

2026-08-21

2026-216302-0001

SLUTRAPPORT



Fibrer som återvinns från blandade textilier utan deras depolymerisering och nedbrytning

Oleksandr Nechyporchuk, Renasens AB

**RE:
SOURCE**

Slutrapport för projekt: Fibrer som återvinns från blandade textilier utan deras depolymerisering och nedbrytning

Engelsk titel: Fibers recovery from blended textiles without their depolymerization and degradation

Projektperiod: 2024-08-12 - 2026-06-30

Datum: 2026-08-03

Projektnummer: P2024-00616

Diarienummer: 2024-201467

Projektledare: Jade Abir Bouledjoudja

Organisation: Renasens AB

Adress: Postbox 12, Birger Jarlsgatan 57 C, 113 56 Stockholm

Ev. övriga projektdeltagare: RISE, KTH, Högskolan i Borås, Chalmers Industriteknik, Kentaur och Houdini Sportswear

Nyckelord: 5–7 st: Textil, fiber, återvinning, blandade textilier, superkritisk koldioxid

RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram och finansieras av

Med stöd från



Energimyndigheten

FORMAS

Strategiska
innovations-
program

Förord

Denna projektrapport sammanfattar utvecklingen av den tekniska och kommersiella mognaden av en process för fiber-till-fiber-återvinning av blandade textilier, vilket bidrar till en mer resurseffektiv, resilient och konkurrenskraftig textilsektor i Sverige.

Detta projekt är finansierat av Re:Source via Energimyndigheten i samarbete med Vinnova och Formas med delfinansiering från Renasens AB, Kentaur work wear of Denmark A/S och Houdini Sportswear AB.

Innehåll

1. Sammanfattning	4
2. Summary	5
3. Inledning och bakgrund	5
4. Genomförande	7
5. Resultat och diskussion	8
6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg	9
7. Projektkommunikation	9

1. Sammanfattning

Projektet syftade till att demonstrera och stärka utvecklingen av en innovativ återvinningsprocess för blandade textilier, med särskilt fokus på polybomull, baserad på superkritisk koldioxid (CO₂). Bakgrunden är den snabbt ökande mängden textilavfall och behovet av nya återvinningstekniker som kan möta framtida krav på cirkularitet och ökad användning av återvunna textilfibrer. Projektet genomfördes i samarbete mellan Renasens, RISE, KTH, Högskolan i Borås, Chalmers Industriteknik samt industripartnerna Kentaur och Houdini Sportswear.

Under projektet utvecklades och optimerades separationsprocessen för att återvinna bomulls- och polyesterfibrer med bibehållen materialkvalitet. Arbetet ledde till utvecklingen av en mer resurseffektiv process baserad på subkritisk/superkritisk CO₂, som möjliggör avlägsnande av färgämnen och kemikalier från bomullsfibrer utan deras upplösning i joniska vätskor. De återvunna bomullsfibrerna kunde framgångsrikt kardas, spinnas till garn och användas för tillverkning av en tyg, samtidigt som processen verifierades i pilotskala med en extern partner och visade god potential för industriell uppskalning.

Projektet har stärkt den tekniska och kommersiella mognaden hos Renasens teknologi och lagt grunden för fortsatt uppskalning genom investering i en egen pilotanläggning. Resultaten bidrar till utvecklingen av en cirkulär textilvärdekedja genom att möjliggöra högkvalitativ fiber-till-fiber-återvinning av blandade textilier. Projektets resultat har dessutom spridits genom nationella och internationella bransch aktiviteter, bland annat vid Textiles Recycling Expo, och bidrog till att Renasens tilldelades Global Change Award från H&M Foundation, vilket ytterligare stärkte teknikens internationella synlighet och framtida samarbetsmöjligheter.



Figur 1. Garn och rundstickning med återvunnen bomull från textilavfall.

