

Miljøprojekt Nr. 731 2002

Genanvendelseseffektivitet af hvidblik- og stålemballager

Bjørn Malmgren-Hansen og Kathe Tønning
Teknologisk Institut

Jesper Cramer og Tom Wismann
dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ

Jørgen Overgaard
JO-Consult

Lars Mørck Ottosen
Miljøteknisk rådgivning

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 ESTIMAT AF TILFØRTE MÆNGDER HVIDBLIK- OG STÅLEMBALLAGER TIL GENANVENDELSE, FORBRÆNDING OG DEPONERING	15
2 JERN- OG METALEMBALLAGER I DAGRENOVATION	18
2.1 MILJØPROJEKT NR. 264 FRA MILJØSTYRELSEN, 1994	18
2.2 AFFALDSANALYSE Gennemført for Miljøstyrelsen i Århus Kommune, 1995	18
2.3 AFFALDSANALYSE I TINGLEV OG NØRRE RANGSTRUP KOMMUNER	19
2.4 SAMMENSTILLING AF DATA	19
2.5 OPGØRELSE AF DE SAMLEDE MÆNGDER AF EMBALLAGER AF JERN OG STÅL (HVIDBLIK) I DAGRENOVATION I DANMARK	19
2.6 JERN- OG METALEMBALLAGER I ERHVERVSAFFALD	20
3 VURDERING AF TAB I FORBRÆNDINGSANLÆG	21
3.1 DANSKE FORBRÆNDINGSANLÆG	21
3.2 UDENLANDSKE FORSØGSRESULTATER MED FORBRÆNDING AF HVIDBLIKEMBALLAGE	21
3.2.1 Norsk undersøgelse	21
3.2.2 Hollandsk undersøgelse	22
3.3 FØRSØG MED INDFYRING AF HVIDBLIKEMBALLAGE PÅ AMAGERFORBRÆNDING	23
3.3.1 Forbehandling af hvidblikemballage	23
3.3.2 Foraskning af dåser	23
3.3.3 Forsøg med forbrænding af hvidblikemballage på Amagerforbrænding	25
3.4 ESTIMAT AF TAB I FORBRÆNDINGSANLÆG	29
4 TAB VED SLAGGEBEHANDLING	39
4.1 DANSKE SLAGGEBEHANDLINGSMETODER	39
4.1.1 Besøg ved slaggebehandlingsanlægget i Næstved og Holme-Olstrup	39
4.1.2 Besøg ved slaggebehandlingsanlægget ved Amagerforbrænding	43
4.2 FØRSØG MED BEHANDLING AF HVIDBLIKEMBALLAGE VED AMAGERFORBRÆNDING	44
4.3 ESTIMAT AF TAB VED SLAGGEBEHANDLING	47
4.4 SLAGGEINDHOLD	50
5 VURDERING AF TAB VED BEHANDLING I GENVINDINGSINDUSTRIEN OG I STÅLVÆRK	52
5.1 BEHANDLING I GENVINDINGSINDUSTRIEN	52
5.2 BEHANDLING AF FORBRÆNDINGSJERN	53
6 SAMLET ESTIMAT AF GENANVENDELSESGRAD	56

7	MULIGHEDER FOR FORBEDRINGER I GENANVENDELSESKREDSLØBET	58
8	REFERENCER	61

Forord

Formålet med projektet "Genanvendelseseffektivitet af hvidblik- og stålemballager" er at bestemme genanvendelseseffektiviteten af henholdsvis hvidblikemballager og stålemballager i Danmark, herunder med fokus på en estimering af tabet af metal når emballagen tilføres danske forbrændingsanlæg. Der udføres endvidere en vurdering af kvaliteten af det metal som afsættes til genanvendelse.

Resultaterne vil kunne danne grundlag for at vurdere om der skal gøres en større indsats for at fremme genanvendelsen af hvidblik- og stålemballager.

Målgruppen for projektet er offentlige myndigheder, affaldsselskaber, forbrændingsanlæg og oparbejdere af metaller, slagge mv.

Projektet er gennemført i perioden oktober 2001 til juni 2002 med støtte fra Miljøstyrelsens program for renere produkter 2001.

Projektansvarlig har været:

- Teknologisk Institut, Miljø- og affaldsteknik, Bjørn Malmgren-Hansen.

Andre deltagere fra Teknologisk institut:

- Kathe Tønning, Miljø- og affaldsteknik.

Projektet er udført i samarbejde med:

- dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ, Jesper Cramer og Tom Wismann
- JO-Consult, Jørgen Overgaard
- Miljøteknisk Rådgivning v/ Lars Mørck Ottosen.

Til projektet har været knyttet en følgegruppe med repræsentanter fra:

- I/S Amagerforbrænding
- DSV Anlæg, Teknik & Miljø A/S
- Glud & Marstrand A/S
- Metalvarefabrikken Baltic A/S
- Reno-Sam
- H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S
- Miljøstyrelsen

I/S Amagerforbrænding har været vært for et forsøg med forbrænding af hvidblikemballage og velvilligt deltaget med ekspertise vedrørende udførelsen af forsøget.

Sammenfatning og konklusioner

Projektet har haft til formål at bestemme genanvendelseseffektiviteten af hvidblikemballage og stålemballager i Danmark. Projektet har især haft fokus på en estimering af tabet af metal når hvidblikemballage tilføres danske forbrændingsanlæg. Der er endvidere foretaget en vurdering af kvaliteten af det metal som afsættes til genanvendelse.

Mængderne af kasserede emballager af hvidblik og stål som tilføres de forskellige mulige behandlingsformer, er bestemt ud fra opgørelser i Emballageforsyningen i Danmark 2000 og Statistik for metalemballager for 2000 samt supplerende indhentede oplysninger.

Forsyningen af brugte emballager af både hvidblik og stål er opgjort til 45.070 tons i 2000.

De brugte emballager sendes enten til:

- deponering
- forbrænding med dagrenovation og erhvervsaffald
- forbrænding med farligt affald på Kommunekemi
- genanvendelse i genvindingsindustrien.

Emballager af hvidblik omfatter især konservesdåser, andre dåser og dunke under 0,5 mm i tykkelse, crown corks (øl- og sodavandskapsler) og diverse propper samt låg.

Emballager af stål omfatter især fade og tromler, beholdere af jern og stål til komprimerede gasarter mv. samt dåser og dunke over 0,5 mm i tykkelse.

Ud fra de ovennævnte kilder er fordeling af kasseret emballage på de forskellige behandlingsformer bestemt til:

Hvidblikemballage

Forsyning af brugte emballager af hvidblik	40.564 tons
Direkte til genanvendelsesindustrien	3.970 tons
Forbrænding med dagrenovation og erhvervsaffald	36.594 tons
Forbrænding af fast farligt affald ved Kommunekemi	0 ton
Deponering	0 ton

Stålemballager

Forsyning af brugte emballager af stål	4.506 tons
Direkte til genanvendelsesindustrien	3.506 tons
Forbrænding med dagrenovation og erhvervsaffald	0 ton
Forbrænding af fast farligt affald ved Kommunekemi	1.000 tons
Deponering	0 ton

Som det ses af tabellen, behandles ca. 90% af hvidblikemballagerne i forbrændingsanlæg sammen med husholdnings- og erhvervsaffald, mens resten behandles af genvindingsindustrien i shredder anlæg.

Tabene af jernbaseret emballage i shredder anlæggene er begrænsede hvorfor genanvendelseeffektiviteten er tæt på 100% for genvindingsindustrien.

Tabene af hvidblikemballage i forbrændingsanlæggene er bestemt ud fra et forsøg på Amagerforbrænding hvor 203 mærkede over- og underdele af ovale dåser og ca. 93 runde tomatdåser er indfyret. Dåserne blev inden forsøget tømt, tørret og mærket med et 15 mm hul samt vejret efter fjernelse af mærkater. Fra rysterenden hvor slaggen udmades fra risten, blev al slagge kontrolleret for dåser, og alle dåser med et genkendeligt hul blev frasorteret.

De ovale dåser var af en større godstykkelse (0,22 mm) end tomatdåserne (0,18 mm). Der blev fundet genkendelige rester af 128 ovale dåser og 23 tomatdåser. Dåserne blev inddelt i 3 klasser efter nedbrydningsgrad. Herefter blev valgt mindst en repræsentativ dåse som var mest nedbrudt fra hver klasse, samt mindst en dåse der var mindst nedbrudt. Dåserne blev rensset ned til rent metal med roterende stålbørste og bankning med hammer på ambolt for at fjerne glødeskaller.

Herved blev det gennemsnitlige tab bestemt for hver klasse hvorefter det samlede tab i forbrændingsprocessen er bestemt til:

Dåser	Tab % middel
Ovale, klasse 1 (mindst nedbrudt)	14,8%
Ovale, klasse 2 (middel nedbrudt)	41,5%
Ovale, klasse 3 (mest nedbrudt)	62,3%
Tomatdåser, klasse 2 + 3	63,7%

Middeltabet for de ovale dåser og tomatdåser som var nedbrudt så meget at de ikke var identificerbare, er anslået til 83%.

Nogle af de hele, ovale dåser fra klasse 1 blev efterfølgende lagret i en slaggebunke i 1½ måned for at simulere den normale behandling ved forbrændingsanlæg inden metaller frasorteres. Ved lagringen rustet jernet så slaggen nemmere frigives ved sorteringsprocessen, og jernet opnår dermed en acceptabel kvalitet til genanvendelse.

Dåserne blev efter lagring udtaget, og nogle blev tilført sortéromlen og udtaget efter frasortering med båndmagneten. 4 repræsentative dåser blev udtaget og rensset med roterende stålbørste og hammer. Tabet var 24,9% i forhold til startvægten. Det kan herefter bestemmes at tabet af rent metal som følge af lagringen er ca. 12% på 1½ måned i forhold til vægten af rent metal efter forbrænding. Dette tab forudsættes at være det samme for alle dåser, uanset hvor meget de er nedbrudte i forbrændingsprocessen, hvorefter det samlede tab for dåserne inkl. udsortering fra slagge kan bestemmes til:

Type	Minimumtab %	Maksimumtab %	Middeltab %
Ovale dåser (0,22 mm)	46,7	71,1	58,9
Tomatdåser (0,18 mm)	63,7	92,4	78,0

Ud fra samtaler med brancheeksperter er det vurderet at mere end 90% af hvidblikemballagen har materialekarakteristika svarende til tomatdåsernes. Tabene for tomatdåserne er derfor vægtet med 90%, og tabene for de ovale dåser er vægtet med 10% ved beregning af det samlede tab for hvidblikemballagen der passerer forbrændingsanlæg og efterfølgende sorteres:

Ved minimumtab:	62% tab
Ved maksimumtab:	90,2% tab
Ved middeltab:	76,1% tab

Dette svarer til mellem 3.600 og 14.000 tons genanvendt hvidblikemballage fra forbrændingsjern. Det skal bemærkes at DSV Anlæg, Teknik & Miljø A/S vurderer at mængden af hvidblikemballage i forbrændingsjern til eksport udgør mindre end 3% . Hvis dette tal benyttes til beregning af mængden af hvidblikemballage i forbrændingsjern fås en mængde på 1.800 tons hvilket er i størrelsesordenen af tallet svarende til maksimumtab.

Når mængderne der genanvendes i genvindingsindustrien medtages, fås en samlet genanvendelseseffektivitet for hvidblikemballage på:

Ved minimumtab:	44% genanvendt hvidblikemballage
Ved maksimumtab:	18,6% genanvendt hvidblikemballage
Ved middeltab:	31,4% genanvendt hvidblikemballage

Genanvendelseseffektiviteten på ca. 31% er lavere end i en norsk undersøgelse hvor genanvendelseseffektiviteten for norsk hvidblikemballage blev bestemt til 46%.

