelsesegneede produkter.</i>	<i>005</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Miljømetodegrundlag eksisterer ikke.</i>	<i>007</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Generelle retningslinier.</i>	<i>008</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Generelle retningslinier/eksempel.</i>	<i>009</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Metodegrundlag.</i>	<i>010</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Standardisering inden for miljøområdet.</i>	<i>011</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Datagrundlag og metoder inden for miljøområdet.</i>	<i>012</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/store stålkonstruktioner.</i>	<i>050</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/maskinkomponenter.</i>	<i>051</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/tyndpladekonstruktioner.</i>	<i>052</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/værktøjer.</i>	<i>053</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/maskinkonstruktioner.</i>	<i>054</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/skrotbaseret stål.</i>	<i>055</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/bygningsdele.</i>	<i>056</i>
<b>Produktion</b>	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Valg af proces- og produktionsmetoder.</i>	<i>013</i>
	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Olieforurenet produktionsskrot.</i>	<i>014</i>
	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Spild og kassation.</i>	<i>015</i>
	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Materialeudnyttelsen.</i>	<i>016</i>
<b>Anvendelse</b>	<i>Driftsbetingelser</i>	<i>Produkternes driftsbetingelser er som regel ikke kendte.</i>	<i>017</i>
	<i>Driftsbetingelser</i>	<i>Anvendelsesfasens varighed.</i>	<i>021</i>
<b>Bortskaffelse</b>	<i>Materialetilgængelighed</i>	<i>Genvindingsegnethed.</i>	<i>027</i>
<b>Oparbejdning</b>	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Problemer ved oparbejdning af stålskrot til færdigvare.</i>	<i>029</i>
	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Tungmetaller og andre stoffer i stål og stålskrot.</i>	<i>030</i>
	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Definition/skrot og stålanalyser.</i>	<i>031</i>
	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Ti, Nb, Mo, Sb og As.</i>	<i>032</i>
	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Cr-Ni stål.</i>	<i>037</i>
<b>Materialekombination:</b>			
<b>Konstruktion</b>	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Livscyklusforhold for stålmaterialer.</i>	<i>001</i>

	Konstruktionsfunktionen	Montage/demontage/separerbarhed/materialeadgang.	002
	Konstruktionsfunktionen	Systematisk recirkulering af stål.	003
	Konstruktionsfunktionen	Konkurrencemæssige aspekter.	004
	Konstruktionsfunktionen	Udvikling af bortskaffelseegnede produkter.	005
	Konstruktionsfunktionen	Miljømetodegrundlag eksisterer ikke.	007
	Konstruktionsfunktionen	Generelle retningslinier.	008
	Konstruktionsfunktionen	Generelle retningslinier/eksempel.	009
	Konstruktionsfunktionen	Metodegrundlag.	010
	Konstruktionsfunktionen	Standardisering inden for miljøområdet.	011
	Konstruktionsfunktionen	Datagrundlag og metoder inden for miljøområdet.	012
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/store stålkonstruktioner.	050
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/maskinkomponenter.	051
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/tyndpladekonstruktioner.	052
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/værktøjer.	053
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/maskinkonstruktioner.	054
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/skrotbaseret stål.	055
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/bygningsdele.	056
<b>Anvendelse</b>	Driftsbetingelser	Produkternes driftsbetingelser er som regel ikke kendte.	017
	Driftsbetingelser	Anvendelsesfasens varighed.	021
<b>Bortskaffelse</b>	Materialetilgængelighed	-	022
	Materialetilgængelighed	Skjult stålindhold.	023
	Materialetilgængelighed	Komposite konstruktioner.	025
	Materialetilgængelighed	Destruktiv håndtering.	026
	Materialetilgængelighed	Genvindingsegnethed.	027
	Materialetilgængelighed	Genvindingsindustrien/metoder.	028
	Materialetilgængelighed	-	048
<b>Oparbejdning</b>	Ikke-jernmetaller	Problemer ved oparbejdning af stålskrot til færdigvare.	029
	Ikke-jernmetaller	Tungmetaller og andre stoffer i stål og stålskrot.	030
	Ikke-jernmetaller	Ti, Nb, Mo, Sb og As.	032
	Ikke-jernmetaller	Cu-, Sn- og Zn-legeringer.	033
	Ikke-jernmetaller	Cu.	034
	Ikke-jernmetaller	Sn.	035
	Ikke-jernmetaller	Cr-Ni stål.	037
	ikke-jernmetaller	Zn.	038
	Ikke-jernmetaller	Pb, Cd og Hg.	039
	Ikke-jernmetaller	Al.	049
<b>Materiale overfladebehandling:</b>			
<b>Konstruktion</b>	Konstruktionsfunktionen	Livscyklusforhold for stålmaterialer.	001
	Konstruktionsfunktionen	Systematisk recirkulering af stål.	003

	Konstruktionsfunktionen	Konkurrencemæssige aspekter.	004
	Konstruktionsfunktionen	Udvikling af bortskaffelseseggede produkter.	005
	Konstruktionsfunktionen	Miljø metodegrundlag eksisterer ikke.	007
	Konstruktionsfunktionen	Generelle retningslinier.	008
	Konstruktionsfunktionen	Generelle retningslinier/eksempel.	009
	Konstruktionsfunktionen	Metodegrundlag.	010
	Konstruktionsfunktionen	Standardisering inden for miljøområdet.	011
	Konstruktionsfunktionen	Datagrundlag og metoder inden for miljøområdet.	012
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/store stålkonstruktioner.	050
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/maskinkomponenter.	051
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/tyndpladekonstruktioner.	052
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/værktøjer.	053
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/maskinkonstruktioner.	054
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/skrotbaseret stål.	055
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/bygningsdele.	056
<b>Bortskaffelse</b>	Overfladebehandling	Metallisk.	024
	Overfladebehandling	Generel problemstilling.	044
	Overfladebehandling	Plastbaseret.	045
	Overfladebehandling	Shopprimere.	046
	Overfladebehandling	Keramik og glas.	047
<b>Oparbejdning</b>	Ikke-jernmetaller	Problemer ved oparbejdning af stålskrot til færdigvare.	029
	Ikke-jernmetaller	Tungmetaller og andre stoffer i stål og stålskrot.	030
	Ikke-jernmetaller	Cu-, Sn- og Zn-legeringer.	033
	Ikke-jernmetaller	Cu.	034
	Ikke-jernmetaller	Sn.	035
	Ikke-jernmetaller	Zn.	038
	Ikke-jernmetaller	Al.	049
<b>Produktionsprocesser:</b>			
<b>Konstruktion</b>	Konstruktionsfunktionen	Livscyklusforhold for stålmaterialer.	001
	Konstruktionsfunktionen	Systematisk recirkulering af stål.	003
	Konstruktionsfunktionen	Konkurrencemæssige aspekter.	004
	Konstruktionsfunktionen	Udvikling af bortskaffelseseggede produkter.	005
	Konstruktionsfunktionen	Miljø metodegrundlag eksisterer ikke.	007
	Konstruktionsfunktionen	Generelle retningslinier.	008
	Konstruktionsfunktionen	Generelle retningslinier/eksempel.	009
	Konstruktionsfunktionen	Metodegrundlag.	010
	Konstruktionsfunktionen	Standardisering inden for miljøområdet.	011
	Konstruktionsfunktionen	Datagrundlag og metoder inden for miljøområdet.	012
	Typiske ståltyper	Stålanvendelser/store stålkonstruktioner.	050

	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/maskinkomponenter.</i>	<i>051</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/tyndpladekonstruktioner.</i>	<i>052</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/værktøjer.</i>	<i>053</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/maskinkonstruktioner.</i>	<i>054</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/skrotbaseret stål.</i>	<i>055</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/bygningsdele.</i>	<i>056</i>
<b>Produktion</b>	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Valg af proces- og produktionsmetoder.</i>	<i>013</i>
	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Olieforurenet produktions-skrot.</i>	<i>014</i>
	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Spild og kassation.</i>	<i>015</i>
	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Materialeudnyttelsen.</i>	<i>016</i>
<b>Generel information:</b>			
<b>Planlæg og styr</b>	<i>Generel information</i>	<i>Kompleks problemstilling.</i>	<i>006</i>
	<i>Generel information</i>	<i>Forbrug af metaller.</i>	<i>040</i>
	<i>Generel information</i>	<i>Følgeproblemer til genanvendelsen af stålet.</i>	<i>041</i>
	<i>Generel information</i>	<i>Indsatsområder.</i>	<i>042</i>
<b>Konstruktion</b>	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Livscyklusforhold for stålmaterialer.</i>	<i>001</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Systematisk recirkulering af stål.</i>	<i>003</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Konkurrencemæssige aspekter.</i>	<i>004</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Udvikling af hørtskaffelsesegne- de produkter.</i>	<i>005</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Miljø metodegrundlag eksisterer ikke.</i>	<i>007</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Generelle retningslinier.</i>	<i>008</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Generelle retningslinier/eksempel.</i>	<i>009</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Metodegrundlag.</i>	<i>010</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Standardisering inden for miljøområdet.</i>	<i>011</i>
	<i>Konstruktionsfunktionen</i>	<i>Datagrundlag og metoder inden for miljøområdet.</i>	<i>012</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/store stålkonstruktioner.</i>	<i>050</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/maskinkomponenter.</i>	<i>051</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/tyndpladekonstruktioner.</i>	<i>052</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/værktøjer.</i>	<i>053</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/maskinkonstruktioner.</i>	<i>054</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/skrotbaseret stål.</i>	<i>055</i>
	<i>Typiske ståltyper</i>	<i>Stålanvendelser/bygningsdele.</i>	<i>056</i>
<b>Produktion</b>	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Valg af proces- og produktionsmetoder.</i>	<i>013</i>
	<i>Materialeanvendelse</i>	<i>Materialeudnyttelsen.</i>	<i>016</i>
<b>Anvendelse</b>	<i>Driftsbetingelser</i>	<i>Produkternes driftsbetingelser er som regel ikke kendte.</i>	<i>017</i>
	<i>Driftsbetingelser</i>	<i>Udformning af vejledning for brugerne.</i>	<i>018</i>
	<i>Driftsbetingelser</i>	<i>Konsumenterne.</i>	<i>020</i>
	<i>Driftsbetingelser</i>	<i>Anvendelsesfasens varighed.</i>	<i>021</i>

<b>Bortskaffelse</b>	<i>Materialetilgængelighed</i>	-	022
	<i>Materialetilgængelighed</i>	<i>Destruktiv håndtering.</i>	026
	<i>Materialetilgængelighed</i>	<i>Genvindingsegnethed.</i>	027
	<i>Materialetilgængelighed</i>	<i>Genvindingsindustrien/metoder.</i>	028
	<i>Generel information</i>	<i>Bortskaffelsesteknologier - generel information.</i>	043
	<i>Overfladebehandling</i>	<i>Generel problemstilling.</i>	044
	<i>Materialetilgængelighed</i>	-	048
<b>Oparbejdning</b>	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Problemer ved oparbejdning af stålskrot til færdigvare.</i>	029
	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Tungmetaller og andre stoffer i stål og stålskrot.</i>	030
	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Definition/skrot og stålanalyser.</i>	031
	<i>Ikke-jernmetaller</i>	<i>Cu-, Sn- og Zn-legeringer.</i>	033

## 6. Referencer.

### 6.1 Referenceliste.

Referencelisten for projektet er opdateret løbende. Nedenstående er listen for projektets fase 2, fase 3 og fase 4.

- [1] **Keldgård, Karl.** Arbejdsrapport nr. 10 fra Miljøstyrelsen, 1991. Livscyklusanalyse af stål i forskellige anvendelsessituationer.
- [2] **Sejr, Kim.** Erhvervs Bladet, 11. december 1992, p 13. Danske støberier presset af hårde miljøkrav.
- [3] **SAFT 1992** Sugepæle under platformene.
- [4] **Bøving, Hans, Otkjær, Tage.** Børsens Nyhedsmagasin, nr. 20, 4. december 1992, p 10. Nordsøen støvsuges.
- [5] **Günnewig, H., Ullrich, W.** Stahl und Eisen, 14. september 1990, p 96. Rückgewinnung von eisenhaltigen Wertstoffen aus Altautos.
- [6] **Voy, C., Zieringer, P.** Stahl und Eisen, 14. september 1990, p 95. Automobil-Recycling: Zukunftsproblem und Zukunftchance.
- [7] **Mast, P.** Stahl und Eisen, 14. september 1990, p 100. Entsorgung von Altautos - Entwicklungskonzept eines umfassenden Lösungskonzeptes.
- [8] **Fonstein, N. M. et al.** Stahl und Eisen, 14. september 1990, p 101. Ultrahochfeste kaltgewalzte Blechstähle für die Automobilindustrie.
- [9] **Field, F. R., Clark, J. P.** Materials and Society, vol. 15, no. 2 1991, p 109-147. The recycling dilemma for advanced materials use: Automobile materials substitution.
- [10] **Udén, D.** Reforsk rapport, Högskolan i Luleå, avd. för Restproduktteknik, september 1986. Åttervinningsmuligheter för finkornigt skrot.
- [11] **Attar, K. M. et al.** Waste Management, vol. 11, 1991, p 283-286. Trace elements in the leachate of automobile-scrap shredder waste.

