Slutrapport för projekt

Återvunnen textil som sekundär råvara inom möbelindustrin

Projektperiod: Juli 2018 till augusti 2019
Projektnummer: 44195-1

Med stöd från
VINNOVA Sveriges innovationsmyndighet
Energimyndigheten
FORMAS
Strategiska innovations-program

Datum
2020-03-26

Dnr
2017-001865

Projektnr
44195-1

Återvunnen textil som sekundär råvara inom möbelindustrin

Recycled textile as secondary raw material for the furniture industry

Titel på projektet – svenska	Återvunnen textil som sekundär råvara för möbelindustrin
Titel på projektet – engelska	Recycled textile as secondary raw material for the textile industry
Universitet/högskola/företag	RISE IVF (tidigare Swerea IVF)
Adress	Box 104, 431 22 Mölndal
Namn på projektledare	Lisa S Bour
Namn på ev övriga projektdeltagare	[Klicka här och skriv]
Nyckelord: 5-7 st	Textil, återvinning, mekaniska processer, kemiska processer, materialflöden

Förord

Detta projekt har finansierats av Vinnova, Energimyndigheten och Formas via Energimyndigheten under SIP RE:Source. I detta projekt ser vi på tillämpningsområden för återvunnet textilt material, dels i ny textil, men även som råvara för produktion av plast, komposit och nonwoven-material, detta riktat specifikt mot möbel- och interiörsektorn.

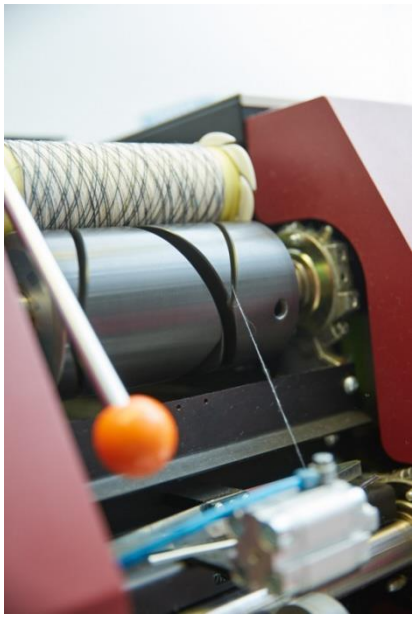
Innehållsförteckning

Sammanfattning 6
Summary 6
Inledning och bakgrund 8
AB Ludvig Svensson 9
Ackurat Industriplast 9
Granit Funktion & Förvaring AB 9
IRE möbel 9
Lammhults möbler 9
Martela 10
Nobia 10
Sundplast 10
Twood 10
Innovatum/Wargön Innovation 10
RISE IVF 11
Textilhögskolan Borås 11
The Loop Factory 11
Genomförande 11
Allmänt kring materialbearbetning för olika materialkategorier 11
Kemisk återvinning 11
Maskinbearbetning vid mekanisk återvinning 11
Klippning 12
Rivning 12
Kardning 13
Nålning 14
Sliverproduktion 14
Rotor- och ringspinning 15
Fallstudier 17
AB Ludvig Svensson 17
Arbete avseende garn från återvunnen råvara 18
Materialåtervinning genom depolymerisation/polymerisation 18
Ackurat Industriplast 18
Arbete avseende fotplugg inklusive filt-tass 19
Nobia 21
Arbete avseende fiberförstärkt plast för köksdetaljer 21
Sundplast 22
Arbete avseende SafeBOX i nytt material 22
Textila flöden 23
Pelleteringsförsök 24
Resultat och diskussion 25
Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg 25
Publikationslista 25
Projektkommunikation 26
Referenser 26
Bilagor 26
Appendix 1 Sorteringsrapport 27
Appendix 2 Kemiska analysresultat 33
Appendix 3 LCA Fotplugg 40

Sammanfattning

Textil- och modebranschen är bland världens mest förorenande och klimatpåverkande branscher. En stor enskild anledning är den enorma skalan, där produktionen av olika textilfibrer utgör 79 miljoner ton per år. Textilt avfall som till största del består av postkonsumenttextil innehåller av en mängd olika material och materialblandningar. Postkonsumenttextil är dessutom i olika hög grad slitet, skadat, smutsigt eller på andra sätt kontaminerat. Detta innebär att ett resurseffektivt återvinningssystem kommer att behöva tillgång till en bred palett av återvinningstekniker, mekaniska såväl som kemiska, för att bevara högsta möjliga materialvärde.

Den textila avfallsströmmen går idag främst till förbränning och är en materialresurs som måste utnyttjas på ett betydligt effektivare sätt. För att detta ska vara möjligt är det av största betydelse att utvärdera relevanta tillämpningsområden för dessa material. I framtiden har behov av ett branschöverskridande, resurseffektivt system för att cirkulera material med högsta bibehållna materialvärde och materialnytta. I ett sådant system begränsas inte återvinningen av textil till nya textilapplikationer eller plast till ny plast. Det mest resurseffektiva kan vara att en textilfraktion som inte längre lämpar sig till ny textil återvinns mekaniskt till fiberförstärkning i en komposit i en detalj i en sittmöbel, eller att man på kemisk väg tar tillvara beståndsdelarna i en syntetisk textil för att producera ny, högkvalitativ plast som kan användas i ett framtida kök. I detta projekt har en samling aktörer från möbelindustrin gått samman för att se på möjligheter och utmaningar när det gäller att utnyttja återvunna material för produktion av nya produkter. Fokus har legat på konkreta material och produkter som finns i dagens sortiment, och där man ser goda möjligheter att byta ut dagens material helt eller delvis mot återvunna kvaliteter. Arbetet har resulterat i fyra prototyper för fyra olika projektdeltagare, där man med fullgott resultat kan utföra ett materialskifte.



Summary

The textile and fashion industry is among the world's most polluting and climate-impacting industries. A large part of the reason for that is the scale, where production of various textile fibers amounts to 79 million tonnes per year. Textile waste consisting largely of post-consumer textiles contains a variety of materials and material mixtures. In addition, post consumer textiles are worn, damaged, dirty or otherwise contaminated to a varying degree. This means that a resource-efficient recycling system will need access to a wide range of recycling techniques, mechanical as well as chemical, to preserve the highest possible material value.

The textile waste stream today is mainly incinerated (in Sweden) and is a material resource that must be utilized in a much more efficient way. For this to be possible, it is of the utmost importance to evaluate relevant application areas for these materials. In the future, there is a need for a large-scale, resource-efficient system for circulating materials with the highest retained material value and quality. In such a system, the recycling of textiles is not limited to new textile applications or plastics to new plastics. The most resource-efficient utilization may be that a textile fraction that is no longer suitable for new textiles is mechanically recycled and used as a fiber reinforcement in a composite structure, produced into a furniture detail, or that the ingredients of a synthetic textile are used chemically to produce new , high-quality polymers, which can be used in a future kitchen as any other virgin material. In this project, a consortium of stakeholders from the furniture industry have come together to look at opportunities and challenges in using recycled materials for the production of new products. The focus has been on concrete materials and products that exist in today's product portfolio, and where they see good opportunities to replace today's materials, in whole or in part, with recycled qualities. The work has resulted in four prototypes for four different project participants, where a material change can be carried out with satisfactory results

Inledning och bakgrund

Textil- och modebranschen är bland världens mest förorenande och klimatpåverkande branscher. En stor enskild anledning är den enorma skalan, där produktionen av olika textilfibrer utgör 79 miljoner ton per år. Textilt avfall som till största del består av postkonsumenttextil innehåller av en mängd olika material och materialblandningar. Postkonsumenttextil är dessutom i olika hög grad slitet, skadat, smutsigt eller på andra sätt kontaminerat. Detta innebär att ett resurseffektivt återvinningssystem kommer att behöva tillgång till en bred palett av återvinningstekniker, mekaniska såväl som kemiska, för att bevara högsta möjliga materialvärde.

Den textila avfallsströmmen går idag främst till förbränning och är en materialresurs som måste utnyttjas på ett betydligt effektivare sätt. För att detta ska vara möjligt är det av största betydelse att utvärdera relevanta tillämpningsområden för dessa material. Naturvårdsverket la i september 2016 fram ett förslag till regeringen avseende hantering av textil. I detta arbete föreslogs nya mål för textilavfall, nämligen att mängden textilavfall i restavfallet år 2025 ska ha minskat med 65% gentemot basår 2015, samt att 90% av separat insamlat textilavfall år 2025 ska förberedas för återanvändning eller materialåtervinnas med tillämpning av avfallshierarkin. De två alternativa metoder som föreslås är att utsorteringskrav införs i avfallsförordningen, eller att man inför en ny förordning om producentansvar. Vad detta i praktiken betyder är att vi i framtiden har behov av ett branschöverskridande, resurseffektivt system för att cirkulera material med högsta bibehållna materialvärde och materialnytta. I ett sådant system begränsas inte återvinningen av textil till nya textilapplikationer eller plast till ny plast. Det mest resurseffektiva kan vara att en textilfraktion som inte längre lämpar sig till ny textil återvinns mekaniskt till fiberförstärkning i en komposit i en detalj i en sittmöbel, eller att man på kemisk väg tar tillvara beståndsdelarna i en syntetisk textil för att producera ny, högkvalitativ plast som kan användas i ett framtida kök, se Bild 1.

Bild 1. Textila material och möjliga vägar genom värdekedjan.

Även om kommande lagkrav inte i första läget skulle komma att gälla möbelindustrin specifikt är det av största vikt för industrin att förekomma kommande policy och regelverk. Att arbeta proaktivt innebär också marknadsfördelar och ökad möjlighet till miljöprofilering. RISE (f.d Swerea) IVF driver tillsammans med Textilhögskolan en testbädd för återvinning av textil där drygt 35 industripartners inom vitt skilda branscher ingår, eftersom samverkan över branschgränser är av stor vikt för området textilåtervinning. Här ser vi på tillämpningsområden

för återvunnet textilt material, dels i ny textil, men även som råvara för produktion av plast, komposit och nonwoven-material. I testbädden finns inte möbelindustrin representerad trots att nya lagar och regler på sikt med största sannolikhet kommer att i hög grad påverka även denna industrisektor, som behöver ligga steget före avseende textilåtervinning och användning av återvunna material i nya produkter. Möbelindustrin är en potentiellt viktig destination för återvunna material, då produktportföljen involverar material ur samtliga kategorier; textil, plast, komposit och nonwoven.

Nedan beskrivs kortfattat företag, industripartners och materialutvecklare som medverkat i projektet.

AB Ludvig Svensson

AB Ludvig Svensson är ett fjärde generationens familjeföretag som tillverkar olika typer av textilier sedan starten 1887. Företaget är specialiserade på tillverkning av klimatvävar för professionella växthusodlare men tillverkar även inredningstextil för offentliga rum. All produktion av de textila vävarna sker i huvudfabriken i Kinna, Sverige och i Qingpu (Shanghai), Kina. I huvudfabriken sträcker sig kompetensen från forskning och utveckling till design och produktion.