Der er ikke medtaget eventuelle tab ved oparbejdning i udenlandske stålværker.

Tabet vil typisk være mindre end 4% af det rene metal der modtages.

Ud fra forsøgene med rensning af hvidblikdåser efter lagring i slagge og passage af sorteringstromle blev det vurderet at slaggemængden inkl. jernoxider var betragtelig (15-29%). Dette betyder at omkostningerne til oparbejdning i stålværker er store da oxider og slagge også skal smeltes. Da hvidblikemballagen udgør en mindre del af forbrændingsjernet hvor der også indgår mere massive dele som vinkeljern, fælde, lydpotter og andet massivt gods med mindre slaggeandel, er det samlede indhold af slagge væsentligt mindre og acceptabelt for oparbejdning i stålværk. Ud over at større genstande har mindre slaggeandel, befries de mindre dele som går gennem maskerne i sortéromlen, rimeligt for slagge ved bearbejdning med hammermølle og mindsker således det samlede indhold af slagge i forbrændingsjern til eksport.

Vedrørende stålemballager (tromler og gasflasker) forventes tabet i genvindingsindustrien er være begrænset og er derfor sat til 0%, mens tabet ved forbrænding af fast affald på Kommunekemi i 2000 var 100%.

Ud fra mængderne til genanvendelsesindustrien og til Kommunekemi er beregnet en genanvendelseseffektivitet på 78% for stålemballage.

Ved beregningen af genanvendelseseffektiviteten for hvidblikemballage blev fundet en ret lav genanvendelseseffektivitet på 31% +/-12%. Som angivet tidligere, tyder vurderinger baseret på DSV's angivelser af indhold af hvidblikemballage i forbrændingsjern at genanvendelseseffektiviteten ligger mod den lave del af usikkerhedsintervallet.

Den samlede genanvendelseseffektivitet for hvidblik- og stålemballage kan beregnes til:

Ved minimumtab:	47%
Ved maksimumtab:	25%
Ved middeltab:	36%

I rapporten nævnes en række muligheder som kan overvejes hvis man ønsker at forbedre genanvendelseseffektiviteten.

Summary and conclusions

The purpose of the project is to calculate the efficiency of recovery of packaging made of tinplate and steel. The focus of the project is to estimate the loss of metal from packaging made of tinplate processed with waste in the Danish incineration plants. In addition, the quality of the recovered metal for recycling from the slag from incineration plants is discussed.

The amounts of used packaging made of tinplate and steel divided on the different forms of treatment are estimated from data in "The Danish Supply of Packaging 2000", "The Danish Statistic for Packaging of Metal 2000" and supplementary information.

The supply of used packaging made of tinplate and steel in 2000 is calculated to 45,070 tons.

The treatment of used packaging can be divided into:

- Depositing
- Incineration with municipal solid waste and waste from industry
- Incineration with hazardous waste at Kommunekemi
- Recovery in the recycling industry.

Packaging of tinplate can especially be found in the categories tin cans, other cans, jars with a thickness below 0.5 mm, crown corks and various corks and lids.

Packaging of steel is especially found among barrels and drums, containers of iron and steel for compressed gasses and cans and jars with a thickness above 0.5 mm.

The amounts of used packaging made of tin plate and steel for each treatment are calculated to:

Packaging of tin plate

Supply of used packaging of tin plate	40,564 tons
Recycling industry	3,970 tons
Incineration with MSW and industrial waste	36,594 tons
Incineration with hazardous waste at Kommunekemi	0 ton
Deposit	0 ton

Packaging of steel

Supply of used packaging of steel	4,506 tons
Recycling industry	3,506 tons
Incineration with MSW and industrial waste	0 ton
Incineration with hazardous waste at Kommunekemi	1,000 tons
Deposit	0 ton

As shown in the table, 90% of the packaging made of tin plate is incinerated with MSW and industrial waste while the rest is treated in the recycling industry.

The loss of metal based on iron in the shredders in the recycling industry is low, and therefore it can be assumed that nearly 100% is recovered in the recycling industry.

The loss from used packaging made of tin plate treated in the incineration plants for MSW and industrial waste was calculated from an experiment at Amagerforbrænding. In the experiment 203 marked halves of oval cans and 93 round cans for tomatoes passed the incineration plant together with the normal waste. Before the experiment the cans were emptied, dried, marked with a drilled 15-mm hole and weighed after removal of labels.

The cans were removed from the shaking conveyor where the slag from the incineration plant passes. All slag was inspected for cans, and cans with a recognisable hole were removed.

The plate thickness of the oval cans was 0.22 mm, and the thickness of the cans for tomatoes was 0.18 mm. From the slag were removed 128 recognisable oval cans and 23 tomato cans. The cans were divided into 3 classes after degree of disintegration. From each class was selected a representative can with maximum disintegration and one with minimum disintegration. The cans were cleaned down to pure metal by a rotating wire brush and a hammer to remove iron scales.

The mean loss for each class in the incineration process was calculated to:

Can	Loss % mean
Oval, class 1 (minor disintegration)	14.8%
Oval, class 2 (some disintegration)	41.5%
Oval, class 3 (high disintegration)	62.3%
Tomato cans, class 2 + 3	63.7%

The mean loss of oval cans and tomato cans, which was disintegrated so much that they were not recognisable, was estimated to 83%.

After the incineration experiment some of the oval cans from class 1 were stored in a pile of slag for 1½ months to simulate the normal treatment before metals were sorted out of the slag. During storing the iron oxidises which makes it easier to remove the slag in the mechanical separation process for metals and thereby reaches an acceptable quality of the metals for recycling.

After storing for 1½ months the cans were removed, and some were added to the sorting plant and retrieved after passing the sorting drum and over band magnet. Four representative cans were selected and the slag removed. The loss was 24.9% compared to the initial weight. The loss of cans after incineration, storing and sorting was then calculated to:

Type	Minimum loss %	Maximum loss %	Mean loss %
Oval cans (0.22 mm)	46.7	71.1	58.9
Tomato cans (0.18 mm)	63.7	92.4	78.0

From correspondence with branch experts it has been estimated that more than 90% of the tin plate cans have material characteristics corresponding to the characteristics of the tomato cans. The losses from the tomato cans are therefore weighted with 90% and the oval cans with 10% in the final calculation of loss from used packaging of tin plate passing incineration plant and metal sorting:

At minimum loss:	62% loss
At maximum loss:	90.2% loss
At mean loss:	76.1% loss

When adding the amounts of recovered used packaging of tin plate in the recycling industry, a total efficiency of recycling for tin plate can be calculated:

At minimum loss:	44 % recycled packaging of tin plate
At maximum loss:	18.6% recycled packaging of tin plate
At mean loss:	31.4% recycled packaging of tin plate

The calculated mean efficiency of 31% is lower than in a Norwegian study where the recovery efficiency for Norwegian packaging made of tin plate was calculated to 46%.

Loss in steel works has not been included but these losses are normally less than 4% of the pure metal, which is processed.

From the experiments with cleaning of cans after storing in slag and passing the sorting unit it was estimated that the amount of slag including iron oxides was significant (15-29%). This means that the costs for recycling in the steel works for this fraction is high as slag and iron oxides have to be melted. However, the packaging made of tin plate only constitutes a smaller amount of the iron scrap recovered from the slag where a significant number of large pieces like angle iron, rims, silencers and other heavy stuff is present. The other heavier iron pieces have a lower amount of slag, which reduces the total amount of slag to acceptable levels for recycling in steel works. In addition the smaller pieces pass the masks of the sorting drum and are typically cleaned for slag in a hammer mill thereby reducing the total amount of slag in iron exported for recycling.

Concerning packaging made of steel (drums and containers for compressed gases) the loss in the recycling industry is assumed low (ca. 0%) while the loss in connection with combustion of solid hazardous waste at Kommunekemi was 100%.

From the amounts processed in the recycling industry and Kommunekemi the recovery efficiency for packaging made of steel of 78% has been calculated.

The combined recovery efficiency for used packaging of tin plate and steel can be calculated to:

At minimum loss:	47% recycled packaging of tin plate and steel
At maximum loss:	25% recycled packaging of tin plate and steel
At mean loss:	36% recycled packaging of tin plate and steel

In the report a number of possibilities for increasing the recycling efficiency is mentioned.

1 Estimat af tilførte mængder hvidblik- og stålemballager til genanvendelse, forbrænding og deponering

Til at beregne mængderne af brugte hvidblik- og stålemballager som tilføres de forskellige mulige behandlingsformer, tages udgangspunkt i følgende kilder:

- Emballageforsyningen i Danmark 2000, Logisys 2002, Ref. 1
- Statistik for metalemballage 2000, Econet AS 2002, Ref. 2.

I Emballageforsyningen i Danmark 2000, Ref. 1, er vist den samlede emballageforsyning for 2000 i kapitel 5 i tabellen "Samlet Emballageforsyning, 2000". Summen af materialerne jern/uædelt metal samt hvidblik udgør 45.070 tons. Denne sum er antaget at svare til den samlede danske forsyning af brugte emballager af hvidblik og stål. Det skal dog bemærkes at der er en vis usikkerhed på dette tal hvilket også fremgår af Ref. 1.

Emballagerne findes inden for en række forskellige varepositionsnumre i Danmarks Statistik som findes gengivet i Ref. 1, bilag A, kapitel 9. Der er ikke en opdeling af hvidblik- og stålemballager i materialet fra Danmarks Statistik.

Ved hvidblik forstås valset stål der er belagt med enten et lag tin eller krom for at beskytte mod korrosion. Det pålagte lag giver den karakteristiske hvide sølvglinsende farve.

Ifølge Ref. 12 er tykkelsen af langt hovedparten af hvidblikemballage <0,3 mm. En lille del udgøres af transportemballage i ca. 20-35 liter størrelse med lidt større tykkelse fra 0,34-0,42 mm. Mere end 90% af al hvidblikemballage på markedet er tinbelagt ifølge Ref. 12. Ca. 8-10% af hvidblikemballagen er af typen "TFS" (= tin free steel) som er belagt med et lag krom og herudover lakeret hvilket ikke er nødvendigt med tinbaseret emballage.

Emballager af hvidblik forventes primært at befinde sig blandt følgende varepositionsnumre fra Danmarks statistik (se Ref. 1, bilag A, kapitel 9):

- "73102111 og 73102119" Konservesdåser
- "73102191" Andre dåser, godstykkelse under 0,5 mm (maks. 50 liter)
- "73102910" Dunke, godstykkelse under 0,5 mm (maks. 50 liter)
- "83091000" Crown corks (øl og sodavandskapsler)
- "83099090" Propper, hætter og låg.

Stålemballager er vurderet til primært at være omfattet af emballager med følgende varepositionsnumre i Danmarks Statistik (se: Ref. 1, bilag A, kapitel 9):

- "73101000" Fade og tromler (min. 50 liter, maks. 300 liter)

- "73110010 og 73110091" Beholdere af jern og stål til komprimerede gasarter mv.
- "73102199" Andre dåser, godstykkelse min. 0,5 mm (maks. 50 liter)
- "73102990" Dunke, godstykkelse min. 0,5 mm (maks. 50 liter)

Da det er umuligt at foretage en præcis fordeling af hvidblik- og stålemballager inden for de ovenfor givne varepositionsnumre, er der valgt en anden fremgangsmåde.

De brugte emballager vil fordele sig af en række forskellige behandlingsveje.