- [12] AGF forskningsthemen, nr. 5, 1992.  
Abfall und Umwelt.
- [13] Klöckner werke AG, 1977.  
Vom Erz zum Klöckner-Stahl.
- [14] **Kozmiensky, T.** E. Freitag, Verlag für Umwelttechnik, 1983.  
Materialrecycling durch Abfallaufbereitung: Aggregate und Systeme zur  
- Abfallsortierung  
- Produktverwertung  
- Verfahrensauswahl
- [15] **Diaz, L. F.** CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, US.  
Resource recovery from municipal solid wastes,  
Vol. 1, Primary processing.
- [16] **Henstock, M. E.** The Institute of Metals for The Materials  
Forum, 1985.  
Design for recyclability.
- [17] **Hütte Bremen.** Ökobilanz udarbejdet af Stahlwerk Klöckner i  
perioden 1991 - 92.  
Internt dokument, præsenteret ved møde hos Brd.  
Gram, Vojens.
- [18] **Det Danske  
Stålvalseværk.** Det grønne regnskab for 1991.  
Det grønne regnskab for 1992.
- [19] **Danmarks  
Statistik.** Statistisk Årbog for 1991.
- [20] **Gregersen, J. C.  
Müller, M.** Livscyklusanalyse for stål i forskellige  
anvendelsessituationer:  
  
Statusrapport for fase 2: Analyse af 5 konkrete anvendelseseksempler.  
  
Statusrapport for fase 3: Identifikation af problemområder.  
  
Statusrapport for fase 4: Opstilling af vejledning i retningslinier for livscykluskonstruktion.  
  
Instituttet for Produktudvikling, 1992 - 1994.
- [21] **Jensen, A. H.  
Winge, U.  
Broberg, O.** Vejledning til forskere, udviklere og  
konstruktører i miljø- og arbejdsmiljø-  
venligt materialevalg.  
  
Instituttet for Produktudvikling, Laboratoriet for  
Økologi og Miljølære, 1991.

- [22] **Jensen, A. H.  
Broberg, O.  
Winge, U.** Miljø- og arbejdsmiljøvurdering af materialer i deres livscyklus.  
Institutet for Produktudvikling, Laboratoriet for Økologi og Miljølære, 1991.
- [23] **Wranglén, G.** Metallers korrosion och ytskydd.  
Almqvist & Wiksell, Stockholm, 1967.
- [24] **Wenzel, H.,  
Hauschild, M.** Miljøanalyse i produktudviklingen.  
Grundlaget for miljømæssig fokusering, målsætning og valg af designstrategi.  
Institutet for Produktudvikling, DTH, Oktober 1993, 1. udkast.
- [25] **Rasmussen, E.** Arbejdsmiljø som vurderingskriterium i LCA, UMIP F2.  
Institutet for Produktudvikling, DTH, Januar 1994, revision 1, foreløbig udgave.
- [26] UMIP's enhedsprocesser, 1993.  
Institutet for Produktudvikling, DTU.
- [27] **Diverse statistiske  
oplysninger** **Oversigt over statistisk materiale vedr. stål.**  
**Eurostat** er EU's statistiske kontor. Eurostat udgiver mange forskellige statistikker blandt andet om stål anvendelser, fremstilling og forbrug.
- 1. Eurostat/jern og stål, årlig statistik, 1992.**  
Statistik over jern- og stålprodukters produktionsmetoder, hvor mange elektroovne, hvor store osv. Hvor meget bliver støbt og smedet, koldtformet osv. i de forskellige lande. Primært EU.
- 2. Eurostat/Steel consumption by user branch/1970 - 1990.**  
Forbrug af stål i EU. Statistikken over forbrug af stål i EU og forbrug af de enkelte stålvarer såsom stålplader under og over 3 mm, sømløse rør, forbrug af støbt og smedet, forbrug af trukket stålwire. Viser forbrug af stål til de enkelte varegrupper; hvad der bliver brugt af f.eks. plader og tråd til dåser og æsker, tønder, kedler osv.

### **3. Eurostat/Glosarium/Jern og stål.**

Forklarende bemærkninger til Eurostat's statistiske månedsbulletiner over stålsituationen på EU's marked.

### **4. Eurostat/Forklarende bemærkninger/-Jern og stål.**

Forklarende bemærkninger til statistikken Jern og stål, årlig statistik. Forklarer begreber som produktionsgrundlag, produktionsstatistikker, statistikker over stålforbrug, opgørelse over råstål osv.

**Danmarks Statistik** udgiver et stort antal publikationer med oplysninger om stål og stålforbrug, herunder varestatistik for industri og udenrigshandelen fordelt på varer og lande.

#### **1. Varestatistik for industri/Serie D/ Danmarks Statistik.**

Metaller, metalvarer, maskiner, apparater og instrumenter, samt transportmidler. Indeholder, hvad der er solgt af produkter i ovennævnte kategorier i stk. eller ton + omsætningen. F.eks. elektromotorer, bagerimaskiner, vindmøller, batterier o.s.v.

#### **2. Udenrigshandelen fordelt på varer og lande/Danmarks Statistik/januar - december 1992.**

Meget detaljeret opgørelse over alt, hvad der importeres og eksporteres.

FN udgiver flere statistiske værker om stål og stålforbrug og bevægelser og udviklinger på stålmarkedet.

#### **1. Annual Bulletin of Steel Statistics for Europe/1991.**

Formålet med Annual Bulletin of Steel Statistics for Europe er at give basisdata på udviklingen af stålproduktion og handel med stål, forbrug og handel med råmaterialer, bevægelser på skrotmarkedet, forbrug af energi i stålindustrien og stålforbrugende industrier i Europa, Canada, USA og Japan.

## 2. **Statistics of World Trade in Steel/1988.**

Formålet med *Statistics of World Trade in Steel* er at give basisdata på eksporten af halvfabrikata og færdige stålprodukter fra europæiske og andre stål eksporterende lande i verden.

**World Bureau of Metal Statistics** er en interesseorganisation med 17 medlemmer. Udgiver blandt andet **World Metal Statistics Year Book**.

1. **World Metal Statistics Yearbook/1992** indeholder information om produktion, forbrug, lager og handel med ikke-jernholdige metaller.

### [27] **Bekendtgørelser fra arbejdstilsynet**

#### **Oversigt over relevante bekendtgørelser fra arbejdstilsynet inden for arbejdsmiljølovgivningen.**

1. Bekendtgørelse nr. 300 af 12. maj 1993.  
  
Bekendtgørelse om foranstaltninger til forebyggelse af kræftisikoen ved arbejde med stoffer og materialer m.v.
2. Bekendtgørelse nr. 302 af 13. maj 1993.  
  
Bekendtgørelse om arbejde med kodenumererede produkter.
3. Bekendtgørelse nr. 501 af 5. oktober 1978.  
  
Bekendtgørelse om projekterendes og rådgiveres pligter m.v. efter lov om arbejdsmiljø.
4. Bekendtgørelse nr. 562 af 16. december 1985.  
  
Bekendtgørelse om arbejde med metallisk bly og dets ionforbindelser.
5. Bekendtgørelse nr. 1109 af 15. december 1992.  
  
Bekendtgørelse om anvendelse af tekniske hjælpemidler.

6. Bekendtgørelse nr. 1182 af 18. december 1992.  
Bekendtgørelse om arbejdets udførelse.

## 6.2 Videncentre.

Nedenstående findes en liste over en række videncentre inden for miljøområdet. Listen giver ikke udtryk af at være fuldstændig; men kan tjene som en vejviser under en indledende undersøgelse.

1. IPU, Inst. for Produktudvikling: Livscykluscenteret
2. DTU, Danmarks Tekniske Universitet: Tværfagligt center.
3. DTI, Dansk Teknologisk Institut: Miljøafdeling.
3. dk-TEKNIK.
4. VKI, Vand Kvalitets Instituttet.
5. I. Krüger A/S.
6. Rendan.
7. COWI.
8. Rambøll, Hannemann og Højlund.

# 7. Appendiks.

Appendiks indeholder følgende hovedafsnit med tilhørende underafsnit.

## **7.1 Retningslinieindeks.**

## **7.2 Stålfremstilling på Det Danske Stålvalseværk A/S**

7.2.1 Stålproduktion/stålprodukter.

7.2.2 Stålfremstilling på DDS.

7.2.3 Andre stålmaterialer.

## **7.3 Bortskaffelsessystemer.**

7.3.1 Bearbejdning af stålskrot til sekundær råvare.

7.3.2 Skrotbearbejdningsudstyr.

7.3.3 Overfladebelægninger.

7.3.4 Shredderen.

## **7.1 Retningslinieindeks.**

## 001: Konstruktionsfunktionen:

### Livscyklusforhold for stålmaterialer.

#### Behov:

1. Der er behov for, at den enkelte virksomhed eller branche tager stilling til problemstillingen både generelt og specifikt i relation til stål og skaber et operationelt indhold, som er anvendeligt i den fremtidige konstruktionsituation ved at:
  - udarbejde en politik og en overordnet handlingsplan for området.
  - etablere de nødvendige rammer.
  - skaffe sig de nødvendige værktøjer for, at et produkts miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber kan dokumenteres i relation til livscyklus.
  - integrere miljøvurderinger og -dokumentation i udviklingsforløbet.

#### Retningslinier:

1. Opbyg et videngrundlag i virksomheden omkring miljørigtig konstruktion med stål på samme måde, som det kendes fra standardiseringsarbejde med videre.
2. Opsøg eksisterende information omkring dokumentation af et produkts miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber.
3. Forbered virksomhedens dokumentationssystem til at kunne give mere detaljerede oplysninger omkring produkterne i form af:

#### Opsummering af data om:

- materialetyper
  - materialemængder
  - materialekombinationer
  - overfladebehandling
  - montagebeskrivelser
  - driftdata
  - etc.
4. Indarbejd miljøvurderinger i virksomhedens beslutningsforløb omkring produktudviklingen, også selv om metode- og data-grundlaget ikke er komplet.

5. Opstil en operationel virksomhedspolitik (holdning) på området.

#### Forslag til metode:

1. Konstruktionsfunktionen skal uddannes inden for området.
2. Konstruktionsfunktionen skal holde sig à jour på området gennem deltagelse i kurser, workshops og samarbejdsprojekter inden for området.
3. Konstruktionsfunktionen skal gennem anvendelse og den indledende vurdering af produkternes miljømæssige konsekvenser blive fortrolig med termer og fremgangsmåder og derved opbygge de virksomhedsspecifikke retningslinier på linie med en lang række andre aktiviteter, der allerede indgår i funktionens videngrundlag.

**002: Konstruktionsfunktionen:****Montage/demontage/separerbarhed/materialeadgang.****Behov:**

1. Der er behov for bedre identifikation og specifikation af de materialer, der indgår i produkterne for derved at muliggøre en systematisk skrotning, der tilgodeser miljøet gennem en høj genanvendelse samt de arbejdsmiljømæssige aspekter gennem detailkendskab til de benyttede materialer og stoffer.

**Retningslinier:**

1. Udarbejd en egentlig produktdeklaration for produktet, der fortæller, hvilke materialetyper der indgår og i hvilke mængder.
2. Anvis, hvorledes produktet skal separeres for at opnå adgang til de enkelte materialegrupper.
3. Specificer det realistisk opnåelige resultat ved nedbrydning af produktet i hovedfunktions- eller materialegrupper.

