

RE: SOURCE

Slutrapport för projekt

Återvinning av utdragslådor från kylmöbler

Projektperiod: 2017-06-15 – 2018-01-31
Projektnummer: 44225-1

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Datum
2018-01-31Dnr
2017-001959Projekt nr
44225-1

Titel på projektet – svenska Återvinning av utdragslådor från kylmöbler
Titel på projektet – engelska Recycling of drawers from cooling appliances
Universitet/högskola/företag Swerea IVF AB
Adress Box 104, 431 22 Mölndal
Namn på projektledare Eva Carlbom
Namn på ev övriga projektdeltagare Stena Metall AB, AB Electrolux, Stiftelsen Chalmers Industriteknik
Nyckelord: 5-7 st Plaståtervinning, utdragslådor, kylskåp, GPPS, SAN, HIPS

Med stöd från:

STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Förord

Projektet, en förstudie, har finansierats av forskningsprogrammet RE:source. RE:source drivs av Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Projektdeltagarna: Swerea IVF och Stiftelsen Chalmers industriteknik har erhållit stöd från Energimyndigheten motsvarande 75% av projektbudgeten. Stena Metall AB och AB Electrolux har finansierat 25% av projektets budget med in-kind arbete.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	5
1. Inledning och bakgrund	7
2. Genomförande	8
3. Resultat och diskussion.....	9
3.1 AP1 Insamling, sortering och separering.....	9
3.1.1 Sorteringsförsök.....	9
3.1.2 Insamling, identifiering och sortering Nedan ges exempel på och beskrivs hur insamling, identifiering och sortering av utdragslådor skulle kunna gå till hos en återvinningsaktör som förbehandlar kylmöbler och eventuellt även återvinner hela eller delar av kylmöbler.	13
3.1.3 Koppling till Stenas anläggning.....	18
3.2 AP 2 Material.....	20
3.3 AP 3 Livsmedelskrav- plast för livsmedelsförpackningar.....	22
3.4 AP 4 Projektledning, hållbarhetsanalys, kommunikation, och spridning av resultat.....	24
4. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg	25
5. Projektkommunikation.....	26
6. Publikationslista.....	26
7. Referenser	26
Bilagor	26

Sammanfattning

Förutsättningarna för en separat hantering av utdragslådor vid återvinning av kylmöbler har undersökts i denna förstudie. Projektet har studerat möjligheterna för storskalig insamling, sortering och separering, samt återvinningsmetoder och avsättningsmöjligheter för plasten i olika produktkategorier. En demonstrator i form av en dörrkupa som sätts på luckan till en tvättmaskin eller torktumlare har tillverkats hos Electrolux i Italien av återvunnen SAN-plast från manuellt utplockade kyl- och fryslådor. En guide till livsmedelsgodkännande av återvunnen plast har tagits fram.

Stenas anläggning i Halmstad har använts som modell när insamling, sortering och separering har undersökts. Analyserna visar att 65% av skåpen är av den nyare sorten där pentan använts som blåsmedel. Lådor från dessa skåp innehåller främst plasterna HIPS (High Impact Polystyrene), PS (Polystyren) och SAN (Styren akrylnitril) i nämnd ordning. Dessa har oftast en bra och tydlig stämpling av plasttyp. 35% består av de äldre skåpen som har andra blåsmedel. Dessa skåp kommer att minska efter hand då dessa inte längre finns på marknaden. Lådor från dessa skåp är sämre märkta och innehåller utöver de nämnda plastsorterna även ABS (Akrylnitril-Butadien-Styren) och PP (Polypropen).

Under plockanalyserna noterades att många skåp var tomma på lådor och resultatet från analysen visar att medelvikten av kvarvarande lådor per skåp var under 1 kg. Det beror på att många lådor förorsakas när kylmöblerna hanteras och fraktas från den kommunala återvinningsanläggningen till kylmöbelåtervinning. Tre sorteringsförslag har tagits fram och beskrivs i rapporten tillsammans med förslag på teknik för identifiering, sortering och komprimering.

Fyra återvunna fraktioner har undersökts med avseende på mekaniska egenskaper och processbarhet:

- Vit blandfraktion
Denna fraktion innehåller främst HIPS men en mindre mängd av plastsorterna PP, ABS och PS finns också i fraktionen. De tre senare typerna kommer främst från de äldre skåpen. Plockanalysen visar att 48 vikts-% av lådmaterialet från de nyare skåpen består av vit HIPS. Materialet uppvisar från de nyare skåpen bra renhet och har goda mekaniska egenskaper. Materialet fungerar bra att skumma med hjälp av extrudering. Materialet kan användas till formsprutade delar för tex. tv och audio, kåpor och bilinredning.
- Transparent blandfraktion
Fraktionen innehåller en blandning av PS och SAN. Plockanalysen visar att de nyare skåpen består av 52 vikts-% transparent fraktion och de äldre skåpen består av 42 vikts-%. De mekaniska egenskaperna är begränsade. Materialet är sprött och har låg transparens. Materialet fungerar att skummas via extrudering men uppvisar sprödhet och rekommenderas därmed inte att testas ytterligare i andra skumningsprocesser. Materialet kan användas till enklare formsprutade produkter med lägre mekaniska krav och transparens.

- PS-fraktion
Fraktionen ska bara innehålla PS. De nyare skåpen innehåller 34 vikts-% PS och i de äldre 16 vikts-%. Materialet uppvisar goda mekaniska egenskaper, god renhet och transparens. Materialet fungerar att skummas via extrudering. Egenskaperna visar att materialet mekaniskt fungerar för att tillverka en ny kylskåpslåda (materialet behöver dock även livsmedelsgodkännas för att kunna användas till nya lådor). Materialet kan också användas till andra formsprutade detaljer för elektriska eller icke elektriska produkter såsom kåpor, lock, brickor etc. I ett nästa steg kan materialet testas tillsammans med polystyrenkvalite för expanderings (EPS, frigolit) för att utvärdera dess möjligheter för den typ av förpackningsmaterial.
- SAN-fraktion
Fraktionen ska bara innehålla SAN. I de nyare skåpen består 13 vikts-% av lådorna av SAN och i de äldre 21 vikts-%. Materialet uppvisar goda mekaniska egenskaper, god renhet och transparens. Materialet fungerar att skummas via extrudering. Egenskaperna visar att materialet fungerar för att tillverka en ny komponent till en elektrisk produkt. En pilottest som utfördes av Electrolux i Italien fungerade över förväntan vilket visar att materialet har god potential till att fungera i samma detaljer där det idag används nyråvara.

Kyllådorna är tillverkade av livsmedelsklassad plast och innehåller därmed inga skadliga kemikalier eller tillsatser. Det är bra utgångspunkt när materialet ska återvinnas efter en längre eller kortare tids användning och godkännas för tillverkning till en ny livsmedelsklassad produkt. Med utsortering av lådorna innan kylskåpen mals får man dessutom en process som är säker och där materialens ursprung är lätt att verifiera, vilket krävs för livsmedelsklassning av återvunnet material. Återvinningsprocessen ska se till att inga reglerade kemikalier hamnar i materialet och samt följer ”god tillverkningssed” enligt EUs direktiv. Migreringstester med livsmedelssimulatorer måste utföras innan det är möjligt att fullborda en ansökan och få ”Declaration of compliance” dvs ett godkännande på att använda den återvunna plasten i kontakt med livsmedel.

Summary

The prerequisites for a separate handling of drawers for the recycling of refrigeration furniture have been investigated in this preliminary study. The project has studied the possibilities for large-scale collection, sorting and separation, as well as recycling methods and marketing possibilities for the plastic in different product categories. A demonstrator in the form of a door cup mounted on the washer or dryer washer has been manufactured by Electrolux in Italy of recycled SAN plastic from manually picked refrigeration and freezer drawers. A guide to recycling of plastic for food contact approval has been developed.

Stena's facility in Halmstad has been used as a model when collection, sorting and separation have been investigated. The analyses show that 65% of the cabinets are of the newer variety in which pentane was used as a blowing agent. Drawers from these cabinets mainly contain the HIPS (High Impact Polystyrene), PS (Polystyrene) and SAN (Styrene Acrylonitrile) in the order mentioned. These usually have a good and clear plastic type stamping. 35% consist of the older cabinets that have other blowing agents. These cabinets will decrease gradually as they are no longer available on the market. Drawers from these cabinets are sometimes poorly labeled and contain in addition to the aforementioned plastic types ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) and PP (Polypropylene).

During the sorting analyses, it was noted that many cabinets were empty on drawers and the results from the analysis show that the average weight of remaining drawers per cabinet was less than 1 kg. This is because many drawers are lost when the refrigerators are handled and transported from the municipal recycling plant to recycling.

Three sorting proposals have been developed and described in the report together with suggestions for technology for identification, sorting and compression.

Four recycled fractions have been investigated with respect to mechanical properties and processability:

- White mixed fraction
This fraction mainly contains HIPS, but a small amount of plastic types PP, ABS and PS are also found in the fraction. The three later types are mainly from the older cabinets. The pick analysis shows that 48% by weight of the box material from the newer cabinets consists of HIPS. The material from the newer cabinets and has good mechanical properties. The material works well to foam by means of extrusion. The material can be used for injection molded parts for example: TV and audio, covers and car interior.
- Transparent mixed fraction
The fraction contains a mixture of PS and SAN. The sorting analysis shows that the drawers from newer cabinets contain 52% by weight of transparent fraction and the older cabinets contain 42% by weight. The mechanical properties are limited. The material is brittle and has low transparency. The material works to be foamed through extrusion but exhibits brittleness and is

therefore not recommended for further testing in other foaming processes. The material can be used for simpler injection molded products with lower mechanical requirements and transparency.

- PS fraction

The fraction should only contain PS. The newer cabinets contain 34 wt.% PS and in the older 16 wt.%. The material exhibits good mechanical properties, good purity and transparency. The material can be foamed through extrusion. The mechanical properties indicate that the material can be used for manufacturing of new refrigerator drawers (however the material still needs food contact approval). The material can also be used for other injection molded details for electrical or non-electrical products such as covers, caps, washers, etc. In a next step, the material can be tested together with polystyrene quality for expansion (EPS, Styrofoam) to evaluate its possibilities for that type of packaging material.

- SAN fraction

The fraction should only contain SAN. In the newer cabinets, 13% by weight of the SAN drawers and in the older 21% by weight. The material exhibits good mechanical properties, good purity and transparency. The material can be foamed through extrusion. The mechanical properties indicate that the material is sufficient good for manufacturing a new component for an electrical product. A pilot test conducted by Electrolux in Italy was above expectations, which shows that the material has a good potential to work in the same comparable details to where it is used today, I e in house hold appliances.

The drawers are made of food-grade plastic and contain no harmful chemicals or additives. It is a good starting point when the material is to be recycled after a longer or shorter period of use and is approved for manufacture to a new food-grade product. The recycling process will ensure that no regulated chemicals end up in the material and follow "good manufacturing practice" according to the EU directive. Migration tests with food simulators must be performed before it is possible to complete an application and get a "Declaration of Compliance", ie an approval to use the recycled plastic in contact with food.

1. Inledning och bakgrund

I ett tidigare projekt inom ”Testbädden för plaståtervinning” finansierat av Vinnova var syftet att öka värdet på plasten i kylmöbler. Projektet kom fram till att om utdragslådorna togs bort innan skåpen strimlades så förbättrades den fraktionens mekaniska egenskaper så pass bra att materialet skulle kunna användas vid tillverkning av nya kylmöbler. Om då denna fraktion blir kommersiell kommer lådmaterialet att vara kvar. Återvinningsföretaget är därför intresserat av att få avsättning för fraktionerna från lådorna. Tillverkaren av kylmöbler är intresserade av att återanvända sina egna material.

