

# **Mobilt fiberberedningsverk – konstruktion och beredningsförsök**

**Bengt Svennerstedt**  
**Torbjörn Jilar**

Temagrupp Biofiberteknologi,  
Institutionen för Jordbrukets Biosystem och Teknologi (JBT)  
Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp

## **Förord**

En viktig del i den totala produktionskedjan av odlat fiberväxtmaterial är processtekniken. Det skördade och torkade växtmaterialet måste anpassas i så hög grad som möjligt till nästa steg i produktionskedjan nämligen fiberberedningen. För att möta behovet av fiberberedning i landet har Temagrupp Biofiberteknologi vid Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp utvecklat ett småskaligt, mobilt fiberberedningskoncept. Huvudtanken i konceptet är att skapa mobila beredningsenheter, som kan operera i olika delar av landet direkt på platser, där fiberväxtodling sker.

I denna rapport redovisas resultat av det fiberberedningsprojekt, som har bedrivits av Temagrupp Biofiberteknologi, JBT, SLU i Alnarp under 2004-2006 och tillsammans med Kamas Industri AB, Vellinge som partner under 2005-2006. Anders Prahl och Magnus Nilsson, försökstekniker vid JBT har konstruerat och byggt det mobila fiberberedningsverket, som är en prototyp. De har också genomfört huvuddelen av beredningsförsöken. Torbjörn Jilar, professor vid JBT och Jens Erch, vvd, Kamas Industri AB, Vellinge har bidragit med värdefullt tekniskt arbete i projektet. Bengt Svennerstedt, docent och temagruppledare vid JBT har planlagt och lett projektet samt skrivit huvuddelen av rapporten.

Det totala projektet har genomförts med stöd från Länsstyrelsen i Skåne, Stiftelsen lantbruksforskning, Partnerskap Alnarp samt insatser från Kamas Industri AB, Vellinge.

Alnarp, december 2006

Christer Nilsson, Professor

## **Sammanfattning**

För att möta behovet av fiberberedning i landet har Temagrupp Biofiberteknologi vid Inst. JBT, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Alnarp utvecklat ett småskaligt, mobilt fiberberedningskoncept. Huvudtanken i konceptet är att skapa mobila beredningsenheter, som kan operera i olika delar av landet på platser, där fiberväxtodling sker.

Det totala projektet har drivits i ett par etapper under åren 2004-2006. Målet för den senare etappen har varit att kartlägga det mobila fiberberedningskonceptets prestanda både avseende producerade kvantiteter och producerad fiberkvalitet. Projektet har avgränsats mot produktion av kortfiber från industrihampa.

Det mobila beredningsverket fungerar relativt väl. Följande detaljerade slutsatser kan dras:

- \* Beredningsverkets kapacitet beror till största delen på de ingående komponenternas prestanda.
- \* Rationell inmatning till hammarkvarnen erhålles genom att suga in ett upphackat stråmaterial med hjälp av en fläkt.
- \* Prototypanläggningen ger en fiberrenhet, som uppfyller myndigheternas krav redan efter en separeringsomgång utan såll i hammarkvarnen.
- \* Fiberlängden kan styras med hjälp av hammarkvarnens olika sållstorlekar och råmaterialets uppehållstid i kvarnen.
- \* Fiberstyrkan påverkas relativt mycket vid fiberberedning med såll men påverkas inte nämnvärt vid beredning utan såll.

## **Bakgrund**

Hela produktionskedjan för fiberväxter från sortval, odling, skörd, rötning, torkning och fiberberedning till färdig industrifiber kräver mycket kunskap och intresse. Vid odlingen och fiberberedningen utsätts fibrerna för biologiska och mekaniska påfrestningar, som påverkar fibrernas struktur och kvalitet. För att optimalt kunna utnyttja fiberkvaliteten i olika produkter är det särskilt viktigt att kunna prediktera fiberberedningens inverkan. En viktig frågeställning är: Kan fiberberedningen styras så att önskad fiberkvalitet erhålles?