**Forslag til metode:**

1. Der henvises til app. 8.1 Hjælpeметoder til miljøvurdering.

**003: Konstruktionsfunktionen:****Systematisk recirkulering af stål.****Behov:**

1. De produktudviklende virksomheder og genvindingsindustrien har behov for øget gensidig indsigt i hverandres verden.

**Retningslinie:**

1. Foretag en vurdering af nye produkter og produkter under udvikling i relation til den senere bortskaffelse. Vurderingen kan ske både ud fra dagens teknologi; men bør indeholde retningslinier for, hvilke hovedmaterialegrupper produktet kan nedbrydes i gennem demontage.

**Forslag til metode:**

1. Førstegangs udførelse af en produktvurdering kan med fordel foretages i samarbejde med et af videntrenerne inden for miljøområdet.
2. Produktvurderingens resultater kan efter behov koordineres med udvalgte repræsentanter fra genvindingsindustrien.

#### **004: Konstruktionsfunktionen:**

##### **Konkurrencemæssige aspekter.**

##### **Behov:**

1. Der er behov for en standardisering af de målemetoder, der benyttes til at dokumentere et givet produkts miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber, således at produkter inden for samme kategori umiddelbart lader sig sammenligne.

##### **Retningslinie:**

1. Miljøspecifikationer bør i det omfang, det er muligt, allerede nu indgå i produkternes tekniske data på linie med disse.

##### **Forslag til metode:**

1. Første trin i opstillingen af en miljøspecifikation består i en opgørelse over de materialer, typer og mængder, der er medgået til produktet. Denne information kan i de fleste tilfælde trækkes direkte fra produkternes styklister både som indkøbte mængder og slutmængderne i det færdige produkt.
2. Opgørelsen er første trin i udarbejdelsen af en miljøprofil for produktet og vil sammen med kendskabet til fremstillingsprocesser og materialeegenskaber kunne udbygges til en detaljeret miljøspecifikation.

#### **005: Konstruktionsfunktionen:**

##### **Udvikling af bortskaffelsesegne produkter.**

##### **Behov:**

1. Der er behov for en revideret opfattelse af konstruktionsfunktionens arbejdsfelt omfattende nye synspunkter på, hvorledes livscyklusbetragtninger vedrørende anvendelsen af stål i kombination med andre materialer kan indgå i udviklingen af fremtidens produkter.

##### **Retningslinie:**

1. Sammen med udarbejdelsen af den traditionelle (velkendte) produktdokumentation udarbejdes en demontagevejledning, der skal sikre, at produktet skal kunne skilles ad, og at de enkelte materialegrupper, der oprindeligt indgik i produktet, kan identificeres og separeres. Nedbrydningsforeskriften kan ses som en konsekvens af en eventuel tilbagetagningspligt, der medfører, at producenterne i fremtiden kan påregne at skulle modtage egne produkter retur efter endt anvendelse.
2. Som en naturlig udbygning af mærkningen af materialetyper forsynes produkterne med en nedbrydningsforeskrift eller henvisning til samme, der medleveres med produktet og følger dette frem til bortskaffelsen.
3. Producenterne af apparater og produkter skal foreskrive realistiske og gennemførlige procedurer, der skal benyttes ved demontagen af deres produkter inden forarbejdningen i et skrotbehandlingsanlæg.
4. De opstillede procedurer skal kunne foretages under arbejdsmiljømæssigt betryggende forhold.

##### **Forslag til metode:**

1. Udarbejd en opgørelse over de materialer, typer og mængder, der er medgået til produktet.

Denne information kan i de fleste tilfælde trækkes direkte fra produkternes styklister både som indkøbte mængder og slutmængderne i det færdige produkt.

2. Udarbejd en anvendelig metode til demontage.
3. Beskriv det forventede resultat af demontagen
4. Afprøv den beskrevne fremgangsmåde.

#### **006: Generel information:**

##### **Kompleks problemstilling.**

##### **Behov:**

1. Der er behov for en revideret holdning til problemstillingen omkring ståls livscyklus.

##### **Retningslinje:**

1. Stålprodukter skal i højere grad, end det er tilfældet i dag, konstrueres med henblik på at sikre at de indgåede materialer, og specielt stålet, skal kunne genanvendes på så højt et niveau som muligt.
2. Konstruktører, producenter, brugere, ophuggere og oparbejdere skal gennem en direkte dialog og samarbejde sikre, at materialerne, der benyttes i produkterne, er til låns i anvendelsesperioden, men derefter skal kunne returneres til en tilstand, der er så tæt på den originale som muligt.
3. Det skal sikres, at der i højere grad end det er tilfældet nu, anvendes materialekombinationer, der er kompatible gennem hele livscyklens.

##### **Forslag til metode:**

### **007: Konstruktionsfunktionen:**

**Miljømetodegrundlag eksisterer ikke.**

#### **Behov:**

1. Der er behov for et operationelt grundlag og en systematisk fremgangsmåde, der i højere grad end generelle og mindre præcise regler vil være målsætningen for opstillingen af retningslinier, der beskriver, hvorledes man mest miljørigtigt benytter stål til konstruktioner.
2. Der er behov for, at virksomhederne bør undersøge, hvorledes de langsigtede miljø- og arbejdsmiljømæssige aspekter ved produkterne set i relation til hele livscyklen fremover skal håndteres.

#### **Retningslinie:**

1. Søg information om de miljø- og arbejdsmiljømæssige tiltag, der er specifikke for branchen.
2. Beskriv, hvorledes beskrivelsen og vurderingen af produkternes miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber indgår i udviklingsforløbet

#### **Forslag til metode:**

### **008: Konstruktionsfunktionen:**

**Generelle retningslinier.**

#### **Behov:**

1. Der er derfor behov for en metodisk fremgangsmåde, der sikrer, at man kan få et samlet overblik over, hvorvidt en bestemt løsning, et specifikt materialevalg eller overfladebehandling er bedre end en anden set i relation til produktet.

#### **Retningslinie:**

1. Udarbejd en strategi for hvorledes de miljø- og arbejdsmiljømæssige produkt-egenskaber skal håndteres for virksomhedens produktprogram.
2. Fremskaf eller udarbejd et virksomheds- og produktspecifikt metodegrundlag.
3. Koordiner denne indsats med de øvrige konstruktionsmæssige aktiviteter, således at de indgår som en naturlig del af produktudviklingen.
4. Oparbejd et detailkendskab til, hvorledes virksomhedens produkter bortskaffes nu og de problemer der er forbundet hermed.

#### **Forslag til metode:**

## 009: Konstruktionsfunktionen:

### Generelle retningslinier/eksempel.

#### Behov:

#### Retningslinie:

1. Udfør en sammenlignende miljøvurdering for et antal realistiske løsningsforslag.

#### Forslag til metode:

1. Opstil en liste over:
  - materiale
  - typer
  - mængder
  - udnyttelse
  
  - processer
2. Fremskaf miljø- og arbejdsmiljømæssige materiale- og procesdata.
3. Gennemfør en sammenlignende beregning, eksempelvis på energiniveau for de alternative forslag.
4. Vælg den, der bedst kombinerer miljø- og arbejdsmiljømæssig, økonomiske og tekniske krav.
5. Der henvises til [20], Hjælpemidler til miljøvurdering.
6. Søg ekspertbistand i forbindelse med opbygning af referenceproduktgrundlag.

## 010: Konstruktionsfunktionen:

### Metodegrundlag.

#### Behov:

1. Der er behov for en metode, der er anvendelig på samtlige niveauer lige fra idéfase/tilbudsgivningsniveau til den meget detaljerede nedbrydning i referenceprodukter og komponenter.
2. Metoden skal kunne ligestilles med de øvrige værktøjer, der benyttes i en sædvanligt organiseret virksomhed i form af værktøjer til for- og efterkalkulation af salgs- og kostpriser, lageromkostninger, materialeforbrug etc., og skal benytte samme datagrundlag.

#### Retningslinie:

1. Niveauopdeling i et operativt system i flere niveauer:
  - checklister i form af enkle tommelfingerregler, der benyttes til at give en indikation af et produkts forventede miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber.
  - retningslinier/vejledninger for, hvorledes man opstiller og anvender miljøvurderinger under konstruktionsforløbet.
  - metoder, data og værktøjer til at gennemføre en detaljeret miljø- og arbejdsmiljømæssig vurdering med henblik på at opstille referencemodeller for en bestemt produkttype eller -kategori.
  - anvendelige og sammenlignelige valgkriterier. Hvad er godt og hvad er dårligt.
  - råvarespecifikationer. På samme måde som mekaniske og andre fysiske egenskaber indgår i et dimensioneringsgrundlag, skal også de miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber dimensioneres blandt andet ud fra råvaredata.

2. Udvikling af et sæt konstruktionsværktøjer udformet specielt med henblik på livscyklusvurderinger for stål i form af:
- operationelle metoder, der kan tilpasses virksomhedernes behov.
  - tilhørende datagrundlag.
  - simulering af livscyklusforløb og herunder en koordination med genvindings- og oparbejningsindustrien.

**Forslag til metode:**

**011: Konstruktionsfunktionen:**

**Standardisering inden for miljøområdet.**

**Behov:**

1. Standardisering: Der er et stort behov for standarder inden for miljøområdet og specifikt for anvendelsen af stål i konstruktioner. Der forventes og i et vist omfang afventes en vis EU-harmonisering på området omfattende mindste krav vedrørende standardisering af:
  - en Code of Conduct i forbindelse med livscyklusundersøgelser.
  - et sæt af enheder eller et enhedssystem til beskrivelse af miljøegenskaber. ISO 1000 benyttes som udgangspunkt for brug af enheder af hensyn til resultaternes sammenlignelighed.
  - retningslinier for dokumentation og rapportering af miljøegenskaber. Der opstilles et sæt minimumsregler for afrapportering af resultaterne af Livscyklusundersøgelser.

**Retningslinie:**

1. Opbyg et videngrundlag bestående af eksisterende viden.
2. Udbyg dette videngrundlag løbende i takt med udviklingen på området.
3. Suppler videngrundlaget med egne virksomheds- og produktspecifikke erfaringer.

**Forslag til metode:**

1. Videngrundlaget opbygges på samme måde og parallelt med virksomhedens videngrundlag på andre områder.

## **012: Konstruktionsfunktionen:**

### **Datagrundlag og metoder inden for miljøområdet.**

#### **Behov:**

1. Der er behov for et datagrundlag med tilhørende systemer til at varetage de miljø- og arbejdsmiljømæssige aspekter ved produktudviklingen.
2. Der er behov for, at såvel datagrundlag og -systemer baserer sig på anerkendte kilder og metoder, således at de opnåede resultater er sammenlignelige så vel internt i virksomheden som i konkurrence med tilsvarende produkter på markedet.
3. Der er behov for at sikre, at det er resultaterne og ikke metoden, der har frembragt de resultater, der sammenlignes.

#### **Retningslinje:**

1. Opbyg et datagrundlag bestående af eksisterende oplysninger vedrørende materialer og processer.
2. Tilpas datagrundlaget i takt med udviklingen på området.
3. Suppler datagrundlaget med egne virksomheds- og produktspecifikke erfaringer.
4. Kombiner datagrundlaget med oplysninger om materiale- og processpecifikke miljøeffekter.

#### **Forslag til metode:**

1. UMIP (Udvikling af Miljørigtige Industri-Produkter) og lignende undersøgelser søger at opstille et datagrundlag med tilhørende metoder til, hvorledes de miljø- og arbejdsmiljømæssige forhold kan beskrives.

## **013: Materialeanvendelse:**

### **Valg af proces- og produktionsmetoder.**

#### **Behov:**

1. Der er behov for, at konstruktions- og produktionsfunktionerne samarbejder omkring valg og anvendelse af processer og produktionsmetoder, der bidrager til en lav samlet miljøbelastning.

#### **Retningslinje:**

1. Vælg så vidt muligt processer med kendte miljøegenskaber og lav belastning af miljø- og arbejdsmiljø.
2. Udform produkter og komponenter således, at de lader sig producere med processer med kendt og lav belastning af miljø- og arbejdsmiljø.

#### **Forslag til metode:**

1. UMIP datagrundlag kan være en indikation af, hvilke processer der miljø- og arbejdsmiljømæssigt er mindst belastende.

#### **014: Materialeanvendelse:**

##### **Olieforurenet produktionsskrot.**

#### **Behov:**

1. Der er behov for en teknologisk og miljø- og arbejdsmiljømæssigt set acceptabel løsning på problemerne omkring proces-olierne, der muliggør en bedre udnyttelse af denne skrotkategori.