Ackurat Industriplast

Ackurat Industriplast är ett företag som arbetar med tillverkning av plastdetaljer. Huvudkontoret ligger i Lammhult i Småland där den huvudsakliga produktionen och lagerhållningen sker. De har ett brett standardsortiment av plastdetaljer för skilda tillämpningsområden och tillverkar därutöver ca 30% kundunika detaljer varje år. Standardsortimentet varierar med detaljer från formsprutade skydd till olika rör, handtag, hjul till diverse pluggar och distanser.

Granit Funktion & Förvaring AB

GRANIT är en butikskedja som erbjuder ett brett sortiment med smarta och funktionella inredningsprodukter för hela hemmet. Företaget grundades 1996 och den första butiken öppnade i Stockholm, idag finns 35 fysiska butiker i Sverige, Norge, Finland, Tyskland och via franchise i Sydkorea. GRANITs sortiment sträcker sig från belysning, textil, möbler, köksartiklar till badrumsaccessoarer. De strävar efter att använda hållbara och naturliga material med hög kvalitet. Sedan 2008 är GRANIT en del av Bergendahls-koncernen men butikerna drivs och ägs till 100% av GRANIT.

IRE möbel

Ire möbel grundades år 1939 i Skillingaryd, Småland av entreprenören Gerhard Ihreborn. Från starten har företaget producerat möbler och de började tidigt exportera sina kollektioner på flera marknader. Företaget strävar efter hög kvalitet framför stora volymer och arbetar i huvudsak med närproducerade material vid tillverkningen. Tillverkningen av möbler sker idag i deras fabrik i Tibro dit företaget flyttade år 1995 och sedan november 2018 ägs företaget av H I T AB.

Lammhults möbler

Lammhults är ett företag som startade upp sin verksamhet år 1945 i Lammhult, Småland. De levererar möbler till hem-, kontor- och offentliga miljöer. De arbetar efter principen att hållbarhet går före trender och har under 70 år gått från att vara en underleverantör till den svenska industrin till att idag vara ett innovativt möbelföretag som representerar det svenska

möbelhantverket globalt. Som ett led i deras hållbarhetstänk försöker de använda material som antingen går att material- eller energiåtervinna.

Martela

Martela är ett familjeföretag grundat 1945 med säte i Finland och ett av Nordens ledande leverantör av kontorsinredning. Utöver att leverera olika kontorslösningar erbjuder Martela också varierande arbetsrelaterade tjänster som kan hjälpa till att öka välbefinnandet på en arbetsplats exempelvis genom att optimera utnyttjandet av utrymmet på en arbetsplats. Företaget har produktionsanläggningar i både Finland och Polen och utöver hemmamarknaden i Finland har de en upprättad marknad i Sverige och Norge.

Nobia

Nobia är en koncern som utvecklar, säljer och tillverkar olika kökslösningar i Norden, Storbritannien och Centraleuropa. Med en omsättning på ca 13 miljarder svenska kronor och 6300 medarbetare ses koncernen som Europas ledande köksspecialist med tillverkning av drygt 140 000 skåp eller 10 500 kök till bland annat Marbodal och HTH varje vecka. Tillverkningen sker i 14 olika produktionsanläggningar i sju länder runt om i Europa.

Sundplast

Sundplast är ett svenskt företag med spetskompetens inom tillverkning av högkvalitativa och kundspecifika formsprutade plastdetaljer. Företaget började arbeta med formsprutning på 1970-talet och har sedan dess byggt upp en gedigen kunskap inom teknik, material och design. I huvudsak är Sundplast underleverantör till tillverkningsindustrin i Europa och framförallt Norden men har också varumärken med egna produkter. Deras standardsortiment innehåller bland annat SafeBOX, en behållare specialiserad för stickande och skärande avfall som är väletablerad inom sjukvården.

Twood

TWOOD är företag som tagit fram ett nytt och innovativt material baserat på textilt spill med initialt fokus på denimspill (jeans). Målet med uppstarten av företaget var att skapa en affärsmodell baserad på marknadsförutsättningar, behovs- och konkurrensanalys och därefter skapa en prototyp/pilotserie i samarbete med kund för att visualisera möjligheterna med materialet.

Innovatum/Wargön Innovation

Innovatum är ett utvecklingscentrum som räknas som ett av norra Europas starkaste. Koncernen bildades med en önskan om att vara en samarbetspartner mellan industrisamhällets förändring, det civila samhället, kulturturism och regional utveckling. Innovatum AB är huvudman för Wargön Innovation som finansieras av Tillväxtverket tillsammans med Vänersborgs kommun och Västra Götalandsregionen. Wargön Innovation är en testbädd och en utvecklingsarena för materialinnovationer. Deras uppdrag går ut på att möjliggöra produktion av framtidens koldioxidsnåla material och skapa sysselsättning och hållbar tillväxt lokalt, regionalt och nationellt. Wargön Innovation utgör en del av Västsveriges omställning till en fossilfri region år 2030 och är ett samverkansprojekt mellan akademi, näringsliv, offentliga parter och civilsamhället.

RISE IVF

RISE IVF bedriver sen ett flertal år en mycket bred verksamhet inom området och har en mycket stor maskinpark. RISE arbetar med mekanisk och kemisk återvinning, materialutbyte, informationssystem för cirkulära system och livscykelanalyser. I maskinparken kan nämnas textilriv, sliverutrustning, utrustning för rotorspinning, karda, kompounder, formspruta samt fullutrustade tvätt-, analys- och kemilaboratorier.

Textilhögskolan Borås

Textilhögskolan är en modern högskola med bland annat tillgång till en stor maskinpark, specialanpassade laboratorier och verkstäder, ateljéer, sysalar och datasalar. Olika textilutbildningar har funnits i Borås sedan 1866, men år 1936 startades textilinstitutet (idag Textilhögskolan) och blev 1982 en egen institution. Textilhögskolan har idag fullständiga forskarutbildningsrättigheter inom textil och mode och erbjuder utbildningar inom alltifrån hantverk och design till teknik, produktion, ekonomi och marknadsföring.

The Loop Factory

SWT Development byte i juni 2018 namn till The Loop Factory. Företagets huvudsakliga arbetsområden är tillämpad utveckling av material-, process- och produktkoncept med utgångspunkt från förnyelsebara och outnyttjade resurser. I The loop lab, företagets egna lab sker praktisk utveckling och teknisk verifiering av såväl material som processer och produkter. Material som The loop factory kommit i kontakt med under olika projekt är exempelvis förnyelsebara material, mekanisk återvunnen textil och återvunnet papper

Genomförande

Allmänt kring materialbearbetning för olika materialkategorier

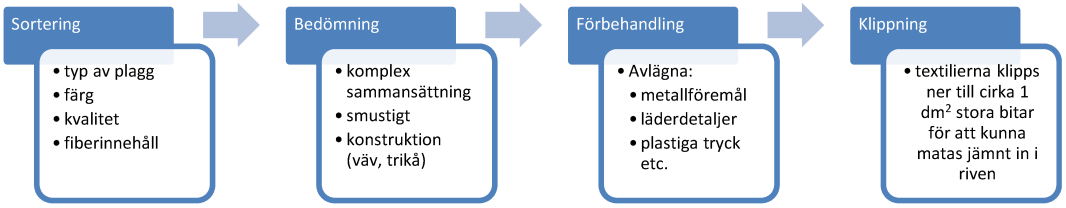
Vid återvinning av textil finns två sätt att använda sig utav, kemisk återvinning eller mekanisk återvinning. Nedan beskrivs kortfattat hur kemisk och mekanisk återvinning fungerar. De olika demonstratorer som skapats i detta projektet inom kategorierna textil till textil, textil till nonwoven, textil till komposit har tillverkats efter en mekanisk textilåtervinning. Inom kategorin textil till plast gjordes försök att framställa en plastdetalj där depolymerisation krävdes vilket är en typ av kemisk textilåtervinning. Under Genomförande beskrivs ett antal av de processer som använts under detta projekt, dock beskrivs inte kompoundering och formsprutning i detalj.

Kemisk återvinning

Det vi beskriver som kemisk återvinning är processer som använder sig av olika typer av kemisk nedbrytning för att sedan åter bygga upp en textil struktur. Dessa processer ser mycket olika ut beroende på vilket utgångsmaterial det är man ska behandla. Syntetiska polymerer kan processas via depolymerisation, vilket betyder att man plockar isär polymeren till sina beståndsdelar, monomer, för att sedan bygga upp dem igen via polymerisation. Pratar man istället om cellulosabaserade material som kan dessa inte depolymeriseras och smälter heller inte, varför man istället arbetar med upplösning följt av våtspinningsprocesser.

Maskinbearbetning vid mekanisk återvinning

Den förbehandling som krävs för att mekaniskt frilägga ingående fiber i textilt material visas i följande flödesschema.



Klippning

När textilierna är preparerade, det vill säga att alla metalldelar, läderdetaljer, plastiga tryck etc. är avlägsnade är det dags för nästa steg i processen.
Med hjälp av en maskin klipps alla textiler ner till cirka 1 dm2 stora bitar. Innan textilierna matas in i riven blandas bitarna för att få ett homogent ingångsmaterial.

Bild 2. Närmast i bild ses enhet för produktion av sliver,
bakom denna utrustning för klippning av hela plagg.

Rivning

Vid materialåtervinning av textil via mekaniska processer används rivning för att frilägga ingående fibrer. Den textilriv som finns tillgänglig hos RISE IVF består av en öppningscylinder (8 mm tänder) och tre rivcylindrar (4 mm tänder). Kommersiella enheter har generellt 6–9 rivcylindrar, detta kan dock åstadkommas genom att materialet får passera de tre rivningscylindrarna ytterligare en eller två gånger. Denna bedömning görs från fall till fall via manuell bedömning av kvaliteten på det utgående materialet.
För att få en jämn och bra kvalitet hos utgående fibermassa är det önskvärt att materialet som går in i maskinen är av samma typ. Exempelvis får man ett bättre resultat om hårt vävda tyger inte blandas med löst stickade kvaliteter.

Bild 3. Utgående material från RISE IVF:s Textilriv

Bild 4. Närbild på rivcylinder, här syns tydligt hur i textilen ingående fiber frilagts

Kardning

Kardning är en mekanisk process som bryter upp fiberagglomerat och klumpar och riktar dessa så att fibrerna i fibermassan är mer eller mindre parallella. Kardning kan också användas för blandning av olika fiberslag samt olika färger. Kardning är en viktig process inför spinning av fiber till garn.

Bild 5. Kardat material

Sammanfattningsvis kan följande uppnås med hjälp av kardning:

- öppning av fibermassa
- parallellisering av fibrer
- avlägsnande av orenheter
- ytterligare blandning och homogenisering av materialet
- försteg till sliver

Nålning

Nålstansning kan användas på de flesta fibertyper. Nålning är en process där fibrerna i ett fiberflor trasslas ihop mekaniskt genom att speciellt utformade nålar skjuts och dras genom webben för att trassla in fibrerna. Banor med olika egenskaper kan nålas samman för att producera en gradering av egenskaper som är svåra att uppnå på andra sätt.