Plasten i kylmöbler består främst av styrenplaster. Foder och dörrar i kylmöbler är extruderade och består av High Impact Polystyren (HIPS). Utdragslådorna är formsprutade och består generellt av polystyren (PS eller GPPS), styren-akryl-nitril (SAN) som är transparenta eller high impact polystyren (HIPS) som är vit. I äldre kylskåp har plasterna polypropen (PP) och akrylnitril-butadien-styren (ABS) identifierats i några lådor. Dessa material är främst vita.

Inom Stena (Europa) samlas det totalt in ca 1.6 miljoner kylmöbler per år för återvinning. På Stenas anläggning i Halmstad sorteras skåpen efter de äldre innehållande freoner och de yngre innehållande pentan. Därefter öppnas alla skåp, glashyllor plockas ur, vissa kablar kapas. De töms på gas och kompressorn tas om hand. Är de mycket skitiga tas en saneringsfirma in. Därefter förs de in i återvinningsanläggningen för strimling följt av separering av metall, plast och PUR (Polyuretan). Den utkommande plastfraktionen innehåller främst styrenplaster men också PP, PE (Polyeten) och PVC (Polyvinylklorid) (ovanligt men har identifierats). Föreningar av PUR, trä, glas och metall kan finnas. Man räknar att plastfraktionen innehåller 30-40% föreningar. Fraktionen säljs idag till lågt pris.

Redan 1997-1999 utfördes ett projekt¹ som gick ut på att kvalitetssäkra kylskåpsplast. Målet för projektet var att utveckla teknik för framställning av ett kvalitetsäkrat recykrat genom kostnadseffektiv separering och smältfiltrering samt att finna användning för recykratet. Största intresse var att återanvända recykratet som innerväggar i kylmöbler. Recykratet som togs fram bestod av ABS, HIPS, SAN och GPPS. Ingen utsortering av lådor gjordes i detta projekt och sedan dess har användningen av ABS i innerväggar övergått till HIPS.

Energimyndigheten, som representant för forskningsprogrammet Re:Source, har varit huvudman för projektet. Projektet har letts av Swerea Ivf, finansierats enligt ovan givna information och pågått under perioden 170615-180131.

¹ Kvalitetssäkring av kylskåpsplast, Rolf Neuendorff, November 1999, AFR-REPORT 269

2. Genomförande

Två fysiska arbetsmöten har genomförts under projektet då alla projektpartners har deltagit. Korta telefonpulsmöten a' 20 minuter, varannan fredag har arrangerats under hösten. Praktiska experiment har utförts i Swerea IVFs verkstad, på Chalmers och hos Novoplast i Karlskoga. Sorteringsförsök har utförts vid två tillfällen på Stenas anläggning i Halmstad.

Arbetspaket 1. Modell för förbättrad sortering

Arbetet har letts av Stiftelsen Chalmers industriteknik. Stena Metall och Swerea IVF har deltagit i arbetet.

Stenas anläggning i Halmstad har använts som modell när återvinning av kylmöbler har studerats. Intervjuer och plockanalyser har utförts.

Arbetspaket 2. Material

Arbetet har letts av Swerea IVF. Stiftelsen Chalmers industriteknik, Electrolux och Stena Metall och har deltagit i arbetet.

Sorterat och osorterat material har samlats in från en av Stenas anläggningar i Tyskland samt från Halmstad. Materialen (lådorna) har strimlats, tvättats, malts, smältfiltrerats, pelleterats samt formsprutats till provstavar och plattor och därefter karakteriserats och jämförts med material- och produktspecifikationer. Processbarhet har undersökts i pilotskala. Kemisk skumning via extrudering har testats av några fraktioner. En demonstrator i form av en dörrkupa för tvättmaskin och torktumlare har tillverkats.

Arbetspaket 3. Livsmedelskrav

Arbetspaketet har utförts av Swerea IVF och har utförts som en litteratur- och kartlägningsstudie med Halmstad som modellanläggning.

Arbetspaket 4. Projektledning, hållbarhetsanalys, kommunikation och spridning av resultat.

Arbetet har letts av Swerea IVF som har organiserat möten och aktiviteter samt kontinuerlig uppföljning. Swerea IVF har utfört hållbarhetsanalys och kommunicerat om projektet bland annat på Plast- och Textilåtervinningskonferens på Chalmers 25 och 26 november 2017.

3. Resultat och diskussion

3.1 AP1 Insamling, sortering och separering

Stenas återvinningsanläggning för kylmöbler i Halmstad har använts som modellanläggning och besökts två gånger under projektet. Plockanalyser och intervjuer har utförts med personal på anläggningen.

3.1.1 Sorteringsförsök



Figur 1 Sorteringsförsök 1. Lådorna sorterades efter plasttyp och vägdes.

Sorteringsförsök/plockanalys 1

Ett första mindre sorteringsförsök utfördes den 12/9 2017 på Stenas anläggning i Halmstad.

En uppdelning av kylmöblerna gjordes utifrån typ av blåsmedelsinnehåll. Blåsmedel är sådana ämnen som används för skumning (så att håligheter bildas) av PUR vilket används som isolerande material i väggarna hos kylmöbler. Förutom skumning tillför även blåsmedlet isolerande egenskaper vid dess närvaro i PUR-materialet. Den uppdelning som gjordes baserades på pentan och övriga blåsmedel. Kylmöbler innehållandes pentan noterades som ”nyare”. Nyare skåp är tillverkade från 1995 och framåt.

Totalt plockades 76 lådor ut, främst från äldre skåp, och sorterades i grupperna vitt och transparent. Dessa sorterades sedan efter plasttyp med hjälp av deras plastmärkning. Lådorna vägdes, se Figur 1, och de omärkta identifierades med hjälp av NIR-teknik. Se Tabell 1. Under besöket noterades att äldre kylmöbler innehöll färre lådor tillverkade i plast än nyare. Sett till vikt lådplast per kylmöbel förväntades denna alltså vara högre för nyare än äldre kylmöbler. Utöver det visade sorteringsförsöket att det förekom fler olika plasttyper i de äldre kylmöblerna jämfört med i de nyare. Vid just Stenas anläggning i Halmstad utgör kylmöbler med pentan 65 procent av det totala flödet.

Tabell 1. I tabellen visas resultat från det första sorteringsförsöket för lådor från kylmöbler.

	Vita	Transparenta
Antal lådor	35	41
Vikt (kg)	25,5	22,3
Antal märkta	19 lådor varav: 6 PS 3 HIPS 12 SB	37 varav 5 st otydlig märkning: 5 SAN (3,3 kg) 36 PS (18,9 kg)
Antal omärkta	13 lådor varav: 2 PP 10 ABS 1 PS	4 lådor varav: 4 PS

Sorteringsförsök/plockanalys 2

Utifrån vad som framkom i det mindre första sorteringsförsöket genomfördes ett mer omfattande försök den 8/11 2017 på Stenas anläggning i Halmstad. I sorteringsförsöket användes samma uppdelning av kylmöbler innehållandes pentan och övriga blåsmedel som i det första sorteringsförsöket. Förutom utdragslådor sorterades även förekommande hyllfack på insidan av dörrar ut. Också detta försök visade tydligt att det förekommer mer lådplast i nyare kylmöbler samt att spridningen av olika plasttyper är högre i äldre kylmöbler. Försöket visade även att plastlådor från nyare kylmöbler i mycket högre utsträckning än lådor från äldre kylmöbler är märkta med plasttyp. Det noterades även att många kylmöbler saknade utdragslådor på grund av insamlings- och hanteringsmässiga skäl. En bakomliggande orsak är hur avlastningen av kylmöbler från lastbil går till vid en återvinningsanläggning som Stenas. Avlastningen är även direkt kopplad till hur kylmöbler samlas in och lastas samt transporteras med lastbil från återvinningscentraler till återvinningsanläggningar. I många fall hämtas kylmöbler på landets

återvinningscentraler med långtradare (med upp till tre containrar) försedda med kran och gripklo. Lastningen går till genom att kylmöblerna lyfts från marken och placeras stående i containrarna i ett lager. Vid avlastning på återvinningsanläggningen tippas sedan containrarna på ett sådant sätt att hela innehållet av kylmöbler snabbt kan flöda ut från containern. I många fall flödar kylmöblerna ut på ett kontrollerat sätt och behålls stående. Dock är det även vanligt att kylmöbler välter i samband med denna typ av avlastning varpå många ”tappar” ut sina utdragslådor på marken och då går förlorade. Ofta krossas de under andra kylmöbler och blir samtidigt nedsmutsade. Under 2018 har man vid Stenas återvinningsanläggning som målsättning att få byggt tippfack vilka kan ge kylmöblerna ett nödvändigt stöd vid avlastning och på så vis underlätta för att behålla en större andel av kylmöblerna stående. Det skulle i sådana fall även leda till att färre utdragslådor går förlorade.

I plockanalysen togs ingen hänsyn till storlek och typ av olika kylmöbler; till exempel fullhöjdsskåp, kombiskåp samt små kyl- och frysskåp. Olika kylmöbelsstorlekar kan såklart innehålla olika mycket utdragslådor vilket bör noteras ifall mer noggranna beräkningar ska genomföras. I den andra plockanalysen var dock ambitionen att hantera ett flöde av kylmöbler så likt ett ”standardflöde” för Stenas anläggning som möjligt, varför storleks- samt typvariationer av kylmöbler inte var nödvändigt att kartlägga i detta fall. Sammanfattande resultat från sorteringsförsöket visas i Tabell 2 och

Tabell 3.

Tabell 2. I tabellen visas resultat från det andra sorteringsförsöket för utdragslådor från kylmöbler innehållandes pentan som blåsmedel. Vikten av transparenta lådor är något högre än den för vita lådor.

Pentan ("nyare")	Antal kylmöbler			138 st.
Fraktion	Transparent			Vit
Plasttyp	SAN	PS	Övriga	
Total vikt lådor (kg)	38,8	102,5	16,6	147,6
Medelvikt lådor per kylmöbel baserat på plasttyp-/fraktion (kg/kylmöbel)	0,28	0,74	0,12	1,07
Fördelning plasttyp-/fraktion (vikt%)	13	34	5	48
Medelvikt lådor per kylmöbel (kg/kylmöbel)	2, 21			

Tabell 3. I tabellen visas resultat från det andra sorteringsförsöket för utdragslådor från kylmöbler innehållandes alla andra typer av blåsmedel än pentan. Vikten av vita lådor är tydligt högre än den för transparenta lådor. Medelvikten av utdragslådor tillverkade i plast per kylmöbel är knappt 25 procent av motsvarande mängd för kylmöbler med pentan som blåsmedel.

Övriga ("äldre")	Antal kylmöbler			73 st.
Fraktion	Transparent			Vit
Plasttyp	SAN	PS	Övriga	
Total vikt lådor (kg)	8,0	5,8	1,7	21,6
Medelvikt lådor per kylmöbel baserat på plasttyp-/fraktion (kg/kylmöbel)	0,11	0,08	0,02	0,3
Fördelning plasttyp-/fraktion (vikt%)	21	16	5	58
Medelvikt lådor per kylmöbel (kg/kylmöbel)	0,51			



Figur 2. Plockanalys 2 på Stenas anläggning i Halmstad under hösten 2017. De transparenta lådorna sorterades till vänster för PS och till höger för SAN.