#### **Retningslinie:**

1. Der er ingen konstruktionsmæssig retningslinie for dette problem ud over en maksimering af materialeudnyttelsen, da det er en uundgåelig følge af den spån-tagende bearbejdning af stål. Problemet skal løses i produktionsregi gennem procesvalg i kombination med vandbaserede kølesmøremidler.
2. Benyt letbearbejdelige stålqualiteter overalt, hvor det er muligt i konstruktionen.

#### **Forslag til metode:**

#### **015: Materialeanvendelse:**

##### **Spild og kassation.**

#### **Behov:**

1. Der er behov for at se problematikken omkring produktionsskrotet som en del af kvalitetsstyringen, for eksempel under ISO 9000. Såfremt både råvareleverandøren og den virksomhed, der anvender råvaren i sin produktion, er certificeret efter ISO 9000, vil det være muligt at certificere skrot fra produktionen på line med den certificerede produktion fra virksomhedens primære produktion og dermed etablere mulighed for at opnå en effektiv genanvendelse.

#### **Retningslinie:**

1. Opbyg en bedre og mere selektiv styring af produktionsskrotet, der sikrer, at dette skrot opdeles efter de oprindelige indkøbsspecifikationer.
2. Sørg for, at produkterne kan produceres med en god materialeudnyttelse under samlet hensyntagen til de miljø- og arbejdsmiljø-mæssige egenskaber i øvrigt.
3. Demonter altid kassation fra produktion og montage inden skrotning.

#### **Forslag til metode:**

**016: Materialeanvendelse:****Materialeudnyttelsen.****Behov:**

1. Der er behov for fremgangsmåder til bestemmelse af, hvilken kombination af materialer, udnyttelsesgrad, proces m.m. der tilsammen udgør den bedste løsning.

**Retningslinje:**

1. Sørg for, at produkterne kan produceres med en god materialeudnyttelse under samlet hensyntagen til de miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber i øvrigt.

**Forslag til metode:**

1. Der henvises til Hjælpeметoder til miljøvurdering, UMIP [26].

**017: Driftsbetingelser:**

Produkternes driftsbetingelser er som regel ikke kendt.

**Behov:**

1. Der er behov for produkter, der er optimeret med henblik på miljø- og arbejdsmiljømæssig adfærd.

**Retningslinje:**

1. Produkterne bør konstrueres således, at den korrekte anvendelse så vidt muligt er indbygget i funktionerne.
2. Det bør sikres, at mulighederne for fejlbehandling reduceres.

**Forslag til metode:**

**018: Driftsbetingelser:****Udformning af vejledning for brugerne.****Behov:**

1. Der er behov for vejledninger, der er optimeret med henblik på miljø- og arbejdsmiljømæssig adfærd.

**Retningslinje:**

1. Vejledningerne bør udformes således, at brugeren instrueres i den korrekte anvendelse af produktet.
2. Produkterne bør konstrueres således at de giver mindst mulighed for fejlbetjening - den miljørigtige anvendelse skal indbygges i produkterne.

**Forslag til metode:****019: Driftsbetingelser:****Anvendelsesfasens varighed.****Behov:**

1. Der er behov for en dialog omkring samlet planlægning og strategisk udvikling i samarbejde mellem konstruktører og producenter og genvindingsindustrien.

**Retningslinje:**

1. Konstruer produkterne således, at de kan bortskaffes med de metoder, der forventes at være til rådighed på bortskaffelsestidspunktet.

**Forslag til metode:**

1. Udarbejd en opgørelse over de materialer, typer og mængder, der er medgået til produktet.

Denne information kan i de fleste tilfælde trækkes direkte fra produkternes styklister både som indkøbte mængder og slutmængder i det færdige produkt.

2. Udarbejd en anvendelig metode til demontage.
3. Beskriv det forventede resultat af demontagen
4. Afprøv den beskrevne fremgangsmåde.

## 020: Driftsbetingelser:

### Konsumenterne.

#### Behov:

#### Retningslinie:

1. Synliggør miljøproblemerne og påpeg de økonomiske incitamenter, således at forbrugere under driften af produkterne sikrer, at disse gennem forsvarlig vedligeholdelse belaster miljøet mindst muligt, og at disse efter endt anvendelse bortskaffes på en måde, der muliggør en systematisk separation af produkterne inden forarbejdning i genvindingsindustrien.

#### Forslag til metode:

## 021: Driftsbetingelser:

### Anvendelsesfasens varighed.

#### Behov:

1. Der er behov for metoder til opstilling af en samlet livscyklusvurdering for dermed at kunne prioritere indsatsen.
2. Der er behov for en dialog omkring samlet planlægning og strategisk udvikling i samarbejde mellem konstruktører og producenter og genvindingsindustrien.

#### Retningslinie:

1. Opstil en samlet livscyklusvurdering for produktet.
2. Foretag en prioriteret indsats for at nedbringe produktets samlede miljøbelastning.
3. Anvend produktets energiregnskab over livscyklusen som vejleder. Vær dog opmærksom på de energimæssigt set sekundære forhold såsom tilgængelighed og identifikation af de indgåede materialer.
4. Konstruer produkterne således, at de kan bortskaffes med de metoder, der forventes at være til rådighed på bortskaffelsestidspunktet.

#### Forslag til metode:

1. Der henvises til [20],[26], Hjælpeметoder til miljøvurdering, UMIP.

**022: Materialetilgængelighed:**

-

**Behov:**

1. Der er behov for metoder til udvikling af produkter, hvor der fokuseres på en recirkulering af materialerne, der sikrer, at disse kan genbruges på så højt niveau som muligt.

**Retningslinie:**

1. Under udvikling af nye produkter bør der fokuseres på mulighederne for at genvinde de indgående materialer.
2. Dialog og samarbejde med genvindingsindustrien vil bidrage til udviklingen af mere bortskaffelsesegne produkter.

**Forslag til metode:**

1. Klarlæg, hvorledes et bortskaffelsesegnet produkt skal udformes.
2. Søg viden om de problemer, som produktet påfører miljøet i samtlige livscyklusfaser.

**023: Materialetilgængelighed:****Skjult stålindhold.****Behov:****Retningslinie:**

1. Identificer indholdet af stål i konstruktionen med mængder og typer.
2. Anvis metoder til udvinding af det skjulte stålindhold.
3. Undlad så vidt muligt at begrænse tilgængeligheden gennem, indmuring, indstøbning, sammenlodning m.v.

**Forslag til metode:**

## 024: Overfladebehandling:

**Metallisk.**

**Behov:**

**Retningslinje:**

1. Overvej krav til og behov for overfladebehandling nøje i relation til mulighederne for at uddrage stålet ved skrotning, samt de tilknyttede miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer ved bortskaffelsen af overfladebehandlingen.

**Forslag til metode:**

1. Foretag en sammenlignende vurdering af ligeværdige metoder, for så vidt angår produktets:
  - udseende, finish
  - levetid
  - slidstyrke
  - etc.

Vælg det mindst belastende alternativ, der tilgodeser de øvrige produktkrav.

2. Jævnfør data fra RENTEK vedrørende processer til metalliske overfladebehandlinger.
3. Kobber og tin er de mest belastende materialer i relation til muligheden for at kunne genanvende stålet på så højt niveau som muligt, idet disse materialer opløses i det flydende stål og indgår som et uønsket og belastende legeringselement i det færdige stål.

## 025: Materialetilgængelighed:

**Komposite konstruktioner.**

**Behov:**

**Retningslinje:**

1. Anvend reversible montageprincipper.
2. Specificer materialeindhold:
  - mængder
  - typer
  - kombinationer
  - fysisk placering
3. Anvis, hvorledes produktet skal håndteres og separeres.
4. Oplys det forventelige resultat af opdelingen.

**Forslag til metode:**

**026: Materialetilgængelighed:****Destruktiv håndtering.****Behov:**

1. Der er behov for at synliggøre disse problemer. Det er derfor vigtigt, at genvindingsindustrien arbejder målrettet på at synliggøre sig selv og frem for alt de problemer, som skal løses under bortskaffelsesprocessen.
2. Der er behov for, at de produktudviklende virksomheder og genvindingsindustrien finder fælles løsninger på fremtidens produkter og bortskaffelsesmetoder.

**Retningslinje:**

1. På samme måde som det kendes fra nye produkters udpaknings- og ibrugtagningsvejledning, skal det anvises, hvorledes produktet skal håndteres og separeres under kassation og bortskaffelse.

**Forslag til metode:****027: Materialetilgængelighed:****Genvindingsegnethed.****Behov:****Retningslinje:**

1. Samtlige parter i ståls livscyklus, men især konstruktionsfunktionerne og genvindingsindustrien, skal arbejde målrettet for at løse problemerne ved bortskaffelsesprocessen.
2. Konstruktionsfunktionen skal medvirke aktivt i indsatsen for at sikre bedre og mere bortskaffelsesegnede produkter, der tillader en høj grad af materiale-genvinding med et væsentligt lavere niveau for affaldsmængderne.
3. Konstruktionsfunktionen skal gennem sin placering i virksomheden medvirke til at udforme virksomhedens produktpolitik i retning mod udvikling af genvindingsegne produkter, hvor den overordnede filosofi er, at de materialer der ingår kun er til låns og at de efter endt anvendelse skal kunne gendannes på så højt niveau som muligt.

**Forslag til metode:**

**028: Materialetilgængelighed:****Genvindingsindustrien/metoder.****Behov:**

1. Der er behov for, at genvindingsindustrien i fremtiden sikres måder til en mere struktureret bortskaffelse af de enkelte produkter, end det er tilfældet nu. Dette kan ske gennem en livscyklusrelateret opbygning af:

- logistiksystemer for:
  - håndtering
  - distributionskanaler
  - produktionssystemer
  - materialeflow
  - produktopbygning:
    - demontage
- bortskaffelsesteknologier:
  - selektive metoder og processer

der muliggør en miljø- og arbejdsmiljømæssig og økonomisk forsvarlig separation og en effektiv reduktion af affaldsmængderne.

**Retningslinie:**

1. Fremtidens produkter skal konstrueres som en integreret del af livscyklus, hvor samtlige faser har indgået i overvejelserne omkring udformningen.
2. Produkterne skal udvikles i nært samarbejde mellem repræsentanter for livscyklusfaserne.

**Forslag til metode:****029: Ikke-jernmetaller:****Problemer ved oparbejdning af stålskrot til færdigvare.****Behov:****Retningslinie:****Forslag til metode:**

**030: Ikke-jernmetaller:**

**Tungmetaller og andre stoffer i stål og stålskrot.**

**Behov:**

**Retningslinje:**

1. Overvej anvendelsen af tungmetaller, og tungmetalholdige materialer nøje i forbindelse med konstruktion af nye produkter:
  - er det nødvendigt at anvende tungmetaller?
  - er mængden af tungmetaller reduceret til minimum?
  - er mængden af tungmetaller i produktet specificeret?
  - kan de indgående tungmetaller separeres fra ved skrotningen under anvendelse af mekaniske eller andre metoder?
  - er de benyttede tungmetaller kompatible med stål, enten som aktivt eller uskadeligt legeringsmateriale?
  - kan de benyttede tungmetaller håndteres eller forventes håndteret teknologisk og miljø- og arbejdsmiljømæssigt forsvarligt i forbindelse med skrotning og oparbejdningen til nyt stål?

**Forslag til metode:**

**031: Ikke-jernmetaller:**

**Definition/skrot og stål analyser.**

**Behov:**

**Retningslinje:**

**Forslag til metode:**

**032: Ikke-jernmetaller:**

**Ti, Nb, Mo, Sb og As.**

**Behov:**

**Retningslinje:**

1. Overvej nødvendigheden af anvendelsen af ovenstående stoffer i forbindelse med stål.
2. Begrund anvendelsen af disse stoffer teknisk/økonomisk/miljø- og arbejdsmiljømæssigt.
3. Oplys tilstedeværelse og mængder.
4. Beskriv, hvorledes disse stoffer uddrages ved skrotning.

**Forslag til metode:**

**033: Ikke-jernmetaller:**

**Cu-, Sn- og Zn-legeringer.**

**Behov:**

**Retningslinje:**

1. Overvej nødvendigheden af anvendelsen af Cu- og Sn-holdige legeringer i forbindelse med stål.
2. Oplys altid tilstedeværelse og mængder.
3. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage indholdet af Cu og Sn.
4. Undlad at benytte forkobring og fortinning som overfladebehandlingsmetoder.
5. Beskriv altid, hvorledes disse stoffer kan/skal uddrages ved skrotning.