Disse antages at være:

- Genanvendelse via genanvendelsesindustrien uden mellemliggende termisk behandling
- Forbrænding ved forbrændingsanlæg sammen med dagrenovation og erhvervsaffald
- Forbrænding ved Kommunekemi
- Deponering.

I Metalstatistik 2000, Ref. 2, er udført vejninger af kasserede metalemballager i 3 containere med letjern/kommunejern samt de totale mængder i containerne. Mængden af aluminiumsemballager er vurderet i forsøget. Ud fra vejningerne og fra kendskab til de modtagne mængder letjern/kommunejern hos 80% af genvindingsindustrien er beregnet en årlig mængde på 3.970 ton stålemballager til genanvendelse i Danmark. Stålemballagerne antages primært at bestå af hvidblikemballage.

I Ref. 2 er endvidere bestemt mængden af stålemballager i form af ståltromler og flasker som sendes til genanvendelse. Estimatet bygger på opgivne modtagne mængder ved 80% af genvindingsindustrien hvorved kan beregnes en samlet mængde stålemballager til genanvendelse i Danmark på 3.506 tons.

I nærværende projekt er indhentet supplerende oplysninger fra Kommunekemi som opgiver mængden af stålemballager (50-200 liter tromler) med fast affald som blev forbrændt i rotéovnene i år 2000, til knap 1.000 tons. I år 2000 blev ikke genvundet jern fra slaggen fra rotéovnene ved Kommunekemi. Der har dog været udvundet lidt jern i 2001 med stor andel af rust, så udbyttet af rent jern til genanvendelse er meget begrænset. Tabet af stålemballager ved Kommunekemi er ikke inkluderet i opgørelserne i Ref. 2.

Der foregår endvidere et vist omfang af rekonditionering af tromler hos Hannell som ikke er medtaget i nærværende undersøgelse

Det faste affald i ståltromlerne som behandles ved Kommunekemi, vil indeholde en vis mængde malerbøtter af hvidblik som ligeledes mistes ved forbrænding, men der findes ikke data vedrørende mængden.

Man kan dog forsøge at lave et overslag over mængden. Det antages at maksimalt 10% af vægten i tromlerne udgøres af hvidblikemballage. Endvidere antages at alle tromler er 200 liter tromler med en vægt på 18 kg pr. tromle, og at tromlerne indeholder 200 kg affald. Herefter kan beregnes at mængden af hvidblikemballage i fast affald til forbrænding ved Kommunekemi er mindre end 1.200 tons.

Mængden af stål- og hvidblikemballage til direkte deponering antages negligabel.

Mængden af stålemballage til forbrænding sammen med dagrenovation og erhvervsaffald antages ligeledes at være negligabel.

Herefter kan følgende fordeling af den samlede mængde på 45.070 tons af hvidblik- og stålemballage fordelt på behandlingsformer beregnes.

Tabel 1.1 Brugte emballager af hvidblik og stål fordelt på behandlingsformer

Emballagefraktion	Tons
Forsyning af brugte emballager af hvidblik og jern/uædelt metal	45.070
Brugte tromler/fade og beholdere af jern og stål til genanvendelse	3.506
Brugte tromler/fade og beholdere af jern og stål til deponering	0
Brugte tromler/fade og beholdere af jern og stål til forbrænding med farligt affald på Kommunekemi	1000
Brugte tromler/fade og beholdere af jern og stål til forbrænding med dagrenovation/erhvervsaffald	0
Brugte emballager af hvidblik til genanvendelse	3.970
Brugte emballager af hvidblik til deponering	0
Brugte emballager af hvidblik til forbrænding med farligt affald på Kommunekemi (estimeret til <1.200 tons)	0
Brugte emballager af hvidblik til forbrænding med dagrenovation/erhvervsaffald	36.594

Der beregnes således en mængde af brugt hvidblikemballage til forbrænding sammen med dagrenovation og erhvervsaffald på 36.594 tons.

2 Jern- og metalemballager i dagrenovation

Af nedenstående fremgår konkrete data for emballager af jern og metal i dagrenovationen. Ved jern og metal forstås emballager af hvidblik og aluminium.

Data stammer fra følgende rapporter og undersøgelser:

- Miljøprojekt nr. 264 fra Miljøstyrelsen, 1994
- Affaldsanalyse foretaget af Teknologisk Institut for Miljøstyrelsen i 1995
- Affaldsanalyser foretaget af Teknologisk Institut for Miljøstyrelsen i 2001.

2.1 Miljøprojekt nr. 264 fra Miljøstyrelsen, 1994

Ifølge Miljøprojekt nr. 264 fra Miljøstyrelsen, 1994 udgør emballager af jern og metal 2% af dagrenovationsmængden. Den samlede dagrenovationsmængde udgør iflg. Miljøprojekt nr. 264 20.264 tons pr. uge svarende til 9,3 kg pr. husstand pr. uge.

Jern- og metalemballager er i Miljøprojekt nr. 264 opgjort til 408 tons pr. uge svarende til 21.216 tons på årsbasis. Dette medfører en gennemsnitlig mængde på 0,187 kg pr. husstand pr. uge.

Oplysningerne om jern- og metalemballager i Miljøprojekt nr. 264 baserer sig på en række affaldsanalyser gennemført i 1992 og 1993. Sorteringskriterierne for jern- og metalemballager (kun salgsemballager) fremgår af Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sorteringskriterier for jern- og metalemballager i Miljøprojekt nr. 264, 1994

Ferro-metaller	Omfatter alle typer indeholdende magnetiserbart materiale (jern). Typiske produkter er konserverdåser, tomme malerbøtter, cigaret- og slikæsker, kapsler
Aluminiumsemballager	Alu-folier, -bakker og -dåser
Andre non-ferro-metaller	Metalemballager der ikke er aluminium eller blik

2.2 Affaldsanalyse gennemført for Miljøstyrelsen i Århus Kommune, 1995

Affaldsanalysen omfattede affald fra i alt 349 husstande, heraf 205 husstande i etageboliger og 144 husstande i enfamilieboliger.

Ved affaldsanalysen blev jern- og metalemballager sorteret og registreret som henholdsvis jern- og stålemballager og aluminiumsemballager.

Mængden af jern- og metalemballager opgjort i kg pr. husstand pr. uge fremgår af Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jern- og metalemballager fra affaldsanalyse, 1995

	Affaldsanalyse 1995
Jern- og stålemballager	0,112 kg pr. husstand pr. uge
Aluminiumsemballage	0,061 kg pr. husstand pr. uge
Jern- og metalemballager i alt	0,173 kg pr. husstand pr. uge

2.3 Affaldsanalyse i Tinglev og Nørre Rangstrup kommuner

Affaldsanalyserne omfattede affald fra i alt 246 husstande i Tinglev Kommune og i alt 169 husstande i Nørre Rangstrup Kommune.

Jern- og metalfraktionen omfattede ved disse affaldsanalyser alene dåser.

Mængden af jern- og metaldåser opgjort i kg pr. husstand pr. uge fremgår af Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Jern- og metaldåser fra affaldsanalyse, 2001

Fraktion	Tinglev Kommune		Nørre Rangstrup Kommune	
	Kg pr. husstand pr. uge	Procentvis fordeling	Kg pr. husstand pr. uge	Procentvis fordeling
Jern- og metaldåser	0,106	1,9	0,147	1,5
Dagrenovation i alt	5,698	100	10,019	100

Den samlede dagrenovationsmængde udgør iflg. affaldsanalysen 5,7 kg pr. husstand pr. uge i Tinglev Kommune og 10,0 kg pr. husstand pr. uge i Nørre Rangstrup Kommune.

2.4 Sammenstilling af data

Af Tabel 2.4 fremgår mængden af jern- og metalemballager opgjort i kg pr. husstand pr. uge.

Tabel 2.4 Sammenstilling af data (opgjort i kg pr. husstand pr. uge)

	Miljøprojekt nr. 264, 1994	Affaldsanalyse 1995	Affaldsanalyse 2001 – Tinglev Kommune	Affaldsanalyse 2001 – Nørre Rangstrup Kommune
Jern- og metaldåser			0,106	0,147
Jern- og stålemballager		0,112		
Aluminiums-emballage		0,061		
Jern- og metal-emballager	0,187	0,173		

2.5 Opgørelse af de samlede mængder af emballager af jern og stål (hvidblik) i dagrenovation i Danmark

I affaldsanalysen gennemført i Århus Kommune i 1995 er mængden af emballager af jern og stål (hvidblik) i dagrenovation opgjort til 0,112 kg pr. husstand pr. uge hvilket svarer til 5,82 kg pr. husstand pr. år.

Fra emballageindustriens side (Ref. 12) anføres at mængden af metalemballage vurderes faldet med ca. 1/3 i detailhandelen de sidste syv år.

Data fra Ref. 15 tyder dog på at mængden af jern- og metalemballager ikke er faldet men snarere steget lidt.

Jern- og metalemballager er således opgjort til 0,28 kg pr. husstand for enfamilieboliger og 0,16 kg pr. husstand for etageboliger. Tallene omfatter dog også metal-/papirlaminater og metal-/plastlaminater som ikke var omfattet i Miljøprojekt nr. 264, 1994 eller affaldsanalysen fra 1995. Hvis disse mængder udelades, fås 0,25 kg/husstand fra enfamilieboliger og 0,15 kg/husstand for etageboliger. Med en antaget fordeling på 60% enfamilieboliger og 40% etageboliger fås et middeltal på 0,21 kg/husstand hvilket er henholdsvis 13% og 23% mere end i Miljøprojekt nr. 264, 1994 og affaldsanalysen fra 1995.

Da estimerne af den totale mængde af jern- og metalemballager i de forskellige undersøgelser vurderes at være i nærheden af usikkerheden, er data fra affaldsanalysen i 1995 på 0,112 kg jern- og stålemballage benyttet til beregning af mængden på landsplan

Opskaleres til landsplan (2.439.290 husstande), fås 14.997 tons pr. år.

2.6 Jern- og metal emballager i erhvervsaffald

I kapitel 1 er den samlede mængde hvidblik tilført affaldsforbrændingsanlæg i Danmark opgjort til 36.594 tons.

I afsnit 2.5 blev mængden af hvidblikemballager i dagrenovation opgjort til 14.997 tons.

Det kan herefter estimeres at mængden af hvidblikemballage i erhvervsaffald, samt farligt affald udgør 21.597 tons.

Der findes ingen affaldsanalyser af erhvervsaffald hvor indholdet af emballager af hvidblik opgøres.

I Tabel 2.5 er fordelingen af emballager af hvidblik i dagrenovation og erhvervsaffald opgjort til henholdsvis 41% og 59%.

Tabel 2.5 Mængden af emballager af hvidblik i affald (Tons)

Affaldstype	Mængde	%
Dagrenovation	14.997	41
Erhvervsaffald samt farligt affald	22.597	59
I alt	36.594	100

3 Vurdering af tab i forbrændingsanlæg

3.1 Danske forbrændingsanlæg

Forbrændingsovne, rotér- og ristianlæg

Der er i 2002 ca. 70 linier til forbrænding af affald i Danmark med en samlet årlig teoretisk forbrændingskapacitet på 2.726.000 tons affald i 1999, Ref. 3. I 2000 blev forbrændt 3.064.000 tons affald inkl. 81.000 tons miljøfarligt affald (Kommunekemi), Ref. 3.

Der skelnes generelt mellem to typer af forbrændingsanlæg – Rotérovnsanlæg eller ristianlæg. Tidligere var det almindeligt med rotérovnsanlæg, men i dag er langt den overvejende del er alle danske forbrændingsanlæg såkaldte ristianlæg. De få rotérovnsanlæg der er tilbage (forår 2002), vil være afviklet i løbet af en kort årrække eller kun være til rådighed som reserveanlæg.