2. Summary

The project aimed to strengthen the development and demonstrate an innovative recycling technology for blended textiles, with a particular focus on polycotton, based on supercritical carbon dioxide (CO₂). The project was motivated by the rapidly increasing volume of textile waste and the need for new recycling technologies capable of meeting future requirements for circularity and the increased use of recycled textile fibers. The project was carried out in collaboration with Renasens, RISE, KTH Royal Institute of Technology, the University of Borås, Chalmers Industriteknik, and the industrial partners Kentaur and Houdini Sportswear.

During the project, the fiber separation process was developed and optimized to recover cotton and polyester fibers while preserving their material quality. This work resulted in the development of a more resource-efficient process based on subcritical/supercritical CO₂, enabling the removal of dyes and chemicals from cotton fibers without their dissolution in ionic liquids. The recovered cotton fibers were successfully carded, spun into yarn, and used to produce a demonstration textile prototype, while the process was also validated at pilot scale with an external partner, demonstrating strong potential for industrial scale-up.

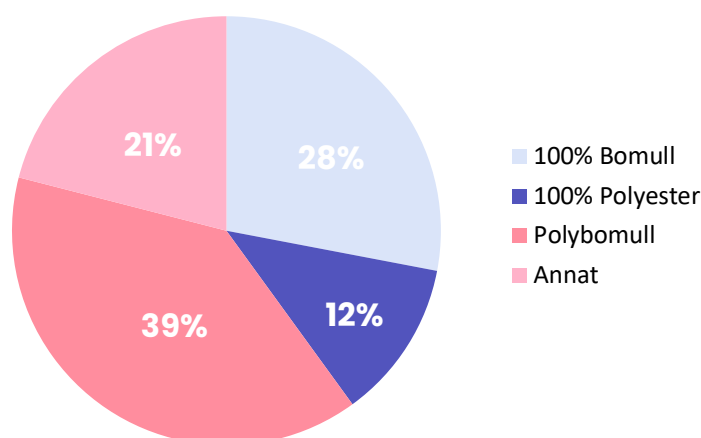
The project significantly increased the technical and commercial maturity of the Renasens technology and laid the foundation for further scale-up through investment in a dedicated pilot plant. The results contribute to the development of a circular textile value chain by enabling high-quality fiber-to-fiber recycling of blended textiles. The project outcomes were also disseminated through national and international industry events, including the Textiles Recycling Expo, and contributed to Renasens receiving the Global Change Award from the H&M Foundation, further strengthening the technology's international visibility and creating new opportunities for future collaborations.

3. Inledning och bakgrund

Textil- och modeindustrin är en av världens mest miljöbelastande industrier och står för cirka 8% av de globala koldioxidutsläppen, 10% av utsläppen av mikroplaster och 20% av det globala avloppsvattnet. Den växande världsbefolkningen, i kombination med framväxten av "fast-fashion", har lett till en kraftig ökning av textilproduktionen och därmed även mängden textilavfall. För att möta denna utmaning lyfts textilåtervinning fram som en av de viktigaste lösningarna, tillsammans med åtgärder som förlänger plaggets livslängd och stärker andrahandsmarknaden.

För att möta dessa utmaningar har EU infört flera initiativ och regelverk som syftar till att öka cirkulariteten inom textilsektorn och förbättra hanteringen av textilavfall. Två centrala delar är kraven på utökat producentansvar (EPR) för textilier och förordningen om ekodesign för hållbara produkter (ESPR).

Trots dessa initiativ återvinns idag mindre än 1 % av världens textilfibrer till nya textilfibrer, vilket belyser betydande begränsningar i dagens återvinning infrastruktur och teknik. Majoriteten av post-konsument textilier, särskilt blandmaterial och kontaminerade textilier, är fortfarande tekniskt och ekonomiskt svåra att återvinna i industriell skala. En viktig förklaring är att en stor del av textilavfallet består av blandmaterial, vilka är betydligt mer komplexa att återvinna än textilier av enskilda fibrer. Av det insamlade textilavfallet utgör polybomull (blandning av polyester och bomull) nästan 40 %.¹