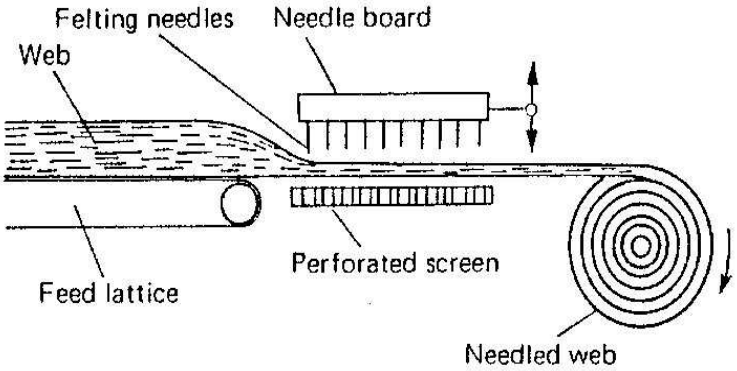


Bild 6. Principskiss över nålning

Sliverproduktion

En sliver är en intermediär produkt, ett försteg till ett garn. Om en sliver dras extra och ges en lätt twist, kallas detta för en roving. Hos RISE IVF finns en utrustning för produktion av sliver (Bild 2). Kvaliteten hos erhållen sliver påverkar i stor utsträckning kvaliteten hos producerat garn, en jämn och homogen sliver producerar generellt ett bättre garn.

Bild 7. Sliver producerad hos RISE IVF

Rotor- och ringspinning

Rotorspinning och ringspinning är två vanliga teknologier för produktion av garn. Ringspinning är den äldsta processen och producerar starkt, tunt garn. Här sker en dragning i flera steg av sliver/roving med en samtidig tvist.

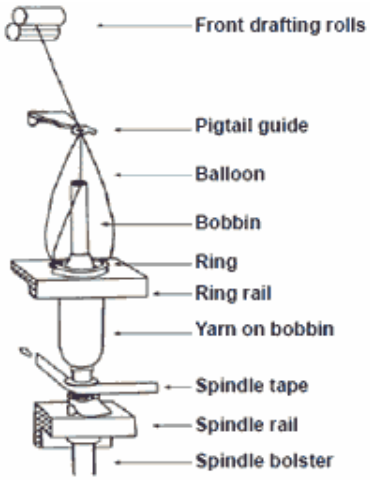


Bild 8. Principskiss ringspinning

Rotorspinning, eller open-end spinning, är en nyare teknologi som är mera lämpad för återvunna fibrer, då denna teknologi kan hantera kortare fiberlängder. Tekniken är också snabbare och billigare då färre förprocesser krävs jämfört med ringspinning. Det garn som produceras via rotorspinning kan generellt sägas vara aningen grövre och svagare än ringspunnet garn och lämpar sig exempelvis inte för sytråd.

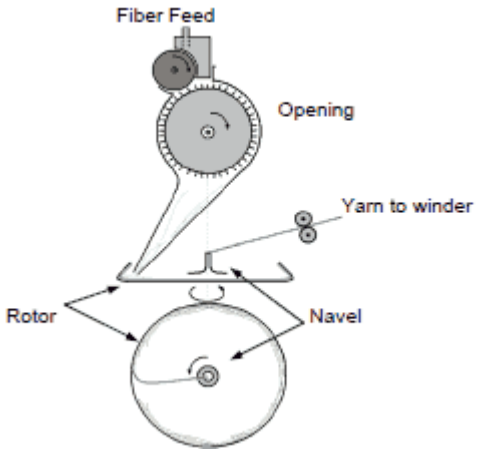


Bild 9. Principskiss rotorspinning

RISE IVF har en utrustning för rotorspinning, SDL Atlas QuickSpin, producerad av Suessen. Vid kommersiell tillverkning av garn tillförs diverse spinnoljor, i detta projekt har dock inga kemikalier tillsatts vid garntillverkningen.

Rotorspinning är en form av öppen spinning där tvist introduceras i garnet utan behov för en fysisk rotation av garnet, här sker en rotation i samband med det ögonblick garnet skapas i lufttrumman. Metoden tillåter högre tvisthastighet vid relativt låg effekt. Vid rotorspinning matas processen via en kontinuerlig tillförsel av fibrer i form av sliver eller via en öppningsenhet. Fibrerna sugs ner i ett matarrör och avsätts i rotorns spår som en kontinuerlig fiberring. Fiberskiktet avlägsnas från rotorspåret och det resulterande garnet lindas på en kona. Tvisten i garnet bestäms av förhållandet mellan rotorns rotationshastighet och garnets linjära hastighet. Rotorspunnet garn blir aningen hårigare än ringspunnet och upplevs också lite hårdare, produktionshastigheten är 6–8 gånger högre än för ringspinning. Ringspinning och rotorspinning ger olika typer av garner och är komplementära tekniker.

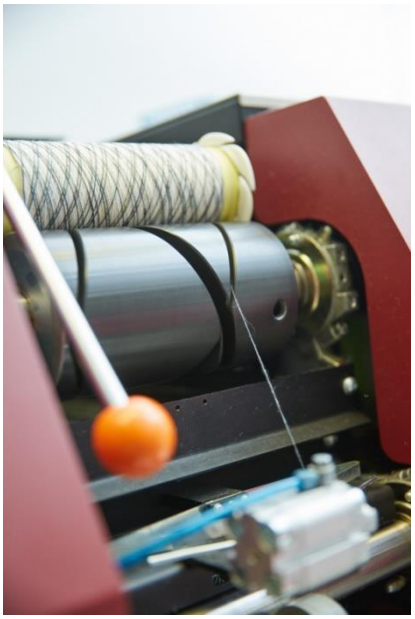


Bild 10. Utrustning för rotorspinning av garn

Bild 11. Detalj, rotorspinning

I nedanstående bild framgår tydligt skillnaden mellan de två teknikerna.

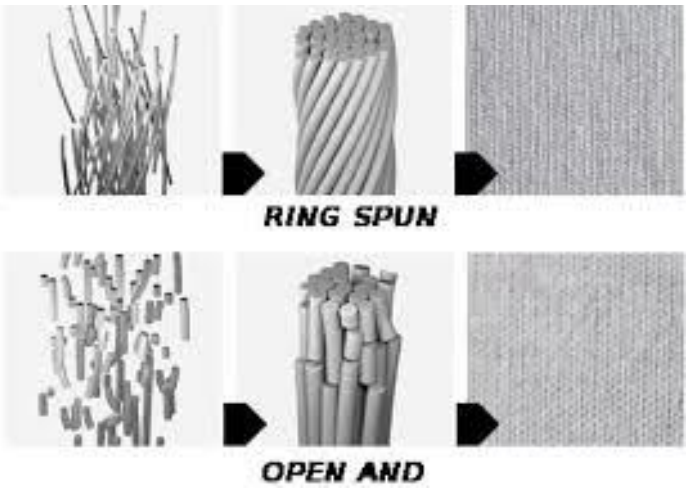


Bild 12. Ringspinning och rotorspinning av garn, skillnader

Fallstudier

Projektet har lagt en mycket stor tonvikt på industrins behov, frågeställningar och egna önskemål. Vi har därför arbetat utifrån företagens behov efter inledande utbildning/områdesbeskrivning avseende de möjligheter som finns. Projektet har arbetat aktivt med utbyte av material mellan olika materialkategorier som textil till textil, textil till nonwoven, textil till komposit och textil till plast. I tabellen nedan åskådliggörs genomförda fallstudier.

Företag	**Typ av demonstrator/produkt**	**Kategori**
Ackurat	Fotplugg inkl filt-tass	Textil-nw, textil-komposit
Nobia	Knopp, bestickklåda, främst undersöka materialet och möjligheter framåt	Textil-komposit Underleverantör Furnipart, men även undelev till Furnipart var inblandade. Nobia deltog även i event kring åv av textil i Almedalen tillsammans med RISE
Svensson	Garn av kasserade kantremsor, depolymersation av PES från uttjänt växthusväv	Textil-textil, textil-plast
Sundplast	Sjukvårdsprodukt i nytt material baserat på åv textil	Textil-komposit
Samtliga	Pelleteringsförsök	Textil-komposit

AB Ludvig Svensson

Svenssons målsättning är att minst 25% av försäljningen skall komma ifrån produkter som är mindre än 3 år gamla. 2017 uppgick detta tal till 26,2%. Varför företaget tycker det är viktigt med en hög försäljning av nya produkter beror på att nya vävar spar mer energi genom modernare material och uppdaterad teknik i processerna. AB Ludvig Svensson arbetar också kontinuerligt med övriga miljöfrågor och utvärderar alltid om deras avfall går att återvinna. Som en del i detta projekt har spillmaterial från företagets produktion använts till att skapa nya filt-

tassar, vilket går att läsa mer om under rubriken Arbete avseende fotplugg inklusive filt-tass. Som ytterligare ett led i att hitta nya användningsområden för de textila avfallen från deras produktion har försök gjorts att skapa nytt garn.

Arbete avseende garn från återvunnen råvara

Som en del i projektets arbete med mekanisk textil-till-textil återvinning har Ludvig Svensson undersökt möjligheter att utnyttja produktionsspill i nyproducerade produkter. Dessa pilotförsök har visat en mycket stor potential för kommersialisering och arbetet med nya produkter med återvunnet innehåll har fortgått efter projektslut. En viktig drivkraft är att marknaden nu efterfrågar material med återvunnet innehåll, vilket senast för några år sedan inte var en tydlig trend. Svensson ser därför mycket positivt på de nya möjligheter detta medför.

Materialåtervinning genom depolymerisation/polymerisation

Försök avseende materialåtervinning genom depolymerisation/polymerisation av polyester från uttjänta växthusvävar från Svensson har genomförts. Depolymerisation har utförs hos RISE IVF och framtagen monomer analyserats.

- A1 åldrad väv, kristalliserad 2 ggr
- A2 åldrad väv, kristalliserad 1 ggr
- B1 ny väv,-kristalliserad 2ggr
- B2 ny väv, kristalliserad 1 ggr

Vi ser att kristallisation 2 gånger påverkar kavliteten positivt, men vi ser samtidigt att åldrad väv ger missfärgade kristaller. Depolymeriseringen fungerar väl med ett högt utbyte. Färgproblematiken kan lösas genom att resulterande polyester i nästa applikation färgas in till en mörkare färg. Depolymerisation av polyester är ett område av stort intresse för många olika parter och branscher då omställning till en cirkulär ekonomi för textila material kräver metoder för att kunna hantera även syntetiska textilfibrer.

Bild 12 depolymersation av växthusväv

Ackurat Industriplast

Från och med oktober 2018 började Ackurat industriplast att succesivt fasa ut alla vanligt förekommande plaster till förmån för Bioplaster, detta som ett led i att minska deras energiförbrukning och utsläpp. Ackurat är en av de första nordiska företagen att certifieras enligt ISCC på deras plaster PP (Polypropen) och PE-LLD (Linjär lågdensitetspolyeten). För att fortsätta i rätt riktning med större energieffektivitet och mer cirkulära produkter har Ackurats

önskan i detta innovationsprojekt har varit att hitta en möjlig lösning där det var möjligt att kombinera både bioplast och vanlig plast tillsammans med en del återvunnen textil.