Temperaturen i rotérovnen er højere og slaggens opholdstid længere end ved ovne med ristianlæg. Generelt kan man således sige at rotérovne i mange tilfælde kan præstere en bedre udbrændingsgrad af slaggen i forhold ovne med ristianlæg. Forbrænding i rotérovne kan imidlertid have en tendens til at slaggen bliver så varm så den bliver flydende hvilket ikke er ønskeligt.

Årsagen til at der i dag foretrækkes ristianlæg frem for rotérovnsanlæg, er bl.a. at de disse anlæg generelt har en større kapacitet i forhold til den fysiske størrelse. Endvidere er det lettere at styre udbrændingen af gasserne på et ristianlæg hvor røggassen ledes gennem et veldefineret efterforbrændingskammer. Driftsomkostninger for ristianlæg skønnes at være lavere end for rotérovnsanlæg.

Oxidationsgraden af jernet i hvidblikemballage vil være afhængig af temperaturen metallet udsættes for, og den tid det opholder sig ved den høje temperatur.

3.2 Udenlandske forsøgsresultater med forbrænding af hvidblikemballage

3.2.1 Norsk undersøgelse

Firmaet MEPEX CONSULT AS udførte i 1997-1998 en undersøgelse af genanvendelseseffektiviteten af emballage af hvidblik, Ref. 4.

I undersøgelsen er fundet et potentiale fra husholdninger og erhverv på mellem 2,84 og 3,2 kg jernbaseret emballage pr. indbygger. Den procentvise fordelingen af jernholdigt affald til forbrændingsanlæggene i Oslo er i rapporten opgjort som vist i Tabel 3.1

Tabel 3.1 Indhold af hvidblikemballage i norsk affald til forbrændingsanlæg

%	Husholdninger	Erhverv	I alt
Jernbaseret emballage	1,34	0,72	2,06
Andet jern	0,44	0,4	0,84

Hvis man ligesom i nærværende undersøgelse (Tabel 1.1) antager at forbrændingsanlæggene ikke modtager stålemballage (større tromler og gasflasker), vil den jernbaserede emballage udelukkende bestå af hvidblikemballage med et indhold på 2,06% i affaldet tilført forbrændingsanlæggene.

For Danmark er estimeret en mængde tilført hvidblikemballage til de danske forbrændingsanlæg på 36.594 tons. Dette svarer til 1,25% af de 3 mio. tons forbrændt affald, og det er dermed væsentligt mindre end i Norge.

I undersøgelsen er udført et forsøg hvor en del dåser (hvidblik) med højde 120 mm og tværsnit 100 mm er fundet i forbrændingsjernet fra anlægget ud fra deres rille mønstre og efterfølgende renses, vejtes og sammenlignet med vægten af nyindkøbte dåser. Der opnås et vægttab på ca. 15-20%. Det fremgår af Bilag 11 i rapporten at der er fundet dåser med vægttab mellem 4% og 47%.

Det formodes at nogle dåser vil kunne være oxideret så meget at de ikke har kunnet genkendes i forbrændingsjernet, og at tabet derfor reelt kan være større.

Forbrændingsjernet sorteres efterfølgende på virksomheden Grønmo, og her tabes den fine del af jernet. Til sidst neddeles jernet på virksomheden Franzefoss Gjenvinning med et yderligere tab sådan at der i middel genvindes 46% af hvidblikemballagen som det fremgår af Tabel 3.2.

Tabel 3.2 genvindingsgrad for norsk hvidblikemballage frem til stålværk

	Mindste tab	Højeste tab	Middel
Genvindingsgrad %	64	33	46

3.2.2 Hollandsk undersøgelse

I en hollandsk undersøgelse udført af TNO "The reclamation of tin at waste incineration plants", Ref. 5, er blevet udført et forsøg hvor der er tilsat hvidblikemballage til affald hvor der forinden var frasorteret alt jernholdigt materiale fra det benyttede affald. Der er tale om et pilotanlæg, og mængden af affald pr. forsøg udgør kun 20 kg eller ca. 70 liter med en opholdstid i forbrændingsanlægget på 1 time. Det normale indhold af jern i det hollandske affald er opgivet til 3,5% hvor 2,3% af jernindholdet i affald er hvidblikemballage.

Tallet er væsentligt højere end den danske andel af hvidblikemballage i affald til forbrænding på 1,25%. I forsøget blev tilsat 15 fødevededåser og 11 drikkedåser. Tabet ved forbrændingen blev bestemt til 21%, men med spredninger i middelværdien af 6 forbrændingseksperimenter fra 6,3%-31,5%. Det skal her bemærkes at et så lille forsøgsanlæg (70 liter) vil forventes at opnå en væsentligt bedre og homogen forbrænding end et stort anlæg med en kapacitet på 15 tons i timen.

3.3 Forsøg med indfyring af hvidblikemballage på Amagerforbrænding

I projektet indgår et forsøg med indfyring af hvidblikemballage på et typisk dansk forbrændingsanlæg. Formålet med forsøget er at foretage et estimat af hvor meget rent metal der mistes i forbrændingsprocessen som følge af oxidation. I/S Amagerforbrænding er grundet sine ristebaserede linier udvalgt som et repræsentativt forbrændingsanlæg til udførelse af et forsøg med indfyring af hvidblikemballage.

3.3.1 Forbehandling af hvidblikemballage

Som forsøgsmateriale blev fremskaffet ca. 100 ovale dåser fra Glud & Marstrand af typen som anvendes til dåseskinke. Emballagen blev valgt fordi den er nem at genkende pga. sin ovale form. Endvidere er indkøbt 100 dåser med flæde tomater af mærket Bon appetit fremstillet i Italien.

De ovale dåser blev åbnet med nøglen hvorved der fremkom et låg og en bund. Tomatdåsernes låg blev åbnet og indholdet fjernet, hvorefter dåserne blev rengjort ved skylning.

Der blev herefter boret et 15 mm hul i låg og bund af de ovale dåser samt i bunden af tomatdåsen for at kunne identificere dåserne ved slaggeudmadningen fra forbrændingsanlægget.

Herefter blev etiketterne fjernet fra 25 tomatdåser som herefter blev tørret og vejte. Ligeledes blev 25 låg og bunde af de ovale dåser vejte. Middelværdi og spredning er vist i Tabel 3.3 sammen med dåsernes godstykkelse.

Tabel 3.3 Data for dåser

Type	Oval, låg	Oval, bund	Tomatdåse
Middelvægt (g)	49,64	42,64	45,09
Spredning (g)	0,14	0,21	1,61
Tykkelse (mm)	0,22	0,22	0,18

3.3.2 Foraskning af dåser

For at bestemme indholdet af organisk materiale og flygtige komponenter som tin blev der udført en standardforaskningsanalyse på en forvejet oval dåse samt en forvejet tomatdåse hvor etiketten var fjernet og dåsen tørret inden vejning. Foraskningsanalysen er en behandling i ovn ved 550°C i 24 timer. Efter varmebehandlingen var den ovale dåse belagt med et hvidt lag (se Figur 3.1) og tomatdåsen med et brunt lag (se Figur 3.2). Dåserne blev herefter aftørret og vejte. Dåserne er vist før foraskning og efter foraskning inkl. rensning for oxidlag på Figur 3.3. Tabene er vist i Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Foraskning af dåser

	Tab efter foraskning %	Tab efter foraskning+fjernelse af aske-/mineral-/oxidrester %
Oval, låg	1,33	1,43
Tomatdåse	0,23	1,03

Det ses at tabet af organisk stof, tin mv. er i størrelsesordenen 1-1,5%.



Figur 3.1 Oval dåse efter foraskning 550°C



Figur 3.2 Tomatdåse efter foraskning 550°C



Figur 3.3 Dåser før foraskningsforsøg og efter foraskningsforsøg og fjernelse af oxidlag

3.3.3 Forsøg med forbrænding af hvidblikemballage på Amagerforbrænding

Den 21/2 2002 blev udført et forbrændingsforsøg på Amagerforbrændings nye linie 1. Amagerforbrænding har efter ombygning af de ældre linier fire nye ristebaserede linier hver med en kapacitet på 15 tons/time hvilket svarer til ca. 400.000 tons pr. år.

Dåserne blev indfyret i tragten til linie 1 som vist i Tabel 3.5. I tabellen er endvidere vist hvornår der blev doseret affald med kranen.

Tabel 3.5 Indfyring af affald

Tidspunkt	Dåsetype	Antal	Affald doseret med kran
11:20	Oval, Låg	50	
11:20	Oval, bund	50	
11:22			Et læs affald tilføres
11:25	Tomatdåser	93	
11:35			Et læs affald tilføres
11:37	Oval, Låg	51	
11:37	Oval, Låg	52	

Da gennemløbstiden for anlægget er vurderet til 2-3 timer, blev rysterenden hvor al slaggen fra linie 1 passerer, overvåget fra kl. 12:20.

Metal i rysterenden ligger i et tyndt lag slagge af ca. 2-5 cm højde hvorfor det er muligt at nå at finde alt der ligner metalaffald af dåser ved manuelt at rode op i slaggelaget og udtage og inspicere dåserne (se Figur 3.4).



Figur 3.4 Rysterende hvorfra dåser blev udtaget

Kl. 13:30 observeredes de første ovale dåser. Herefter foretog 2 personer frasorteringen samtidig hvor den første person fjernede dåser med 15 mm hul i, og den anden sikrede at der ikke var flere identificerbare rester. Det vurderes at alle hele dåser blev fundet samt de dåser hvor der var mere end halvdelen tilbage med et endnu genkendeligt hul.

I tidsrummet fra 13:30-14:00 blev fundet 60 ovale dåser og 7 tomatdåser
 I tidsrummet fra 14:00-14:35 blev fundet 68 ovale dåser og 16 tomatdåser
 Fra 14:35-14:55 blev der ikke fundet dåser hvorfor det blev konkluderet at alle genkendelige dåser var passeret. Dåserne ankom nogenlunde som de blev indfyret dvs. først ovale dåser, så tomatdåser og så igen ovale dåser.

Dåserne blev herefter opdelt i klasser efter nedbrydningsgrad:

- Klasse 1 er hele dåser
- Klasse 2 er delvist oxiderede dåser hvor en mindre del af arealet er forsvundet
- Klasse 3 er meget nedbrudte dåser hvor en stor del af dåsens oprindelige areal er forsvundet.

I Tabel 3.6 er vist hvor mange dåser der blev fundet i hver klasse.

Tabel 3.6 fundne dåser

Klasse	Ovale dåser	Tomatdåser
Klasse 1, hele	49	2
Klasse 2, delvist nedbrudte	44	21
Klasse 3, meget nedbrudte	35	

På Figur 3.5 er vist de hele ovale dåser fra klasse 1. Figur 3.6 viser de ovale dåser i klasse 2. Figur 3.7 viser de ovale dåser i klasse 3, mens Figur 3.8 og Figur 3.9 viser tomatdåserne. De fleste tomatdåser er så nedbrudte at de primært findes i klasse 2 og 3.

Efterfølgende blev 29 af de hele ovale dåser samt en hel tomadåse placeret i en slaggebunke til estimering af tab ved slaggemodning (lagring af slaggen).

Resten af dåserne blev sendt til analyse for tab hvor dåserne umiddelbart efter ankomst blev tørret for at undgå yderligere oxidation.

Inden anlægget blev forladt, blev driftsparametrene for linie 1 aflæst i kontrolrummet.