Figur 2. Sammansättning av sorterat avfall.¹

Idag dominerar två återvinningstekniker: mekanisk och kemisk återvinning. Mekanisk återvinning bygger på fysisk separation av fibrerna, men processen försämrar ofta fibernas kvalitet och möjliggör inte avlägsnande av färgämnen eller tillsatser, och är generellt sett inte lämplig för blandade textilier. Kemisk återvinning bryter istället ned materialet till monomernivå, vilket gör det möjligt att producera nya råmaterial. Denna metod är dock energiintensiv, kräver depolymerisering och repolymerisering, genererar restströmmar och kan leda till viss kvalitetsförsämring hos de återvunna materialen. Trots den snabba

¹ Advancing textile circularity, 2026. ReHubs

utvecklingen inom området finns därför ett stort behov av nya, kostnadseffektiva och skalbara återvinningsteknologier som kan bidra till en cirkulär textilindustri.

Renasens AB utvecklar en teknik baserad på subkritisk och superkritisk CO₂ för att återvinna fibrer från både rena och blandade textilier utan att de depolymeriseras eller försämras. Målet är att erbjuda en industriellt skalbar lösning som möjliggör högkvalitativ fiberåtervinning och att samarbeta med aktörer längs hela textilvärdekedjan.

4. Genomförande

Inom ramen för Re:Source stärktes den tekniska och kommersiella mognaden hos Renasens teknologi. Fokus låg på att separera fibrer från polybomullstextilier utan depolymerisering. Separationsprocessen optimerades i samarbete mellan Renasens AB, RISE, KTH och Högskolan i Borås. Potentialen hos de återvunna fibrerna utvärderades genom spinning och garnproduktion på RISE tillsammans med industripartnerna Kentaur och Houdini Sportswear. Parallellt genomförde Chalmers Industriteknik en marknadsanalys som stödde Renasens i att identifiera lämpliga marknadspositioner och etablera strategiska samarbeten genom hela den cirkulära textila värdekedjan. En sammanfattning av arbetspaketet visas i Tabell 1.

Arbetspaket (AP)	Tid	Ansvarig
AP1 Beredning av råmaterial och utformning av experimentplanen	Aug– Sep, 2024	Renasens
AP2 Lösningsmedels löslighet i superkritisk vätska; polyester/cellulosa-separation och karakterisering av återvunna fibrer	Okt, 2024 – Dec, 2025	Renasens, RISE and Borås University
AP3 Produktion av garner från återvunna fibrer	Dec, 2025 – Apr, 2026	Borås University, Renasens (with Kentaur and Houdini)
AP4 Test av separationsprocess i 20 liters pilotskala och utvärdering av återvunna fibrer	Feb – Maj, 2026	Renasens (with Kentaur and Houdini)
AP5 Marknadsanalys och spridning av projektresultat	Feb – Aug, 2026	Chalmers Industriteknik and Renasens
AP6 Prototyp produktion	Maj – Aug 2026	Renasens (with RISE, Houdini Sportswear and Kentaur)
AP7 Projektledning, mötesplanering, finansiering administration, rapportering	Aug, 2024 – Aug, 2026	Renasens

Tabell 1. Sammanfattning av arbetspaketet.

5. Resultat och diskussion

Detta projekt fokuserade på att utveckla en återvinningsteknik för polybomull med hjälp av superkritisk koldioxid (scCO₂). Under optimerade tryck- och temperaturregimer fungerar vätskan som ett lösningsmedel som penetrerar textilstrukturen för att extrahera färgämnen och komplexa tillsatser. Inom projektet testades två metoder: (i) kombination av scCO₂ med en jonisk vätska (IV) för att separera polyester och cellulosa där den senare är upplöst och (ii) subkritisk/superkritisk CO₂ som ett alternativ.

Som jonisk vätska användes ett 1-allyl-3-metylimidazoliumacetat ([Amim][Ac]), känt för god cellulosalöslighet. Först utfördes löslighetsmätningar av den joniska vätskan i scCO₂ vid varierande tryck, IV-koncentration och typ/nivå av samlösningsmedel. Därefter optimerades fiber separationsprocessen med hjälp av scCO₂-IV-systemet.