**Forslag til metode:**

**034: Ikke-jernmetaller:**

**Cu.**

**Behov:**

1. Afregning efter Cu-indhold: En mulig løsning på problemet kunne være at afregne shredderskrot efter Cu-indhold. Dette praktiseres visse steder i Europa, blandt andet i England, og har en gavnlig effekt på mulighederne for at foretage en grovsortering af skrotmængden inden behandling i shredder.

**Retningslinie:**

1. Overvej altid nødvendigheden af anvendelsen af kobber i forbindelse med stål.
2. Oplys altid tilstedeværelsen og de anvendte mængder kobber, samt på hvilken form de forekommer.
3. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage den størst mulige andel af indholdet af frit kobber.
4. Undlad at benytte forkobring som overfladebehandlingsmetode.
5. Beskriv altid, hvorledes kobbermængden kan uddrages ved skrotning, og oplys den forventelige mængde.

**Forslag til metode:**

**035: Ikke-jernmetaller:**

**Sn.**

**Behov:**

**Retningslinie:**

1. Overvej nødvendigheden af anvendelsen af tin i forbindelse med stål.
2. Oplys altid tilstedeværelsen og de anvendte mængder tin, samt på hvilken form de forekommer.
3. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage indholdet af frit tin.
4. Undlad at benytte fortinning som overfladebehandlingsmetode.
5. Beskriv altid, hvorledes tinnmængden og de tinholdige emner kan uddrages ved skrotning, og oplys den forventelige mængde.

**Forslag til metode:**

**036: Ikke-jernmetaller:**

Ni og Cr.

**Behov:****Retningslinje:**

1. Overvej nødvendigheden af anvendelsen af nikkel og krom i forbindelse med stål.
2. Overvej anvendelsen af andre materialer til overfladebehandling af stål end nikkel og krom.
3. Oplys altid tilstedeværelsen og de anvendte mængder af nikkel og krom, samt på hvilken form de forekommer.
4. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage indhold-et af frit nikkel og krom.
5. Undlad at benytte forkromning som overfladebehandlingsmetode.
6. Beskriv altid, hvorledes nikkel- og krom-mængden kan uddrages ved skrotning, og oplys den forventelige mængde.

**Forslag til metode:****037: Ikke-jernmetaller:**

Cr-Ni stål.

**Behov:****Retningslinje:**

1. Overvej nødvendigheden af anvendelsen af Cr-Ni stål i forbindelse med stål.
2. Overvej, hvilken Cr-Ni stål kvalitet der er mest egnet, når bortskaffelsen tages med i betragtning.
3. Oplys altid tilstedeværelsen og de anvendte mængder Cr-Ni stål, samt på hvilken form de forekommer.
4. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage indhold-et af Cr-Ni stål.
5. Beskriv altid, hvorledes Cr-Ni stål mængden kan uddrages ved skrotning, og oplys den forventelige mængde.

**Forslag til metode:**

### 038: Ikke-jernmetaller:

#### Zn.

#### Behov:

1. Der er behov for selektering, sortering og identifikation af stålskrottet efter indhold af zink inden levering til oparbejdning. Dette er en metode til at opnå en højere lødighed af filterstøvet, der dermed sikrer en effektiv genanvendelse af zink, der er et af de metaller, som man forudser mangel på inden for en overskuelig periode. Den globale middelkoncentration af zink er på 0,008% og er således sammenlignelig med middelkoncentrationen for kobber på 0,007% [arb. rap. 10 fra Miljøstyrelsen].

Den gennemsnitlige mængde filterstøv, der på globalt plan reelt oparbejdes, er kun ca. 25% [Det Danske Stålvalseværk A/S]. Stigningen i anvendelsen af zink som korrosionsbeskyttelse af stål uden samtidig mulighed for genvinding kan betragtes som et reelt ressourceproblem.

#### Retningslinje:

1. Overvej nødvendigheden af anvendelsen af zink i forbindelse med stål.
2. Oplys altid tilstedeværelsen og de anvendte mængder zink, samt på hvilken form de forekommer.
3. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage indholdet af frit zink.
4. Overvej alternativer til forzinkning som overfladebehandlingsmetode.
5. Overvej, om forzinkning i kombination med anden overfladebehandling kan give en reduktion i den samlede mængde af zink.
6. Beskriv altid, hvorledes zinkmængden kan udtrages ved skrotning, og oplys den forventelige mængde.

7. Overvej, om krav til korrosionsegenskaberne kan opfyldes gennem anvendelse af andre materialer, såsom:

- aluminium
- Corten stål
- ferritisk, rustfast stål
- austenitisk, rustfast stål
- kunststoffer
- kombination af materiale og overfladebehandling
- etc.

Revurder konsekvensen af anvendelse af et alternativt materiale.

#### Forslag til metode:

**039: Ikke-jernmetaller:**

Pb, Cd og Hg.

**Behov:****Retningslinje:**

1. Overvej altid nødvendigheden af anvendelsen af bly, kadmium og kviksølv i forbindelse med stål både som materiale men også i forbindelse med anvendelsen af komponenter fra underleverandør.
2. Oplys altid tilstedeværelsen og de anvendte mængder bly, kadmium og kviksølv, samt på hvilken form de forekommer.
3. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage hele indholdet af frit bly, kadmium og kviksølv.
4. Overvej altid alternative materialer.
5. Beskriv altid, hvorledes bly, kadmium og kviksølv mængden kan uddrages ved skrotning, og oplys den forventede mængde.

**Forslag til metode:****040: Generel information:**

Forbrug af metaller.

**Behov:****Retningslinje:**

1. Overvej altid anvendelsen af andre metaller i forbindelse med stål ud fra en
  - økonomisk
  - teknisk
  - kompatibilitetsmæssig
  - korrosionsmæssig
  - produktionsmæssig
  - bortskaffelsesmæssig
  - miljø- og arbejdsmiljømæssig
  - arbejdsmiljømæssig

synsvinkel.

**Forslag til metode:**

**041: Generel information:**

**Følgeproblemer til genanvendelsen af stålet.**

**Behov:**

1. Der er behov for at nedbringe den samlede udisponible affaldsmængde, der opstår ved bortskaffelsen af mange stålprodukter, typisk konsumprodukter.

**Retningslinie:**

1. Udvikl produkter i samarbejde med interesseorganisationer for hele produktets livscyklus og optimer produkterne for samtlige livscyklusfaser.

**Forslag til metode:**

**042: Generel information:**

**Indsatsområder.**

**Behov:**

1. Der er behov for at styrke konstruktionsfunktionernes kendskab til
  - de problemer, som mere eller mindre uforvarende forårsages gennem en uheldig anvendelse af stål i kombination med andre materialer.
  - de heraf følgende begrænsninger for at genvinde stålet på så højt et kvalitetsniveau som muligt.

**Retningslinie:**

1. Reducer indholdet af de uønskede elementer i skrottet og dermed i stålet. Dette kan foregå gennem:
  - Bedre tilgængelighed for de benyttede materialer efter endt anvendelse.
    - Fase 1: Konstruktion
    - Fase 2: Produktion
    - Fase 3: Anvendelse
  - Bedre sortering i materialegrupper ved bortskaffelsen.
    - Fase 4: Bortskaffelse
  - Selektiv forarbejdning af produkt- og materialegrupper.
    - Fase 4: Bortskaffelse
  - Bedre og mere sikker identifikation af materialemængder og -typer.
    - Fase 1: Konstruktion
    - Fase 2: Produktion
    - Fase 4: Bortskaffelse

- Detailkendskab og dokumentation af produktsammensætning.
  - Fase 1: Konstruktion
  - Fase 2: Produktion

**Forslag til metode:**

1. Undersøg og beskriv logistikindholdet under afslutningen af anvendelsesfasen over bortskaffelsesfasen frem til oparbejdningen for herved at få klarlagt mulighederne for at foretage en mere selektiv skrotforarbejdning, der vil give et bedre skrotprodukt med færre problemer.

**043: Generel information:**

**Bortskaffelsesteknologier - generel information.**

**Behov:**

**Retningslinie:**

**Forslag til metode:**

#### 044: Overfladebehandling:

##### Generel problemstilling.

##### Behov:

##### Retningslinje:

1. Overvej krav til og behov for overfladebehandling nøje i relation til mulighederne for at uddrage stålet ved skrotning samt de tilknyttede miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer ved bortskaffelsen af overfladebehandlingen.

##### Forslag til metode:

1. Foretag en sammenlignende vurdering af ligeværdige metoder, for så vidt angår produktets:
  - udseende, finish
  - levetid
  - slidstyrke
  - etc.

Vælg det mindst belastende alternativ, der tilgodeser de øvrige produktkrav.

#### 045: Overfladebehandling:

##### Plastbaseret.

##### Behov:

##### Retningslinje:

1. Overvej krav til og behov for overfladebehandling nøje i relation til mulighederne for at uddrage stålet ved skrotning samt de tilknyttede miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer ved bortskaffelsen af overfladebehandlingen.
2. Anvend så vidt muligt plasttyper, der er
  - velegnede til forbrænding
  - kan deponeres uden risiko for forurenende miljøbelastning
  - kan genanvendes ved recirkulering
3. Oplys om, hvilken plastbaseret overfladebeskyttelse der er benyttet.
4. Kombiner metoder og materialevalg.

##### Forslag til metode:

1. Foretag en sammenlignende vurdering af ligeværdige metoder, for så vidt angår produktets:
  - udseende, finish
  - levetid
  - slidstyrke
  - etc.

Vælg det mindst belastende alternativ, der tilgodeser de øvrige produktkrav.

**046: Overfladebehandling:****Shopprimere.****Behov:****Retningslinje:**

1. Overvej krav til og behov for overfladebehandling nøje i relation til mulighederne for at uddrage stålet ved skrotning samt de tilknyttede miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer ved bortskaffelsen af overfladebehandlingen.

**Forslag til metode:**

1. Foretag en sammenlignende vurdering af ligeværdige metoder, for så vidt angår produktets:
  - udseende, finish
  - levetid
  - slidstyrke
  - etc.Vælg det mindst belastende alternativ, der tilgodeser de øvrige produktkrav.
2. Foretag en afvejning af fordele og ulemper ved anvendelse af shopprimer som grundbehandling set i relation til:
  - andre metoder
  - ingen primer
  - den opnåede fordel i form af forlængelse af levetid
  - anvendelsen af mere stål med en kontrolleret korrosion.

**047: Overfladebehandling:****Keramik og glas.****Behov:****Retningslinje:**

1. Overvej krav til og behov for overfladebehandling nøje i relation til mulighederne for at uddrage stålet ved skrotning samt de tilknyttede miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer ved bortskaffelsen af overfladebehandlingen.
2. Anvis, hvorledes de emaljerede komponenter demonteres og skrottes.

**Forslag til metode:**

1. Foretag en sammenlignende vurdering af ligeværdige metoder, for så vidt angår produktets:
  - udseende, finish
  - levetid
  - slidstyrke
  - etc.Vælg det mindst belastende alternativ, der tilgodeser de øvrige produktkrav.

#### **048: Materialetilgængelighed:**

-

#### **Behov:**

1. Der er behov for metoder til udvikling af produkter, hvor der fokuseres på en recirkulering af materialerne, der sikrer, at disse kan genbruges på så højt niveau som muligt.
2. Der er behov for, at genvindingsindustrien i fremtiden sikres måder til en mere struktureret bortskaffelse af de enkelte produkter, end det er tilfældet nu. Dette kan ske gennem en livscyklusrelateret opbygning af:
  - logistiksystemer for:
    - håndtering
    - distributionskanaler
    - produktionssystemer
    - materialeflow
    - produktopbygning:
      - demontage
  - bortskaffelsesteknologier:
    - selektive metoder og processer

der muliggør en miljø- og arbejdsmiljø-mæssig og økonomisk forsvarlig separation og en effektiv reduktion af affaldsmængderne.

#### **Retningslinje:**

1. Under udvikling af nye produkter bør der fokuseres på mulighederne for at genvinde de indgående materialer.
2. Dialog og samarbejde med genvindingsindustrien vil bidrage til udviklingen af mere bortskaffelsesegne produkter.
3. Produkterne skal udvikles i nært samarbejde mellem repræsentanter for livscyklusfaserne.
4. Fremtidens produkter skal konstrueres som en integreret del af livscyklus, hvor samtlige faser har indgået i overvejelserne omkring udformningen.

#### **Forslag til metode:**

1. Klarlæg, hvorledes et bortskaffelsesegnet produkt skal udformes.
2. Søg viden om de problemer, som produktet påfører miljøet i samtlige livscyklusfaser.