For perioden 12:00-15:52 var middeltemperaturen i ovnkammeret over den første del af ristene 843°C og over den sidste del af ristene 940°C.



Figur 3.5 Fundne ovale dåser, klasse 1



Figur 3.6 Fundne ovale dâser, klasse 2



Figur 3.7 Fundne ovale dâser, klasse 3



Figur 3.8 Fundne tomatdåser (De to dåser fra klasse 1 nederst til venstre, klasse 2+3 nederst til højre)



Figur 3.9 Fundne tomatdåser klasse 2+3

3.4 Estimat af tab i forbrændingsanlæg

En række dåser blev efter tørring rensset med klud og neglebørste hvorefter de blev vejjet.

Resultaterne for de hele ovale dåser samt den hele tomatdåse (klasse 1) er vist i Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Tab af hvidblíkembal i age i klasse 1 (hele)

	Ovale, låg	Ovale, bund	Tomatdåse
Antal analyseret	3	3	1
Tab, middelværdi %	8,20	8,19	0,78
Tab spredning %	3,18	3,78	

Endvidere blev der foretaget rensninger for klasse 2 og 3.

Resultaterne af de første vejeforsøg viste at det var nødvendigt med en lidt anden fremgangsmåde for at opnå et realistisk estimat af vægttabet. Ved nærmere inspektion af dåserne viste det sig at der stadig var glødeskaller og rester af slagge tilbage.

Der blev derfor valgt en anden fremgangsmåde.

Alle valgte dåser blev først rensset med en roterende stålborste på en boremaskine, dernæst blev rester af glødeskaller fjernet ved bearbejdning med en hammer på en ambolt.

For at bestemme variationen i nedbrydning blev for hver klasse udvalgt mindst en repræsentativ dåse for de dåser der var mest nedbrudt, og en repræsentativ dåse for dem der var mindst nedbrudt. Dette blev gjort ved at sprede alle dåser ud og foretage en visuel bedømmelse. Herefter blev de valgte dåser rensset med den ovenfor nævnte renseprocedure.

På Figur 3.10 er vist de ovale dåser i klasse 1 samt de valgte dåser efter rensning.

På dåserne i klasse 1 var der begrænsede mængder oxidationsskaller som ikke kunne fjernes med den roterende stålborste, men som blev fjernet ved bankning.

I Tabel 3.8 er vist resultaterne for tab fra klasse 1 i forbrændingsprocessen.

Tabel 3.8 Tab for ovale dåser + tomatdåse Klasse 1 udtaget fra slagge umiddelbart efter forbrænding

Type	Vægt efter forbrænding, tørret (g)	Vægt efter rensning med roterende stålborste (g)	Vægt efter bankning (g)	Tab %	Slagge %
Oval, låg, mindst nedb.	47,22	46,69	45,17	9,02	4,34
Oval, låg, mest nedb.	44,43	43,86	37,72	24,03	15,1
Oval, bund, mindst nedb.	40,25	38,9	37,28	12,20	7,4
Oval, bund, mindst nedb.	39,08	38,7	36,54	13,94	6,5

Tabene er udregnet i forhold til startvægten af en rengjort ubehandlet tom dåse (Tabel 3.).

Ovale dåser:

Middeltab udgør 14,80%

Minimumtab udgør 9,02%

Maksimumtab udgør 24,03%

Slaggeindholdet af de rene dåser er fra 4% til 15%. Denne slagge vil dog til dels kunne fjernes når dåsen rustet i slaggebunken hvilket løsner slaggen. Dette beskrives nærmere i kapitel 4.



Figur 3.10 Ovale dåser, klasse 1 før og efter rensning (de 4 yderst til højre)

På Figur 3.11 er vist dåser i klasse 2, og på Figur 3.12 er vist de valgte dåser før rensning og på Figur 3.13 efter rensproceduren.

På dåserne i klasse 2 befandt sig en del oxidationsskaller/smeltet slagge som først blev fjernet ved bankning hvilket tydeligt viser at dåserne har været udsat for en højere temperatur end dåserne i klasse 1.

I Tabel 3.9 er vist resultaterne for tab fra klasse 2 i forbrændingsprocessen.

Tabel 3.9 Tab for ovale dåser Klasse 2 udtaget fra slagge umiddelbart efter forbrænding

Type	Vægt efter forbrænding, tørret (g)	Vægt efter rensning med rot. stålborste (g)	Vægt efter bankning (g)	Tab %	Slagge %
Oval, bund, mest nedb.	40,26	37,01	34,85	17,92	13,4
Oval, bund, mindst nedb.	40,7	37,1	14,8	65,14	63,6

Middeltab udgør 41,53%
 Minimumtab udgør 17,92%
 Maksimumtab udgør 65,14%



Figur 3.11 Ovale dâser, klasse 2



Figur 3.12 Valgte ovale dâser, klasse 2 før rensning



Figur 3.13 Valgte ovale dåser, klasse 2 efter rensning

På Figur 3.14 er vist dåserne i klasse 3, på Figur 3.15 er vist 2 af de valgte dåser før rensning, og på Figur 3.16 er vist alle 3 udvalgte dåser efter rensning.

På dåserne i klasse 3 var en del oxidationsskaller/smeltet slagge som først blev fjernet ved bankning hvilket tydeligt viser at dåserne har været udsat for en højere temperatur end dåserne i klasse 2.

I Tabel 3.10 er vist resultaterne for tab fra klasse 3 i forbrændingsprocessen.

Tabel 3.10 Tab for ovale dåser Klasse 3 udtaget fra slagge umiddelbart efter forbrænding

Type	Vægt efter forbrænding, tørret (g)	Vægt efter rensning med rot.stålbørste (g)	Vægt efter bankning (g)	Tab %	Slagge %
Oval, top, mindst nedb.	36,38	30,1	23,47	52,73	35,5
Oval, bund, noget nedb.	26,8	22,2	15,15	63,50	42,2
Oval, bund, mest nedb.	26,33	Ikke målt	11,96	71,83	66,7

Middeltab udgør 62,28%

Minimumtab udgør 52,73%

Maksimumtab udgør 71,83%



Figur 3.14 Ovale dåser, klasse 3



Figur 3.15 To af de Valgte ovale dåser, klasse 3 inden rensning



Figur 3.16 Alle Valgte ovale dåser, klasse 3 efter rensning

I Tabel 3.11 er vist tabet for tomatdåsen i klasse 1 hvor dåsen på Figur 3.17 er vist efter opskæring med pladesaks og rensning.

Tabel 3.11 Tab for tomatdåser, Klasse 1 udtaget fra slagge umiddelbart efter forbrænding

Type	Vægt efter forbrænding, tørret (g)	Vægt efter rensning med rot.stålbørste (g)	Vægt efter bankning (g)	Tab %	Slagge %
Tomatdåse mindst nedb.	Ikke målt	Ikke målt	41,43	8,12	Ikke målt



Figur 3.17 Renset tomatdåse, klasse 1

På Figur 3.18 er vist tomatdåserne i klasse 2 og 3. På Figur 3.19 er vist de valgte dåser før rensning, og på Figur 3.20 er vist de valgte dåser efter rensning.

Tabel 3.12 Tab for Tomatdåser Klasse 2+3 udtaget fra slagge umiddelbart efter forbrænding

Type	Vægt efter forbrænding, tørret (g)	Vægt efter rensning med rot.stålbørste (g)	Vægt efter bankning (g)	Tab %	Slagge %
Tomatdåse, mindst nedb.	34,63	29,5	27,27	39,52 (1)	21,3
Tomatdåse, mest nedb.	12,0	9,97	5,45	87,91 (2)	54,6

(1) Det var nødvendigt at klippe dåsen op inden rensning

(2) Noget af det metal som er forsvundet, vil formentlig findes som stykker der delvist vil blive genvundet

Middeltab udgør 63,71%

Minimumtab udgør 39,52%

Maksimumtab udgør 87,91%



Figur 3.18 Tomatdåser, klasse 2 og 3



Figur 3.19 Valgte tomatdåser, klasse 2 og 3 inden rensning



Figur 3.20 Valgte tomatdåser, klasse 2 og 3 efter rensning

I Tabel 3.13 er vist en oversigt over tabene for de forskellige klasser.

Tabel 3.13 Oversigt over tab fra dåser efter forbrænding

Klasse	Antal	Minimumtab %	Maksimumtab %	Middeltab %
Ovale dåser, klasse 1, hele	49	9,0	24,0	14,8
Ovale dåser, klasse 2, delvist nedbrudte	44	17,9	65,1	41,5
Ovale dåser, klasse 3 meget nedbrudte	35	52,7	71,8	62,3
Tomatdåser, klasse 1	2			8,1 (1)
Tomatdåser, klasse 2+3	21	39,5	87,9	63,7

1) Der er kun foretaget en måling. Tab antages at være sammenligneligt med ovale dåser, klasse 1

4 Tab ved slaggebehandling

4.1 Danske slaggebehandlingsmetoder

De danske forbrændingsanlæg har enten anlæg stående til fraseparation af jern fra slaggen i forbindelse med forbrændingsanlæggene eller får separationen udført på eksterne oparbejdningsanlæg. Ud fra forespørgsler til behandlere af ca. 80% af den danske slagge er det vurderet at behandlingen er nogenlunde ens. Slaggen lagres typisk først omkring en måned hvorved jernet oxideres delvist. Da oxidationen af jernet også forløber i grænselaget mellem påbagt slagge og metal, medfører lagringen at slaggen nemmere falder af ved den efterfølgende sortering og oparbejdning.

Ved sorteringsprocessen tilføres den lagrede slagge en sortétrumle med hulstørrelse på 50-60 mm og separeres i en overstørrelses- og en understørrelsesfraktion. Fra overstørrelsesfraktionen frasepareres jernet med en overbåndsmagnet. Jernet fra understørrelsesfraktionen behandles efterfølgende i en hammermølle for at befri jernet for slagge og rust. Dette medfører at jernet har tilstrækkeligt lidt slagge tilbage til at det fra en del behandlingsanlæg kan eksporteres som grønt forbrændingsjern (Grønt forbrændingsjern overholder kravene til eksport af affald på den grønne liste i bekendtgørelse om import og eksport af affald, Ref. 6).

Et eksternt og et internt sorteringsanlæg er besøgt i løbet af projektet og beskrevet i det følgende.

4.1.1 Besøg ved slaggebehandlingsanlægget i Næstved og Holme-Olstrup

DSV Anlæg, Teknik & Miljø A/S har slaggebehandlingsanlæg beliggende i Næstved på Elektrovej ved Ydernæs og i Holme-Olstrup. Disse anlæg blev besøgt 31. januar 2002.

Når slaggen til anlægget i Næstved er ankommet, lagres den ca. en måned inden jernet frasorteres (se Figur 4.1) Ved lagringen oxideres noget af jernet så slaggen bliver nemmere at fraseparere ved den efterfølgende behandling.

Når jernet skal frasepareres, tilføres slaggen en sortétrumle med 60 mm huller. Overstørrelsesfraktionen passerer en overbåndsmagnet (se Figur 4.2) som fraseparerer jernholdigt materiale til efterfølgende eksport. Eksempler er vist på Figur 4.3 og Figur 4.4. Understørrelsesfraktionen oparbejdes på det nærliggende anlæg i Holme-Olstrup (se Figur 4.5) På dette anlæg findes en hammermølle med 3 x 6 hamre som fjerner slagge fra de mindre dele (se Figur 4.6). Jernfraktionen oprenses herefter på et rystesold som vist på Figur 4.7. På anlæggene blev i 2001 behandlet ca. 160.000 tons slagge med udvinding af 12.200 tons jern. Slaggeandelen i jernet er omkring 3%, og det eksporteres som grønt forbrændingsjern. Hvis der regnes med at der produceres en typisk mængde af slagge inklusive jern på 22% fra danske forbrændingsanlæg (Ref. 7, 8, 9), svarer de 12.200 tons jern til at der genvindes 1,7% jern fra det affald der tilføres forbrændingsanlæggene.