Arbete avseende fotplugg inklusive filt-tass

Många av Ackurats plastdetaljer har varit potentiella produkter att arbeta med, men till slut lades fokus på en fotplugg med tillhörande filt-tass. Beslutet togs eftersom produkten innehöll både textil- och plastdetaljer som hade potential till utveckling, samt att tillverkningsprocessen var relativt enkel så att andra parter i projektet skulle kunna tillverka detaljerna i jämförande syfte. En fotplugg i fiberförstärkt komposit skulle kunna ge fördelar som starkare plastmaterial och mindre oljeförbrukning genom att mindre plast krävs vid tillverkning. Filt-tassen som har krav på hög mekanisk hållbarhet men lägre krav på utseende och design valdes då den kunde innehålla textilt spillmaterial i form av non-woven utan specifik fiberlängd.

Bild 13. *Formsprutad fotplugg bestående av 20% textilfiber (50% polyester/ 50% bomull), 34% återvunnet elektronikavfall av PP, 22% återvunnet produktionsspill av PP, 22% nyråvara av PP samt 2 % tillsatsämnen.*

Steg ett i utvecklingsprocessen var att undersöka om fotpluggarna som i dagsläget består av 100% nyråvara av PP kunde ersättas med någon form av kompositmaterial med inblandning av textil. Det textila materialet som testades bestod av bomull/polyester 50/50 från sjukvården samt viskos/bomull/polyester från insamlad textil använts som förstärkningsfiber. Plastråvaran till den nya fotpluggen smältes och blandades med de mekaniskt återvunna textilfibrerna i en kompounder vid 180˚C. Temperaturen var förutbestämd för att missfärgning av ev. cellulosa (tex i bomull) i textilen skulle undvikas.

En utvärdering av de mekaniska egenskaperna, kompoundens flytlängd samt en visuell jämförelse gjordes och jämfördes med originaldetaljen. Tre olika materialfraktioner med mellan 20–30% inblandning av textilfiber undersöktes. Den slutliga demonstratorn bestod av 20% textilfiber (50% polyester/ 50% bomull), 34% återvunnet elektronikavfall av PP, 22% återvunnet produktionsspill av PP, 22% nyråvara av PP samt 2 % tillsatsämnen. Fotpluggens egenskaper visade i sin helhet en fullgod produkt av 100% återvunnet material efter utvärdering och jämförelse med Ackurats orginalfotplugg. För att kvantifiera miljövinsten med denna typ av materiallösning genomfördes en LCA-studie där den konventionella produkten, bestående av 100% fossilbaserad PP jämfördes ur ett klimatperspektiv med en helt återvunnen PP/textilkomposit. Jämförelsen applicerades på två olika scenarier; svensk elmix respektive global genomsnittsmix. Båda fallen visade på avsevärda klimatvinster för den återvunna kompositen, där global elmix gav en besparing av ca 4 kg koldioxidekvivalenter per kg material och svensk elmix gav en besparing på 5 kg koldioxidekvivalenter per kg material. Detta stödjer hypotesen att återvunnen plast och textil generellt kan anses gynnsamt ur ett klimatperspektiv, men att energimixen som används för återvinningsprocessen har relativt stor inverkan på produktens klimatavtryck. LCA-rapporten redovisas i Appendix 3.

Ackurats befintliga filt-tass produceras i ca 3 miljoner enheter varje år och består av 80% ull och 20 % PP bindefiber. Återvunnen filt-tass tillverkades både av RISE IVF och The Loop Factory. Målet var att skapa en filt-tass av kantspillmaterial från AB Ludvig Svensson där materialet bestod av ull och rami. På RISE IVF såg filt-tassens olika tillverkningssteg ut som följande:

klippning och rivning, kardning i två olika fraktioner, nålning och sedan värme under tryck. Därefter konditionerades och stansades filt-tassar ut i förvald storlek. The Loop Factory malde istället ner materialet i en kvarn. Därefter blandades materialet och fördes vidare till en Air laidmaskin, till sist utsattes materialet för värme under tryck för att forma en filt-platta varifrån filt-tassarna stansades ut.

Bild 14. Filt-tassar från Ackurat t.v., The Loop Factory mitten och RISE IVF t.h.

Utvärdering skedde genom visuell bedömning där mängden ludd som släppt granskades efter att filt-tassarna utsatts för mekanisk nötning i en Martindale-utrustning, se 15. Filt-tassarna nöttes mot laminatgolv och plastmatta i en fram-och tillbakarörelse och jämföres mot en orginalfilt-tass från Ackurat efter upptill 50 000 cykler. För var 10.000e cykel undersöktes och vägdes proverna.

Bild 15. Nötningstest av filt-tassar i en martindaleapparat där ludd släppt från filt-tassen.

Resultaten efter nötningstester indikerade på att återvunna filt-tassar av rami/ull hade en högre mekanisk hållbarhet än Ackurats original filt-tassar. Den sammanlagda bedömningen är att Ackurats möbeltass baserad på nyråvara släpper ifrån sig mera fiber och dammpartiklar samt att ytan på laminatgolvet bortnöttes mer i jämförelse med de återvunna möbeltassarna, därför bedöms de återvunna fungera bättre för tillämpningen.

Resultatet visar att Ackurat möbeltassar sliter mest på laminatgolv. Redan vid 30 000 cykler började maskinen ge ifrån sig missljud och vid 40 000 cykler tvingades vi stoppa processen, för att inte skada maskinen.

RISE möbeltassar testades med innehållet 80% återvunnet och 20% bindefibrer samt 70% återvunnet och 30% bindefibrer. Från möbeltassarna 80/20 lossnade mest material och de slet mest på laminatgolvet. 70/30 var betydligt bättre, det lossnade mindre fibrer och slitaget var mindre på laminatgolvet.

Loops möbeltassar testades på innehåll #1 80/20 och #2 70/30 samt #3 80/20 extra press och #4, 70/30 med extra press. Innehåll #1,2,3, gav samma resultat som RISE möbeltassar. Innehåll #4 gav bäst resultat med minst fibersläpp och litet slitage på laminatgolvet.

En vägning efter var 10 000:e cykel gjordes på varje möbeltass, men då nötningen skapar ett eget klimat när maskinerna körs är det svårt att få ett korrekt resultat på vikten utan att konditionera om provkroppen inför varje vägning.

Fotpluggen och de båda möbeltassarna bedömdes som representativa prototyper för material som kan framställas från återvunnen textil (till komposit och nonwoven/textil) och därför beslutades att dessas kemikalieinnehåll skulle analyseras map reglerade, allergena och CMR-ämnen. Proverna analyserades för en stor mängd ämnen som typiskt kan förekomma i förhöjda halter i dessa typer av material. Som kvalifikationsgräns sattes Oeko-tex standarden, en märkning med mycket noggranna krav på lågt kemikalieinnehåll. Som framgår av resultaten i Appendix 2, ligger samtliga analyserade ämnen i alla prover under detektionsgränsen, eller under Oeko-Tex gränsvärden. Detta innebär att dessa material kan användas i produkter med höga krav på kemikalieinnehåll. De mycket positiva analysresultaten antas bero på att mycket av en textils kemikalieinnehåll tvättas ur under produktens användarfas, samt att eventuellt kemikalieinnehåll över gränsvärdet i enskilda artiklar späds ut i bulkblandningen med andra artiklar under återvinningsprocessen.

Nobia

Nobia arbetar kontinuerligt med att förbättra den miljömässiga och sociala prestandan för deras produkter och processer. Deras vision är att genom en högre energieffektivitet och övergång till förnyelsebara energikällor minska koldioxidutsläppet från deras produkter. Minskningen ska bland annat ske genom byte till 100 procent förnybar elektricitet i alla deras produktionsanläggningar på alla marknader. Nobia har dessutom ett mål som innebär att år 2020 ska allt trä i deras produkter komma från hållbara och ansvarsfulla källor som certifierade eller utvärderade skogar, återvunnet trä eller trä från prioriterade leverantörer.

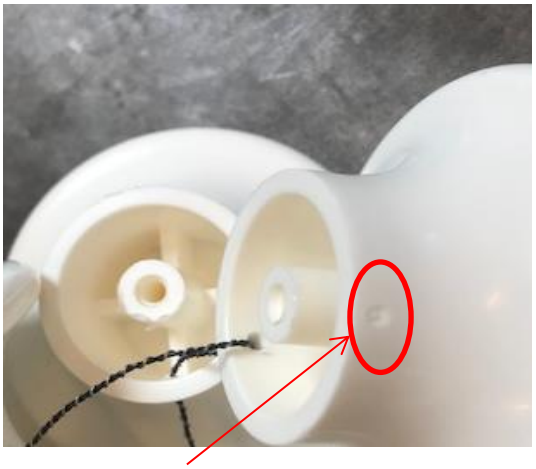
Arbete avseende fiberförstärkt plast för köksdetaljer

För det arbete som utförts där handtag eller knoppar för kök tillverkats tillsammans med Nobia har material tagits fram hos RISE IVF. Därefter har materialet vidarebearbetats hos Nobias underleverantör Furnipart i Danmark, en viss bearbetning har dessutom utförts av underleverantör av Furnipart. Eftersom en underleverantör till Furnipart använts och denne inte har redovisat faktisk tidsåtgång vid framställning av beställda detaljer kan en korrekt tidsåtgång gällande denna punkt inte redovisas och Nobias totala insats kommer att vara större än vad den ekonomiska redovisningen visar. Nobias mål med tillverkningen av köksdetaljer i återvunnen plast var främst att undersöka materialet, vilka egenskaper som kunde uppnås samt att undersöka de möjligheter som materialet skulle kunna få i framtiden. Nobia har en tydlig framtidsvision och

som ett led i att påverka den miljömässiga och sociala prestandan för deras produkter och processer deltog de i ett event kring återvinning av textil i Almedalen tillsammans med RISE under sommaren 2019.

Tillverkningsstegen har sett ut som följande: Textil har samlats in av RISE IVF och sorterats i olika kulörer beroende på vilken designaspekt som legat till grund. Beroende av fibrernas ”färgäkthet” får kompositen en färg blandad av pigment och fiber och är då till största del beroende av kulören på textilfibrerna. Den mest lyckade produkten efter utvärdering hade en materialsammansättning bestående av 20% fibrer från bäddskjortor (bomull/polyester 50/50), 2% kopplingsagent, 55% återvunnet produktionsspill av PP och 23% nyråvara av PP.

Resultaten av kompositen visade på en detalj som bland annat hade en god formfyllnad men som fick en viss ytråhet från de ingående fibrerna. Ytråheten kan vara både positiv och negativ beroende på designönskemål, i detta fall var den önskvärd. Den största fördelen med demonstratorerna som tillverkades var att det visade sig vara fullt möjligt att tillverka dessa i 100% återvunnen plast med likvärdiga eller bättre resultat jämfört med originaldetaljen. Däremot är det viktigt att ingötskanaler anpassas till nytt kompound på grund av annan flytbarhet i det nya materialet.



Sundplast

Sundplasts framtidsvision är ett kretsloppsanpassat samhälle där det mesta av avfallet kommer till nytta i form av nya resurser. Idag är producenter skyldiga att ta hand om varor även efter konsumenternas slutanvändning och för Sundplast är det viktigt att ytterligare bidra i avfallshanteringen om deras framtidsvision ska bli verklighet. Arbetet drivs framåt genom att de kontinuerligt försöker förbättra miljöarbetet och ta hänsyn till miljön i alla delar av verksamheten. De arbetar med att hitta nya miljöanpassade produkter med ett minimum av miljöpåverkan.