Vid projektets början gjordes uppskattningen att moderna kylmöbler i genomsnitt innehåller 3–4 kg utdragslådor i plast. Sorteringsförsöket som visade på ett genomsnittligt innehåll om drygt 2 kg lådplast per kylmöbel styrker de observationer som gjordes om att flertalet utdragslådor går förlorade i samband med avlastning. En jämförelse mellan det uppmätta innehållet från sorteringsförsöket och det initiala innehållet pekar på att upp emot 30–50 procent av lådplasten går förlorad. Om så är fallet betyder det att det genomsnittliga innehållet om drygt 2 kg lådplast per kylmöbel har potential att öka med upp mot 75–100 procent genom en mer varsam hantering i insamlings- och transportledet. Tidigt i projektet gjordes även insamling av transparent utdragslådor från kylmöbler vid en av Stena återvinningsanläggningar i Tyskland. Den höga andelen lådor tillverkade i antingen SAN eller PS tyder på att förekomsten av nyare kylmöbler i förhållande till äldre kan vara större i Tyskland än i Sverige. Det skulle i sådana fall betyda att det i genomsnitt finns mer plast från utdragslådor att tillgå från kylmöbler som går till återvinning i Tyskland än i Sverige. Samtidigt minskar mängden äldre kylmöbler (till förmån för nyare) som går till återvinning i Sverige eftersom en betydande andel hunnit bli utbytta mot nyare. Andelen kylmöbler innehållandes pentan som kommer till Stena är alltså ökande.

3.1.2 Insamling, identifiering och sortering

Nedan ges exempel på och beskrivs hur insamling, identifiering och sortering av utdragslådor skulle kunna gå till hos en återvinningsaktör som förbehandlar kylmöbler och eventuellt även återvinner hela eller delar av kylmöbler.

Insamling

Själva insamlingssteget av lådor utgörs av att de plockas ur kylmöbler och tas åt sidan (med andra ord separeras från kylmöblerna). Då man vid Stenas anläggning i Halmstad i dag har operatörer som jobbar med att förbereda kylmöbler inför att de ska gå in i den huvudsakliga återvinningsprocessen ligger det nära till hands att tänka sig att även lådorna enklast plockas ut på manuell väg i samband med den hantering som redan görs. För att höja renhetsgraden på de materialfraktioner som kommer ur återvinningsprocessen samt underlätta för processen i stort, förväntas en liknande manuell hantering vara vanlig förekommande även hos andra återvinningsanläggningar för kylmöbler. Utplocket går i detta fall ut på att kylmöblerna öppnas varpå lådorna tas ut. Att plocka ut lådorna på ett automatiserat sätt, med exempelvis en robot, förväntas vara mycket komplicerat då en sådan robot exempelvis behöver kunna hantera mycket stora variationer i flödet av kylmöbler och lådor samt fungera i en ofta oren miljö. Att använda en robot för denna aktivitet förväntas även ställa särskilda krav på hur flödet av kylmöbler in till återvinningsprocessen behöver designas. Detta tros kunna ge en betydligt minskad flexibilitet jämfört med om en operatör utför samma hantering. När en låda plockats ur en kylmöbel och tas åt sidan behöver den antingen mellanlagras i någon typ av behållare eller direkt transporteras vidare via till exempel ett transportband. Vad som är tänkt att hända med lådorna i efterföljande led gällande identifiering och sortering bör vara vägledande i vilken lösning som anses vara den mest passande.

Identifiering och sortering

Identifiering och sortering är två tätt sammanlänkande aktiviteter och graden av sortering bestämmer i hög grad vilken identifiering som krävs för att detta ska kunna uppnås. Vilken sortering som är nödvändig bestäms i sin tur av vad den återvunna plasten är tänkt att användas till eftersom detta ställer krav på vilken kvalitetsnivå som minst måste uppnås. Mer övergripande handlar det om att kunna möta en köparens krav på den plastfraktion man säljer.

Nedanför följer fyra olika exempel på tänkbara sorteringsnivåer och i Bilaga A presenteras de tre första av dessa exemplen på ett figurbaserat sätt. I bilagan återfinns varje sorterings exempel som en del i någon av tre övergripande sorteringsförslag vilka omfattar insamling, identifiering och sortering för utdragslådor från kylmöbler samt vilka tillvägagångssätt och tekniker som skulle kunna vara aktuella att undersöka närmare för detta ändamål. För varje sorteringsalternativ (1-3) finns ett flödesschema och en sammanfattning av upplägget samt vilka utflöden av material som fås.

- Den lägsta graden av sortering efter att lådorna plockats ur kylmöbler är ingen sortering och alla lådor samlas då i en mixad fraktion. Denna sortering ställer inga krav på identifiering eftersom alla lådor betraktas som just lådor oavsett färg och plastinnehåll.
- Nästa sorteringsnivå skulle vara att hålla isär transparenta och vita lådor. I äldre kylmöbler förekommer även andra färger på lådor än vitt varför en tredje fraktion skulle kunna utgöras av en sådan mix. Genom att sortera lådor från nyare kylmöbler i en transparent och en vit fraktion fås även en viss sortering utifrån plasttyp då transparenta lådor i de flesta fall är tillverkade i antingen GPPS eller SAN medan de vita oftast består av HIPS. För denna grad av sortering räcker det med att transparenta lådor identifieras som transparenta och vita som vita. Eventuella andra färger än vitt identifieras och sorteras i en egen fraktion som ”övriga”. Hos nyare kylmöbler är det dock också vanligt med kombinerade lådor som både innehåller transparenta och vita partier. Om man vill hålla den transparenta fraktionen helt transparent måste sådana lådor antingen sorteras i den vita fraktionen eller i en egen fraktion. Ett alternativ kan även vara att sönderdela sådana lådor så att transparenta enheter skiljs från vita. För en operatör innebär det extra tid för hantering och att på ett bra sätt få till denna sönderdelning är krångligt. Ett sätt att komma runt detta skulle kunna vara att först krossa lådorna för att sedan separera krossade transparenta bitar från vita.
- En ytterligare nivå av sortering skulle vara att sortera transparenta lådor utifrån plasttyp i GPPS och SAN samt möjliga andra förekommande plasttyper. Antingen görs detta direkt då lådorna plockas ur kylmöbler eller i ett nästa steg där man istället utgår ifrån en mixad fraktion av transparenta lådor. För tillverkning av transparenta utdragslådor i nyare skåp är det förmodligen dock mycket ovanligt att andra plasttyper än GPPS och SAN används. Detta styrks även av de sorteringsförsök som genomförts inom

projektet där inga andra plasttyper än GPPS och SAN påträffades för transparenta lådor.

- Den yttersta nivån skulle innebära att sortera all förekommande plast från lådor utifrån plasttyp. Ju fler plasttyper lådorna ska sorteras i desto högre krav ställs på identifieringen av dem. Så länge man håller sig till nyare skåp är det framförallt GPPS, SAN och HIPS som utgör förekommande plasttyper. Då GPPS och SAN kan skiljas från HIPS utifrån färg kvarstår att identifiera GPPS och SAN för att skilja sådana lådor från varandra.

Okulär identifiering

Identifieringen av transparenta och vita lådor kan enkelt utföras av en operatör genom okulär besiktning. Så länge lådorna är märkta med vilken plasttyp de består av kan också denna identifiering göras okulärt även om det inte alltid är helt lätt att hitta märkningen som oftast är liten. Var märkningarna är placerade kan också skilja sig åt mellan olika lådor och kylmöbler. Det innebär att märkningen behöver lokaliseras för varje låda vilket kan vara ett tidskrävande moment. Ibland kan det dessutom vara svårt att tyda vad märkningen säger att det är för plasttyp vilket medför vissa osäkerheter (se **Fel! Hittar inte referensälla.3**). Samtidigt är det troligt att operatörer som kontinuerligt jobbar med denna typ av aktivitet arbetar upp en kunskapsbank för att med tiden bli allt snabbare på att hitta märkningar och känna igen vilken plasttyp det rör sig om.



Figur 3. Bilden visar hur en märkning av plasttyp kan se ut. Märkningen ses längst till höger och utgörs i detta fall av att en pil är riktad mot den plasttyp som lådan är konstruerad av. För just denna låda pekar pilen mot PS och de övriga två plasttyperna som ses i märkningen är SAN och SB.

Semiautomatiserad identifiering och sortering med hjälp av NIR-teknik

För att underlätta identifieringen utifrån plasttyp kan olika tekniker användas. För plast är NIR-tekniker (near infrared spectroscopy – nära infraröd spektroskopi) vanliga. NIR kan inte identifiera svartfärgade plaster men det är inte ett bekymmer eftersom det framförallt handlar om transparenta och vita lådor. Genom att en operatör använder sig av någon typ av NIR-detektor skulle en typ av ett

semiautomatiserat identifieringssteg kunna utformas. För detta skulle en handhållen NIR-pistol kunna användas men förmodligen ännu hellre en fast NIR-detektor framför vilken en låda i taget hålls och sedan sorteras i avsedd fraktion. Nackdelen med en handhållen NIR-pistol är att det ställer vissa krav på användaren som behöver vara noggrann vid identifieringen för att det ska ge ett tillförlitligt resultat. En NIR-pistol är även en förhållandevis dyr utrustning vilket för många aktörer kan innebära en ganska tung investering. Om identifieringen görs på ett okulärt eller semiautomatiserat sätt kan lika gärna även själva sorteringen göras på manuell väg eftersom en person redan hanterar lådorna i detta fall.

Helautomatiserad identifiering och sortering med hjälp av NIR-teknik och robotarm

Ytterligare ett steg uppåt skulle vara ett helautomatiserat identifierings- och sorteringssteg där lådor som plockas ut från kylmöbler exempelvis läggs på ett transportband. Med ett transportband möjliggörs att alla typer av lådor, oavsett färg och plasttyp, kan plockas ut och läggas på samma transportband för att nedströms sorteras utifrån givna krav. Sorteringen skulle kunna utföras av en robotarm medan identifieringen antingen görs före det att lådorna når roboten alternativt i samband med att roboten lyfter dem för sortering. Precis som i föregående fall kan en NIR-detektor även användas i detta fall. I det senare alternativet skulle roboten kunna vara utrustad med en identifieringsutrustning som först identifierar vilken plasttyp det rör sig om varpå roboten sorterar lådan i avsedd fraktion. Om identifieringen sker före det att lådorna når sorteringssteget kan denna del utformas genom att lådorna får passera under en NIR-detektor som sitter ovanför transportbandet. Den typen av identifieringsutrustning finns på marknaden i dag och används ofta för att sortera mixade strömmar av plastförpackningsavfall utifrån plasttyp (se **Fel! Hittar inte referensälla.4**). I detta fall rör det sig ofta om mindre och lätta produkter där själva sorteringssteget kan genomföras med hjälp av tryckluft. En fördel med den typ av hantering som beskrivs ovan är att lådorna kan sorteras utifrån plasttyp då de fortfarande är hela. Så länge lådorna sorteras rätt minskar detta upplägg risken för korskontaminering av olika plasttyper vilket förmodas vara mer sannolikt att inträffa då lådorna först storleksreduceras, via till exempel kvarning eller krossning, och bitarna sorteras i ett efterföljande steg. Den typen av kontaminering som avses är till exempel att bitar av SAN eller GPPS följer med fel fraktion vilket leder till försämrade renhetsgrader av fraktionerna och i sin tur lägre kvalitet av den återvunna plasten. Däremot kan storleksreducerade lådor hanteras med befintliga sorteringsstekniker så som den typen som är vanlig för plastförpackningsavfall. Dock förutsätter det att identifieringstekniken kan identifiera de av förekommande plasttyper som man vill kunna återvinna till ny råvara.