Anlæggene forventer at oparbejde ca. 220.000 tons slagge i år 2002. Hvis det antages at der dannes 22% slagge og metal ud af de ca. 3 mio. tons affald der forbrændes baseret på tal for år 2000, forventes en total slaggemængde i Danmark inkl. metaller på ca. 660.000 tons i 2002, og oparbejdningsanlæggene i Næstved og Holme-Olstrup vil således behandle ca. 33% af den samlede mængde.



Figur 4.1 Lagret slagge ved anlægget i Næstved



Figur 4.2 Overbåndsmagnet til fraseparering af jern fra overstørrelsesfraktion



Figur 4.3 Frasepareret jern fra overstørrelsesfraktion



Figur 4.4 Frasepareret jern fra overstørrelsesfraktion



Figur 4.5 Sortéromlen i Holme-Olstrup



Figur 4.6 Hammermølle



Figur 4.7 Rystesold der fraseparerer jern fra understørrelsesfraktion

4.1.2 Besøg ved slaggebehandlingsanlægget ved Amagerforbrænding

I/S Amagerforbrænding blev besøgt den 31/1-02, og det tilknyttede slaggebehandlingsanlæg blev besigtiget. Amagerforbrænding har 4 nye ristebaserede linier hver med en kapacitet på 15 ton/time. Slaggen fra linierne lagres ca. 1 måned inden jernet frasorteres (se Figur 4.8).

Herefter færdigmodnes slaggen yderligere ca. 2 måneder. Slaggen tilføres en sortéromle med 50 mm huller og en kapacitet på 100 t/time (se Figur 4.9). Overstørrelsesfraktionen passerer en overbåndsmagnet der frasorterer jernholdigt materiale som eksporteres til oparbejdning i udenlandsk stålverk. Understørrelsesfraktionen passerer en tromlemagnet som separerer det magnetiske materiale fra slaggen. Der produceres en jernfraktion med ca. 70% renhed. Jernet fra blandingen fraseparerer herefter med en overbåndsmagnet og oparbejdes med hammermølle inden eksport af det rensede jern.

Indholdet af slagge og jern i de 302.000 tons forbrændt affald ved Amagerforbrænding i 2001 var 22% svarende til 66.440 tons slagge og jern. Mængden af forbrændingsjern solgt til genanvendelse inkl. indhold af rust og slaggerester var 6.040 tons jern for 2001 svarende til et indhold på 2% i det tilførte affald. Overstørrelsesfraktionen udgør ca. 2/3 (4.000 ton) og understørrelsesfraktionen 1/3 af jernmængden (2.000 ton), Ref. 9.



Figur 4.8 Lagret slagge



Figur 4.9 Sortéromle og magnetseparation af understørrelsesfraktion

4.2 Forsøg med behandling af hvidblækemållage ved amagerforbrænding

For at udføre et estimat på tabet ved lagring af metallerne i slaggen blev 29 ovale dåser fra klasse 1 placeret inde i en slaggebunke i 1½ måneder. Herefter blev dåserne gravet ud (se Figur 4.10 og Figur 4.11), og nogle af disse blev tilført sortéromlen. Afgangen fra sortéromlen og magnetsorteringen af overstørrelsesfraktionen er vist på Figur 4.12.

Dåser udtaget direkte efter forbrænding og efter ophold i slaggen er vist på Figur 4.13 og Figur 4.14. Der ses en kraftig oxidation (brunfarvning) med gennemtæringshuller i de klasse 1-dåser som har lagret i slaggebunken, i modsætning til dåserne i klasse 1 som blev udtaget direkte fra forbrændingen hvor der ikke var oxidationshuller.



Figur 4.10 Slaggebunke med dåser i lagringsforsøg



Figur 4.11 Dåser fra lagring i slaggebunke



Figur 4.12 Magnetsortering af overstørrelsesfraktion



Figur 4.13 Klasse 1-dåser lagret i slaggebunke sammenlignet med dåser udtaget umiddelbart efter forbrænding



Figur 4.14 Klasse 1-dåse (i midten) lagret i slaggebuske sammenlignet med dåser udtaget umiddelbart efter forbrænding

4.3 Estimat af tab ved slaggebehandling

Et antal af de lagrede ovale dåser fra klasse 1 blev udtaget efter at have passeret sortértromlen. Herefter blev dåserne vejede og efterfølgende rensede med roterende stålborste samt bearbejdet med hammer efter metoden i afsnit 3.4.

Dåserne fra sortértromlen er vist på (Figur 4.15). De udvalgte er vist før rensning på Figur 4.16 og efter rensning på Figur 4.17.

Tabet er vist i Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tab for ovale dåser, klasse 1 udtaget efter lagring i slaggebuske 1,5 måned og passage af sortértromle

Type	Vægt efter forbrænding, tørret (g)	Vægt efter rensning med rot.stålbørste (g)	Vægt efter bankning (g)	Tab %	Slagge %
Oval, top, mindst nedb.	49,33	42,53	41,85	15,71	15,2
Oval, top, mest nedb.	46,03	37,47	36	27,49	21,8
Oval, bund, mindst nedb.	37,95	33,4	30,95	27,11	18,4
Oval, bund, mindst nedb.	42,16	33,03	30,04	29,25	28,7

Tabene er udregnet i forhold til startvægten af en rengjort, ubehandlet, tom dåse (Tabel 3.).

Middeltab for alle 4 dåser udgør 24,89%

Minimumtab udgør 15,71%

Maksimumtab udgør 29,25%



Figur 4.15 Dåser i klasse 1 efter lagring og passage af sorteringstromle



Figur 4.16 Udvalgte lagrede dåser, klasse 1 inden rensning



Figur 4.17 Udvalgte lagrede dåser, klasse 1 efter rensning

Hvis der sammenlignes med middeltabet efter forbrænding på 14,8%, ses et signifikant yderligere tab på ca. 10% på 1,5 måned for klasse 1-dåser i forhold til startvægten.

Dette svarer til et tab på 6,7% pr. måned i forhold til startvægten.

Hvis man i stedet beregner tabet i forhold til den vægt klasse 1-dåserne har efter forbrænding, udgør tabet $6,7/(100-14,8)*100=7,9\%$ pr. måned.

For forsøget med 1,5 måned fås et tab på $(25,9-14,8)/(100-14,8)*100=11,9\%$ i forhold til vægten af rent metal efter forbrænding.

Da tabene er kendt for alle klasser af dåser efter forbrænding, kan de forventede tab herefter estimeres efter lagring i et givet antal måneder hvis det antages at oxidationen er nogenlunde konstant.

Amagerforbrænding og Holme-Olstrup opgiver en samlet lagringstid for jern på ca. 1-1,5 måned inden frasortering. Da det frasorterede jern endvidere kan ligge et stykke tid inden oparbejdning, kan der ske en yderligere oxidation/hydratisering inden jernet når det endelige stålvalseværk; dog formentlig med mindre hastighed da det basiske miljø er fjernet, og det eksisterende rust/hydroxydlag formentlig til dels hæmmer yderligere oxidation.

Det er derfor valgt at regne med lagringstab som blev bestemt ved 1,5 månedes lagring hvorfor der forventes et tab af rent metal ved lagring i størrelsesordenen 11,9% af vægten af rent metal efter forbrænding. Det antages at alle klasser af dåser udsættes for dette tab uafhængigt af hvor meget de er nedbrudt ved forbrændingen.

Herefter kan beregnes følgende tab for de enkelte dåseklasser efter lagring og frasortering af dåserne, se Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tab efter lagring og frasortering af slagge

Type	Antal	Minimumtab %	Maksimumtab %	Middeltab %
Ovale, klasse 1	49	19,8	33,0	26,4
Ovale, klasse 2	44	27,6	69,3	48,5
Ovale, klasse 3	35	58,3 (2)	75,2	66,7
Ovale, ikke fundet (1)	75	70	95	82,5
Tomatdåser, klasse 1 (3)	2	19,8	33,0	26,4
Tomatdåser, klasse 2+3	21	46,7	89,3	68,0
Tomatdåser, ikke fundet (1)	70	70	95	82,5

- 1) Tab for ikke fundne dåser er anslået ud fra tab i klasse 2 og 3
- 2) Beregningseksempel: I Tabel 3. er angivet et minimumtab efter forbrænding af ovale klasse 3 dåser på 52,73%. Det yderligere tab efter 1,5 månedes lagring ud fra forbrændingsvægt er $7,9\%/md * 1,5 md = 11,84\%$ Tabet ud fra startvægten kan herefter beregnes til $100 - (100 - 52,73) * (100 - 11,84) / 100 = 58,3\%$.
- 3) Tab er antaget af samme størrelse som ovale klasse 1-dåser hvor der er foretaget et større antal bestemmelser af tabet.

Ud fra Tabel 4.2 kan nu beregnes følgende samlede tab for de ovale dåser og tomatdåserne:

Tabel 4.3 Samlet tab fra dåser efter lagring i slagge og behandling i sortéromle

Type	Minimumtab %	Maksimumtab %	Middeltab %
Ovale dåser (0,22 mm)	46,7	71,1	58,9
Tomatdåser (0,18 mm)	63,7 (1)	92,4	78,0

- 1) Beregningseksempel: Minimumtab, tomatdåser = $(19,8 * 2 + 46,7 * 21 + 70 * 70) / 93 = 63,7\%$

Det ses at tomatdåserne med den lavere godstykkelse har et væsentligt større tab end de ovale dåser.

For at kunne beregne et samlet tab kræves kendskab til tabet som funktion af godstykkelsen og andre materialekarakteristika. Tabet vil ifølge Lars Erik Sebbelov, Ref. 12, ud over materialetykkelsen være afhængigt af hvor mange spændinger der findes i emballagen som følge af presseprocessen hvor dåsen fremstilles. Store hvidblikemballager som malerbøtter etc. hvor metallet er strakt meget, har således en høj grad af opbyggede spændinger og vil hurtigt kunne oxideres. Samlet vurderes at mindst 90% af emballagen vil have et tab svarende til tomatdåsernes med godstykkelse $\leq 0,18$ mm. Vægtningen er således udført så:

- 90% af emballagen har materialemæssige egenskaber svarende til tomatdåserne
- 10% af emballagen har materialemæssige egenskaber svarende til de ovale dåser.

Herved fås et samlet tab for hvidblikemballage som har passeret forbrændingsanlæg og slaggeopbejdning frem til stålværk på:

Minimumtab: 62,0%
 Maksimumtab: 90,2%
 Middeltab: 76,1%

4.4 Slaggeindhold

Fra Tabel 4.1 ses at slaggeindholdet (inkl. oxider af jern) varierer mellem 15%-29% efter passage af rotéromlen. Dette gælder kun for de dåser der er over soldets størrelse, dvs. 50-60 mm.

