

Slutrapport

Allmänt om projektet

Projekttitel på svenska	Cirkulär cellulos till framställning av textilfiber
Projekttitel på engelska	Circular cellulose to textile fiber production
Vinnovas diarienummer	2021-02093
Volym (kr) – BioInnovations bidrag och totalt	2 260 000 kr (totalt budget 5 660 695 kr, utfall 5 732 538 kr)
Tidpunkt för start och slut	2021-08-26 till 2023-10-31
Projektledare (person)	Åsa Östlund
Projektledare (organisation)	TreeToTextile AB
Deltagande organisationer	Chalmers Tekniska Högskola, IVL, Stora Enso, TreeToTextile

	Andel män respektive kvinnor som arbetat i projektet	Andel av arbetet (timmar) som utförts av män respektive kvinnor
Män	33%	11%
Kvinnor	67%	89%
Totalt	100 %	100 %

Short summary

The project “Circular cellulose to textile fiber production” was centered around the postdoc, Joanna Wojtasz Mucha, who was employed by Chalmers (Aug 2021-Oct 2023).

The overarching purpose has been to enable a circular and resource-efficient cellulose economy in Sweden. To review various potential streams, a mapping of cellulose rich residues was done, followed by extraction and evaluation in the lab, and the outcoming cellulose pulp was further investigated for textile fiber production. The process data was used in cost analysis and life cycle assessments.

The initial mapping generated a selection of eight streams, which were exposed to extraction in the lab. Out of these materials, the 4 most interesting were further investigated and optimized after initial experiments, ie oat husk, wheat straw, cotton waste and viscose waste.

The project has also been hosting 6 diploma workers at Chalmers and IVL. Apart from the Master Theses derived, also 5 internal reports and 3 manuscripts to be submitted to scientific journals, were achieved. The project has also been presented at 4 conferences, and been benefiting from being partaking in the workshops organized by the research school.

Projektets bidrag till en biobaserad samhällsekonomi

Det övergripande målet har varit att möjliggöra en uppskalad process för textilfiberproduktion baserad på alternativa cellulosarika råvaror tillsammans med TreeToTextiles process, eller en kommersiell process -att möjliggöra en cirkulär bioekonomi.

En gedigen marknadskartläggning har utförts som visar på möjligheterna i svenska avfallsströmmar. Man har också kunnat identifiera att högst marknadspotential finns i havreskal, där logistiken redan existerar (genom

transport till mjölkvarnar där havreskalen sorteras ut), volymerna är relevanta (40 000 ton/år i södra Sverige) och idag ser man inget högre värde än biogas. Detta skulle i fram tiden kunna vara startmaterial till en dissolvingmassa för textila applikationer.

Den inhämtade kunskapen kan öppna för valorisering av dessa alternativa restprodukter på andra sätt för att främja en biobaserad ekonomi.

Joanna Wojtasz Mucha (som var postdoc inom projektet) är nu anställd på TreeToTextile R&D Center som forskare lcke-vedsbaserade massor.

Projektet har levererat ytterligare kunskap och riktning mot FNs mål för hållbar utveckling (SDG) genom a) att främja produktion av textilfibrer från förnybara resurser med hållbar teknologi uppfyller delmålen från SDG 12 och SDG 9, b) fokus på resurseffektivitet bidrar till SDG 6 genom att släppa ut mindre eller inga kemikalier i ekosystemet, c) användning av restströmmar kommer att spara resurser, främja hållbart skogsbruk och biologisk mångfald (SDG 15), d) resurseffektiva processer är också fördelaktiga för klimatåtgärder (SDG 13), e) projektet gynnas av att ha partnerskap längs värdekedjan, som relaterar till SDG 17.

Konkreta resultat och leverabler

Tabellen nedan ger en överblick på vilket olika resultat, insikter och leverabler (dessa är markerade med fet stil under "Results") som kommit ut från projektet från varje Arbetspaket, samt förväntad betydelse på 2-5 års sikt.