Arbete avseende SafeBOX i nytt material

Sundplast har inom projektet sett andra demonstratorer och fick idén att prova en komposit för en grupp av sina egna produkter; Safebox - uppsamlingskärl för stickande och skärande avfall inom sjukvården. Särskilda krav behövde uppfyllas för dessa produkter då det rörde produktens motstånd mot att penetreras tex av kanyler samt att ha en hög slagseghet även vid kyla. Det senare kravet testades genom att en behållare lastades med en speciell vikt (beroende på kärlets storlek) och placerades i en frys (-20C°) över natten. Testningen utfördes sedan genom att behållaren (med vikten inuti) släpptes från 1 meters höjd, och fick falla ned på ett stumt underlag. Behållaren fick då inte uppvisa några sprickor eller andra defekter.
Sundplast levererade två kvalitéer (ett transparent och ett svart) av återvunnen plast till RISE IVF och i ett initialt försök blandades 20 respektive 25% av återvunna patientskjortor (trikåkvalité). Materialen fick mycket god slagseghet i kyla och det transparenta bedömdes lämpligt för en demonstrator, se Bild 16.

Bild 16. Demonstrator tillverkad av återvunnen PP med inblandning av återvunna patientskjortor

För att testa skala upp tillverkningen användes personalkläder från sjukvården då dessa fanns tillgängliga i rätt volymer. Eftersom detta var vävd textil krävdes rivning 2 gånger för att korta ner fiberlängden. Mindre test visade goda egenskaper och en större mängd material blandades på RISE IVF för att formsprutas hos Sundplast.
En utmaning för formsprutning av kärlen var att verktygen hade varmkanaler in till formkaviteten vilket innebär att kompositen utsattes för värme under tiden för formfyllnad och utstötning. Detta var känsligt då den rivna textilen innehöll 50% bomull och temperaturen bör inte överstiga 200°C och tiden vara så kort som möjligt. Formsprutningsförsök visade att med rätt (i detta fallet förhöjd) inställning på tryck och en låg temperatur i formsprutan kunde behållare med normalt utseende formsprutas. Även relativt höga behållare kunde formsprutas efter justering av inställningarna på maskinen. Efterföljande test av slagseghet i kyla uppvisade inga defekter på de tre behållarna som testades.
Sundplast har intresse av att gå vidare med att utveckla materialkonceptet då deras kunder (bl a Region Skåne) är mycket intresserade och har satt ett utmanande mål att bli fossilfria. Nobia och Sundplast är mycket intresserade av det fiberförstärkta material som tagits fram i projektet. Frågan avseende produktion i större skala har nu kommit upp och denna frågeställning har projektet arbetet med under perioden. Varifrån kan återvunnen fiberråvara hämtas och vem kan lokalt ta fram fiberförstärkt plastmaterial i större skala. Detta är en process även för de projektparter som ingår i projektet då man behöver följa sina egna rutiner för att kunna ta in nya underleverantörer. Samma frågeställning är aktuell för både Nobia och Sundplast, men även i förlängningen för Ackurat som också är i behov av materialkonvertering i industriskala.

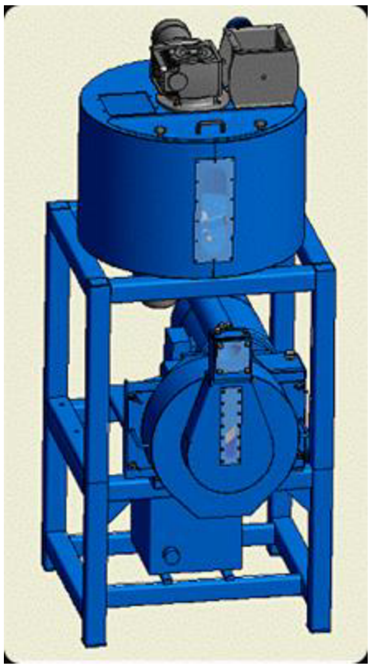
Textila flöden

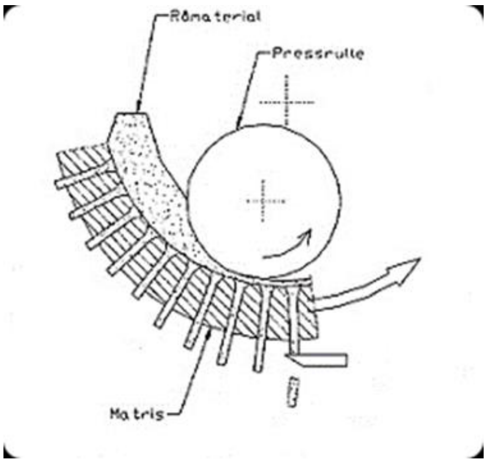
Som en initial aktivitet har det varit mycket viktigt att samtliga projektets parter fick en grundläggande förståelse för materialhantering av textil och de stora frågeställningar vi står inför avseende insamling, sortering, återbruk och materialåtervinning. Projektet har genomfört en första volymflödesanalys av inkommande textilt material, detta baserat på ca 1000 kg material

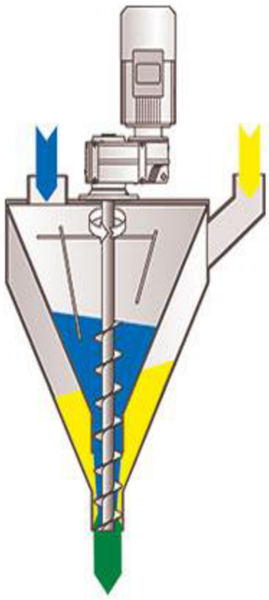
som tidigare sorterats och dokumenterats av Innovatum. För detta projekts specifika inriktning har detta undersökts baserat på de specifika textila fraktioner som är av intresse för projektparterna. Ett stort sorteringsförsök baserat på plaggens märkning gav ett stort antal fraktioner som sedan ytterligare sorterades och vägdes per fraktion hos RISE IVF. Detta gav upphov till en stor mängd information som använts som beslutsunderlag i detta projekt och som legat till grund för flera efterföljande projekt som RISE IVF driver med avseende på insamling, sortering informationsflöden och transparens i den textila värdekedjan. De försök som utfördes under det ta projekt visade på komplexiteten i de textila flödena och belyste behovet av att adressera denna fråga mer specifikt i projekt med större ekonomiska ramar och med bredare aktörskonstellationer. Värt att nämna är den stora ansökan till Horizon 2020 som sändes in under januari 2020 där RISE IVF står som projketvärd och där dessa resultat varit oumbärliga som grunddata. Resultaten från sorteringsförsöken redovisas i Appendix 1.

Pelleteringsförsök

Vid produktion av kompositmaterial baserade på textilfiber som förstärkning sker idag processen på ett sådant sätt att frilagd fiber i form av flor/fluff matas direkt från sidan i en dubbelskruv-extruder. Detta är inte en kommersiell process, då textilfiber inte i stor skala utnyttjas för dessa applikationer idag. Det är av stort värde, för samtliga parter involverade i arbete med dessa kompositmaterial, att möjligheten för pelletering undersöks tillsammans med efterföljande dispergering. Anledningarna är flera, dels är det betydligt enklare att mata fiberförstärkningen i form av pellets, i tillägg till det finns också stora fördelar avseende transport, då den volym fibern upptar signifikant reduceras. Att se på dispergering är också av stor vikt då man önskar kunna lösgöra fiber ur tillverkade pellets utan att få stora agglomerat i materialet. Idag pelleteras material såsom halm och träspån, projektet har utnyttjat denna typ (se bild nedan) av utrustning för att utvärdera möjligheter för pelletering.







Matning till kompounder

Utrustning för pelletering av bland annat träspån

Resultat och diskussion

Projekts mål var att öka kunskapen kring resurseffektivitet och potential hos återvunna material hos företag verksamma inom möbel- och interiörindustri. Projektet ämnade arbeta praktiskt med materialutbyte och de produktkategorier där industrin ser en potential hos nya material. Projektet har i hög utsträckning bidragit till ökad förståelse kring hållbarhet och resurseffektivitet på textilområdet samt behoven för ett nytt synsätt och en öppenhet för möjligheterna som återvunna material innebär. Projektet har resulterat i 4 produkter, för 4 olika intressenter, som dessa företag önskar gå vidare med efter avslutat projekt. Projektet har också för två av dessa bidragit med nya möjliga underleverantörer för att genomföra detta. Flera företag har också uttryckt att de genom projektet lärt sig mycket avseende sin egen produktutveckling och hur denna kan förbättras i en värld som önskar sluta kretsloppen avseende flera materialslag.

De senaste åren har området hållbara textilier med fokus på omställning till en cirkulär ekonomi för textila material kraftigt expanderat med många pågående initiativ och ett stort intresse från företagen. Projekt har initierats där man ser på olika möjligheter avseende sortering, här kan nämnas WargoTex (Innovatum) och projekt som fokuserar på RFID-teknologi (RISE IVF) och Texchain (Innovatum) som syftar till att tydligare synliggöra behovet i industrin. Andra initiativ fokuserar på mekanisk återvinning men också återvinning genom olika typer av kemiska processer. Detta genomförde RE:Sourceprojekt är ett exempel på ett industrinära initiativ där man ser på tillämpningar av återvunnen textil med företagens önskemål och behov i fokus, här måste även RISE IVFs och textilhögskolans Testbädd textilåtervinning nämnas. Dessa projekt samlar aktörer i hela värdekedjan för textila material; konverterare av råmaterial, producenter, underleverantörer och ideell second hand. Här kan en producent av produkter både vara en leverantör av material för återvinning och en potentiell användare av återvunnet material. I båda dessa projekt finns exempel på material och tillämpningar med stor potential där producenterna snabbt vill ta fram produkter baserade på dessa.

Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Eftersom systemet för återvinning av textil är mycket omoget jämfört med de system som finns på plats för exempelvis glas, metall, papper och även plast, så uppstår här en stor utmaning när det gäller att få en lämplig värdekedja på plats, då etablerade värdekedjor saknas. En särskild utmaning har man då en produktion i mellanstor skala efterfrågas, denna storlek på produktion är av mycket stort värde då nya teknologier är på väg och behöver skalas upp i etapper. Det är viktigt att utvärdera marknadsmässiga och ekonomiska förutsättningar för att etablera en sådan och därmed undanröja ett tydligt hinder för expansion av cirkulära värdekedjor. Detta projekt har i hög utsträckning bidragit till kunskap om behov och förutsättningar för att etablera en sådan värdekedja i större skala. Värdekedjorna kommer att vara av typen B2B och C2B, genom att utnyttja industrispill och konsumenttextil för bäst lämpade tillämpningsområden så öppnar man upp värdekedjorna och låter material få ett nytt liv där dessa mest effektiv kan utnyttjas. När det gäller återvinning av textila material finns avseende mekanisk återvinning ett behov av att kunna riva specifik textil till flor i ändamålsenliga volymer. Denna textil utgör sedan råvara för vidare processer, exempelvis kardning och spinning till garn via ring- eller rotorspinning, produktion av non-woven material eller textil för fiberförstärkning av plast. Samtliga dessa materialkategorier; textil, non-woven och komposit, är mycket viktiga applikationsområden för återvunnen textil och kommer att få en ännu större roll i en framtid där systemen för hantering av textil mognat. När det gäller textila material och återvinning av dessa finns stora möjligheter för industriell symbios, både avseende industrispill och postkonsumenttextil.