Dåser eller stumper af dåser som er mindre end soldets maskestørrelse, vil typisk være dåser i klasse 3, dåser der er oxideret så meget at de ikke har kunnet identificeres, eller små dåser som fx tomatpurepåsåser. Denne understørrelsesfraktion, også kaldet småjernsfraktionen, behandles efterfølgende med hammermølle. Herved vil en stor del af slaggen fjernes, men samtidig må forventes at en del af de "sprøde" metalrester fra det meget oxiderede materiale neddeles, så meget at det forsvinder med slaggen. Der forventes således kun genvundet en mindre del af de sprøde oxiderede metalrester fra småjernsfraktionen, mens små dåser i klasse 1 forventes genvundet i en vis grad. Metaldelene som genvindes, forventes på grund af behandlingen med hammermølle at være rimeligt befriet for slagge og løs rust.

5 Vurdering af tab ved behandling i genvindingsindustrien og i stålværk

5.1 Behandling i genvindingsindustrien

Forbrændingsjernet behandles stort set ikke af genvindingsindustrien i Danmark. Årsagen hertil er at de danske smelteværker ikke anvender dette genanvendelsesmateriale i produktionen af stål og støbejern. Derimod modtager genvindingsindustrien brugte hvidblik- og stålemballager fra industrien og fra kommunernes genbrugspladser.

Behandlingsvejene hos de to store genanvendelsesvirksomheder, H.J. Hansen og Uniscrap, for hvidblik- og stålemballager modtaget fra kommunernes genbrugspladser er stort set identiske. I telefonsamtaler med produktionsdirektørerne fra de to selskaber oplyses at den normale behandlingsform er en shredderbehandling. Derved sikrer man sig at andre metaller, aluminium, kobber m.fl. adskilles fra stålskrottet.

Problemet ved denne behandling er tinkoncentrationen i hvidblik- og stålemballagerne, men da mængderne af hvidblik- og stålemballager er små i forhold til den stålskrotmængde der behandles i danske shredder anlæg, vil forøgelsen i tinkoncentrationen efter udsagn fra shredderoperatørerne være lille for de mængder, der iblandes shredderskrottet.

I det følgende er lavet et overslag over indholdet af tin i shredderskottet.

Ifølge kapitel 1 tilføres der årligt til genvindingsindustrien:

- 3.506 tons tromler, fade og beholdere af jern
- 3.970 tons hvidblik- og stålemballager

- i alt 7.476 tons som udgør 1–2% af den samlede årlige shredderskrotmængde i Danmark. Med en tinkoncentration på ca. 1% i hvidblik- og stålemballagen vil mængden på ca. 40 tons tin bidrage med en forøgelse af tinkoncentrationen i den samlede shredderskrotmængde på 0,005–0,01% hvis den samlede mængde hvidblikemballage iblandes shredderskrottet. Det normale krav til kvaliteten af shredderskrot er at tinkoncentrationen skal være mindre end 0,01%. Hvidblikemballagen vil således kunne forøge koncentrationen i shredderskottet (der i forvejen indeholder tin) til over det normale kvalitetskrav for oparbejdning til stål.

H.J. Hansen oplyser da også, at hvidblik- og stålemballager modtaget fra industrien behandles separat i shredderen og sendes til affortinning i Holland. Fordelingen mellem det fra industrien og det fra de kommunale genbrugspladser modtagne metalemballager kendes ikke. Dette er dog heller ikke afgørende for vurdering af tabet af materiale ved genvindingsindustriens oparbejdning, idet der under alle omstændigheder er en shredder involveret i processen.

Shredderbehandlingen medfører et materialetab, idet afsugningen fra processen for at opnå en tilstrækkelig renhedsgrad i shredderskrottet afsuger så kraftigt at der i shredderaffaldet typisk vil findes ca. 13% jern (jf. Miljøstyrelsens rapport "Metoder til behandling af tungmetalholdigt affald", fase 1, afsnit 7.1, Ref. 10). Shredderaffaldet udgør i danske shredder anlæg ca. 20% af den samlede tilførte mængde hvorfor jern tabet i forhold til indsatsmængden vil være ca. 2,6%.

De mest betydningsfulde danske shredderoperatører efterbehandler i dag shredderaffaldet for at genvinde en del af metalindholdet i shredderaffaldet hvilket typisk medfører at indholdet af frit jern i shredderaffaldet reduceres til ca. 1%. Hertil kommer ca. 5% jern bundet som jernoxider, men da hvidblik- og ståleballager er overfladebehandlede og dermed ikke i nævneværdig grad oxiderer, kan det konkluderes at materialetabene ved behandling af hvidblik og ståleballage i genvindingsindustrien er små og må antages at være i størrelsesordenen 1%. Hovedproblemet for genanvendelse af materialet er dets indhold af tin.

5.2 Behandling af forbrændingsjern

Det udsorterede jern fra forbrændingsanlæggene, forbrændingsjernet, oparbejdes ikke i Danmark. Ifølge Miljøministerens svar til Folketinget 31. oktober 2000 anvender hverken de danske støberier eller Det Danske Stålvalseværk A/S udsorteret forbrændingsjern i forbindelse med deres produktion. Dette skyldes ifølge ministeren at udsorteret jern fra forbrændingsanlæg ikke kan leve op til de kvalitetskrav de danske producenter kræver.

I Det Danske Stålvalseværk A/S' råvarespecifikation af december 1995 fremgår det at Stålvalseværket på dette tidspunkt modtog shreddet forbrændingsjern med følgende krav:

Beskrivelse:

Shreddet forbrændingsjern, løst stålskrot som har været igennem en forbrændingsproces for husholdningsaffald efterfulgt af magnetisk separation, skal derefter shreds i stykker, som ikke er større end 200 mm i nogen retning. Skal være forberedt til direkte charging.

Skal være fri for synlig kobber, tin, bly samt legeret stål.

Analyse:

Cu < 0,40%

Sn < 0,03%

I råvarespecifikationen af marts 1997 findes specifikationen for forbrændingsjern ikke mere. Stålvalseværket vil ikke mere modtage forbrændingsjern. Årsagen hertil er angiveligt at indholdet af fosfor, svovl, kobber og tin er for højt.

De væsentligste årsager til genanvendelsesproblemerne for forbrændingsjern i Danmark og generelt er dels at stålskrottet er forurennet med andre metaller hvor især kobber fra bl.a. elektriske og elektroniske komponenter og tin fra hvidblik- og ståleballager spiller en afgørende rolle, dels at slaggeesterne har en særdeles negativ indflydelse på kvaliteten af de stålprodukter der fremstilles.

Forbrændingsjern indeholder bl.a. følgende elementer der har negativ indflydelse på stålproduktionen som vist i Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Skadelig indflydelse på stål af grundstoffer

Zn	Medfører emissioner ved smeltning og kan medføre problemer under støbning af stålet
Sn	Medfører kvalitetsforringelse af stålet
Ni	Et uønsket element i kulstofstål
Cr	Et uønsket element i kulstofstål og giver genanvendelsesproblemer for slaggen dannet under stålfremstillingen
Cu	Medfører kvalitetsproblemer i stålet
FeO	Medfører forøgede omkostninger ved stålfremstillingen
Pb	Medfører emissioner ved smeltning
Cd	Medfører emissioner ved smeltning
S	Medfører forøgede omkostninger ved stålfremstillingen
P	Medfører forøgede omkostninger ved stålfremstillingen

Forbrændingsjernet eksporteres derfor til en række andre lande uden en egentlig oparbejdning til klassificeret skrot i Danmark.

Fra vort forbrændingsforsøg og forsøg med lagring i slagge samt efterfølgende rensningsproces og vejninger kan man konkludere (jf. afsnit 4.3) at mængden af fastsiddende slagge og metaloxider på hvidblik- og stålemballager i forbrændingsjernet er stor, idet vi har målt at slaggemængden udgør fra 15 til 29% af metalvægten. Dette betyder at hvidblik- og stålemballager i denne form ikke er egnet til genanvendelse, idet omkostningerne til smeltning stiger voldsomt med mængden af denne type slagge – især på grund af at der i stålvoanen skal tilsættes slaggedannere til neutralisering af slaggen fra forbrændingsjernet. Hvis hvidblikemballagen er opblandet med tilstrækkeligt store mængder andet jernskrot med lavt slaggeindhold, vil den samlede mængde dog godt kunne oparbejdes.

Hvidblik- og stålemballager i danske forbrændingsanlæg er blandet med det øvrige forbrændingsjern. Den samlede mængde udvundne forbrændingsjern udgør ca. 2% af den forbrændte mængde affald (3 mio. tons) svarende til ca. 60.000 tons pr. år.

Mængden af rent metal i den udvundne hvidblikemballage vil ifølge afsnit 4.3 udgøre mellem 9,8 og 38% (middel 23,9%) af de 36.594 tons der tilføres forbrændingsanlæggene. Dette svarer til 3.600 til 14.000 tons (middel 8.750 tons). Metalindholdet i hvidblikemballagen udgør således mellem 6% og 23% (middel 14,6%) af den samlede mængde forbrændingsjern.

Det øvrige forbrændingsjern består hovedsageligt af jern- og stålkomponenter af væsentligt større godstykkelse end hvidblik, fx vinkeljern og andet metal fra byggeindustrien eller rester af metal fra industri samt autodeler som fælge, lydpotter mv. Dette medfører at den relative slaggemængde er væsentligt lavere i hele mængden af forbrændingsjern. Ifølge oplysninger fra DSV i Holme-Olstrup er slaggeandelen samlet ca. 3%

Angående de samlede mængder hvidblikemballage i forbrændingsjernet anslår Jørgen Schlawitz, Ref. 13, uafhængigt af denne undersøgelse at mængden af hvidblikemballage udgør mindre end 3% af forbrændingsjernet der udvindes ved DSV's slaggebehandlingsanlæg i Holme-Olstrup og Næstved. Dette svarer således til ca. 1.800 tons i den samlede danske mængde forbrændingsjern hvilket er i samme størrelsesorden som de 3.600 tons der er estimeret oven for ved maksimalt tab.

Den normale og sandsynlige behandlingsform for forbrændingsjern inden tilførsel til udenlandske smelteovne er en shredderbehandling. Herved vil forbrændingsjernet kunne gøres væsentligt mere slaggefri, og samtidig vil forbrændingsjernet kunne separeres i jern og andre metaller. Det tilbageværende jernskrot burde herefter problemløst kunne indsættes i stålværker. Det tilsyneladende materialetab for hvidblik- og ståleballagen vil være stort, idet slaggen og oxiderne stort set vil blive til affald. Set ud fra genbrugssynspunkter er dette dog formålstjenligt da tabene i stålværkerne derved bliver tilsvarende mindre.

Hvis man ser på tabet af det uoxiderede metal i emballagerne, vil tabet i et stålværk med høj performance typisk vil være mindre end 4% fra indsats til valseklare emner baseret på første klasses skrot.

6 Samlet estimat af genanvendelsesgrad

I Tabel 6.1 er beregnet den samlede genanvendelseseffektivitet for emballager af hvidblik.

Ved beregningen er benyttet data for forsyning af hvidblikemballage samt mængder til genanvendelse, forbrænding med dagrenovation og erhvervsaffald, samt forbrænding med farligt affald fra kapitel 1

Det skal bemærkes at der forbrændes hvidblikemballage ved Kommunekemi, men at mængden vurderes begrænset i forhold til den totale mængde hvidblik og derfor er sat til 0 ton (se kapitel 1).

Tabene i genanvendelsesindustrien er ganske få procent som angivet i afsnit 5.1, og er derfor sat til 0%.

Tabene ved forbrændingsanlæg og efterfølgende slaggebehandling er estimeret i afsnit 4.3 for henholdsvis minimumtab, maksimumtab og middeltab.

De beregnede genanvendelsesprocenter er af rent metal frem til stålværk, dvs. at metallet er befriet for lag af oxider og slagge som ikke kan udnyttes.