Figur 4. Bilden visar en typ av automatiserad teknik som kan användas för sortering av mindre plastkomponenter och -produkter².

Utöver vilka möjligheter som finns för identifiering och sortering behöver det även tas ställning till var detta ska ske. Om det är hos återvinningsaktören som samlar in lådorna eller hos en annan aktör dit lådorna transporteras. Beroende på vilket av alternativen och vad för krav sådana mottagare kan tänkas ställa på material och produkter för att ta emot dem ges olika förutsättningar för vad en återvinningsaktör behöver åstadkomma före det att lådorna kan transporteras vidare. Kanske finns det mottagare som kan tänka sig att betala för mixade fraktioner som består av transparenta och vita sorterade lådor. I andra fall kanske det krävs att det finns en uppdelning i form av en transparent samt en vit fraktion medan vissa även kräver att lådorna redan är uppdelade utifrån plasttyp. Utöver det kan man även tänka sig att det finns mottagare som vill att lådmaterialet ska vara storleksreducerat då de tar emot det så att de inte själva behöver utföra ett sådant förbehandlingssteg inför den faktiska materialåtervinningen. Eftersom lådorna är mycket skrymmande (liten vikt per volymenhet) är det i vilket fall nödvändigt att de storleksreduceras och därmed volymreduceras innan de transporteras vidare från en återvinningsaktör av kylmöbler för att få upp fyllnadsgraden (och öka densiteten på materialet).

Behov av behållare vid insamling

För att undvika behovet av att ofta tömma insamlingsbehållare med lådor behöver utplockade lådor antingen samlas in i stora behållare såsom containrar eller löpande transporteras bort från platsen där utplocket görs via exempelvis ett transportband. I fallet då containrar används skulle man kunna tänka sig att ett verktyg som en tråkross eller komprimeringsvikt på hjullastare skulle kunna nyttjas för att krossa lådorna och uppnå en ökad fyllnadsgrad för att få plats med mer material. Det medför att färre tömningar och/eller byten av containrar behövs per tidsenhet. Ett alternativ till en öppen container skulle eventuellt kunna vara en avfallskomprimator som är

² https://www.tomra.com/-/media/images/sorting-solutions/recycling/products/tsre_autosort_rendering_722x366px.ashx?&h=366&hash=8288AC4C30FD5E6CDCB2772498DAB02B50AEE2AD

konstruerad som en sluten container vilket gör att plastbitar som kan tänkas ”sprätta” iväg i samband med komprimeringen stannar kvar i containern (se **Fel! Hittar inte referenskölla.5**). Det ger ett minskat spill och en bättre arbetsmiljö. Tack vare den inbyggda komprimatorfunktionen behövs inte heller någon extern åverkan med hjälp av en tråkross eller hjullastare. De avfallskomprimatorer som finns på marknaden i dag är primärt konstruerade för att användas till att hantera förpackningsavfall såsom mjukplast (plastemballage), wellpapp/kartong samt det som många kallar för brännbart avfall. Om den typen av avfallskomprimatorer utan någon anpassning även kan användas för att hantera hårdplast, som i fallet med utdragslådor från kylmöbler, skulle detta vara intressant att testa i ett eventuellt fortsättningsprojekt eller nästa steg.



Figur 5. Bilden visar en typ av avfallskomprimator som eventuellt skulle kunna tänkas användas för insamling av utdragslådor och storleksreducering (kompaktering) av sådana via den inbyggda komprimatorfunktionen³. Vanliga komprimatortyper är press- samt skruvkomprimatorer.

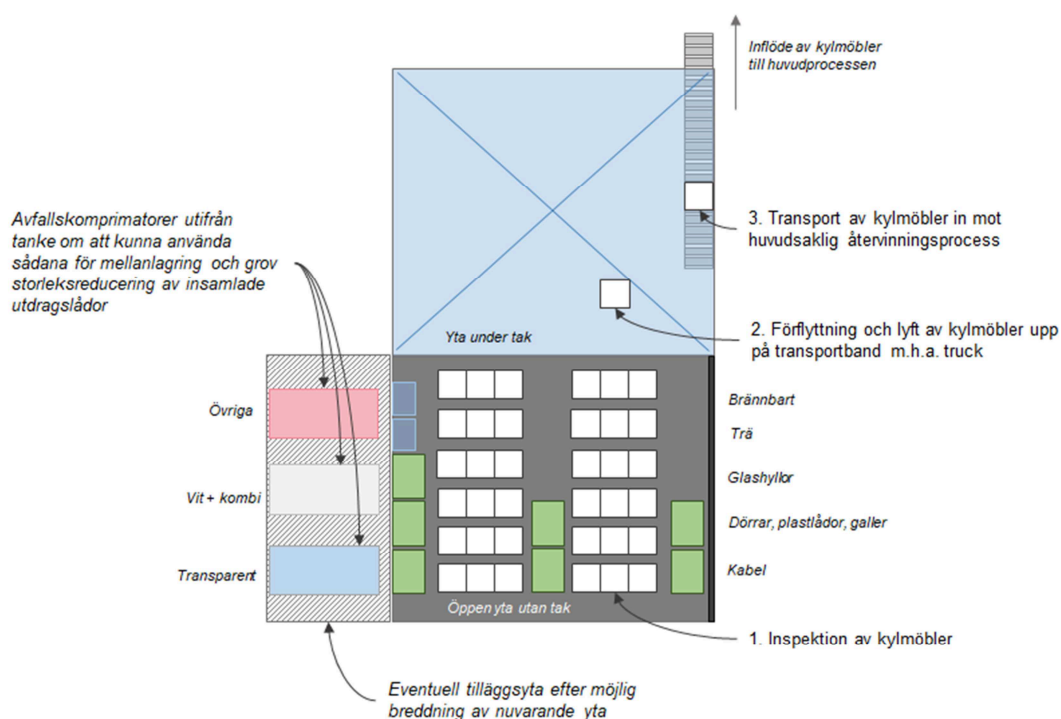
3.1.3 Koppling till Stenas anläggning

Vid Stenas anläggning i Halmstad finns en yta som i produktionen kallas för ”Plattan”. På denna yta förbereds konsumentkylmöbler (för privat bruk i hemmet i motsats till sådana kyl- och frysprodukter som används i exempelvis livsmedelsbutiken) på manuell väg av vanligtvis en operatör inför att de ska gå in i den huvudsakliga återvinningsprocessen. Förberedelsen går ut på att samtliga kylmöbler öppnas och inspekteras samt ifall om så är nödvändigt anpassas för att underlätta den efterföljande hanteringen. Material och produkter som inte ska följa med skåpen till återvinningsprocessen avlägsnas. Förutom glashyllor handlar det även om sådant som inte är en del av själva kylmöblerna. Detta kan till exempel vara kvarvarande mat och annat som personer passat på att göra sig av med då de lämnat sin kyl eller frys till återvinning. Enligt Stena är det vanligt att batterier påträffas i kylmöbler. Dörrar som hänger löst avlägsnas och elanslutningskablar klipps av för att minska risken att fastna i det rulltransportband till vilket kylmöblerna lyfts efter

³ <http://docplayer.se/docs-images/62/47026587/images/2-5.jpg>

att de genomgått hantering på plattan. På plattan används IBC-behållare (intermediate bulk container) för uppsamling av glas, kabel, dörrar, plastlådor och galler. Dörrar, plastlådor och galler samlas i samma behållare eftersom dessa är komponenter som ska matas till återvinningsprocessen för behandling. I de fall dörrar, plastlådor och galler tas bort beror det på att kylmöblerna skadats i den tidigare hanteringen. En kylmöbel med en löst hängande dörr går till exempel inte att stänga vilket gör produkten svårare att hantera. Avsaknaden av dörrar innebär också att plastlådor och galler kan ramla ur kylmöblerna i samband med den hantering som tar vid efter plattan. Förutom att det är en arbetsmiljöfråga kan kvarvarande komponenter försvåra för processerna nedströms. Utöver ovan nämnda fraktioner finns en annan typ av behållare för insamling av trä samt brännbart. Dessa står på hjul och kan rullas för att lättare bli upphämtade av en truck med gaffel i de fall det är trångt på plattan.

Plattan bedöms vara stor nog för att kunna hantera dagens produktion och till den kopplade aktiviteter. Eftersom lådor och hyllor i plast inte sorteras ut från kylmöbler i dag behövs ytterligare behållare för insamling av denna fraktion, ifall detta utplock ska ske i samband med den hantering som redan görs på plattan vill säga. För att göra plats för flera behållare skulle ytan troligen behöva breddas. I **Fel! Hittar inte referensskälla.** 6 visas en förenklad schematisk bild av plattan med vissa av de aktiviteter som görs utmärkta, insamlingsbehållare, samt hur en eventuell tilläggsyta för att husera avfallskomprimatorer för förvaring av plastlådor skulle kunna tänkas se ut.



Figur 6. Figuren visar en förenklad schematisk bild av plattan med vissa av de aktiviteter som görs utmärkta, insamlingsbehållare, samt hur en eventuell tilläggsyta för att husera avfallskomprimatorer för förvaring och kompaktering av plastlådor skulle kunna tänkas se ut.

3.2 AP 2 Material

Sorterat och osorterat material från lådor har samlats in, strimlats, tvättats, malts, smältiltrats och granulerats. Probstavar och plattor har formsprutats och materialens kvalitet och egenskaper har analyserats. Materialens egenskaper har jämförts med specifikationer för material som används för utdragslådor och elektriska produkter. Flera av fraktionerna har testats att skummas. En komponent till en tvättmaskin har tillverkats av SAN-fraktionen.

Materialkaraktärisering

Fyra återvunna fraktioner har undersökts med avseende på mekaniska egenskaper och processbarhet, se Bilaga B.