För att möta behovet av fiberberedning i landet har Temagrupp Biofiberteknologi vid Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp utvecklat ett småskaligt, mobilt fiberberedningskoncept. Huvudtanken i konceptet är att skapa mobila beredningsenheter, som kan operera i olika delar av landet direkt på platser där fiberväxtodling sker. De mobila enheterna kan innehåsa av exempelvis maskinföretag (bl. a jordbrukets maskinstationer) och hyras ut till odlarna vid behov. Alternativt kan ett kollektiv av odlare förfoga över ett sådant beredningsverk. På detta sätt kommer beredningsverket till odlaren och bearbetar växtmaterialet på plats istället för att odlaren själv ska transportera växtmaterialet till en stor, stationär anläggning, som är mer komplicerad och investeringskrävande.

## **Syfte**

Projektets huvudsyfte har varit att konstruera en prototypanläggning och utvärdera fiberkvantitet och fiberkvalitet vid bearbetning av bastfibrigt råmaterial i denna anläggning. Det primära målet har varit att kartlägga och dokumentera det mobila fiberberedningskonceptets prestanda samt att dokumentera ett dataunderlag, så att detta kan användas för utveckling av en förbättrad maskinlösning i samarbete med något maskinföretag.

## **Avgränsningar**

Projektet har avgränsats mot produktion av kortfiber från industrihampa genom det valda teknikkonceptet för fiberseparering i hammarkvarn. Den konstruerade prototypanläggningen har utvärderats och provats för fiber- och fröhampa men anläggningen är tänkt att även kunna användas för andra fiberväxter såsom spånadslin. För produktion av långfiber behövs ett annat teknikkoncept, som bygger på fiberseparering i bråmaskiner, där man låter stjälmaterialet brytas vid passering genom ett antal valsar.

## **Material och metoder**

Beredningsverket består av en hammarkvarn med en egenhändigt konstruerad inmatningsdel, en transportfläkt, en cyklon och en rensningsmaskin. Dessa enheter är monterade på ett konventionellt lastväxlarflak varigenom hela anläggningen effektivt kan transporteras till odlarna per lastbil eller traktorvagn för fiberberedning på plats. Beredningen startar med att det skördade, eventuellt rötade och torkade samt hackade växtmaterialet matas in i hammarkvarnen, som sönderdelar materialet i korta längder. Fiberlängderna kan varieras mellan 15-50 mm beroende på storleken av det utbytbara fibersållet.

Efter kvarnen transporteras det slagna materialet i en luftkanal med hjälp av en transportfläkt till rensningsmaskinen. De luftmängder, som behövs för transporten förpassas ut ur systemet

via cyclonen där dammavskiljning sker. I rensningsmaskinen rensas fiber- och vedämnesblandningen i flera steg, så att fiberslutprodukten får så låg andel vedämnen som möjligt.



Figur 1. Prototypanläggningen. Till höger syns behållaren för inmatningsmaterial och hammarkvarnen, i mitten behållaren för fibermaterial och stegrensaren samt till vänster behållaren för vedämnesmaterial.

Prov och tester av anläggningen har genomförts under åren 2004-2006. Växtmaterialet för beredningsförsöken har inhämtats från 1) SLU's provodling vid Lönnstorps forskningsstation, Alnarp, 2) SLU's provodling vid Röbbäcksdalens forskningsstation, Umeå, samt 3) Wrana säteri, Sköllersta. I tabell 1 nedan redovisas data om det provodlade växtmaterialet, som har använts vid beredningsförsöken.

Tabell1. Data om växtprovmaterial.

Plats	Odlings-säsong, år	Hamp-Sort	Odlings-parametrar	Berednings-försök, år
Lönnstorps forskningsstation, SLU, Alnarp	2004	Futura 75	Fast jord, 120/20/60NPKkg/ha 30 kg/ha utsäde	2004
Röbbäcksdalens forskningsstation, SLU, Umeå	2003/2004	Finola	Fast jord, 80/20/60NPKkg/ha 25 kg/ha utsäde	2005
Wrana säteri, Sköllersta	2003/2004	Futura 75	Mulljord, 0NPKkg/ha 20 kg/ha utsäde	2006

För att erhålla ett tillräckligt väl anpassat råmaterial för fiberberedning genomfördes vid forskningsstationen Lönnstorp, SLU, Alnarp hösten 2004 huggning av provodlat hampmaterial med en slätterbalk försedd med dubbelknivar. Det huggna växtmaterialet drogs

manuellt ihop till en sträng varefter materialet bearbetades med en exakthack och blåstes upp i fem förvaringsbehållare placerade på en traktorvagn. Hampmaterialet hackades på detta sätt upp i stamlängder mellan 100-150 mm.