Der er ikke medregnet udenlandske tab ved oparbejdning i stålværk, men tab i stålværk vil af det rene metal være i størrelsesordenen <4% af de mængder rent metal der modtages som angivet i afsnit 5.2.

Som det ses, er tabet betragteligt (ca. 69%), dog med en væsentlig usikkerhed i bestemmelsen som det fremgår af minimum- og maksimumscenariet. Den gennemsnitlige genanvendelseseffektivitet er bestemt til 31,4%.

Tabel 6.1 Genanvendelseseffektivitet af hvidblikemballage i 2000

Forsyning af brugte emballager af hvidblik	40.564 tons		
Direkte til genanvendelsesindustrien	3.970 tons		
Forbrænding med dagrenovation og erhvervsaffald	36.594 tons		
Forbrænding af fast farligt affald ved Kommunekemi	0 ton		
Deponering	0 ton		
Tab	Minimum	Maksimum	Middel
Tab, genanvendelse	0%	0%	0%
Tab, forbrændingsanlæg	62%	90,2%	76,1%
Tab, Kommunekemi	100%	100%	100%
Genvundet fra genanvendelse	3.970 tons	3.970 tons	3.970 tons
Genvundet fra forbrændingsanlæg	13.906 tons	3.586 tons	8.746 tons
Genvundet fra Kommunekemi (1)	0 ton	0 ton	0 ton
Samlet genvundet	17.876 tons	7.556 tons	12.716 tons
Genanvendelseseffektivitet	44 %	18,6 %	31,4 %

1) Mængden er ud fra kapitel 1 estimeret til < 1.200 tons.

Hvis der sammenlignes med den Norske undersøgelse fra MEPEX i afsnit 3.2.1, blev der her fundet en gennemsnitlig genanvendelseseffektivitet på 46%. Tabet i det danske system er derfor noget større. Inden for usikkerheden viser scenariet med minimumtab dog en genanvendelseseffektivitet svarende til den Norske undersøgelse.

I Tabel 6.2 er vist genanvendelseseffektiviteten af stålemballager.

Det er her forudsat at der ikke er andre aftagere end de i kapitel 1 beskrevne i genvindingsindustrien, samt Kommunekemi med beregnede mængder som angivet i Tabel 1.1. Det samlede tab stammende fra forbrændte ståltromler ved Kommunekemi kan således bestemmes til ca. 22% for 2000.

Tabel 6.2 Genanvendelseseffektivitet af stålemballager i 2000

Forsyning af brugte emballager af stål	4.506 tons
Direkte til genanvendelsesindustrien	3.506 tons
Forbrænding med dagrenovation og erhvervsaffald	0 ton
Forbrænding af fast, farligt affald ved Kommunekemi	1.000 tons
Deponering	0 ton
Tab, genanvendelse	0 %
Tab, forbrændingsanlæg	0 %
Tab, Kommunekemi	100 %
Genvundet fra genanvendelse ton	3.506 tons
Genvundet fra forbrændingsanlæg ton	0 ton
Genvundet fra Kommunekemi ton	0 ton
Samlet genvundet	3.506 tons
Genanvendelseseffektivitet	77,8%

Den samlede genanvendelseseffektivitet for hvidblik- og stålemballager kan beregnes til:

Ved minimumtab: 47%
 Ved maksimumtab: 25%
 Ved middeltab: 36%

7 Muligheder for forbedringer i genanvendelseskredsløbet

Genanvendelseseffektiviteten for hvidblik- og stålemballage er som det fremgår af de foregående afsnit, begrænset. Hertil kommer at emballager af aluminium, emner af zink, tin og bly og andre metaller med lavt smeltepunkt nedbrydes og går tabt ved forbrændingsprocessen. Disse tungmetaller giver desuden en uønsket emission fra affaldsforbrændingsanlæggenes afkast til luften. Metaller som kobber vil endvidere delvist blive oxideret og derved forurene slaggen, så kravene til udvaskning af tungmetaller bliver vanskeligere at overholde.

Denne rapport skal ikke beskrive hvilke økonomiske og miljømæssige fordele eller ulemper der eksisterer i forbindelse med affaldsforbrænding i Danmark, men det skal dog påpeges at der findes alternative håndterings- og behandlingsmetoder til de metoder der i dag anvendes. Der er gennem de seneste par år fremkommet teknologier som vil kunne øge genanvendelseseffektiviteten væsentligt, herunder for hvidblik- og stålemballage.

Disse teknologiers økonomiske og miljømæssige konsekvenser er endnu ikke belyst i tilstrækkelig omfang til at man kan pege på en eller flere muligheder for forbedring af genanvendelseseffektiviteten.

Vore anbefalinger vil være nærmere at undersøge og sammenligne nedenstående behandlingsmetoder med de økonomiske og miljømæssige aspekter ved fortsat brug af de danske forbrændingsanlæg i uændret form.

Behandlingsmetoder, der bør undersøges:

- **Forbedret teknologi til frasortering af metaller efter forbrænding**
Nærværende rapport har vist at tabet af hvidblikemballage i forbrændingsanlæg og ved den efterfølgende lagring er højt. Dette betyder dog ikke at genvindingsgraden ikke kan øges. Fx er det vigtigt at optimere opholdet i slaggebunkerne, så slaggen frigives fra metaloverfladen, og oxidationen af metal samtidig er minimal.
- **Ændringer og forbedringer af eksisterende forbrændingsanlæg med linier til neddeling af affaldet og frasortering af metaller inden forbrænding**
Erhvervsaffald er forholdsvis overkommeligt at forbehandle med magnetiske og mekaniske separationsmetoder hvorved metaller og andet ikke-brændbart kan fjernes inden restaffaldet tilføres forbrændingsanlæg. Dette foregår på udenlandske anlæg, men er også implementeret i et anlæg i Danmark ved Nomi I/S, Holstebro. Ved sådanne anlæg vil emballager af hvidblik fra erhvervsaffald ligesom andet jernholdigt materiale blive udskilt ved magnetseparation. Emballagerne vil ikke blive udsat for noget væsentligt tab i mekaniske separationsanlæg, men må efterfølgende sendes til oparbejdning andetsteds.

Dagrenovation kræver lukkede mekaniske systemer hvis der skal foretages mekanisk forbehandling, for at undgå smitte af personale med

sundhedsskadelige bakterier. Udskilt hvidblikemballage skal efterfølgende oparbejdes andetsteds.

Ved oparbejdning af frasepareret hvidblikemballage bør den begrænsede ressource tin genvindes fra emballagen, ligesom organiske rester skal nedbrydes. Anlæg til en sådan oparbejdning findes i udlandet.

Ved anvendelse af forbehandlingssystemer vil typisk indgå en neddeling som forventes at medføre en mere homogen udbrænding af affaldet som en sidegevinst til en højere materialegenanvendelse.

Hvis der ud over magnetiske metaller også fjernes ikke-magnetiske metaller, heriblandt kobber, kan dette have betydning for udvaskningen af tungmetaller fra slaggen og dermed gøre det nemmere at overholde de danske udvaskningskrav, så slaggen kan genanvendes.

Det forventes samlet at en udskilning af hvidblikemballager inden forbrændingsanlæg med efterfølgende udvinding af tin og jern vil kunne medføre en høj grad af metalgenanvendelse, en bedre kvalitet af de udvundne metaller samt bedre driftsforhold i forbrændingsanlægget.

- **Indsamling af metalemballager i separat fraktion med efterfølgende behandling i specialanlæg for fjernelse af tin og organiske rester samt udsortering i de forskellige metaller**

Der vil være forskellige muligheder for at etablere bringe- eller henteordninger. Det kunne være bringesystemer der kombineres med glasindsamling som i Norge hvor Norsk Glassgjenvinning og Norsk Metallgjenvinning har bygget et anlæg til separering af indsamlet metal- og glasemballage. Der er i dag enkelte danske kommuner som indsamler hvidblikemballage på genbrugsstationer eller ved storskraldsordninger. Ved en separat henteordning for hvidblikemballage er tømningens intervallet af betydning for økonomien i indsamlingsordningen.

Det maksimalt acceptable tømningens interval er afhængigt af hvor ren emballagen er efter forbrugerne eventuelt har skyllet denne i et vist omfang, idet en dårligt skyllet emballage kan medføre mikrobiologisk vækst og lugtproblemer. Hvis hvidblikemballagen skal afhentes tit, skal der vælges passende opsamlingsmateriel der i volumen svarer til den forholdsvis lille mængde metalemballage (fx i kombination med eksisterende beholder). Det ekstra opsamlingsmateriel vil medføre en forøget udgift til indsamlingsfasen. Hvis der kombineres med en henteordning for glas som i Norge, vil der kunne afhentes større mængder af gangen.

Med en god rengøring af hvidblikemballagen vil man formodentlig kunne acceptere længere intervaller mellem afhentningerne

Et for højt vandforbrug til skylning vil dog kunne have en negativ miljømæssig effekt som Ref. 14 viser, med udgangspunkt i indsamling af plastemballage til genanvendelse sammenlignet med forbrænding.

Efter indsamlingen kan hvidblikemballagen sendes til affortinning og efterfølgende udvinding af jern.

- **Løbende ombygning af forbrændingslinier ved eksisterende affaldsforbrændingsanlæg til ny teknologi når ældre linier skal udskiftes**
Der findes i dag kommercielle anlæg i drift der baseres på pyrolyse eller lavtemperaturforgasning med efterfølgende mekanisk fraseparation af metaller af høj kvalitet. Fra sådanne linier vil også kunne genvindes aluminium, kobber og andre metaller i høj kvalitet, ligesom der produceres en smeltet slagge med meget fine udvaskningsegenskaber og deraf følgende muligheder for genanvendelse (Se Ref. 11).

8 Referencer

Ref. 1 Jakobsen, J., Emballageforsyningen i Danmark 2000, Miljøprojekt nr. 696, 2002, Miljøstyrelsen

Ref. 2 Statistik for metalemballage 2000

Ref. 3 Affaldsstatistik for 2000, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 14, 2001

Ref. 4 MEPEX CONSULT AS, Håndtering av metallemballasje, Evaluering av ulike løsninger, 1998

Ref. 5 Koch, H. J., The reclamation of Tin at Waste Incineration Plants, TNO Environment, Energy and Process Innovation, 1995

Ref. 6 Bekendtgørelse om import og eksport af affald nr. 971, 1996.

Ref. 7 Miljøredegørelse 2000, Amagerforbrænding

Ref. 8 Samtaler med Jørgen Schlawitz, DSV Anlæg, Teknik & Miljø A/S

Ref. 9 Samtaler med Claus Reich-Pertersen, Peter Bach Larsen I/S Amagerforbrænding

Ref. 10 Malmgren-Hansen, B.; Overgaard, J.; Cramer, J.: Metoder til behandling af tungmetaltholdigt affald, Fase 1, 1999, Miljøstyrelsen

Ref. 11 Cramer, J.; Malmgren-Hansen, B.; Overgaard, J.: Metoder til behandling af tungmetaltholdigt affald, Fase 2B, 2001, Miljøstyrelsen

Ref. 12 Oplysninger fra Lars Erik Sebbelov, Metalvarefabrikken Baltic A/S

Ref. 13 Oplysninger fra Jørgen Schlawitz, DSV Anlæg, Teknik & Miljø A/S

Ref. 14 Frees, N.: Miljømessige fordele og ulemper ved genvinding af plast, Miljøprojekt nr. 657, 2002

Ref. 15 Econet. Udkast til rapport for Miljøstyrelsen med titlen "Evaluering af ordninger for hjemmekompostering samt kortlægning af dagrenovationens sammensætning"