Publikationslista

Projektet har inte publicerat några artiklar.

Projektkommunikation

Projektet har kommunicerats på RE:Source resultatdag samt tagits upp som exempel under Almedalsveckan 2019.

Referenser

Inget att notera.

Bilagor

- Administrativ bilaga
- Appendix 1 Sorteringsrapport
- Appendix 2 Kemiska analysresultat
- Appendix 3 LCA Fotplugg

Appendix 1 Sorteringsrapport

Rapport sortering av kläder

Syfte och metod

Denna rapport / Detta avsnitt har skrivits för att svara på följande frågor:

- Vilka materialfraktioner finns det i insamlade textilier?
- Vilka produkttyper finns det i insamlade textilier?

Metoden för att svara på dessa frågor har varit att studera resultatet av det sorteringsarbete som pågått och pågår inom projektet Wargön Innovations arbete med en manuell och automatiserad sorteringsanläggning på Vargön-området i Vänersborgs kommun.

Med stöd från
VINNOVA Sveriges innovationsmyndighet
Energimyndigheten
FORMAS
Strategiska innovations-program

Sortering hos Wargön Innovation

Här följer ett stycke som berättar om sorteringen hos Wargön 'nu', med sortering, vilka fraktioner vi skapar, vilka material som finns där. Baserat på aktuell data från sorterare på Wargön.

Sedan hösten 2018 har en nybyggd industrilokal på Vargönområdet i Vänersborgs kommun huserat en verksamhet med den huvudsakliga inriktningen att sortera kläder och textilier, med det tydliga målet att främja återvinningen av textilier i Sverige. Dessa kläder och textilier har kommit från en rad olika källor, bland annat tvätteriet Berendsen, Röda Korset (både via den egna insamlingen och via ett samarbete med onlinebutiken Zalando), Emmaus Björkå samt klädboxar i egen regi utplacerade i Vänersborg. Det finns därför bland dessa plagg ett intressant tvärsnitt av de textilier som finns i omlopp i återvinningssystemet.

I detta försök sorterades 2252 plagg upp i 12 plaggkategorier. Fraktioneringen för dessa kategorier ser ut som i Tabell 1 nedan.

Kategori namn	*Antal*	*Andel*
Dam överdel	831	39,3%
Dam underdel	314	14,8%
Herr överdel	178	8,4%
Herr underdel	104	4,9%
Barn överdel	150	7,1%
Barn underdel	116	5,5%
Accessori	61	2,9%
Textil	201	9,5%
Retro/unik	69	3,3%
Herr vinter	24	1,1%
Dam vinter	33	1,6%
Barn vinter	34	1,6%
Summa	*2252*	

Tabell 1: Nuvarande sorteringskategorier hos Wargön Innovation.

Dessa 2252 plagg kommer från Röda Korsets butiksinsamling, och har därefter skeppats tillbaka för återförsäljning.

Optisk sortering och manuell efterkontroll

Som del av ett pilotprojekt för textilsortering skickades 994 klädesplagg till Valvan Baling Systems i Belgien för att sorteras optiskt i Fibersort-systemet. Sorteringen gjordes baserat på materialinnehåll. Resultatet från sorteringen samt vilka materialkategorier som sorterades efter syns i Tabell 2 nedan. Den sista kolumnen visar, med den manuella sorteringen som facit, hur många av de Fibersort-sorterade plaggen som hamnat i rätt kategori.

ID	*Materialtyp*	*Fibersort*	*Manuell*	*Antal rätt*
1	100% Ull	1	2	1
2	100% Bomull	476	523	424
3	100% Akryl	20	24	19
4	100% Polyester	105	100	87
5	100% Viskos	38	51	29
6	100% Nylon	14	1	1
7	Bomull/Poly, >50% bomull	68	78	37
8	Bomull/Poly, 50/50	19	9	3
9	Bomull/Poly, >50% polyester	27	32	19
10	Bomull/Akryl, 50/50	1	2	1
11	Ull/Nylon, >50% Ull	2	2	1
12	Ull/Akryl, >50% Ull	0	0	0
13	Ull/Akryl, 50/50	0	0	0
14	Ull/Akryl, >50% Akryl	7	4	3
15	Övrigt	216	166	69
	Summa	*994*	*994*	*694*

Tabell 2: Materialkategorier, Fibersort-sortering

Med all sorts sortering, automatiserad eller manuell, finns alltid en viss felmarginal. Inom klädindustrin förekommer också en viss felmärkning – det kan handla om fel i tillverkning, fel i beställningar, med mera.
Tabell 3 nedan visar en detaljerad nedbrytning av de två sorteringarna. Horisontellt syns sorteringen i Fibersort-anläggningen, med summering på sista raden. Under denna syns, i procent, hur många av de utsorterade plaggen som ligger i rätt kategori. Vertikalt syns den manuella sorteringen, med summering i sista kolumnen. Utanför summaraden syns, i procent, hur många plagg som ligger i rätt kategori av totalt möjligt antal med den manuella kontrollen som facit.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15	Manuell kontroll	Andel rätt av totalt möjliga
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	50,0%
2	0	424	0	2	2	0	9	1	0	0	0	1	84	523	81,1%
3	0	0	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	24	79,2%
4	0	0	0	87	1	1	1	0	1	0	0	0	9	100	87,0%
5	0	0	0	2	29	2	0	0	0	0	0	0	18	51	56,9%
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	100,0%
7	0	5	0	0	0	0	37	6	5	0	0	0	25	78	47,4%
8	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	2	9	33,3%
9	0	0	0	1	0	0	4	7	19	0	0	0	1	32	59,4%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	50,0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	50,0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4	75,0%
15	0	47	1	13	5	10	13	2	2	0	1	3	69	166	41,6%
Resultat Fibersort	1	476	20	105	38	14	68	19	27	1	2	7	216	**994**	
Andel rätt, Fibersort	100%	89%	95%	83%	76%	7%	54%	16%	70%	100%	50%	43%	32%		

Tabell 3: Manuell kontroll av Fibersort-sortering. Gröna rutor indikerar korrekta sorteringar.

Tabellen ovan kan, för kategori 5, *100% Viskos* utläsas på följande vis:
I kategori 5, *100% Viskos*, finns enligt den manuella kontrollen 51 plagg. Fibersortmaskinen har lyckats plocka ut 29 av dessa plagg. Majoriteten av resterande plagg, 18 st, har istället lagts i kategori 15, *Övrigt*, och två har hamnat i kategori 6, *100% Nylon*. Av de totalt 38 plagg som efter Fibersort-sorteringen lagts i kategori 5 så tillhör fem av nio kategori 15, *Övrigt*, medan resterande fyra tillhör kategori 2, 3 och 4. 76% av plaggen i kategori 5 är rätt sorterade, och 56,9% av totalt tillgängliga kategori 5-plagg har hamnat rätt.
Motsvarande för kategori 7, *Bomull/Poly, >50% bomull*:
78 plagg finns i kategorin. 37 har hittats av Fibersort-maskinen. Den vanligaste felsorteringen maskinen gjort är att lägga dessa i kategori 15, *Övrigt*, där 25 plagg hamnat. Totalt har maskinen lagt 68 plagg i kategori 7. Av dess borde 13 ha legat i kategori 15, *Övrigt*, och nio i kategori 2, *100% Bomull*. 54% av plaggen i kategori 7 är rätt sorterade, och 47,4% av totalt tillgängliga kategori 7-plagg har hamnat rätt.

Slutsatser, fraktioner i avfallsströmmen

Merparten av sorteringen i anläggningen på Vargöns industriområde är insamlat som konsumentavfall och är därför i någon mening en indikation på det avfall som skapas på marknaden. De 2252 plagg som sorterats under september månad kommer direkt från Röda Korsets insamling, vilket betyder att kunder själva lämnat in detta med avsikten att det ska återanvändas.

Den optiska sorteringen har stor potential och är ett mycket effektivt sätt att sortera kläder baserat på färg eller material. Effektiviteten i sorteringen kommer bara bli bättre när mjukvaran

Appendix 2 Kemiska analysresultat

Provmaterial

1	Möbeltass RISE
2	Möbeltass LOOP
3	Fotplugg

Provmaterialet erhölls från uppdragsgivaren mars 2020.

Utförande och resultat

Allergena dispersionsfärgämnen, kinolin och reglerade CMR-färgämnen bestämdes enligt OEKO-TEX®

Provvikt: 1,0 g
Extraktion med organiskt lösningsmedel med en Dionex ASE350, följt av detektion med LC-MS/MS.
Kvantifiering med certifierat referensmaterial.

Kvantifieringsgräns: 10 mg/kg

Provningsdatum: 2020-03-12

Tabell 1. Allergena dispersionsfärgämnen (mg/kg).

Analyserat ämne	CAS no	Testmaterial 1	Testmaterial 2
Disperse Blue 1[1]	2475-45-8	< 10	< 10
Disperse Blue 3	2475-46-9	< 10	< 10
Disperse Blue 7	3179-90-6	< 10	< 10
Disperse Blue 26	3060-63-7	< 10	< 10
Disperse Blue 35	12222-75-2	< 10	< 10
Disperse Blue 102	12222-97-8	< 10	< 10
Disperse Blue 106	12223-01-7	< 10	< 10
Disperse Blue 124	61951-51-7	< 10	< 10
Disperse Brown 1	23355-64-8	< 10	< 10
Disperse Orange 1	2581-69-3	< 10	< 10
Disperse Orange 3	730-40-5	< 10	< 10
Disperse Orange 11	82-28-0	< 10	< 10
Disperse Orange 37/76/59	12223-33-5/ 13301-61-6	< 10	< 10
Disperse Orange 149	85136-74-9	< 10	< 10
Disperse Red 1	2872-52-8	< 10	< 10
Disperse Red 11	2872-48-2	< 10	< 10
Disperse Red 17	3179-89-3	< 10	< 10
Disperse Yellow 1	119-15-3	< 10	< 10
Disperse Yellow 3	2832-40-8	< 10	< 10
Disperse Yellow 9	6373-73-5	< 10	< 10
Disperse Yellow 23	6250-23-3	< 10	< 10
Disperse Yellow 39	12236-29-2	< 10	< 10
Disperse Yellow 49	54824-37-2	< 10	< 10
Basic Red 9[1]	569-61-9	< 10	< 10
Basic Violet 3[1]	548-62-9	< 10	< 10
kinolin[1]	91-22-5	< 10	< 10

[1] Ämne (CMR-ämne) inkluderad in REACH Annex XVII och begränsat i textil

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) bestämdes enligt OEKO-TEX®

Provvikt: 1,00 g
Extraktion med organisk lösningsmedel i ultraljudsbad in ett ultraljudsbad, följt av detektion med GC-MS.
Kvantifiering med certifierat referensmaterial.
Kvantifieringsgräns: 0,20 mg/kg
Provningsdatum: 2020-03-12