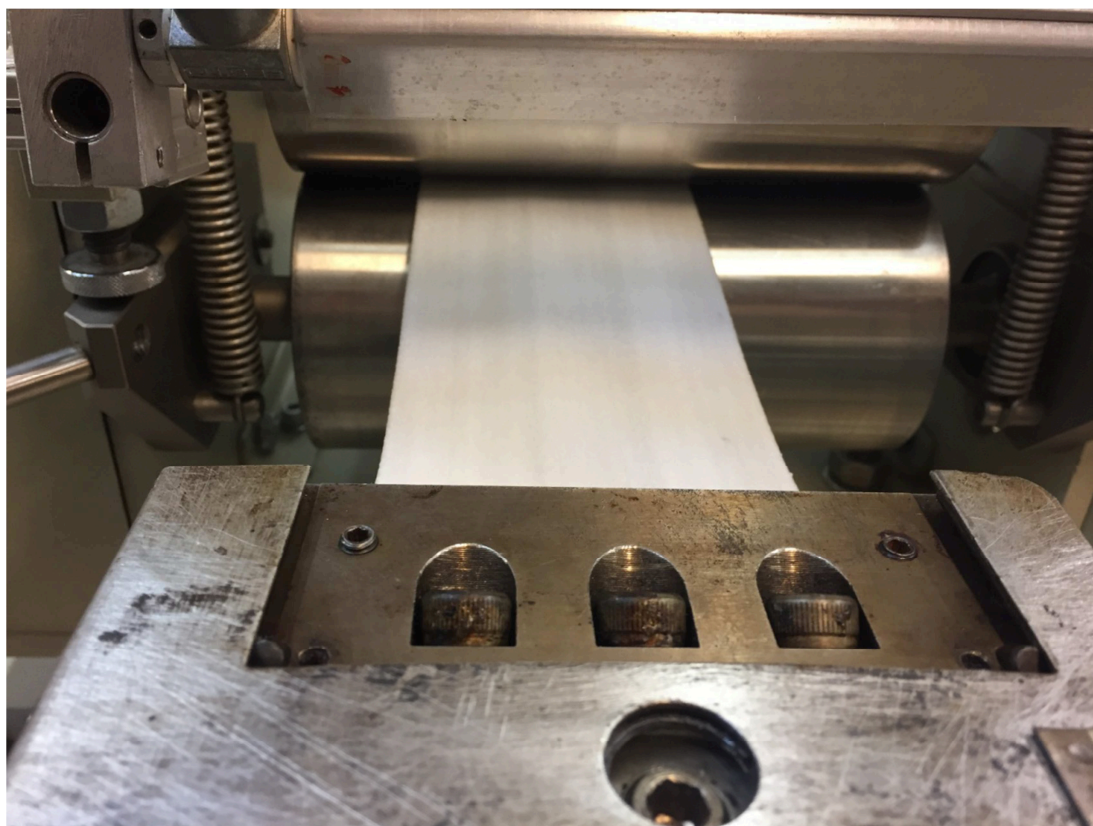
1. Vit blandfraktion innehållande främst HIPS men kan även innehålla PP och ABS, Den uppvisar högre styvhet och högre flytbarhet jämfört med referensmaterial. Den har goda förutsättningar för att tillverkas till formsprutade produkter.
2. Transparent blandfraktion innehållande PS och SAN. Denna fraktion har jämförts med en ren PS och har då en betydligt högre flytbarhet, är sprödare och har dålig transparens. Den lämpar sig troligen inte för att bli en ny detalj i en elektrisk produkt.
3. Enbart SAN. Återvunnen SAN har goda mekaniska egenskaper, förutom låg slagseghet. Materialet kan användas till nya detaljer i elektriska produkter.
4. Enbart PS. PS har goda mekaniska egenskaper i jämförelse med referensmaterial. Den har goda förutsättningar för att kunna tillverkas till nya kylskåpslådor och andra formsprutade produkter.

Skumningsförsök

Syftet var att undersöka om materialen kan användas för att tillverka extruderade skum. Processen som användes för undersöka detta var en kemisk jäsning följt av extrudering. Platta skummade band erhöles, se Figur 7. Vid skumning är det önskvärt att kunna nå en så låg densitet som möjligt. Med kemisk jäsning kan man nå en densitet på 500 g/l. Resultaten visar att samtliga material troligtvis kan användas i extruderade och formsprutade skum, se Bilaga C.:

- SAN, GPPS och HIPS hade mycket få föroreningar och kan troligtvis även användas i andra formsprutade produkter.
- SAN var enkel att skumma och gav bäst egenskaper.
- HIPS var enkel att skumma och gav lägst densitet.
- GPPS fungerar att skumma men behöver göras mer trögflytande.
- GPPS/SAN fungerar att skumma men till högre densitet. Den behöver göras mer trögflytande. Ett sprött skum erhöles.

I ett nästa steg skulle tillverkning av ett expanderat skum (EPS) liknande frigolit kunna testas. Då föreslås PS och SAN var för sig blandas tillsammans med EPS-kvalite av plast för vidare skumningsförsök.



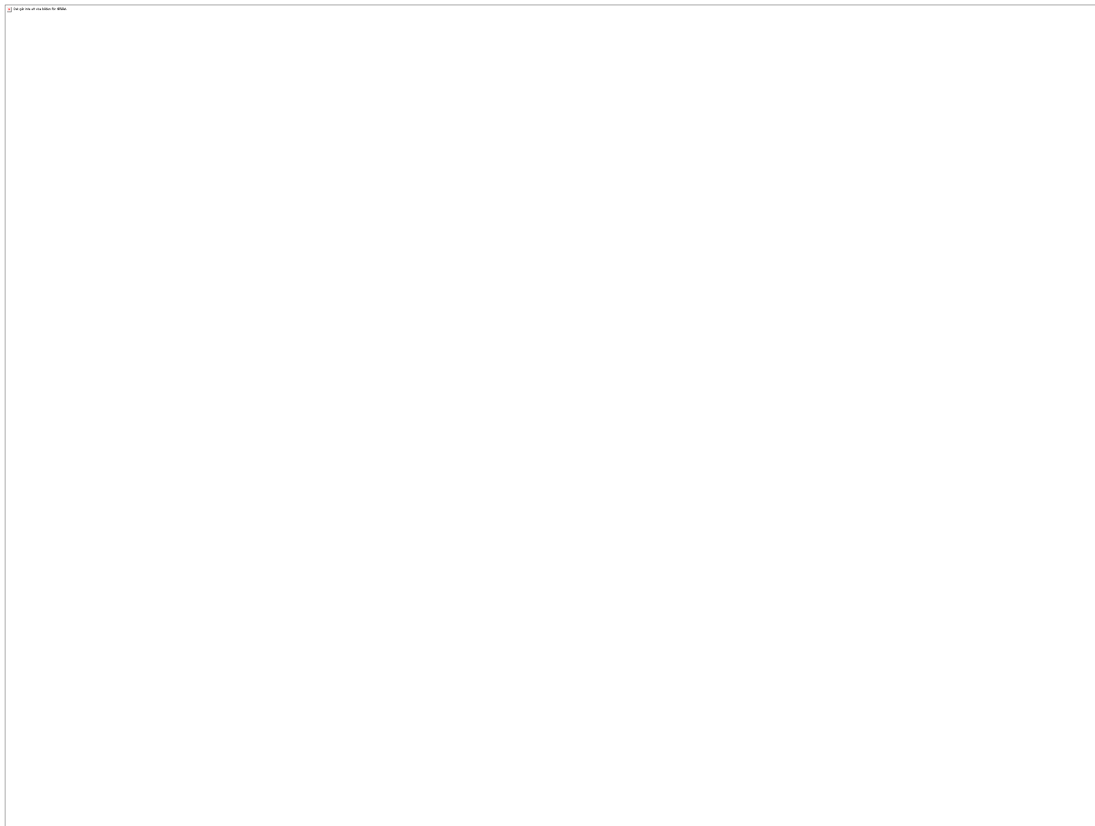
Figur 7. Figuren visar en förenklad schematisk bild av plattan med vissa av de aktiviteter som görs utmärkta, insamlingsbehållare, samt hur en eventuell tilläggsyta för att husera avfallskomprimatorer för förvaring och kompaktering av plastlådor skulle kunna tänkas se ut.

Tillverkning av demonstrator

På sin anläggning i Italien har Electrolux formsprutat i SAN några stycken kupor passande till tvättmaskin och torktumlare, se figur 8. Kuporna har som uppgift att skydda då glaset innanför kan bli varmt. Försöket gav följande slutsatser:

- Reologin (plastens flytegenskaper) hos materialet överensstämde med ren SAN och därför gjordes inga variationer av formsprutningsparametrar under försöket (injektionstrycket var detsamma).
- Inga problem som flödesledningar, sänkmärken eller geometrisk variation noterades.
Som förväntat var materialet inte lika klart (transparent) som ny SAN. Färgen var grön men den var homogen vilket uppskattades.
- Vid en noggrann inspektion kunde några få svarta prickar upptäckas. Dessa föroreningar bör kunna elimineras med en effektivare tvättprocess.

Electrolux sammanfattar med att det var ett lyckat försök som överträffade deras förväntningar.



Figur 8. Electrolux tillverkade några dörrkupor som kan användas till tvättmaskiner eller torktumlare av återvunnen SAN-plast från kylskåpslådor.

3.3 AP 3 Livsmedelskrav- plast för livsmedelsförpackningar

Förpackningar som kommer i kontakt med livsmedel har särskilda krav på sig för att förhindra att farliga ämnen kommer i kontakt med livsmedlet och att förpackningen klarar av att innesluta livsmedel så att det inte läcker. De här kraven kommer från svenska livsmedelsverket och EU. EU har beslutat om flera direktiv och förordningar som ska reglera och hjälpa till i valet av förpackning. Den viktigaste förordningen i detta sammanhang är EG nr 1935/2004 – om material och produkter avsedda att komma i kontakt med livsmedel. Här beskrivs de generella reglerna om hur förpackningar ska vara konstruerade och tillverkade för att få användas inom livsmedel. För plastförpackningar finns ytterligare två viktiga förordningar, dels EG nr 10/2011 ”om material och produkter av plast som är avsedda att komma i kontakt med livsmedel” och (EC) No 282/2008 ”om återvunna plastmaterial och plastprodukter avsedda att komma i kontakt med livsmedel och ändring av förordning (EG) nr 2023/2006. De här två dokumenten reglerar både hur plast får användas, vilka tillsatser som får användas och många flera aspekter på hur plast material får användas inom livsmedel. Det finns även övergripande förordningar så

som EG nr 2023/2006 ”om god tillverkningssed (GMP)” vilken är mer generell och hanterar kvaliteten kring tillverkning och distribution av materialet. De här lagarna gäller för alla EU-länderna men varje EU-land kan ha en individuell lagstiftning som kan vara striktare än EUs krav.

För livsmedelsgodkännande av plast krävs att plasten inte innehåller tillsatser som inte är godkända enligt EG nr 10/2011. Plasten får inte vara farlig för människan och migrationsstudier måste göras på plaster som inte är godkända för att säkerställa att inte kemikalier diffunderar in i livsmedlet. Det ställs också krav på tillverkningsprocessen och det är tillverkarens ansvar att se till att inga farliga ämnen kan hamna i plasten eller att processen i sig genererar farliga kemikalier. Det bör också gå att spåra material i tillverkningskedjan, så eventuella problem kan identifieras, kartläggas och åtgärdas (Artikel 17 i 1935/2004). Reglerna gäller endast för den plast som är i kontakt med livsmedlet. Används ett flerskiktmaterial är det alltså bara lagret närmaste livsmedlet som behöver följa reglerna. Det måste dock kunna bevisas att inga skadliga ämnen kan diffundera från de andra lagren.

För återvunnen plast gäller samma krav som för nyproducerad plast. Problemet med återvunnen plast är dock ofta att materialet inte är helt rent, det kan vara rester från gamla produkter, färgämnen, smuts m.m. Det här gör det svårt att garantera renheten hos en återvunnen plast. För att kunna använda plasten i kontakt med livsmedel måste man kunna garantera att inga farliga ämnen finns kvar i den slutliga produkten. När det gäller post-konsument förpackningar är det mycket svårt att få bort alla orenheter och garantera ett säkert material. Återvunnet material från industrispill kan därför vara ett bättre alternativ, då dessa strömmar av material ofta är rena. Det kan dock finnas farliga ämnen i dem som gör användningen problematisk. Ett annat alternativ för återvunnen plast i livsmedelskontakt är att använda plast som redan från början har varit livsmedelsgodkända. Detta minskar ytterligare risken för att några skadliga ämnen skulle kunna finnas i den återvunna plasten och gör livsmedelsgodkännande enklare. Är det osäkert om materialet verkligen är rent finns möjlighet att använda ett tunt lager av ny plast ovanpå den återvunna plasten och istället ha detta lager närmast livsmedlet.