#### 049: Ikke-jernmetaller:

Al.

##### Behov:

1. Der er behov for selektering, sortering og identifikation af stålskrottet efter indhold af dele af aluminium inden levering til oparbejdning.

##### Retningslinie:

1. Aluminium kan kombineres med stål i mange sammenhænge.
2. Oplys altid tilstedeværelsen og de anvendte mængder aluminium, samt på hvilken form de forekommer.
3. Tilstræb, at det gennem hensigtsmæssig udformning af konstruktionen som helhed og i detaljer er muligt at uddrage mængden af frit aluminium.
4. Overvej aluminisering som alternativ til forzinkning som overfladebehandlingsmetode.
5. Beskriv altid, hvorledes mængden af aluminium kan udtrages ved skrotning, og oplysd den forventelige mængde.

##### Forslag til metode:

#### 050: Typiske stål typer:

Stålanvendelser/store stålkonstruktioner.

##### Behov:

##### Retningslinie:

De generelle retningslinier ved valg af stålmateriale i en overvejende stålbaseret konstruktion er:

- vælg stål med så lavt indhold af legeringsmaterialer som muligt set i relation til anvendelsen.
- specificer altid ståltypen i henhold til norm for pågældende kategori.
- hvis anvendelsen kræver brug af højere legerede stålqualiteter, bør disse mærkes således, at disse kan identificeres. Materialets Werkstoff nummer kan med fordel benyttes her, da anvendelsen heraf er velkendt inden for EU.

Hvis stål skal kombineres med andre materialer, bør man:

- vælge materialer, der er kompatible med stål i samtlige livscyklusfaser og som ikke begrænser stålets videre anvendelse.
- undgå materialer, der i genbrugssammenhæng er inkompatible med stål. Med inkompatibel menes her materialer, der, hvis de ender i smelten sammen med stålet, reducerer stålets egenskaber og dermed mulighederne for genanvendelse på maksimalt niveau.

Overfladebehandling af stål udgør et særligt afsnit i retningslinierne for miljørigtig anvendelse af stål, idet der her opstår en kompleks problemstilling med en afvejning af:

- materialevalg:
  - hvilket materiale tilfredsstillerkrav om styrke, levetid, overfladebehandling og økonomi?
  - produktlevetid

- hvilken levetid ønskes af det færdige produkt?
- produktudseende:
  - overfladebehandles af kosmetiske årsager eller for at øge produktets samlede levetid?
- kvalitetsindtryk?
- bortskaffelse:
  - hvorledes skal det overfladebehandlede materiale bortskaffes ved endt brug, og hvilke konsekvenser har det for genanvendeligheden, miljø og arbejdsmiljø?
  - hvilke recirkuleringsmuligheder findes for stål og/eller overfladebehandling?
  - hvilke emissioner forekommer ved afrensning eller afbrænding af overfladebehandlingen?
  - hvilke affaldsmængder og -typer forekommer ved afrensning eller afbrænding af overfladebehandlingen.
- økonomi:
  - hvilken kombination tilgodeser kravene til laveste kostpris?

Det bør ved valg af overfladebehandling tilstræbes, at denne:

- kan afrenses ved skrotning.
- er kompatibel med stålbasismaterialet.
- kan afbrændes uden udvikling af miljøbelastende emissioner.
- kan deponeres uden risiko for udvaskning.

**Forslag til metode:**

## 051: Typiske ståltyper:

### Stålanvendelser/maskinkomponenter.

#### Behov:

#### Retningslinie:

De generelle retningslinier ved valg af stålmateriale i en overvejende stålbaseret konstruktion findes under punkt 050.

**052: Typiske ståltyper:**

**Stålanvendelser/tyndpladekonstruktioner.**

**Behov:**

**Retningslinie:**

De generelle retningslinier ved valg af stålmateriale i en overvejende stålbaseret konstruktion findes under punkt 050.

**053: Typiske ståltyper:**

**Stålanvendelser/værktøjer.**

**Behov:**

**Retningslinie:**

De generelle retningslinier ved valg af stålmateriale i en overvejende stålbaseret konstruktion findes under punkt 050.

**054: Typiske ståltyper:**

**Stålanvendelser/maskinkonstruktioner.**

**Behov:**

**Retningslinie:**

De generelle retningslinier ved valg af stålmateriale i en overvejende stålbaseret konstruktion findes under punkt 050.

**055: Typiske stål typer:**

**Stålanvendelser/skrotbaseret stål.**

**Behov:**

**Retningslinie:**

De generelle retningslinier ved valg af stålmateriale i en overvejende stålbaseret konstruktion findes under punkt 050.

**056: Typiske ståltyper:**

**Stålanvendelser/bygningsdele.**

**Behov:**

**Retningslinje:**

De generelle retningslinier ved valg af stålmaterialer i en overvejende stålbaseret konstruktion findes under punkt 050.

## 7.2 Det Danske Stålvalseværk A/S.

Langt de fleste miljøproblemer omkring anvendelsen af stål relaterer sig til mulighederne og opnåelsen af en genanvendelse med høj lødighed.

I det følgende afsnit gives en samlet beskrivelse af de processer, der udføres fra modtagelse og identifikation af skrottet til udstøbningen af den retablere-de råvare. Undervejs påpeges de steder, hvor man har reel proces teknologisk mulighed for at påvirke eller højne kvaliteten af det recirkulerede stål.

Beskrivelsen er baseret på oplysninger fra Det Danske Stålvalseværk A/S i Frederiksværk. (DDS)

### *Baggrund*

Det er Det Danske Stålvalseværk A/S' idégrundlag at forarbejde det i Danmark forekommende skrot til dansk stål. Stålvalseværket er den største genbrugsvirksomhed i Danmark, og ca. 500.000 tons gammelt jern fra danske virksomheder og genvindingsindustrien forarbejdes årligt til skibsbygningsstål, industristål og bygningsstål.

### *Virksomheden*

Det Danske Stålvalseværk A/S fremstiller årligt 600.000 tons valsede stålprodukter. Råmaterialet til produktionen er primært skrot. Der anvendes i alt ca. 600.000 tons skrot pr. år, hvoraf ca. 80% kommer fra Danmark.

Produktprogrammet indeholder stålplader og stangstål, der leveres efter kundespecifikationer, efter forskellige landes standarder eller efter skibsklassifikations selskabernes normer.

65 - 70% af produktionen eksporteres. De vigtigste aftagerlande er Norge, Sverige, Tyskland og England.

### *Produktion*

Det Danske Stålvalseværk A/S fremstiller stålplader og stålprofiler. Råstålproduktionen er baseret på skrot nedsmeltet i to elektriske lysbueovne. Det smeltede stål udstøbes kontinuerligt i strenge til henholdsvis slabs (emner for pladevalsning) og knipler (til profilvalsning).

Kvalitetsprogrammet for plader omfatter skibsbygningsstål, kedelstål og konstruktionsstål. Kvaliteterne kan tilbydes med en række særlige egenskaber, f.eks. lav kulstofækvivalent af hensyn til svejseegenskaberne, styrke i pladens tykkelsesretning og styrke ved høje eller lave varme-grader m.v.

Stangstålprogrammet omfatter rundstål, firkantstål, fladstål og armeringsstål. Kvalitetsprogrammet for stangstål tilbyder produkter til en række forskellige formål, som f.eks. smedning, varmebehandling og overfladebehandling.

### *Leverancer*

Skrotmængden til værkets produktion indkøbes dels på det nationale og dels på det internationale marked for stålskrot, der har mange lighedspunkter med oliemarkedet og bedst beskrives som totalt liberalt med international prisfastsætning på råvaren. De nærmeste store skrotmar-keder er i Hamburg og Rotterdam.

Stålproduktion baseret på såvel skrot som råjern er følsom over for internationale færdigvare-, råvare-, skrot- og energipriser. I de seneste år har

markedet været præget af lave priser på færdigstål. Skrotprisen har fulgt med ned. Udviklingen på verdensmarkedet har imidlertid medført, at meget store mængder stålskrot opsuges fra de internationale markeder med en prisstigning som det mærkbare resultat.

#### *Genvindingsindustrien*

Virksomheden har som slutaftager en direkte interesse i at følge og medvirke i de forskellige tiltag, der finder sted for at kortlægge og beskrive hele området omkring genanvendelse af stål i Danmark.

#### *Miljøtiltag*

Virksomheden har gennem det seneste årti arbejdet på at forbedre miljøforholdene. Dette er blandt andet sket gennem en skærpelse af de krav, virksomheden stiller til sine underleverandører. Værkets problemer omkring følgefurening ved recirkulering er herved reduceret i omfang og har i udpræget grad medvirket til at forbedre såvel miljø som arbejdsmiljø hos Det Danske Stålvalseværk A/S og omgivelser.

Det Danske Stålvalseværk A/S udgiver én gang om året et miljøregnskab samtidigt med aflæggelsen af årsregnskabet. Miljøregnskabet opregner materiale- og energiflow gennem virksomhedens forskellige afsnit. Det er værkets mål gennem denne synliggørelse at få skabt en basis af accept, der muliggør, at såvel virksomhed som omgivelser kan udvikle sig i en realistisk takt.

#### **7.2.1 Stålproduktion/stålprodukter.**

I det følgende gives et resumé af de processer og operationer, der udføres ved fremstilling af stål baseret på skrot som råvare i et elektroovnsanlæg.

#### **7.2.2 Stålfremstilling på DDS.**

Stålværkets elektroovne udgør det sidste trin i ståls livscyklus og dermed også den sidste mulighed for at rette op på de forhold, som kan begrænse anvendeligheden for det færdige stål, idet det ikke er alle de uønskede materialer, som det lader sig gøre at fjerne gennem smelteraffinering.

Hovedtrinnene i forløbet er givet ved nedenstående trin, der samtidigt tjener som disposition for dette afsnit:

- skrot og råjern fra leverandør
- nedsmeltning i elektroovn
- tapping og grovlegering
- justering af smeltens kemiske sammensætning i skeovn
- strengstøbning af slabs
- opvarmning af slabs
- valsning af råplader
- mærkning og priming af færdigplader

#### *Modtagelse*

Skrot og råjern leveret fra en af de mange underleverandører til værket kontrolleres og klassificeres efter værkets kvalitetsklasser og betingelser for leverancer. Dette sker ved vejning og visuel kontrol. Der foretages stikprøvevis en nøjere kontrol ved aflæsningen i værkets skrotgård eller lager.

På årsbasis modtages ca. 500.000 - 600.000 tons skrot, andelen af råjern svinger afhængig af anvendelsen, men vil i gennemsnit udgøre 10 - 15% af den samlede mængde. Råjernet benyttes blandt andet til at reducere den procentuelle koncentration af uønskede materialer gennem fortynding.

Efter modtagelse og klassificering af stålskrottet er dette nu klart til charging i smelteovnen. Chargingen sammensættes og foretages afhængig af den kvalitet stål, man ønsker at fremstille, idet det med kendskabet til de forskellige skrotkategoriers sammensætning er muligt at ramme et ønsket legeringsindhold inden for relativt snævre grænser og dermed minimere behovet for yderligere oplegering.

Skrottet løftes med kran op i 'kurve' med en kapacitet på 60 - 70 tons, der herefter køres ind i selve elstålværket.

### *Elstålværket*

På elstålværket oparbejdes skrot og råjern til knipler og slabs.

Procesforløbet i elstålværket består af følgende processer: 1. Smelteproces, 2. Skeovnsproces og 3. Støbeproces.

Værket råder over to ens ovne, der kan benyttes vilkårligt til nedsmeltning af skrot og råjern. Under nedsmeltningen udvikles en del røggas, som gennem udsugning ledes gennem et filteranlæg.

Smeltningen foretages ved en elektrisk lysbueproces og sker i to trin eller påfyldninger. Årsagen hertil er, at den typiske rumvægt for skrot ligger mellem 1 og 3 tons/m<sup>3</sup>.

Smeltningen sker chargevis, hvor en charge svarer til to påfyldninger eller ca. 110 tons stål. Nedsmeltningen foregår under stor energiintensitet på ca. 35 min., et energiforbrug på ca. 50 MWh og et samlet tidsforbrug pr. charge på ca. 100 min.