För att kvalitativt definiera råmaterialets och det återvunna materialets sammansättning användes Fouriertransform infrarödspektroskopi (FTIR). Röntgendiffraktion (XRD) utfördes för att bestämma förändringarna i cellulosaens kristallinitet, medan termogravimetrisk analys (TGA) användes för att karakterisera polyesterns termiska egenskaper. Dragprovning utfördes för att utvärdera fibrernas mekaniska egenskaper.

Kristallinitet analysen av den separerade cellulosa och FTIR/TGA/dragprovning av den återvunna polyestern visar goda resultat, vilket bekräftade konceptet. Vi har också undersökt jonisk vätskeåtervinning med hjälp av silver acetat. Resultaten visar att det krävs högt tryck (150 bar) och en betydande mängd lösningsmedel, såsom etanol, för att uppnå tillräcklig lösning av IV i scCO₂. Att återvinna lösningsmedlet är möjligt men kostsamt, och återvinningen av IV visade sig vara komplex och dyr.

Dessa superkritiska experiment ledde oss till att utforska subkritisk/superkritisk CO₂ som ett alternativ, som kräver mycket mindre lösningsmedel för att lösa upp IV, även om IV-kostnaden och återvinningskomplexiteten förblev ett problem. Denna undersökning ledde i sin tur till att vi kombinerade subkritisk/superkritisk CO₂ med specifika reagens för att avlägsna färgämnen och rena bomull och polybomull utan att använda en IL alls.

Genom att kombinera subkritisk/superkritisk CO₂-processen och mekanisk behandling kunde vi separera bomullsfibrer, använda dem för karding och garnspinning och slutligen rundstickning för att producera en prototyp.

Tester av separationsprocess i >80 liter pilotskala och utvärdering av återvunna fibrer har därefter utförts med vår partner med varierande tryck, temperatur och CO₂-flöde.

Inom ramen för detta projekt genomfördes en marknadsstudie för att analysera potentialen och affärskontexten för textilåtervinning, med särskilt fokus på Renasens teknologi. Analysen baserades på NABC-ramverket (Needs, Approach, Benefits, och Competition), utvecklat av Stanford Research Institute, för att ge en strukturerad förståelse av marknadsmöjligheter och utmaningar.

6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Detta projekt uppfyllde sitt mål att påskynda implementeringen av den innovativa återvinningsprocessen för blandade textilier från konsumenter. Olika processparametrar validerades i laboratorie- och pilotskala, vilket gjorde det möjligt för Renasens att investera i en egen pilotanläggning som är under uppbyggnad under 2026. Efter installationen av utrustningen kommer tekniken att optimeras för blandningar av bomull/elastan, polyester/elastan och polybomull/elastan och valideras i en skala på 200 kg tyg/timme.

Resultaten av detta projekt kommer också att gynna textiltillverkare och varumärken genom att möjliggöra teknik för att producera återvunna textilfibrer som kan införlivas i nya produkter. Detta kommer att stödja deras ansträngningar att öka andelen återvunna fibrer i textilier och uppfylla nya regulatoriska krav.

7. Projektkommunikation

Projekresultaten har spridits genom deltagande i möten med relevanta aktörer, samt nationella och internationella branschmässor. I synnerhet bidrog detta projekt till att Renasens vann Global Change Award från H&M Foundation och deltagande i deras Changemaker-program, samt deltagande i Textiles Recycling Expo. Genom det synliggjorde vi projekresultaten och skapade dialog med aktörer i den textila värdekedjan. Målgrupperna har inkluderat varumärken, textilsorterare, utrustningsleverantörer, forskningsorganisationer, offentliga aktörer och beslutsfattare.

Dessa aktiviteter har möjliggjort kunskapsutbyte om tekniska, ekonomiska och regulatoriska förutsättningar för ökad textilåtervinning. De har bidragit till att identifiera samarbetsmöjligheter, få feedback från branschen och utveckla nya idéer för framtida implementering av hållbara lösningar för cirkulära textilier.



RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram som fokuserar på att utveckla cirkulära, resurseffektiva materialflöden. Vårt mål är att uppnå en hållbar materialanvändning där vi håller oss inom planetens gränser.

**RE:
SOURCE**