Work Packages	Descriptions	Results	Expected impact (within 2-5 years)
1. Mapping cellulose residues	Data (i.e. volumes, availability, etc.) collected from 8 residue streams and representative material. The data collection was processed to suggest a route forward with a set of 4 different residues for Phase 2.	High potential was seen in 8 streams, narrowed down to 4 streams with high market relevance. Internal report on market mapping	Deepened understanding of availability and accessibility of cellulose waste streams.
2. Extraction of cellulose residues into pulps	Optimization of selective extraction and separation processes of the various cellulosic residues includes eg. refining, prehydrolysed kraft, bleaching, or just hydrolysis pretreatments to adjust the chain length of the cellulose. Cellulose properties analyzed together with chemical demand and estimated energy use.	A resource efficient chemically feasible route optimized for each waste stream. Purified cellulose material ready for further use at lab scale and for upscaling studies. Main focus on oat husk and wheat straw. 1 manuscript to be published.	Increased market interest in cellulose waste streams processable for high value products.
3. Validation of pulps by the TTT process	The cellulose pulps generated in WP2 was validated throughout the TTT process: <i>i)</i> cold alkali dissolution under the TTT optimized conditions, <i>ii)</i> wet spinning into textile fibers, <i>iii)</i> and assessed in terms of their mechanical properties.	Only 1 stream was able to process to textile fiber. Internal report from TTT on pulp performance in the TTT process.	Conclusions on potential and restrictions on how the TTT process may contribute into a circular bioeconomy.
4. Dissolution process of pulps	Developed knowledge on extraction and separation processes (in WP2) correlating to how the dissolution mechanism in cold alkali of the pulps differ, to deepen the understanding of the macrostructure and chemical composition depend on cellulose origin and its extraction method, by a combination of solid-state nuclear magnetic resonance (NMR) experiments and X-ray.	Valuable learnings derived. 2 manuscripts to be published.	Increased understanding for the potential and interest in cellulose residues for high value products and in particular within alkaline solution processes.
5. Market relevance	Assessments done of the market relevance of bulk residues, incl. the chemical processability knowhow gained within WP2 and WP3. Also techno-economic feasibility and the sustainability gained by using cellulose rich residues as raw materials.	Verified market relevance and climate impact of the selected cellulose streams. 2 Internal reports	Competitiveness in resource efficient handling of cellulose residues processable for high value products.
6. Education, supervision, and networking	The post doc and the senior project partners representatives have been engaged in the TreeSearch, the Resource smart Research School and the Coordination Project (4, or 2 meetings/year, respectively). The post doc has been supported to be a dedicated mentor for PhD students and has supervised ~6 diploma workers.	Gain knowledge by partaking in discussions, education, and networking activities. 6 Master Theses	Strengthened network with industry, academia, within biobased industries, and securing new recruitments with industrial and research relevance.
7. Project management	The project leader is Åsa Östlund (TTT) and her role involved coordinating meetings, reviewing the internal work, and supporting the reporting to Bioinnovation/Vinnova. The project coordinator partner has been Chalmers due to that the post doc position will be located at Chalmers.	a) Coordinated planned activities, and dissemination; b) Arranged project and reference group meetings; c) reporting to Bioinnovation / Vinnova	Securing a successful and relevant project where results have been implemented in industry.

Utveckling enligt TRL, MRL och SRL

Tabellen nedan visar mognadsgraden för de 2 övergripande fokusområdena och hur de har varit kopplade till olika arbetspaket.

Project objectives (linked to WP activities)	Technology gap transfer (TRL)	Market value proposition gap transfer (MRL)	Sustainability value proposition gap transfer (SRL)
A) To increase the industrial interest in Cellulose rich residues and their market relevance (WP1, WP2, WP3, WP5)	<p>Develop knowledge and experience of efficient extraction and pretreatment processes of cellulose rich residues at a starting point of TRL 3.</p> <p>The TRL has transferred to TRL 5, where cellulose pulps has been extracted and shown to be able to be regenerated into man-made cellulosic fibers both within the TTT technology and viscose in pilot scale, but at very limited volumes.</p>	<p>The four cellulose raw materials process routes have been evaluated by techno-economic analysis including the market availability for sourcing of cellulose streams, thus bringing the technologies from MRL 1 to MRL 2. It can also be seen that within the project period more pilot productions of dissolving pulps from alternative resources globally have expanded.</p>	<p>The sustainability of the developed extraction and pretreatment processes will be assessed bringing the SRL up to SRL 2.</p> <p>An SRL 3 desktop sustainability simulation has been carried out for the most promising process path.</p>
B) To increase potential for cellulose residues in resource efficient processes (WP2, WP4)	<p>Selective industrial pulp cooking and extraction processes will be developed to tailor and optimize the processes to control the pulp properties of the chosen biobased residues. The development within the cooking has transferred the TRL from TRL 3 to TRL 5.</p>	<p>A positive outcome of the process development will create higher value options for the cellulose resources. The developed processes have also allowed a broader base of resources, allowing more circular cellulose to be offered to the market. The MRL will develop from MRL 1 to MRL 2 for specific process chains and include a wider array of raw materials.</p>	<p>Using recovered resources will essentially substitute other material, e.g. virgin resources. SRL development transfer: SRL 1 has moved to SRL 2 as a more detailed analysis have been carried out from the sustainability perspective. LCA have contributed to finding hot-spots in the process for further optimization, but the process in itself is not yet optimized for good climate impact.</p>