Kylskåplådor är redan livsmedelsklassade och är därför enklare att livsmedelsgodkänna än plast som inte har livsmedelsklassning. Eftersom de är livsmedelsklassade behövs ingen ny klassning av själva plasten däremot kan det finnas risk för att farliga ämnen har förvarats i kylskåpen vilket skulle kunna läcka ut i plasten. Den här problematiken är delvis löst genom att lådorna är sorterade och tvättade så att risken för kontaminering av eventuella produkter som kan ha funnits i kylskåpen är liten. De allra flesta lådorna kommer från kylskåp där bara livsmedel har förvarats och därigenom minskar riskerna att farliga kemikalier ska finnas i plasten. Skulle reglerade kemikalier ändå finnas skulle troligtvis mängden av den ändå bli liten (under gränsvärdena) i slutprodukten på grund av utspädningseffekter. För att livsmedelsgodkänna en återvunnen plastprodukt gäller förutom 282/2008 samma EU-förordningar som för nya plastförpackningar, det vill säga de måste följa reglerna i 1935/2004 och i 10/2011; vilket innefattar god tillverkningssed, spårbarhet och en ”declaration of compliance”. I 10/2011 finns riktlinjer om hur materialerna ska testas för att säkerställa att inga farliga ämnen läcker ut från plasten, detta görs

genom en eller flera av sex olika livsmedelsimulatorer (Bilaga III i 10/2011) vid olika temperaturer och tider beroende på hur livsmedelsförpackningen ska användas. Enligt bilagan gäller *”För att påvisa överensstämmelse med gränsvärdena för total migration för alla typer av livsmedel ska det utföras undersökningar i destillerat vatten eller vatten av likvärdig kvalitet eller i livsmedelssimulatorerna A, B och D2”*, simulator A är etanol 10%, B är ättiksyra 3% och D2 är vegetabiliska oljor. Det finns sju standardiserade undersökningsbetingelser som framförallt är kopplade till vilken temperatur en förpackning ska användas vid. För djupfrysta och nedkylda livsmedel används betingelserna för OM1, som innebär att förpackningen utsätts för livsmedelssimulatorn 10 dagar vid 20°C. För långtidslagring av livsmedel vid rumstemperatur eller längre inklusive upphettning upp till 70°C i upp till två timmar eller upphettning upp till 100°C i upp till 15 minuter gäller OM2. Testbetingelser för detta är 10 dagar vid 40°C. För kylskåpslådor skulle de räkna att testa enligt OM2 då detta är ett tuffare test än OM1. Liknande betingelser finns också för specifik migration. Alla dessa betingelser och livsmedelssimulatorer finns listade i bilaga III och IV i 10/2011.

Sammanfattningsvis verkar kylskåpslådorna i det här projektet vara av en tillräckligt ren ström för att kunna återvinnas till nya kylskåpslådor förutsatt att processen för återvinningen kan ta bort eventuella orenheter och att tester med livsmedelssimulatorer på den återvunna plasten är godkända.

Normpack är en svensk intresseorganisation inom förpackningsindustrin som styrs av Innventia och har till uppgift att ge råd om regler och krav på förpackningsmaterial. De utför också kontroller på förpackningar och kan ge ut så kallade Normpack certifikat som visar att förpackningsmaterialet lever upp till EUs förordningar och svensk lag. I ett Normpack certifikat skall en beskrivning av produkten finnas, beskrivningen ska också innehålla information om vilken typ av material som ska användas, i vilka applikation (typer av livsmedel), vid vilka temperaturer och ungefärlig tid (Bilaga D). Certifikatet innehåller också resultat av så kallade migrationstester där olika livsmedelssimulatorer används för att verifiera att förpackningsmaterialet klarar av de specifikationer som de utlovat. Kraven för spårbarhet, GMP och så kallade *”Declaration of Compliance”* DOC finns också med i certifikaten.

3.4 AP 4 Projektledning, hållbarhetsanalys, kommunikation, och spridning av resultat

En hållbarhetsbedömning har genomförts på Swerea IVF. Projektets effekter på en mer högvärdig återvunnen plast har jämförts med att istället använda nyråvara. Hur en produkts livscykel påverkas som råvara, vid tillverkning, användning, återvinning och resthantering har jämförts för aspekterna miljömässig hållbarhet, arbetsmiljö och hälsa, mänskliga rättigheter och jämställdhet och mångfald har jämförts.

För livscykeldelarna tillverkning, användning, återvinning och resthantering ses ingen skillnad eller så är skillnaden obetydlig. Att använda återvunnet material förväntas ge en positiv miljömässig hållbarhet samt bättre med avseende på

mänskliga rättigheter då en ny detalj möjligen kommer att tillverkas i EU. I det tidigare projektet som beskrevs i inledningen gjordes en förenklad LCA där användning av nyråvara jämfördes med att använda återvunnen HIPS från kylmöbler. Studien visade att 1,6 kg CO₂ sparades per kg material.

4. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Insamling, identifiering och sortering

Inom ramarna för projektet har ett antal generella förslag och beskrivningar för insamling, identifiering och sortering tagits fram. Ifall det finns en ambition om att börja separera ut utdragslådor från kylmöbler vid en återvinningsanläggning som Stenas i Halmstad är detta en del som i ett nästa steg behöver fördjupas för att hitta ett optimalt tillvägagångssätt som uppfyller uppställda krav. Det finns många parametrar att spela med och har man som avsikt att realisera det hela behövs givetvis mer noggranna utvärderingar göras. En mycket viktig aspekt som även nämnts under resultatdelen är hur insamling, identifiering och sortering bör utformas för att kunna leva upp till den materialkvalitet som kan tänkas ställas på den återvunna plasten utifrån vilket användningsområdet är. Är målsättningen att producera nya utdragslådor eller andra estetiska komponenter baserade på den återvunna lådplasten krävs en särskilt noggrann hantering av lådorna för att undvika kontaminering av olika slag. I ett nästa steg behöver man även tidigt föra in ekonomiska aspekter och göra kostnadsräkningar för att bedöma gångbarheten av mer noggrant utformade produktionsalternativ.

Ifall avfallskomprimatorer anses vara ett intressant metodförslag för lagring och storleksreducering (komprimering) av utplockade utdragslådor på en anläggning som Stenas krävs det förmodligen endast några mindre tester för att relativt snart kunna utvärdera om befintliga avfallskomprimatorer för förpackningsavfall på ett lyckat sätt även kan användas för lådor. Metoden kan verka lovande men samtidigt visa sig behöva anpassas för att bättre kunna hantera just utdragslådor. Något att undersöka vidare kan även vara hur komprimerade lådor på ett bra sätt kan tippas ur avfallskomprimatorer samt vad som kan vara en lämplig uppsamlings- och transportbehållare för vidare transport till en materialåtervinnare. Om man kommer en bit på vägen här skulle man i sådana fall kunna tänka sig att en återvinningsaktör som Stena utan några större omställningar faktiskt kan börja samla in lådor om identifiering och sorteringen kan göras på manuell väg.

Materialkaraktäriseringen av plasten visar på att om plastsorterna inte blandas utan hålls isär så har de goda förutsättningar för att kunna användas som råmaterial till nya kvalitativa produkter. Det innebär att den återvunna plasten får ett högre värde. Kan kedjan av processer som projektet har identifierat skalas upp tillsammans med det jämna flödet som finns av inkommande material bör efterfrågan på återvunna styrenplaster kunna öka. Skulle det dessutom bli krav på återanvändning av gammal plast i nya hushållsprodukter ökar värdet på den återvunna plasten ytterligare.

En grov beräkning (se bilaga F) pekar på att potential finns för att vid bättre hantering av kylmöblerna följt av utsortering av lådorna skulle kunna bli ekonomisk lönsam trots viss investering av utrustning samt personal kommer att krävas.

5. Projektkommunikation

En kort presentation om projektet gjordes på ”Conference Plastics and Textiles 2017 25 november. En poster om projektet togs fram till samma konferens och satt upp 25-26 november. På Swerea IVFs testbäddsmöte på plaståtervinning den 4 oktober 2017 informerades om projektet. En artikel kommer att skrivas i Swerea IVFs tidning ”Teknik och tillväxt” samt till Plasttestbäddens hemsida.

Slutrapport kommer att finnas tillgänglig i Energimyndighetens projektdatabas.

6. Publikationslista

Inga publikationer från projektet

7. Referenser

Kvalitetssäkring av kylskåpsplast, Rolf Neuendorff, November 1999, AFR-REPORT 269

Bilagor

Bilaga A (1-5): Sorteringsalternativ 1-3, kompletterande information till förslag på sorteringsalternativ

Bilaga B (1-2): Mekanisk utvärdering av PS, SAN, vit respektive transparent fraktion