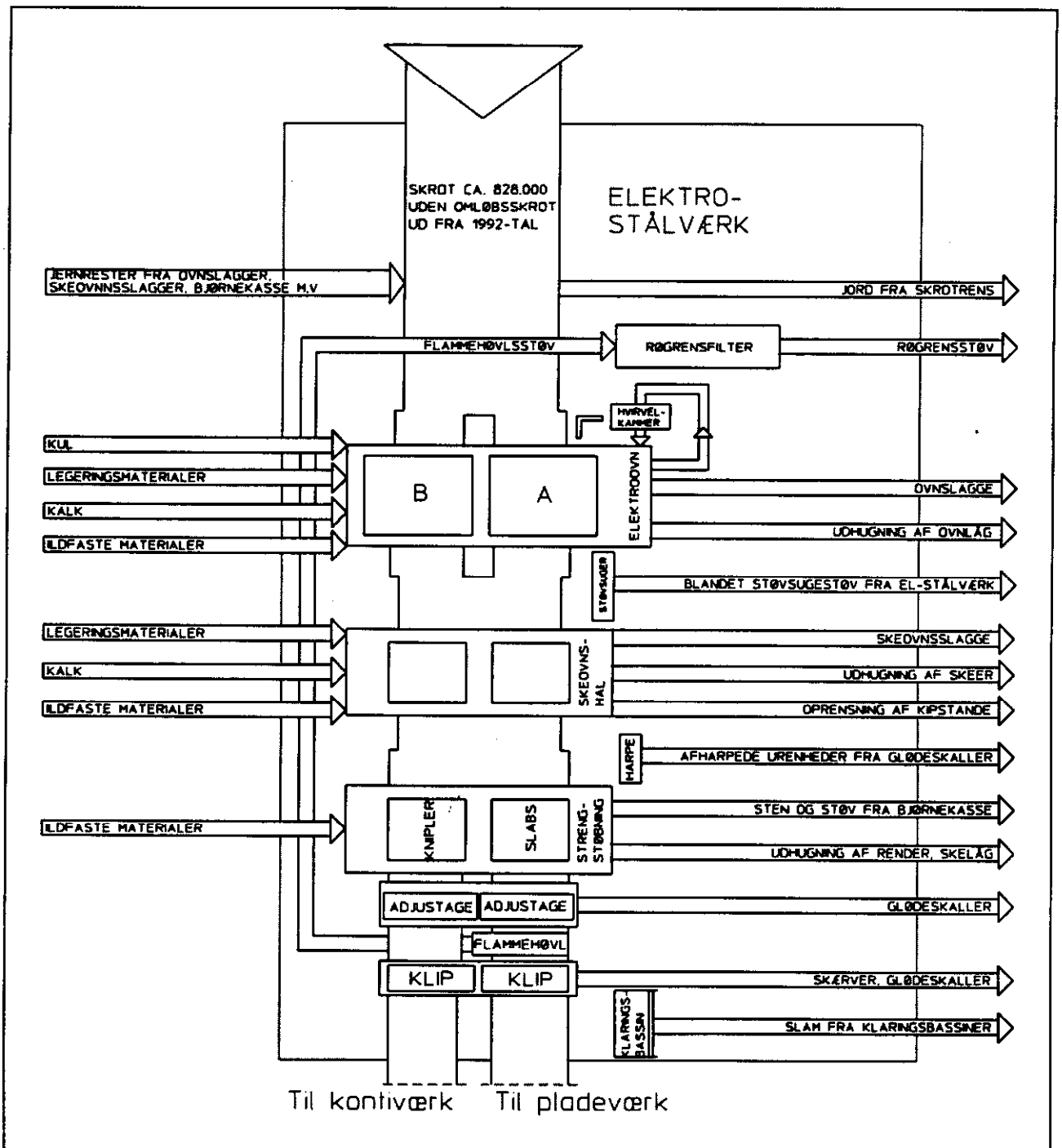
Procestrinnene er som følger:

Låget med elektroder fjernes, og første skrotkurv tømmes i ovnen, hvorefter ovnen lukkes, og elektroderne sænkes ned i skrottet.

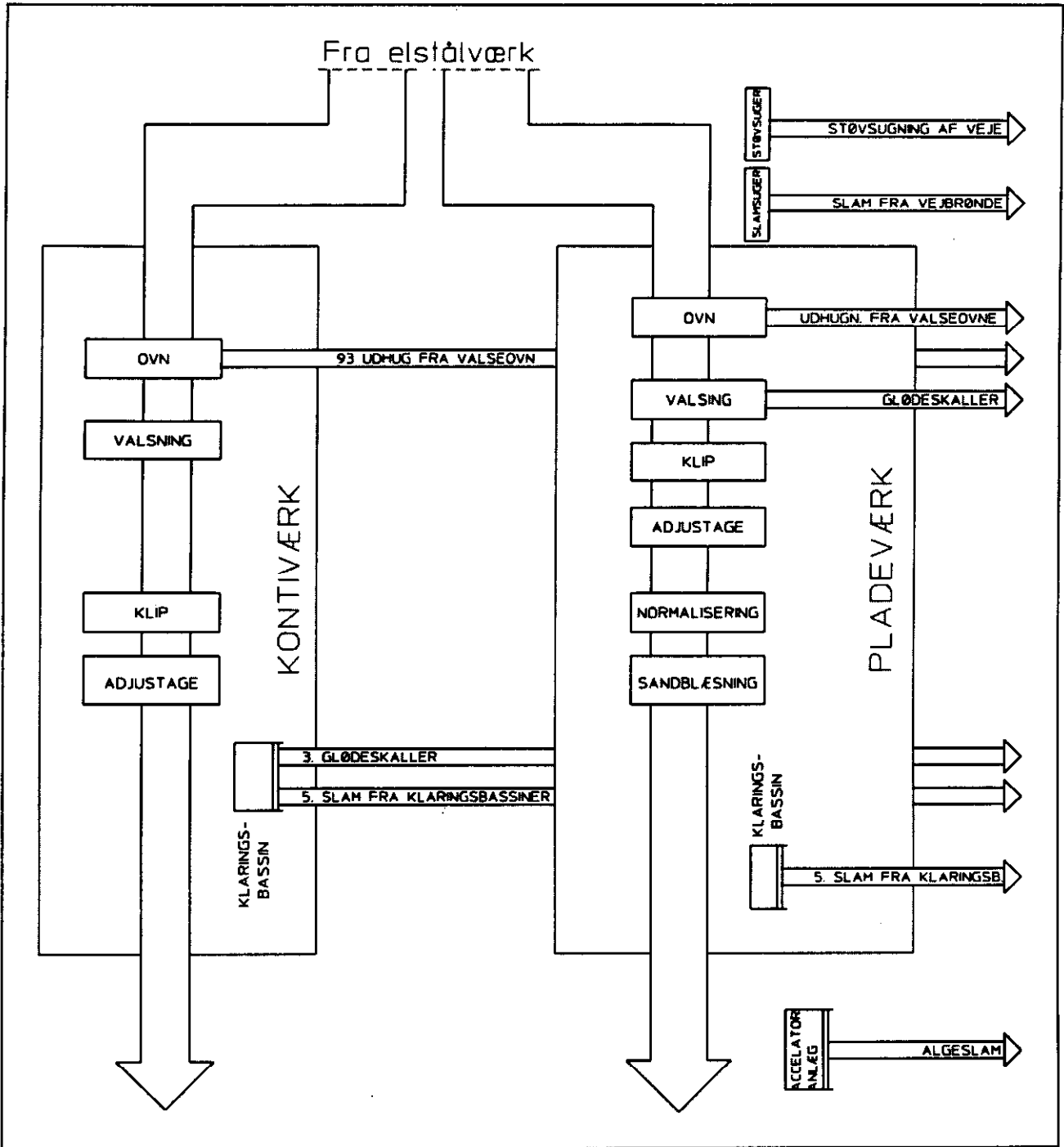
Skrottet smeltes ved hjælp af elektriske lysbuer fra de tre grafitelektroder samt ved brug af N-gas. Under smeltningen tilsættes hjælpestoffer i form af kalk og kul. Tre jetbrændere med N-gas tilsluttes for at øge den direkte nedsmeltning af skrottet. Dette første trin af smeltningen tager ca. 10 min.

Nedsmeltningen af indholdet fra skrotkurv 1 har skabt så megen plads i ovnen, at der nu er plads til indholdet fra den anden skrotkurv, der tilsættes.

Anden smeltning forløber som beskrevet for den første smeltning, og smelteforløbet fortsættes, indtil alt skrottet er smeltet og har opnået en temperatur på 1580 - 1590 °C.



Figur 3. Flowskema for elstålværket hos Det Danske Stålvalseværk A/S, Frederiksværk. (1989)



Figur 4. Plade- og kontiværk hos Det Danske Stålvalseværk A/S, Frederiksværk. (1989)

Raffineringen af smelten sker på basis af analyser foretaget ud fra en udtaget prøve. Analyseresultatet bruges som grundlag for yderligere behandling af smelten, eventuel videre legering, og som klassifikationsgrundlag for den færdige stålqualität. Der tilføres ilt for at øge afbrænd af visse af de ikke-jernmaterialer, der findes i smelten. Herefter udtages atter en prøve, og til slut opvarmes smelten til aftapningstemperaturen på omkring 1610 - 1620 °C.

#### *Tapning*

Tapningen sker fra ovnens bund over i en støbeske. På dette tidspunkt er der ca. 135 tons smelte i ovnen, hvoraf de 110 tons aftappes. De resterende 25 tons indeholder blandt andet slagger fra smelteprocessen og de materialer i form af kalk m.m., der tilsættes under raffineringen. Samtidig med aftapningen foretages en grovlegering af smelten på basis af analyseresultaterne, hvorefter skeen med de 110 tons flydende stål flyttes til skehallen for yderligere legering.

#### *Røggas*

Som tidligere nævnt sker nedsmeltningen under kraftig udvikling af røggasser. Disse suges via røggaskanaler og ventilatorer gennem et posefilter, hvorved støvindholdet opsamles og den rensede gas sendes ud i atmosfæren. Rensningsgraden for dette anlæg er bedre end 5 mg støv/normal m<sup>3</sup> emissionsluft, og det typiske gennemsnit ligger omkring 1 mg støv/normal m<sup>3</sup>. Den samlede støvmængde, der opsamles på denne måde, er ca. 10.000 tons/år. Det herved opsamlede støv består typisk af 25% Zn, 3 - 4% Pb, 0,06% Cd. Den resterende del består af jernoxider, kalk og kulstof.

#### *Skeovnen*

Den endelige færdiglegering af stålet foregår i skeovnen og i selve støbeskeen, som er en indmuret stålbeholder, hvori det flydende stål kan transporteres. Dette er således sidste mulighed for at justere stålets legering, dog kun gennem tilsætning af yderligere legeringsmaterialer. De materialer og stoffer, som er indeholdt i smelten som følge af mangel-fuld separation og sortering, kan ikke fjernes her. Under legeringen måles temperaturen, og der udtages prøver på stålet. Slutlegeringen finder sted under opvarmningen til støbetemperatur, og eventuelle slaggerester bortraffineres.

#### *Støbning*

Skeen fra skeovnen placeres i et drejetårn og stålet ledes via en fordelende ned i kokillen, der er udformet som en kobberkappet, vandkølet kanal med samme tværsnit som den færdige slab. Umiddelbart under kokillen afkøles strengen i et kølekammer med vand, der via dyser sprøjtes direkte på stålet. Herefter foretages retningen i et retteværk med 20 rullepar, der sikrer mekanisk støtte for den endnu meget bløde stålstreng, udretning af stålstanden og udtrækning af strengen under støbningen. I takt med støbningen skæres pladen til moderslabs, som udgør råemner for den senere pladevalseproces.

Støbningen af det færdiglegerede stål sker ved en kontinuerlig proces i et såkaldt strengstøbningens anlæg. Afhængig af den senere anvendelse benyttes to processer:

- en til slabs, der senere vales til plade.
- en til knipler, der senere vales til profiljern.

#### *Slabs*

Ved støbning af slabs støbes stålet i en kobberkokille. Støbningen kan ved denne metode ske som en fortsat sekvens af flere skeer, hver på 110 tons

flydende stål, der uden afbrydelse hældes i kokillen. Det delvist størknede stål 'trækkes' ud af kokillen med en radius på 10,5 m i samme takt, som der støbes.

#### *Adjustage*

Her placeres slabsene chargevis, og luft afkøles. Efter kontrol og efterbehandling opskæres slabsene i mindre slabs tilpasset pladeværket.