Tabell 2. Polycykliska aromatiska kolväten (mg/kg)

Analyserade substanser	CAS-nr	Provmaterial 3
Acenaften	83-32-9	< 0,20
Acenaftylen	208-96-8	< 0,20
Antracen	120-12-7	< 0,20
Benso(a)antracen [1]	56-55-3	< 0,20
Benso(b,j)fluoranten [1]	205-99-2 / 205-82-3	< 0,20
Benso(k)fluoranten [1]	207-08-9	< 0,20
Benso(g,h,i)perylen	191-24-2	< 0,20
Benso(a)pyren [1]	50-32-8	< 0,20
Benso(e)pyren [1]	192-97-2	< 0,20
Krysen [1]	218-01-9	< 0,20
Cyklopenta(c,d)pyren	27208-37-3	< 0,20
Dibenso(a,h)antracen [1]	53-70-3	< 0,20
Dibenso(a,e)pyren	192-65-4	< 0,20
Dibenso(a,h)pyren	189-64-0	< 0,20
Dibenso(a,i)pyren	189-55-9	< 0,20
Dibenso(a,l)pyren	191-30-0	< 0,20
Fluoranten	206-44-0	< 0,20
Fluoren	86-73-7	< 0,20
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	193-39-5	< 0,20
Naftalen	91-20-3	< 0,20
Fenantren	85-01-8	< 0,20
1-Metylpyren	2381-21-7	< 0,20
Pyren	129-00-0	< 0,20

[1]Substanser inkluderade i REACH Annex XVII och vars förekomst är begränsade i plast och gummimaterial som är i kontakt med huden, långvarigt eller vid upprepad kontakt med huden. Gränsvärdet är 0,5 mg/kg för leksaker och 1,0 mg/kg för övriga artiklar.

Alkylfenoletoxilater (APEO) och alkylfenoler (AP) bestämdes enligt OEKO-TEX®.

Provvikt: 1,0 g
Extraktion med organiskt lösningsmedel i ultraljudsbad, följt av detektion med LC-MS/MS och
GC-MS.
$NP(EO)_{1-20}$ kvantifierades med den tekniska mixen Igepal CO-720/Imbentin-N/060.
$OP(EO)_{1-20}$ kvantifierades med den tekniska mixen Triton X-45/Igepal CA-720.
Övriga substanser kvantifierades med certifierat referensmaterial.

Analyserade substanser
4-nonylfenoletoxilat (NPEO), etoxileringsgrad: 1-20, analyserade med LC-MS/MS
4-oktylfenoletoxilat (OPEO), etoxileringsgrad: 1-20, analyserade med LC-MS/MS
4-tert-butylfenol, 4-pentylfenol, 4-heptylfenol, 4-octylfenol och 4-nonylfenol analyserade med GC-MS

Kvantifieringsgräns
$NP(EO)_{1-20}$, $OP(EO)_{1-20}$: 20 mg/kg
4-tert-butylfenol, 4-pentylfenol, 4-heptylfenol, 4-octylfenol, 4-nonylfenol: 2.5 mg/kg

Provningsdatum: 2020-03-10

Tabell 3. Alkylfenoletoxilater and alkylfenoler (mg/kg).

Test Material	$NP(EO)_{1-20}$	$OP(EO)_{1-20}$	4-tert-butyl fenol	4-pentyl fenol	4-heptyl fenol	4-octyl fenol	4-nonyl fenol
1	< 20	< 20	< 2.5	< 2.5	< 2.5	< 2.5	< 2.5
2	< 20	< 20	< 2.5	< 2.5	< 2.5	< 2.5	< 2.5

Förekomst av vissa arylaminer från azofärgämnen bestämdes enligt SS-EN ISO 14362-1:2017, påvisande av användning av vissa azofärgämnen åtkomliga med och utan fiberextraktion.
Provvikt: 1,0 g
Detektion med LC-MS/MS.
Kvantifiering med certifierat referensmaterial.
Kvantifieringsgräns: 5 mg/kg
Provningsdatum: 2020-03-16--17.

Tabell 4. Vissa arylaminer från azofärgämnen (mg/kg)

Analyserade ämnen	CAS-nr	Provmaterial 1[1/2]	Provmaterial 2[1/2]
4-Aminobifenyl	92-67-1	< 5,0	< 5,0
Bensidin	92-87-5	< 5,0	< 5,0
4-Klor-o-toluidin	95-69-2	< 5,0	< 5,0
2-Naftylamin	91-59-8	< 5,0	< 5,0
o-Aminoazotoluen	97-56-3	< 5,0	< 5,0
5-Nitro-o-toluidin	99-55-8	< 5,0	< 5,0
4-Kloranilin	106-47-8	< 5,0	< 5,0
4-Metoxi-m-fenylendiamin	615-05-4	< 5,0	< 5,0
4,4´-Diaminodifenylmetan	101-77-9	< 5,0	< 5,0
3,3´-Diklorbensidin	91-94-1	< 5,0	< 5,0
3,3´-Dimetoxibensidin	119-90-4	< 5,0	< 5,0
3,3´-Dimetylbensidin	119-93-7	< 5,0	< 5,0
4,4´-Metylendi-o-toluidin	838-88-0	< 5,0	< 5,0
p-Kresidin	120-71-8	< 5,0	< 5,0
4,4´-Metylen-bis-(2-kloranilin)	101-14-4	< 5,0	< 5,0
4,4´-Oxydianilin	101-80-4	< 5,0	< 5,0
4,4´-Tiodianilin	139-65-1	< 5,0	< 5,0
o-Toluidin	95-53-4	< 5,0	< 5,0
4-Metyl-m-fenylendiamin	95-80-7	< 5,0	< 5,0
2,4,5-Trimetylanilin	137-17-7	< 5,0	< 5,0
o-Anisidin	90-04-0	< 5,0	< 5,0
2,4-Xylidin[3]	95-68-1	< 5,0	< 5,0
2,6-Xylidin[3]	87-62-7	< 5.0	< 5.0
4-Klor-o-toluidinklorid	3165-93-3	< 5.0	< 5.0
2,4,5-Trimetylanilinklorid	21436-97-5	< 5.0	< 5.0
2-Naphtylammoniumacetat	553-00-4	< 5.0	< 5.0
2,4-Diaminoanisolsulfat	39156-41-7	< 5.0	< 5.0
4-Aminoazobensen	60-09-3	ej detekterad	ej detekterad

[1] Upparbetning med fiberextraktion

[2] Upparbetning utan fiberextraktion

[3] Substanserna 2,4-Xylidin och 2,6-Xylidin ingår inte i de arylaminer som är reglerade enligt REACH Annex XVII. De rapporteras på grund av att de är reglerade inom OEKO-TEX® certifieringen.

N-metyl-2-pyrrolidon (NMP, CAS-nr 872-50-4), N,N-dimetylacetamid (DMAc, CAS-nr 127-19-5), **dimetylformamid (DMF, CAS-nr 68-12-2), formamid (FA, CAS 75-12-7) och bensen (CAS-nr 71-43-2)** bestämdes enligt OEKO-TEX®

Provvikt: 1,0 g
Extraktion med organiskt lösningsmedel med en Dionex ASE350, följt av detektion med GC-MS.
Kvantifiering med certifierat referensmaterial.

Kvantifieringsgräns för alla utom bensen: 0,010%

Kvantifieringsgräns för bensen: 1 mg/kg (0,0001%)

Provningsdatum: 2020-03-18.

Tabell 5. NMP, DMAc, DMF, FA och bensen.

Test Material	NMP	DMAc	DMF	FA	Bensen
3	< 0,010 %	< 0,010 %	< 0,010 %	< 0,010 %	< 1 mg/kg

% avser viktprocent

Screening av bly och kadmium utfördes med hjälp av ED-XRF, Niton XL3t, Metoden är semi-kvantitativ, för att bestämma totalhalten krävs andra analysmetoder.

Kvantifieringsgräns: 100 mg/kg

Provningsdatum: 2020-03-09

Tabell 6. XRF-screening.

Provmaterial	Bly (Pb)	Kadmium (Cd)
1	ej detekterat	ej detekterat
2	ej detekterat	ej detekterat
3	ej detekterat	ej detekterat

Appendix 3 LCA Fotplugg

SCOPE

Software: SimaPro 9.0.0.48

Data library: Ecoinvent 3.5

Impact assessment method: IPCC 2013 GWP 100a

Assumptions

Same impact from injection molding

About 5% of compounding (composite creation) energy consumption for shredding of textile

Same quality of the end-products

Same end-of-life

Fossil plastic has about the same combustion emissions as fossil fuels

Limitations

Transport unknown for both cases and therefore omitted.

Only energy values are included for the rPP/textile composite, whereas the virgin PP has a more robust inventory.

System boundaries

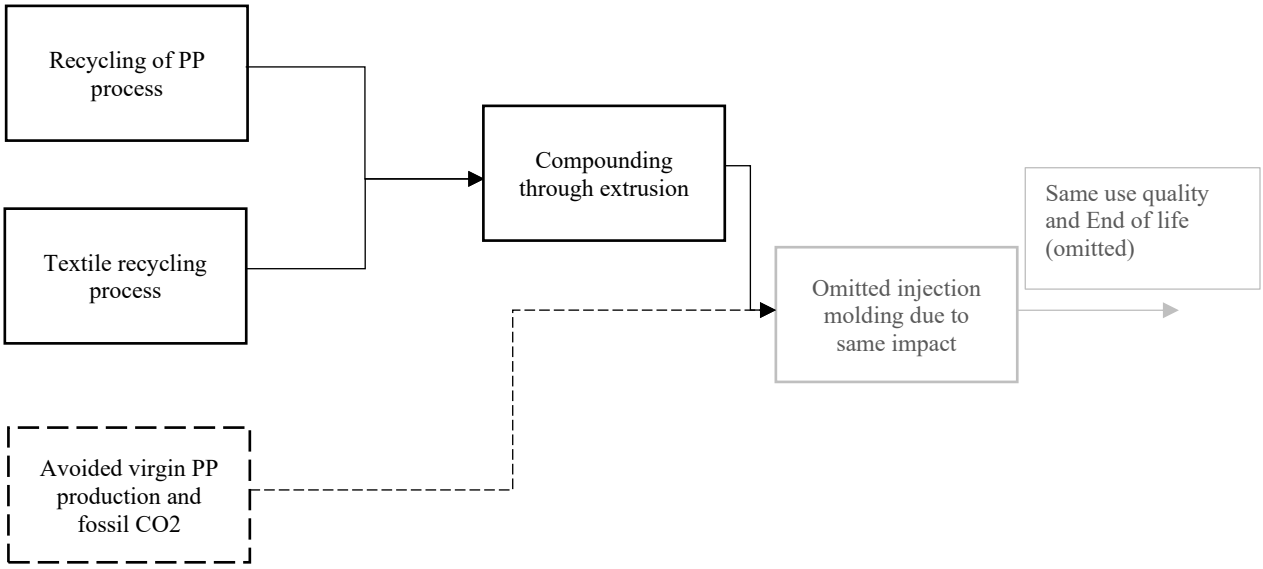


Figure 1: Overview of the system which is considered

Life inventory (LCI)