Bilaga C (1): Resultat från skumning via extrudering

Bilaga D(1-2): Guide till livsmedelsgodkännande av återvunnen plast

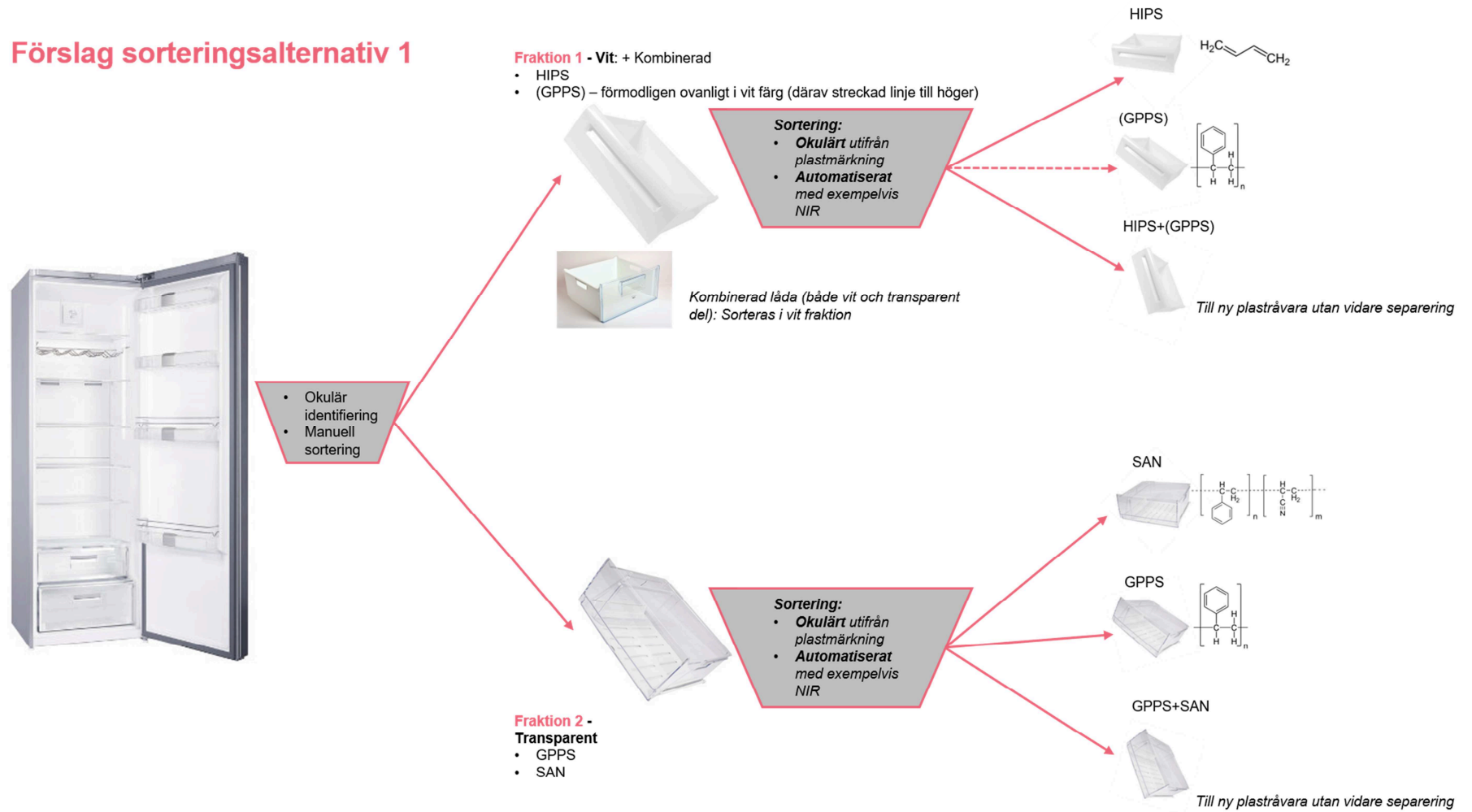
Bilaga E(1): Förkortningar

Bilaga F (1): Grov beräkning

Bilaga G (1): Bild på kylådor

Bilaga A

Förslag sorteringsalternativ 1

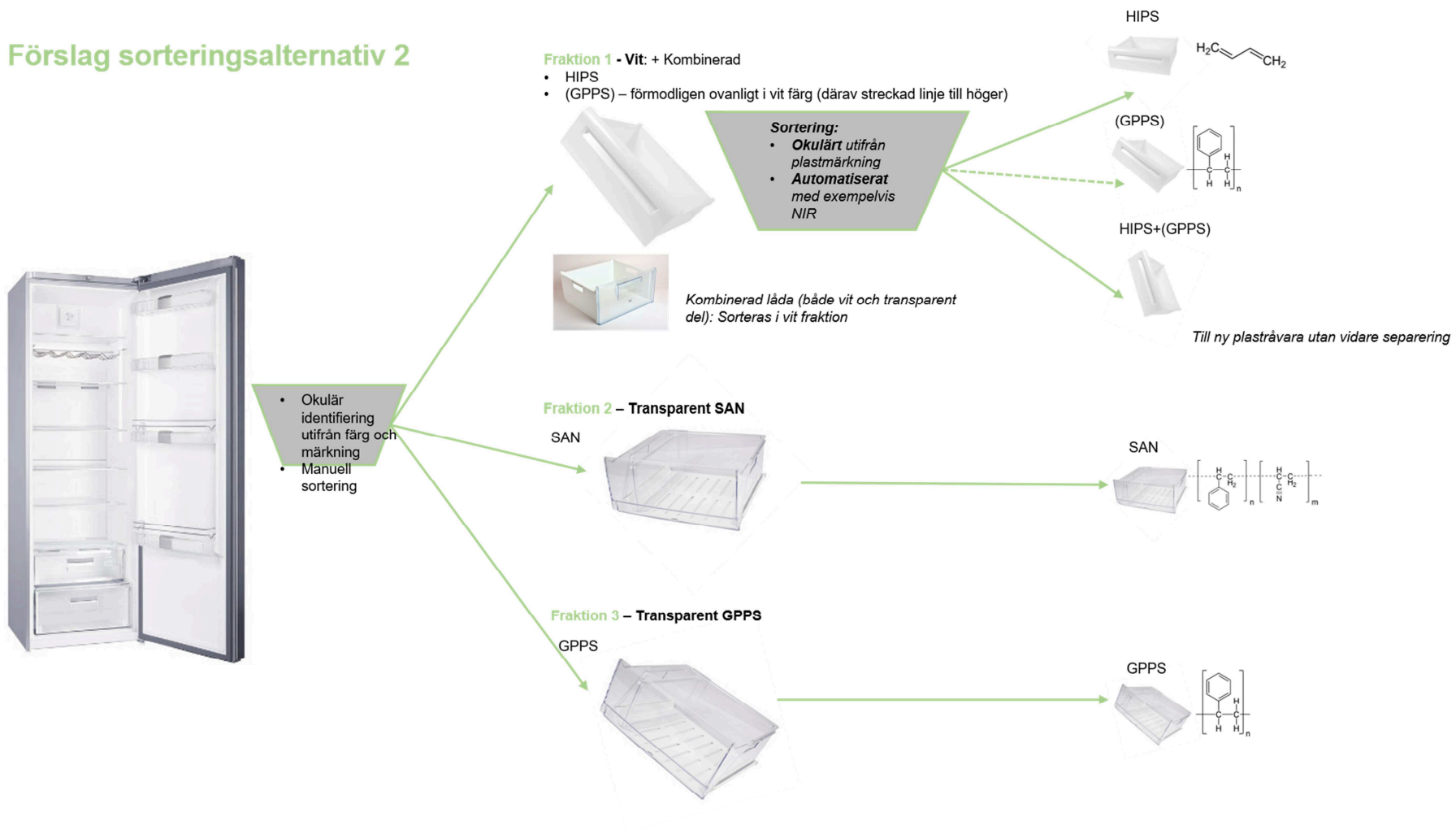


Med stöd från:

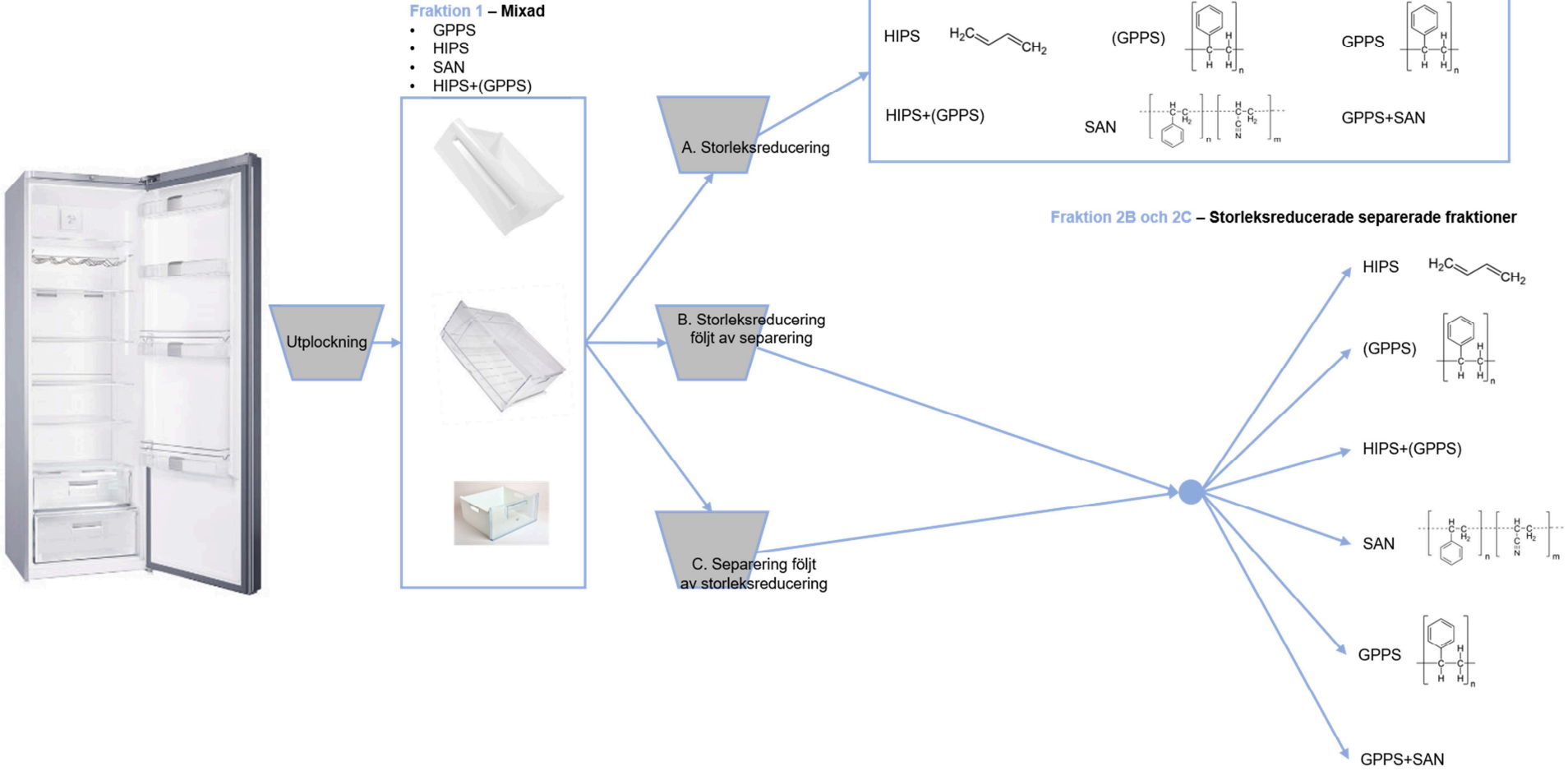


STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Förslag sorteringsalternativ 2



Förslag sorteringsalternativ 3



Kompletterande information till förslag på sorteringsalternativ

Alternativ 1

1. Identifiering och sortering – Hos Stena: del av befintlig besiktning som då blir utökad (gentemot idag)

1.1 Identifiering

- **Okulärt** utifrån färg

1.2 Sortering

- **Manuell handsortering** där låda tas ur kylmöbel och sorteras i en utav två fraktioner (Vit och Transparent)

Output:

- > Fraktion 1 – Vit
- > Fraktion 2 – Transparent

2. Vidare separering – Hos Stena: på annan plats än besiktningens platsen (gärna under tak om automatiserat)

2.1 Identifiering

- **Okulärt** utifrån plastmärkning
- **Automatiserat** med exempelvis NIR

2.2 Sortering

- **Manuellt** (för hand) om okulär identifiering eller NIR handhållen eller att låda hålls framför NIR-detektor
- **Automatiserat** om NIR-detektor utgör en del av en sorteringsutrustning med till exempel robotarm (kanske lyft genom vakuumsug)

Output:

- > HIPS
- > (GPPS) – Vårt att sortera ut denna eller kan en viss inblandning med HIPS tolereras?*
- > Transparent SAN
- > Transparent GPPS

3. Storleksreducering (för effektiv transport osv.) – Hos Stena: undvika ineffektiv transport från Stena samt höja värde på plastfraktioner

3.1 Kvarning

Output:

- > Storleksreducerade fraktioner enligt föregående output

Alternativ 2

1. Identifiering och sortering – Hos Stena: del av befintlig besiktning som då blir utökad (gentemot idag)

1.1 Identifiering

- **Okulärt** utifrån färg och plastmärkning

1.2 Sortering

- **Manuell handsortering** där låda tas ur kylmöbel och sorteras i en utav tre fraktioner (Vit, Transparent SAN och Transparent GPPS). Krutet läggs här på att vid källan sortera de transparenta lådorna medan man nöjer sig med en vit lådfraktion*.

Output:

- > Fraktion 1 – Vit
- > Fraktion 2 – Transparent SAN
- > Fraktion 3 – Transparent GPPS

2. Storleksreducering

2.1 Kvarning

Output:

- > Storleksreducerade fraktioner enligt föregående output

*Har som utgångspunkt att det troligen inte är så vanligt förekommande att hitta vita lådor i GPPS. Är det ovanligt kan man kanske tolerera en vit fraktion som till stor del består av HIPS men med viss inblandning av GPPS för att inte behöva göra en ytterligare uppdelning och generera en fraktion till? Vårt den extra tid det tar att kika efter plastmärkningen på vita lådor?