#### *Knipler*

Støbningen af knipler foregår på principielt samme måde som ved støbningen af slabs, bortset fra at der her støbes samtidigt i 6 kobberkokiller. Strengene støbes med en mindre rundingsradius på ca. 8,5 m og rettes i retteværk, hvorefter de klippes til knipler i en saks.

Slabs og knipler udgør råmaterialet for produktion af forskellige stålhalvfabrikata. Principielt slutter livscyklus for stål på dette tidspunkt i forløbet, idet den efterfølgende valsning til plader og profiler kan betragtes som den første forædlingsproces.

#### **7.2.3 Andre stålmaterialer.** (se følgende sider)

Der henvises i øvrigt til arbejdsrapport nr. 10, kap. 9. Stål og stållegeringer [1], hvor der gives en oversigt over en række af de ståltyper, der indgår i moderne industriprodukter.

Typiske stålqualiteter: (ref. SIS-norm, AISI-norm, Werkstof-norm)

**Plastsprøjttestøbeværktøjer. Formbygningsstål:**

	C:	Si:	Mn:	Cr:	Ni:	Mo:	V:	W:	S:	Leg. %
SIS 1650	0,5	0,3	0,6	-	-	-	-	-	0,04	1,44
SIS 2172	0,2	0,8	1,6	-	-	-	-	-	-	2,60
W.nr. 1.2312	0,33	0,4	1,5	1,9	-	0,2	-	-	0,07	4,34

**Plastsprøjttestøbeværktøjer. Formstål:**

	C:	Si:	Mn:	Cr:	Ni:	Mo:	V:	W:	S:	Leg. %
AISI P20	0,33	0,3	0,8	1,8	0,9	0,2	-	-	0,008	4,34
SIS 2550	0,55	0,3	0,5	1,0	3,0	-	-	-	-	5,35
W.nr. 1.2083	0,38	0,8	0,5	13,6	-	-	0,3	-	-	15,6
SIS 2242	0,37	1,0	0,4	5,3	-	1,4	1,0	-	-	9,47
SIS 2260	1,0	0,2	0,6	5,3	-	1,1	0,2	-	-	8,40
W.nr. 3344	1,27	0,5	0,3	4,2	-	5,0	3,1	6,4	-	20,8

**Stanse- og presseværktøjer. Diverse værktøjsdele. Linealer, mellemlader, søjlestel, m.v:**

	C:	Si:	Mn:	Cr:	Ni:	Mo:	V:	W:	S:	Leg. %
SIS 1650	0,5	0,3	0,6	-	-	-	-	-	0,04	1,44

**Stanse- og presseværktøjer. Værktøjsdele:**

	C:	Si:	Mn:	Cr:	Ni:	Mo:	V:	W:	S:	Leg. %
W.nr. 1.2344	0,37	1,0	0,4	5,3	-	1,4	1,0	-	-	9,47
W.nr. 1.2542	0,50	0,8	0,3	1,3	-	-	0,2	2,5	-	5,60
W.nr. 1.2721	0,55	0,3	0,5	1,0	3,0	0,3	-	-	-	5,65
W.nr. 1.2510	0,90	0,3	1,2	0,5	-	-	0,1	0,5	-	3,50
W.nr. 1.2363	1,0	0,2	0,6	5,3	-	1,1	0,2	-	-	8,40
W.nr. 1.2363	1,55	0,3	0,3	12,0	-	0,8	0,8	-	-	15,8
W.nr. 1.2363	2,05	0,3	0,8	12,5	-	-	-	1,3	-	17,0
W.nr. 1.3344	1,27	0,5	0,3	4,2	-	5,0	3,1	6,4	-	20,8

**Rustfri stål. Austenitisk.**

	C:	Si:	Mn:	Cr:	Ni:	Mo:	V:	W:	S:	Leg. %
W.nr. 1.4301	0,05	-	-	18,8	9,0	-	-	-	-	27,8
W.nr. 1.4401	0,05	-	-	17	11	2,2	-	-	-	30,2

**Rustfri stål. Ferrit-austenitisk.**

W.nr. 1.4417	0,03	-	-	18,5	5,0	2,7	-	-	-	26,2
--------------	------	---	---	------	-----	-----	---	---	---	------

**Rustfri stål. Ferritisk.**

W.nr. 1.4521	0,015	-	-	18,0	-	2,2	-	-	-	20,2
--------------	-------	---	---	------	---	-----	---	---	---	------

**Rustfri stål. Martensitisk.**

W.nr. 1.4418	0,05	-	-	16,0	5,0	1,0	-	-	-	22,0
--------------	------	---	---	------	-----	-----	---	---	---	------

**Typiske konstruktionsstål og anvendelser: Plade.**

Betegn.	Mat. norm	Dim. norm	Anvendelse	
St12.03	Fe PO1 AM	EN10130	DIN1541	Koldvalset finplade: Lettere formgivning, bukning, lokning. Koldvalset finplade til dybtrækning: Lettere optræks- og dybtræksoperationer. Koldvalset finplade til dybtrækning: Kritiske optræks- og dybtræksoperationer.
St13.03	Fe PO3 AM	-	-	
St14.03	Fe PO4 Am	-	-	
St.02Z	Fe PO2 G	EN10142	DIN 59232	Varmtgalvaniseret finplade.
-	AZ 150	EN10204	-	Alu-zink plade med 150 g Zn pr. m <sup>2</sup> .
St.W22	DIN1614	-	EN10029	Varmtvalset, dekaperet plade.
R.St.37-2	-	EN10025	EN10029	Beholderstål/konstruktionsstål.
St.52-3	-	EN10025	EN10029	Beholderstål/konstruktionsstål.

## 7.3 Bortskaffelsessystemer.

### 7.3.1 Bearbejdning af stålskrot til sekundær råvare.

Bortskaffelsen af industriprodukter efter endt brug sker typisk i følgende trin:

- indsamling/aflevering
  - leverandør
  - modtageplads
  - renovation
  - producent
  - produkthandel
  
- forarbejdning
  - demontage
  - klipning
  - shredding
  - presning

Et typisk konsumprodukt fra gruppen af hvidevarer vil typisk efter endt brug blive

- taget retur af leverandøren eller forhandleren
- videreleveret til en produkthandler
- solgt til genvindingsvirksomhed
- forarbejdet til skrotprodukter
- solgt til stålproduktion

#### *Maskiner*

På markedet findes et stort udbud af skrotbearbejdningmaskiner, der arbejder efter forskellige principper til findeling og sortering af produkterne efter forarbejdningen. Fælles for disse er, at stålbaserede materialer relativt let lader sig separere fra resten på grund af de magnetiske egenskaber, og at man efter endt forarbejdning som regel ender med en fraktion, typisk på 20 - 30% af den samlede mængde af mere eller mindre skadelige affaldsstoffer, der skal deponeres.

#### *Processer*

Stilles der imidlertid i fremtiden større miljøkrav til anlæggene, bliver det måske nødvendigt at udvikle nye processer eller blot optimere de eksisterende. Også en reduktion af energiforbruget til skrotbearbejdning kan måske blive et af fremtidens krav.

#### *Bearbejdning*

Næsten alle skrotkategorier skal fragmenteres og bearbejdes til en grad, der tillader anvendelse i smelteovnen. Det vil sige med dimensioner, der passer til ovnens kapacitet og i en renhed, så de er fri for belægninger samt med lavest mulige indhold af de ikke-jernmaterialer, der er skadelige for miljøet og fremstillingen af stål.

### *Afrensning*

Metoder til afrensning af skrot kan være klipning i saks, shredding, tromling og valsning eller kombinationer af forskellige mekaniske afrensningsprocesser.

### *Separation*

Efter afrensning af skrottet skal stålet og de store mængder belægning separeres. Til dette formål findes i dag et stort udbud af separationsudstyr på markedet, som synes at være velegnet.

Det er som ved afrensning af skrottet vigtigt at finde de mest miljø- og energirigtige separationsprocesser.

### *Automatisering*

Høj automatiseringsgrad og lav separationsgrad er kendetegnende for mange skrotbearbejdningsanlæg i Danmark. De relativt høje lønomkostninger og arbejdsmiljøregler er medvirkende til denne udvikling, idet det manuelle arbejde ved et skrotbearbejdningsanlæg kan være forbundet med en vis sundhedsrisiko, og det er derfor ud fra den betragtning fornuftigt at automatisere. Omkostningen er, at separationsgraden i de enkelte materialefraktioner ikke er tilstrækkelig god, hvilket skaber problemer efterfølgende.

### *Fragmentering til stålværket*

Stålskrottet skal nedbrydes i mindre sektioner, der kan fragmenteres, så stålværket er i stand til at omsmelte det i deres ovne. Stålskrotfragmenterne er stålverkets primære råvare, som værket stiller en række krav til med hensyn til størrelse og kvalitet. Det er vigtig, at skrottet kan forarbejdes både kvalitets- og kapacitetsmæssigt korrekt.

### *Losse og laste*

Det er nødvendigt, at virksomheden har et effektivt transport- og krananlæg til den interne transport af de mange tons skrot.

### *Stålskrotfragmenter*

Efter at stålskrottet er klippet til fragmenter i et skrotklippeanlæg, lastes det på skib, tog eller vogn og leveres til skrotgården på Det Danske Stålværk A/S eller på det internationale eksportmarked. Skrotgården er stålverkets modtagelses- og lagerplads for de forskellige skrottyper, som værket modtager.

### *Affald*

Under nedbrydningen af produkterne hos genvindingsindustrien skabes en stor mængde affald.

Affaldet består primært af:

- rust- og malingsrester
- anden overfladebehandling
- glas
- gummi
- isolationsmaterialer
- tekstiler
- plast
- jord

Samme slags affald, men i større mængder, vil blive genereret under klippeprocessen og under lokal transport, når stålskrottet bearbejdes til fragmenter.

### 7.3.2 Skrotbearbejdningsudstyr.

Der findes i dag mange forskellige maskiner og komplette anlæg til skrotbearbejdning på markedet fra et stort antal leverandører.

De fleste skrotbehandlingsmaskiner og -anlæg er baseret på, at skrotprodukterne fragmenteres med en efterfølgende separation af de forskellige materialer. Nogle materialer bearbejdes yderligere ved efterfølgende sammenpresning for at gøre materialerne mere håndterbare i forbindelse med transport eller lagring.

Maskiner til fragmentering er typisk:

- snitmøller
- sakse
- knusere
- shreddere
- hammermøller

Maskiner til separation er typisk:

- sigter
- vibratorer
- magnetseparatorer
- udvaskningssystemer
- luftstrømsudskillere

Der skal i denne forbindelse bemærkes, at størstedelen af den skrotmængde, der årligt recirkuleres, ikke modtager nogen form for bearbejdning i skrotbehandlingsudstyr inden omsmeltingen.

### 7.3.3 Overfladebelægninger.

Svært skrot og andet stort skrot bearbejdes i dag på skrotpladser med store sakse. Sakse bearbejder derimod ikke overfladen af skrottet, så eventuelle belægninger fjernes. Hvis belægningerne ikke efterfølgende fjernes på anden vis, betyder det, at de ender i stålværkets ovn, hvor de må afbrændes under smeltingen af stålskrottet.

På markedet i dag findes ikke maskiner, som er udviklet til at fjerne alle former for belægninger på stålskrot. Af de kendte procesmaskiner er shredderen nok den maskine, som vil være i stand til at bearbejde skrottet til den reneste råvare. De shreddere, som findes i dag, er dog ikke dimensioneret til kontinuerlig bearbejdning af store pladetykkelser som f.eks. skibsskrot, men er mere velegnede til blandingsskrot af lettere konstruktioner med en mindre andel af svært skrot.

#### **7.3.4 Shredderen.**

Shredderne har i dag stor udbredelse som primært procesudstyr på skrotpladserne i Vesteuropa, hvor de fleste konsumprodukter ophugges.

Shredderen er opbygget som en stor roterende valse monteret med hængslede hamre, som slår mod en fastsiddende skinne. Omkring valsen er et svøb med en gitterrist øverst, hvis funktion er at holde fragmenterne inde i shredderen, indtil de er så små, så de slynges ud gennem risten. Shredderen fødes som regel gennem en sliske lige over den fastsiddende skinne.

Den største shredder, der findes i Danmark, står hos Uniscrap i Kolding, og har en motoreffekt på 1800 Kw og en kapacitet på 50 til 100 ton per time. Shreddere har typisk et energiforbrug på 10 til 20 Kwh per ton.

---

Pris kr. 75,- (inkl. 25% moms)

ISSN 0908-9195  
ISBN 87-7810-322-3

---

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**  
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00