Table 1: Life cycle inventory per kg product

Avoided processes / emissions	Amount	Comment
virgin PP	1 kg	Modelled with: Polypropylene, granulate {RER}| production | Cut-off, S
CO2 due to release of fossil carbon	3kg/kg fossil substance	Source: https://www.engineeringtoolbox.com/co2-emission-fuels-d_1085.html
Processes	Amount	Comment
PP recycling process	0,94 kWh/0,7kg (1.35 kWh/kg)	Value from (Väntsi & Kärki, 2015) Modelled with: Electricity, medium voltage {SE}| market for | Cut-off, S
Textile recycling (shredding)	0,025 kWh/kg	See assumptions Modelled with: Electricity, medium voltage {SE}| market for | Cut-off, S
Composite creation process	0,5kWh/kg	Compounded with extrusion apparatus Value from (Väntsi & Kärki, 2015) Modelled with: Electricity, medium voltage {SE}| market for | Cut-off, S

Results

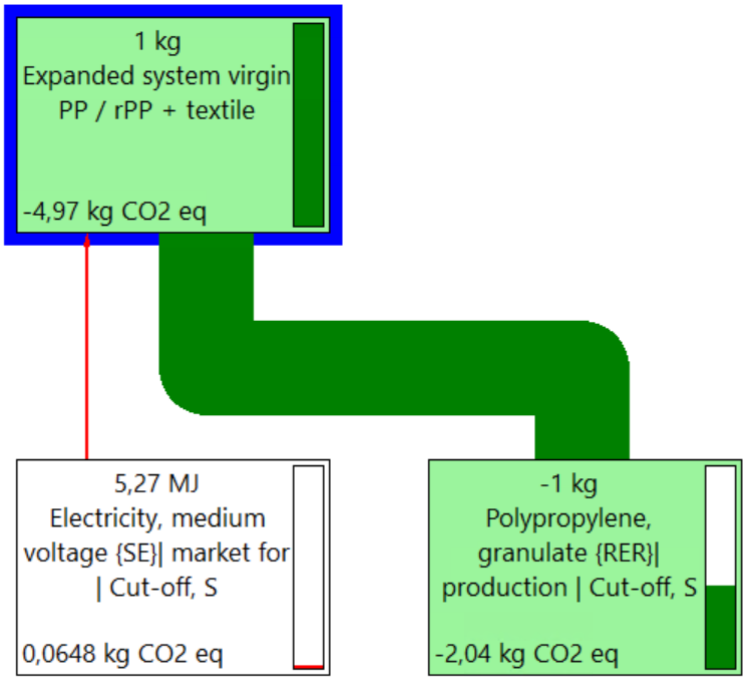


Figure 2: Carbon dioxide emission with Swedish electricity average, 4,97 kg CO2 is avoided through this model whereof 3kg is due to the avoided fossil carbon and 2,04 kg is due to the avoided production process.

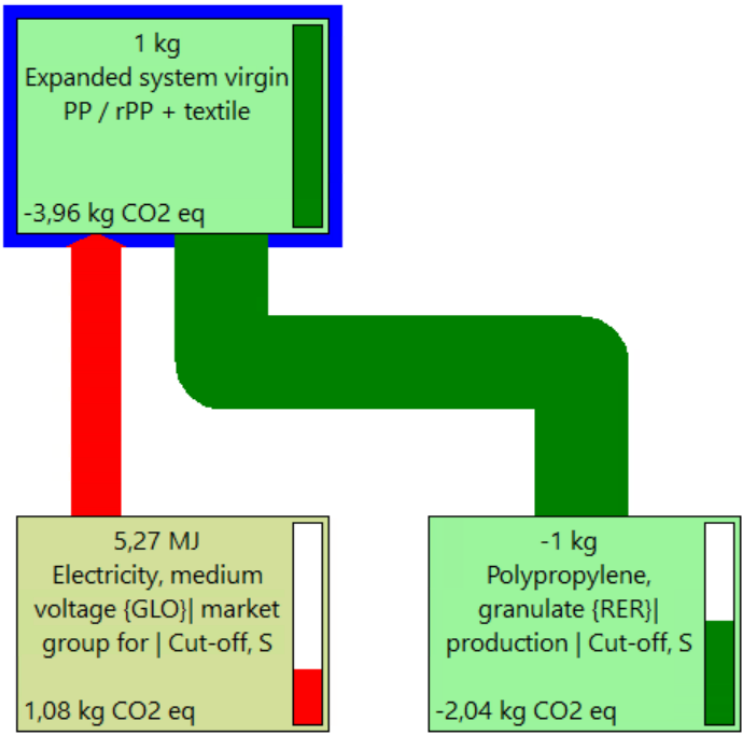


Figure 3: Carbon dioxide emission with global electricity average, 3,96 kg CO2 is avoided, same amounts are avoided from the virgin PP production and the fossil carbon. However, the CO2 impact from the electricity is much higher.

References

Väntsi, O. & Kärki, T., 2015. Environmental assessment of recycled mineral wool andpolypropylene utilized in wood polymer composites. *Resources, Conservation and Recycling,* 104(2015), pp. 38-48.

Appendix

Information on Electricity, medium voltage {SE}| market for | Cut-off, S

The shares of electricity technologies on this market are valid for the year 2014. They have been implemented by the software layer and don't represent the production volumes in the unlinked datasets valid for the year 2012. These shares have been calculated based on statistics from 2014. Basic source: IEA. 2017. IEA World Energy Statistics and Balances. OECD iLibrary, eISSN: 1683-4240, DOI: 10.1787/enestats-data-en. Further information will be available in a report available on ecoQuery. The shares of electricity technologies on this market are valid for the year 2014. They have been implemented by the software layer and don't represent the production volumes in the unlinked datasets valid for the year 2012. These shares have been calculated based on statistics from 2014. Basic source: IEA. 2017. IEA World Energy Statistics and Balances. OECD iLibrary, eISSN: 1683-4240, DOI: 10.1787/enestats-data-en. Further information will be available in a report available on ecoQuery.

Sweden

This dataset describes the electricity available on the medium voltage level in {{location}} for year {{year}}. This is done by showing the transmission of 1kWh electricity at medium voltage.The shares of electricity technologies on this market are valid for the year 2014. They have been implemented by the software layer and don't represent the production volumes in the unlinked datasets valid for the year 2012. These shares have been calculated based on statistics from 2014. Basic source: IEA. 2017. IEA World Energy Statistics and Balances. OECD iLibrary, eISSN: 1683-4240, DOI: 10.1787/enestats-data-en. Further information will be available in a report available on ecoQuery. The shares of electricity technologies on this market are valid for the year 2014. They have been implemented by the software layer and don't represent the production volumes in the unlinked datasets valid for the year 2012. These shares have been calculated based on statistics from 2014. Basic source: IEA. 2017. IEA World Energy Statistics and Balances. OECD iLibrary, eISSN: 1683-4240, DOI: 10.1787/enestats-data-en. Further information will be available in a report available on ecoQuery.

Sweden

This dataset describes the electricity available on the medium voltage level in {{location}} for year {{year}}. This is done by showing the transmission of 1kWh electricity at medium voltage.

2014

Production volume: 146707853978.698 kWh

Included activities start: This activity starts from 1kWh of electricity fed into the medium voltage transmission network.

Included activities end: This activity ends with the transport of 1 kWh of medium voltage electricity in the transmission network over aerial lines and cables.

This dataset includes:

- electricity inputs produced in this country and from imports and transformed to medium voltage

- the transmission network

- direct emissions to air (SF6 from the insulation gas in the high voltage level switchgear are allocated to the electricity demand on medium voltage).

- electricity losses during transmission

This dataset doesn't include

- electricity losses during transformation from high to medium voltage or medium to low, as these are included in the dataset for transformation

- leakage of insulation oil from cables and electro technical equipment (transformers, switchgear, circuit breakers) because this only happens in case of accidental release

- SF6 emissions during production and deconstruction of the switchgear, as these are accounted for in the transmission network dataset.

Energy values:

Geography: The inventory is modelled for Sweden

Technology level:

Technology: and public buildings)--comment merge--- - Low voltage level below 1 kV (Households)---comment merge---Average technology used to transmit and distribute electricity. Includes underground and overhead lines, as well as air-, vacuum- and SF6-insulated high-to-medium voltage switching stations. Electricity production according to related technology datasets. ---comment merge--- - High voltage level above 24 kV (large scale industry)---comment merge---Definition of the voltage levels: ---comment merge--- -

Medium voltage level between 1 kV and 24 kV (medium to small scale industry, service sector

Start date: 01/01/2014

End date: 31/12/2018

Is data valid for entire period: True

Time period: The composition of this market is valid for the year 2014.

Macro-economic scenario name: Business-as-Usual

Information on Polypropylene, granulate {RER}| production | Cut-off, S

[This dataset was already contained in the ecoinvent database version 2. It was not individually updated during the transfer to ecoinvent version 3. Life Cycle Impact Assessment results may still have changed, as they are affected by changes in the supply chain, i.e. in other datasets. This dataset was generated following the ecoinvent quality guidelines for version 2. It may have been subject to central changes described in the ecoinvent version 3 change report (http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-version-3/reports-of-changes/), and the results of the central updates were reviewed extensively. The changes added e.g. consistent water flows and other information throughout the database. The documentation of this dataset can be found in the ecoinvent reports of version 2, which are still available via the ecoinvent website. The change report linked above covers all central changes that were made during the conversion process.]

Data are derived from the Eco-profiles of the European plastics industry (PlasticsEurope). Not included are the values reported for: recyclable wastes, amount of air / N2 / O2 consumed, unspecified metal emission to air and to water, mercaptan emission to air, unspecified CFC/HCFC emission to air, dioxin to water. The amount of "sulphur (bonded)" is assumed to be included into the amount of raw oil.

Production volume: 1.32236940655721 kg

Included activities start:

Included activities end: Aggregated data for all processes from raw material extraction until delivery at plant

Energy values: 0

Geography: The inventory is modelled for Europe

Technology level: 3

Technology: polymerization out of propylene

Start date: 01/01/1999

End date: 31/12/2018

Is data valid for entire period: True

Time period: time to which data refer

Macro-economic scenario name: Business-as-Usual

Version: 3.0.7.0

Created: 7/28/2010 6:27:08 PM

Last edited: 10/15/2015 5:25:58 PM

Source: 25904_e3519773-4a2b-47cf-b485-346de94393d5_66ca2f38-5e51-4546-83c0-d7cef0c55c7c.spold

UUID: e3519773-4a2b-47cf-b485-346de94393d5

Information on impact assessment method

IPCC 2013 is the successor of the IPCC 2007 method, which was developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change.

It contains the climate change factors of IPCC with a timeframe of 100 years.

Contact info: http://www.ipcc.ch/contact/contact.htm

IPCC characterisation factors for the direct (except CH4) global warming potential of air emissions. They are:

- not including indirect formation of dinitrogen monoxide from nitrogen emissions.

- not accounting for radiative forcing due to emissions of NOx, water, sulphate, etc. in the lower stratosphere + upper troposphere.

- not considering the range of indirect effects given by IPCC.

- not including indirect effects of CO emissions.

Normalization and weighting are not a part of this method.

Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC.

http://www.climatechange2013.org

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

http://www.ipcc.ch/