Provmaterialet från Röbbäcksdalens forskningsstation, SLU, Umeå huvudsakligen innehöll frösorten Finola. Det skördades våren 2004. Det höggs med en slätterbalk försedd med dubbelknivar varefter materialet bearbetades med en exakthack och blåstes upp på en traktorvagn. Det transporterades säckvis per bil till Alnarp och innehöll en stor del ogräsmaterial.

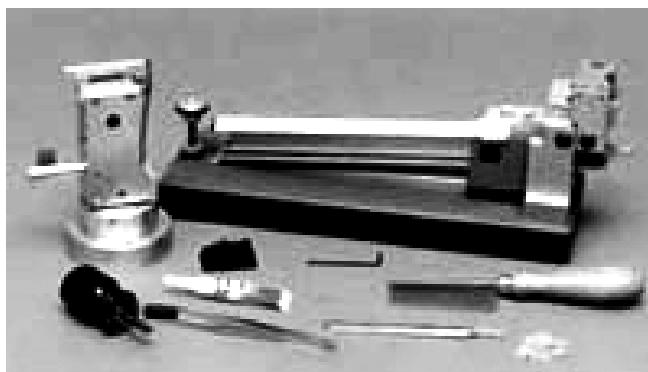
För att komplettera hampprovmaterialet från SLU's försöksodlingar inköptes ett antal fyrkantsbalar från Wrana säteri, Sköllersta i Närke, som transporterades per bil till Alnarp. Detta provmaterial skördades vårvintern 2004 och balades till fyrkantsbalar samt förbearbetades av en lokal entreprenör vid Lomma fjärrvärmeverk, som delade balarna och högg upp hampmaterialet i ca 100 mm stamlängder.

Vid inledande försök med inmatning i hammarkvarnen av odelade, hela fiberstammar konstaterades tämligen snart att det sönderdelade bastfiber materialet snodde in sig i inmatningsdelens roterande delar, vilket omöjliggjorde fortsatt beredning. Den ursprungliga inmatningsdelen ersattes med den ombyggda inmatningsdelen, som bygger på direkt insugning till hammarkvarnen av upphackat växtmaterial.

I den ombyggda prototypanläggningen har försök genomförts med olika kombinationer av såll i hammarkvarnen. Försök med inmatning av upphackat hampväxtmaterial med olika fibersåll med diameter 12, 20 eller 50 mm samt helt utan såll har genomförts. Försöken genomfördes i två omgångar där den första omgången innebar att provmaterialet sögs in i kvarnen utan något såll. Därigenom erhöles en grovseparering av fiber och vedämnen. I slutomgången samlades fiberandelen ihop och sögs på nytt in i kvarnen, som förseddes med ett såll av varierande storlek. Den totala fiberandelen och den totala vedämnesdelen tillsammans med den totala ursprungliga mängden uppvägdes i varje försök.

Fiberstyrkan provades med hjälp av ”Pressley fibre bundle strenght tester, F215”, se figur 2. Fiberproven som Pressleyn testar, består av små fiberknippen som kan väga mellan 1-5mg, med fiberlängden 12 mm. Fiberknippet spänns in i en hållare bestående av två lösa delar. Hållaren fästs i styrkeprovaren. Tyngden släpps loss och får åka ut på hävarmen. Fiberprovet går av när brottvärdet överskrids och styrkevärdet kan läsas av på en skala i pound. Efter det lossas fiberknippet och med hjälp av pincett förs det över till en balansvåg, varefter vikten läses av i mg. Med dessa två värden räknar man sedan ut fibrernas styrka, som anges i MPa. För att få ett tillförlitligt värde på fiberstyrkan måste minst 10 tester utföras på samma material, varefter medelvärde och standardavvikelse räknas fram.

Provning av fiberstyrkan utfördes endast på provmaterial från Röbbäcksdalen, SLU, Umeå före och efter beredning i prototypanläggningen. Endast fiberbuntar från provkörning utan såll och med 50 mm såll kunde styrketestas eftersom fiberlängden inte räckte till för de andra fraktionerna. SLU's provmaterial från Lönnstorp, Alnarp kunde inte styrketestas eftersom det inte kunde torkas tillräckligt snabbt med påföljd att en stor del av fiberstyrkan förlorades. Provmaterialet från Wrana säteri, Sköllersta kunde inte heller styrketestas eftersom ett fel hos Pressleymätaren uppstod, som inte kunde åtgärdas under projekttiden.



Figur 2. Utrustning för fiberstyrkemätning med Pressley fibre bundle strength tester, F215.

Fiberlängdsmätningarna genomfördes för hand genom att tio fiberbuntar per prov togs fram och längdmättes. Medelvärde (MDL) och standardavvikelse (SDL) beräknades för varje prov.

## Resultat

Anläggningens kapacitets mässiga prestanda prövades med det förberedda hampmaterialet från Wrana säteri, Sköllersta. Två försök i form av grovseparering utan såll genomfördes. Det ena resulterade i en kapacitet på 300 kg/tim (100 kg upphackat material bereddes på 20 min). Det andra resulterade i en kapacitet på 360 kg/tim (84 kg upphackat material bereddes på 14 min). Försöken genomfördes med full motoreffekt (37 kW) hos hammarkvarnen. Enligt tillverkaren ligger maxkapaciteten för denna hammarkvarnstyp på ca 500 kg/tim. I tabell 2 visas resultat av tester av anläggningens fibersepareringskapacitet.

Tabell 2. Resultat av tester av anläggningens fibersepareringskapacitet med provmaterial från Wrana säteri.

	Total mängd (kg)	Fibermängd (kg)	Vedämnesmängd (kg)	Damm och spill (kg)	Andel Fiber/vedämne
Försök 1 med 12 mm såll	95	13	72	10	1/5.5
Försök 2 med 20 mm såll	100	15	70	15	1/4.7
Försök 3 med 50 mm såll	84	11	64	9	1/5.8

Av separeringsförsöken konstateras att av 100 kg fibermaterial ger denna prototypanläggning i genomsnitt 15 kg kortfibrigt material, 70 kg vedämne och 15 kg damm. Det innebär ca 15 % fiberandel efter en separeringsomgång.

I tabell 3 visas resultat av fiberrenhetsmätningar för det förberedda hampmaterialet från Wrana säteri, Sköllersta. Resultaten efter den första separeringsomgången utan såll visar på 92.7 % fiber och 7.3 % vedämnen/skävor i fiberdelen, vilket är en mycket god fiberrenhet. Vedämnesdelen innehåller ca 85 % vedämnen/skävor och ca 15 % fiber. Resultaten efter den andra separeringsomgången med såll 12 mm, 20 mm och 50 mm visar på 99.2 %, 99.1 % resp

98.2 % fiber och 0.8 %, 0.9 % resp 1.8 % vedämnen/skävor i de olika fraktionerna. Resultaten i den andra separeringsomgången ger i det närmaste helt vedämnesfri fiber.

Tabell 3. Resultat av fiberrenhetsmätningar för det förberedda hampmaterialet från Wrana säteri, Sköllersta.

	Fibermängd (%)	Vedämnesmängd (%)
Försök1 utan såll (fiberdelen)	92.7	7.3
Försök1 utan såll (vedämnesdelen)	15.0	85.0
Försök 2:1 med 12 mm såll (fiberdelen)	99.2	0.8
Försök 2:2 med 20 mm såll (fiberdelen)	99.1	0.9
Försök 2:3 med 50 mm såll (fiberdelen)	98.2	1.8

I tabell 4 visas resultat av fiberlängdsmätningar av provmaterial från Röbbäcksdalen, SLU, Umeå efter beredning i prototypanläggningen med sållen 50mm och 12 mm.

Tabell 4. Resultat av fiberlängdsmätningar av provmaterial efter beredning i prototypanläggningen (MDL=medelvärde, STD=standardavvikelse)

	Prov 1 (Mdl/Std i Mm)	Prov 2 (Mdl/Std i Mm)	Prov 3 (Mdl/Std i Mm)
Beredning med 50 mm såll	53.8/21.8	49.7/22.6	47.0/18.5
Beredning med 12 mm såll	21.8/7.0	14.8/4.7	14.9/3.9

Vid beredning med 50 mm såll erhöles en genomsnittlig fiberlängd på 50.2 mm, vilket precis motsvarar sållstorleken. Vid beredning med 12 mm såll erhöles en genomsnittlig fiberlängd på 17.2 mm, vilket ligger något över sållstorleken. Detta förklaras av att resulterande fiberlängd styrs dels av sållets håldimension dels av materialets uppehållstid i hammarkvarnen. För fallet med 50 mm såll är uppehållstiden kortare än i det andra fallet, vilket gör att håldimensionen dominerar som styrande faktor.

I tabell 5 visas fiberstyrkeresultat av provmaterial från Röbbäcksdalen, SLU, Umeå före och efter beredning i prototypanläggningen.

Tabell 5. Resultat av fiberstyrkemätningar av provmaterial före och efter beredning i prototypanläggningen (MDL=medelvärde, STD=standardavvikelse)

	Före beredning (Mdl/Std i MPa)	Efter beredning (Mdl/Std i MPa)	Fiberstyrke-Förändring (%)
Beredning utan såll	330/143	340/72	+ 3

Beredning med 50 mm såll	330/143	275/54	- 17
--------------------------	---------	--------	------

Resultaten indikerar en relativt stor försvagning av hampfibern, upp mot ca 20 %, efter beredning med 50 mm såll. Vid beredning utan såll påverkas fiberstyrkan inte nämnvärt.

## Diskussion

Vid JBT/SLU i Alnarp har ett småskaligt, mobilt fiberberedningsverk utvecklats och färdigställts. Anläggningen är en prototyp och är avsedd för beredning av spånadslin och industrihampa. Som första anläggning i sitt slag har den blivit godkänd av Jordbruksverket. Beredningsverket består av en hammarkvarn med en egenhändigt konstruerad inmatningsdel, en transportfläkt, en cyklon och en rensningsmaskin. Dessa enheter är monterade på ett konventionellt lastväxlarflak för lastbil varigenom hela anläggningen effektivt kan transporteras till odlarna för fiberberedning på plats.

Det konstruerade beredningsverket är enkelt till sin uppläggning men det är flera parametrar, som påverkar det slutliga resultatet av beredningsarbetet. Viktiga parametrar är hammarkvarnens effekt, varvtal och inmatningsanordning. Andra parametrar berör transportfläkten och dess kapacitet. Till sist påverkar rensningsmaskinen det slutliga resultatet. Hammarkvarnens effekt och varvtal har direkt inverkan på anläggningens prestanda. Den låga kapaciteten hos prototypanläggningen beror naturligtvis på hammarkvarnens och stegrensarens låga prestanda. Det finns emellertid på marknaden betydligt kraftfullare kvarnar, som kan bidra till att öka anläggningens prestanda avsevärt.

Tillverkning av olika fiberprodukter, såsom fibermattor av non-woven-typ och värmeisoleringskivor ställer krav på fiberlängd. För non-woven mattor varierar maximala fiberlängderna mellan 10-30 mm medan fiberlängderna för värmeisoleringskivor ligger mellan 50-60 mm. Det har visat sig att både råmaterialets uppehållstid i hammarkvarnen och sållens håldimension påverkar den resulterande fiberlängden. Ju större håldimensionen är desto kortare blir uppehållstiden i hammarkvarnen. Resultaten av försöken visar att prototypanläggningen kan producera fiberhalvfabrikat med fiberlängder, som motsvarar de ställda kraven för de exemplifierade produkterna.

När man utvärderar hampfibers styrka i det provade och beredda råmaterialet konstateras att fiberstyrkan ligger på ungefär hälften av normala fiberstyrkevärden för industrihampa. Det provade växtmaterialet kommer till största delen från sorten Finola. Denna sort är en fröhampsort, från vilken man huvudsakligen får hampfrö och endast mindre mängder hampfiber, vilket till viss del förklarar de låga styrkevärdena.

Den använda stegrensaren är en normal rensningsmaskin, som utnyttjas i liknande anläggningar. Vid försöken har det konstaterats att det beredda råmaterialet inte får ha alltför korta stamlängder. Annars kommer det sönderslagna råmaterialet att direkt ramla ner genom rensningsmaskinens galler och rensningen blir mindre effektiv. Konceptet med en första separeringsomgång utan såll ger en hög rensningsgrad (ca 7 vikts-% vedämnesrest) för prototypanläggningen. Goda fiberkvaliteter brukar tillåtas ha maximalt 10 vikts-% vedämnesrest. För att bli auktoriserad fiberberedare av Jordbruksverket krävs en utrustning, som klarar att rensa fiberfraktionen så att vedämnesresten är maximalt 25%.



För att prototypanläggningen skall fungera på avsett sätt behöver man anpassa tidigare steg i odlings- och produktionsprocessen. Det gäller framförallt skörde- och torkstegen. Skörden av industrihampa bör anpassas så att ett upphackat råmaterial i stamlängder mellan 150-200 mm erhålles inför den slutliga separeringsprocessen. Efter skörden bör det upphackade råmaterialet genomgå en snabb och effektiv torkprocess till en fukthalt på ca 15- 20 vikt-%.

### **Slutsatser**

Efter de olika testomgångarna kan man konstatera att det mobila beredningsverket fungerar relativt väl. Följande slutsatser av kvantitets- och kvalitetsanalyserna kan dras:

- \* Beredningsverkets kapacitet beror till största delen på de ingående komponenternas kapacitet/prestanda. Den byggda prototypanläggningen har relativt låg kapacitet men prestandan kan avsevärt förbättras med andra maskiner med högre kapacitet.
- \* Rationell inmatning till hammarkvarnen erhålles genom att suga in ett upphackat stråmaterial med hjälp av en fläkt.
- \* Prototypanläggningen ger en fiberrenhet, som uppfyller myndigheternas krav redan efter en separeringsomgång utan såll i hammarkvarnen. Efter en andra separeringsomgång med såll erhålls i det närmaste helt vedämneshaltig kortfiber.
- \* Fiberlängden kan styras med hjälp av hammarkvarnens olika sållstorlekar och råmaterialets uppehållstid i kvarnen.
- \* Fiberstyrkan påverkas relativt mycket vid fiberberedning med såll men påverkas inte nämnvärt vid beredning utan såll

### **Publikationer och resultatförmedling till näringen**

I följande publikationer har det mobila fiberberedningsverket omnämnts och diskuterats:

Svennerstedt, B. & Jilar, T. 2004. Mobile Fibre Processing Unit (in Swedish). Proceeding of the National Conference "Jordbrukskonferensen". November 23-24<sup>th</sup>, 2004. Uppsala.

Svennerstedt, B. & Svensson, G., 2004. Industrial Hemp – Cultivation, Harvesting, Processing and Market (in Swedish). Swedish University of Agricultural Sciences. FAKTA Jordbruk, Nr 7, 2004. Uppsala.

Wretfors, C. 2005. Cultivation, Processing and Quality Analysis of Fibres from Flax and Industrial Hemp – an Overview with Emphasis on Fibre Quality. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Biosystems and Technology. JBT- Report, Nr 139. Alnarp.

Svennerstedt, B & Jilar T. 2006. Mobile Fibre Processing Unit – Construction and Processing Trials (in Swedish). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Biosystems and Technology. JBT – Report Manuscript. Alnarp.

Information om beredningsverket har dessutom förmedlats till näringen och allmänhet via artiklar i dagspress och fackpress av frilansjournalisten Lars Edling, Malmö. "Alnarp har byggt Sveriges första godkända beredningsverk för industrihampa" är rubriken på en av dessa artiklar, som publicerades i fackpress under 2004.

Under 2004 närmare bestämt den 23.6 2004 arrangerade Temagrupp Biofiberteknologi vid inst. JBT, SLU, Alnarp ett halvdags seminarium på Alnarp om beredning av fiber från industrihampa och spånadslin. Vid seminariet, som besöktes av ett trettio-tal odlare och entreprenörer diskuterades olika skörde-, rötnings- och beredningstekniker. Dessutom visades prototypanläggningen i JBT's verkstad.

Berednings-projektet har under perioden visats och diskuterats vid minst tre större tillfällen dels vid Borgeby fältdagar, 29-30.6 2005 och 28-29.6 2006 dels vid SM/EM i plöjning på Alnarp, 23-25.9 2005. Vid Borgeby fältdagar visades projektet via poster och informationsbroshyrer. Vid plöjningstävlingen på Alnarp arrangerade projektgruppen öppet hus i SLU/JBT's verkstad, där beredningsverket och en mängd olika hampfiberprodukter visades.

Under den totala projekttiden 2004-2006 har intresset för det mobila beredningsverket varit mycket stort. Detta har visat sig genom den stora mängd studiegrupper (uppskattningsvis ca 30 större eller mindre grupper), som har besökt JBT's verkstad, där verket har visats och fiberberedning har diskuterats. Studiebesöken har kommit från olika delar av Sverige men även från Finland, Danmark och Tyskland.