Fyll i tabellen	Start	Slut
TRL	3	5
MRL	1	2
SRL	1	2

Resultatens effekter och potential

Vi ser att efterfrågan på "icke-vedbaserade" cellulosa material ökar globalt, vilket hänger ihop med både att öka resurseffektiviteten i avfallsströmmar, samt att frågan med avskogning är stor globalt. Textilindustrin har dessutom vissa "gröna" utmärkelser som rör just frågan om cirkulära och icke-vedbaserade textilier (se exempel <https://hotbutton.canopyplanet.org/>).

Inom projektet kunde Havreskal, vetehalm, bomull och viskos identifieras som potentiella strömmar för framtida marknader och bearbetades för extraktion av cellulosa och omvandlades till en dissolvingmassa. Högst marknadspotential ser man i havreskal, där logistiken redan finns (med leverans från jordbruket till mjölkvarnarna där havreskalen sorteras bort), volymerna är relevanta (40 000 ton/år i södra Sverige) och idag ser man inget högre värde än biogas från denna ström.

Detta postdoc-projekt designades som ett Trainee-program, där relevanta delar kring hållbarhet och uppskalningsfrågan inkluderades i projektet. Detta har lagt förutsättningarna till att postdoc:en fick en god kännedom om bredare omfattning och gjordes attraktiv för vidare anställning inom industrin. Postdoc:en Joanna Wojtasz Mucha är nu anställd på TreeToTextile som Forskare inom icke-vedbaserade massor.

Samhälleliga förutsättningar

Den traditionella skogsindustrins förädlingsprocesser och anläggningar, såsom massabruken, skulle kunna bredda sin användningsgrad för att även kunna inkludera andra cellulosaströmmar, såsom jordbrukets restströmmar. De svenska massabruken idag har dock inte detta i sin strategi, förutom Södra Cell som idag producerar en massa med ursprung från jordbruket.

En svårighet är generellt kring hanteringen av avfallströmmar från andra branscher, då logistiken med insamling och sortering ofta är obefintlig i dagsläget. Även regelverket kring hantering förädling av avfall är problematisk.

Extern synlighet

Förutom de interna möte, workshops och konferenser som ordnats inom Forskarskolan för Resurssmarta processer, så har projektet också representerats på följande sätt:

Poster presentation at Cellulose Fibre Conference (8-9 March 2023)

Oral presentation:

ISWFPC (4-7 July 2023)

EPNOE conferences (18-22 Sep 2023),

Attendance at Cellulose workshop Örnköldsvik (15-16 Nov 2022)

Nominated at MWP Young Researchers Challenge (12-14 Nov 2023)

Nästa steg

TreeToTextile fortsätter internt att titta på huruvida icke-vedbaserade cellulosa råvaror och har i detta syfte anställt Postdoc:en Joanna Wojtasz Mucha

Bilder

Om det finns bilder tillgängliga som kan illustrera projektet, t.ex. för presentation på BioInnovations webb, får dessa gärna skickas till BioInnovation samtidigt som slutrapporten

Uppgifter för statistik

	Nej (kryssa)	Ja (ange antal/värde)	Inom 5 år (gissa antal/värde)
Har projektet lett till publikationer? (<i>manuskript</i>)		3	3
Har projektet lett till patentansökningar?	x		
Har projektet lett till nya eller väsentligt förbättrade produkter?	x		
Har projektet lett till nya eller väsentligt förbättrade processer?		2	4
Har projektet lett till nya eller väsentligt förbättrade värdekedjor?		2	4
Har projektet lett till nya eller väsentligt förbättrade affärsmodeller?	x		2
Har projektet lett till nya intäkter?	x		2
Har projektet lett till utveckling av policy och regelverk?	x		1
Har projektet lett till nya nätverk?		1	
Har projektet lett till följdprojekt? Finansierat av vem? <i>TTT fortsätter främst internt, men kan bli mer samarbeten med akademien igen också.</i>		1	