Alternativ 3

1. Sortering – Hos Stena: del av befintlig besiktning som då blir utökad (gentemot idag)

1.1 Sortering

- **Manuell handsortering** där låda tas ur kylmöbel och sorteras i en och samma fraktion (Mixad som då innehåller samtliga förekommande plasttyper)

Output:

- > Fraktion 1 – Mixad (både vita och transparenta lådor)

2A. Storleksreducering - Stena

2A.1 Kvarning

2B. Storleksreducering följt av separering – Hos Stena + annan alt. hos Stena: båda stegen

2B.1 Kvarning

2B.2 Identifiering

- **Automatiserat** med exempelvis NIR
- 2B.3 Sortering
- **Automatiserat** om NIR-detektor utgör en del av en sorteringsutrustning med till exempel trycklyft ("blåsseparator")
- **Automatiserat** via våtskebad om tillräckliga densitetsskillnader finns

2C. Separering följt av storleksreducering – Hos Stena: båda stegen

2C.1 Identifiering

- **Okulärt** utifrån plastmärkning
- **Automatiserat** med exempelvis NIR

2C.2 Sortering

- **Manuellt** (för hand) om okulär identifiering eller NIR handhållen eller att låda hålls framför NIR-detektor
- **Automatiserat** om NIR-detektor utgör en del av en sorteringsutrustning med till exempel robotarm (kanske lyft genom vakuumsug)

2C.3 Kvarning

Output:

- > 2A. Storleksreducerad mixad fraktion (blandade plasttyper)
- > 2B. Storleksreducerade separerade fraktioner
- > 2C. Storleksreducerade separerade fraktioner

Bilaga B**Mekanisk utvärdering av PS-fraktion med ursprung från Stenas anläggning i Halmstad.**

	Metod	PS ¹	PS ²	Ref
Strain at Yield (%)	ISO 527	1.9	1.8	-
Stress at Yield (MPa)	ISO 527	46	44	-
Break Stress (MPa)	ISO 527	46	44	44
Strain at break (%)	ISO 527	1.9	1.8	2.5
Tensile Modulus (MPa)	ISO 527	3147	3110	3100
Density (g/cm ³)	ISO 1183	1.04	-	1.05
MFR (g/10 min)	ISO 1133	6.4 (200°C/5kg)	-	4 (200°C/5kg)
Charpy Impact Unnotched (KJ/m ²), RT	ISO 179	16	-	8
Haze (%)	ASTM D1003	9	-	-

1 Utvärderad av Swerea

2 Utvärderad av Electrolux

Ref= GPPS virgin Polystyrene Crystal 1340. Används av Electrolux idag.

Mekanisk utvärdering av SAN-fraktion med ursprung från Stenas anläggning i Halmstad.

	Metod	SAN ¹	SAN ²	Ref
Strain at Yield (%)	ISO 527	2.1	2.1	-
Stress at Yield (MPa)	ISO 527	66	64	-
Break Stress (MPa)	ISO 527	66	64	68
Strain at break (%)	ISO 527	2.1	2.1	-
Tensile Modulus (MPa)	ISO 527	3465	3440	3600
Density (g/cm ³)	ISO 1183	1.06	-	1.08
MFR (g/10 min)	ISO 1133	7.6 (220°C/5kg)	28.9 (220°C/10kg)	13 (220°C/10kg)
Charpy Impact Unnotched (KJ/m ²), RT	ISO 179	-	-	15
Haze (%)	ASTM D1003	15	-	-

1 Utvärderad av Swerea

2 Utvärderad av Electrolux

Ref = SAN virgin Styron TYRIL 905. Används av Electrolux idag.

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Mekanisk utvärdering av vit fraktion med ursprung från en av Stenas anläggningar i Tyskland.

	Metod	Vit	Ref
Strain at Yield (%)	ISO 527	1.3	1.6
Stress at Yield (MPa)	ISO 527	27	26
Break Stress (MPa)	ISO 527	20	-
Strain at break (%)	ISO 527	18	-
Tensile Modulus (MPa)	ISO 527	2419	2000
Density (g/cm ³)	ISO 1183	1.06	1.04
MFR (g/10 min)	ISO 1133	14.5 (220°C/5kg)	9.5 (220°C/5kg)
Charpy Impact Unnotched (KJ/m ²), RT	ISO 179	19	17

Ref = Styrolution PS 495N High Impact Polystyrene (HIPS)

Mekanisk utvärdering av transparent fraktion med ursprung från en av Stenas anläggningar i Tyskland.

	Metod	Transparent	Ref
Strain at Yield (%)	ISO 527	1.4	-
Stress at Yield (MPa)	ISO 527	43	-
Break Stress (MPa)	ISO 527	43	44
Strain at break (%)	ISO 527	1.4	2.5
Tensile Modulus (MPa)	ISO 527	3168	3100
Density (g/cm ³)	ISO 1183	1.04	1.05
MFR (g/10 min)	ISO 1133	17.6 (220°C/5kg)	4 (200°C/5kg)
Charpy Impact Unnotched (KJ/m ²), RT	ISO 179	10	8
Haze (%)	ASTM D1003	86	-

Ref= GPPS virgin Polystyrene Crystal 1340. Används av Electrolux idag.

Bilaga C

Skumningsförsök via extrudering

Material	Densitet (g/l)	Kommentar
97% HIPS + 3% azo	508 Lägst densitet	Bra yta, segt material. Enkelt att skumma
97% SAN + 3% azo	550	Jämn yta, kan klippas utan att spricka. Enkelt att skumma. Bäst egenskaper.
85% PS + 12% SAN + 3% azo	580	Ojämn yta, sprödst
97% GPPS + 3% azo	560	Ojämn yta, ganska spröd
98% GPPS + 2% azo	675	Jämn yta, spröd
97% GPPS + 3% azo, 70 rpm	605	Något jämnare yta, spröd
97% GPPS + 3% azo, 40 rpm	550	Ojämn yta, spröd

Extruder: Brabender 18 mm enkelskruv, L/D 25.

Från munstycket: 210 / 220 / 200 / 170°C

Varvtal: 60 rpm.

Jäsmedel: Hydrocerol ITP 833 masterbatch med azodicarbonamid.

Munstycke: Bredslits, 100 mm brett, 40 mm långt med en öppning på 1 mm.

Avdragare med kylning via luftkniv.

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Bilaga D**Guide till livsmedelsgodkännande av återvunnen plast**

1. Kommer materialet från livsmedelsklassad plast?
 - a. Ja, kontrollera processen. (*"Antingen ska insatsvaran av plast härröra från en produktcykel inom en sluten och kontrollerad kedja, vilket garanterar att endast material och produkter avsedda att komma i kontakt med livsmedel används och att all förorening kan uteslutas"*)
 - b. Nej, kontrollera materialet, kan det innehålla några farliga kemikalier => Rena materialet. (*"det ska påvisas med ett prestationstest eller med andra lämpliga vetenskapliga bevis att processen kan minska potentiella föroreningar av insatsvaran av plast till en koncentration som inte utgör någon risk för människors hälsa."*)
2. Säkerställ processen, se till att inga reglerade kemikalier hamnar i materialet. Processen ska följa "god tillverkningssed". (EG) nr 2023/2006
3. Definiera vilken typ av livsmedel materialet ska användas till, ungefärliga tider och temperatur.
4. Gör migrationstest, använd givna livsmedelssimulatorer
 - a. "Overall" migrationstest: Summan av alla substanser som kan migrera genom materialet till livsmedlet.
 - b. Specifik migrationstest: Gäller för specifika ämnen som kan migrera genom materialet till livsmedlet och är baserad på toxikologiska studier
5. *"Kvaliteten på den återvunna plasten ska karaktäriseras och kontrolleras i enlighet med på förhand fastställda kriterier enligt vilka de slutliga återvunna plastmaterialen och plastprodukterna uppfyller villkoren i artikel 3 i förordning (EG) nr 1935/2004."*
6. "Declaration of compliance"

Med stöd från:

STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Guide till livsmedelsgodkännande av återvunnen plast

Exempel och förklaring av Normpack-certifikat

Block: IDENTITY
Describes the material/product.

Block: FOOD AND APPLICATION
Describes which material/product is suitable for what food type and application, and shows possible limitations.

Block: COMPLETED TESTS/CALCULATIONS
Describes completed tests/calculations. The tests show the food type and application for which the material/product was evaluated.

Block: PRODUCT SPECIFICATIONS
Shows that the requirements are fulfilled.

Block: SIGNATURE
Shows certificate owner (holder), what is certified as well as Normpack check-up. Both signatures are needed for the certificate to be valid.

Registration number is needed for the certificate to be valid.

Last day of validity (a certificate is valid for two years).

The trade (firm) name shows the material/product the certificate is valid for. The certificate owner can use a tracking key for a certificate which includes more items.

Type of material determines the information shown in the certificate.

Material description.

Specification of food types suitable for the material/product. Codes are listed on the back.

List of double-function chemicals

Contact time and temperature, e.g. for packaging/storing, that is the particular usage the material/product is suitable for.

Gives specific limitations and other information relevant for the material/product.

DFR = Fat-reduction factor.

Information about migration tests performed with respect to plastic material, simulation number, testing time, temperatures etc. and is expressed as both total and specific migration.

Information about tests performed for paper materials*, testing time and temperatures etc.

***for materials which contain both paper and plastic both sets of information are shown.**

Complete for plastic

Shows that the company fulfils product specification according to regulation 1935/2004 and GMP 2023/2006.

Web address given as company contact.

Note that if the material / the articles is subject to subsequent processing, then the certificate is not valid and it is incumbent on the processor to be responsible that legal requirements are met.

2016-05-27

Bilaga E**Förkortningar**

ABS	Akrylnitril-Butadien-Styren
EPS	Expanderad Polystyren
XPS	Extruderad Polystyren
GPPS	General Purpose Polystyren
HIPS	High Impact Polystyren
MFR	Melt Flow Ratio
PE	Polyeten
PP	Polypropen
PS	Polystyren
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylklorid
SAN	Styren-Akrylnitril

Med stöd från:

**STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM**

Bilaga F**Överslagsberäkning**

Grov beräkning baserad på vikterna från plockanalys 2.

Inom Stena hanteras ca 1600 000 skåp varje år.

65% är nyare skåp => 1040 000 st

35% är äldre skåp => 560 000 st

Nya skåp

SAN: $0,28 \text{ kg} \times 1040\ 000 = 291\ 200 \text{ kg}$

PS: $0,74 \text{ kg} \times 1040\ 000 = 769\ 600 \text{ kg}$

Vit: $1,07 \text{ kg} \times 1040\ 000 = 1112\ 800 \text{ kg}$

Äldre skåp

SAN: $0,11 \text{ kg} \times 560\ 000 = 61\ 600 \text{ kg}$

PS: $0,08 \text{ kg} \times 560\ 000 = 44\ 800 \text{ kg}$

Vit: $0,3 \text{ kg} \times 560\ 000 = 168\ 000 \text{ kg}$

Sammanlagt vikter från nya respektive äldre skåp

SAN: 352 800 kg/år

PS: 814 400 kg/år

Vit: 1280 800 kg/år

Kan fraktionerna säljas för 0,80 euro per kg (efter storleksreducering, tvätt, smältfiltrering följt av pelletering) (kostar 3-5 kr/kg) har plasten ett värde på:

SAN : $352\ 800 \text{ kg/år} \times 0,80 \text{ euro} = 282\ 240 \text{ euro}$

PS: $814\ 400 \text{ kg/år} \times 0,80 \text{ euro} = 651\ 520 \text{ euro}$

Vit: $1280\ 800 \text{ kg/år} \times 0,80 \text{ euro} = 1024\ 640 \text{ euro}$

Sammanlagt: **1958 400 euro**

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Bilaga G



Figur 9. Transparenta lådor utsorterade under sorteringsförsök 1.

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM