

# Kaņepju/PLA šķiedru sendvičtipa sruktūras neaustā materiāla un tā kompozīta īpašības

Arta Seile<sup>1</sup>, Dana Beļakova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Dizaina tehnoloģiju institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte

**Kopsavilkums.** Pētījumā aplūkotojām kaņepju (60 masas %) un polilaktīda (PLA) (40 masas %) neausto materiālu (NM) paraugiem izstrādāta t.s. *sendvičtipa* struktūra, kur ārējās izgatavotas tikai no PLA šķiedru klājuma kārtām, bet vidus daļā šķiedru klājuma kārtas veido PLA šķiedru atlikums, kas vienmērīgi sajaukts ar kaņepju šķiedrām. NM paraugu izgatavošanas mērķis ir to tālāka pārveide biokompozīta materiālā.

**Atslēgas vārdi:** Kaņepju šķiedras, polilaktīda šķiedras, sendvičtipa struktūra, neaustie materiāli, kompozīti.

## I. IEVADS

Mūsdienās pieaug pieprasījums pēc vieglām konstrukcijām, īpaši autobūvei. Dabīgo šķiedru izmantošana kompozītu materiālos pazemina materiāla masu salīdzinājumā ar ierasti lietoto stikla šķiedru. Tekstilmateriāls, kura sastāvā apvienotas dabīgās šķiedras un polimēra šķiedras (sevišķi, ja tās bioloģiski noārdās kā PLA), ir piemērots arī kompozītu materiālu izgatavošanai, palielinot tekstilmateriālu lietojumu jomas.

2014. gadā ASV no kaņepju šķiedrām ražotu apģērbi, automašīnu detaļas, celtniecības materiāli u.c. līdzīga veida izstrādājumi pārdoti par vismaz 620 miljoniem dolāru (1), 2012. gadā šī summa bija 500 miljoni dolāru (2).

## II. MATERIĀLI

Šajā projektā pētītie NM paraugi un kompozītu paraugi izgatavoti un to fizikālās un mehāniskās īpašības pārbaudītas RWTH Aachen universitātes Tekstiltehnoloģiju institūtā (RWTH ITA). Paraugu izgatavošanai izmantotas RWTH ITA rīcībā esošās kaņepju šķiedras (60 masas %) un PLA šķiedras (40 masas %). Kaņepju šķiedru un polimēra šķiedru attiecība izvēlēta, balstoties uz iepriekšējo RWTH ITA uzkrāto pieredzi ar dabīgām šķiedrām pastiprināto kompozītmateriālu izgatavošanā.

### A. Kaņepju šķiedras

Kaņepes (*Canabis sativa*) ir tradicionāla Eiropas un arī visu Latvijas reģionu agrotehniska kultūra. Latvijas teritorijā kaņepes audzētas jau kopš seniem laikiem, bet intensīvi tās audzēja kolhozos līdz 20. gadsimta sešdesmitajiem gadiem (3). Ilgtspējīgas vides attīstības kontekstā kaņepju izmantošanu dažādu izstrādājumu izgatavošanā veicina vairāki faktori, piemēram, kaņepes ir atjaunojams resurss, tās ir pārstrādājamas un dabā sadalās. Kā agrotehniska kultūra, kaņepes ir augstāzīgas, mazprasīgas pret augsni, uzlabo augsnes sastāvu, tām nav dabīgo kaitēkļu, tās ir izturīgas pret

slimībām. Pateicoties pēdējiem diviem faktoriem, kaņepju audzēšanā nepieciešamība izmantot augu aizsardzības līdzekļus ir minimāla.

Kaņepju stumbru pēc uzbūves var uzskatīt par dabas radītu kompozītu – šķiedru veidojošās elementāršķiedras ar lignīnu un pektīnu savstarpēji savienotas lūksnes šķiedru kūlīšos.

Kaņepju šķiedrās lielāko daļu no kopējā svara aizņem celuloze – šķiedru šūnapvalku galvenā sastāvdaļa, kas nodrošina to stiprību. Atkarībā no kaņepju šķirnes, augšanas apstākļiem, augsnes stāvokļa, šķiedru novākšanas apstākļiem, to pirmreizējās apstrādes un citiem faktoriem celulozes sastāvs variē no 55 % līdz 80 % (4), (5). Daudzie faktori, kas ietekmē celulozes saturu, norāda uz šķiedru ķīmiskā sastāva nestabilitāti.

Kompozītmateriālu izgatavošanas termopresēšanas procesā ir jāņem vērā kaņepju šķiedru termiskā izturība, kas variē no 150 °C (temperatūra, pie kuras šķiedrās sākas degradācija) līdz 200 °C (6).

Paraugu izgatavošanā izmantotās kaņepju šķiedras (1. attēls) piegādāja vācu uzņēmums *BaFa Badische Naturfaseraufbereitung GmbH*, kas nodarbojas ar kaņepju audzēšanu un šķiedru pārstrādi. Paraugu izgatavošanā izmantotās šķiedras uzņēmumā klasificētas kā tehniskās šķiedras ar produkta nosaukumu *Vliesfähige Faser VF6* (7).



1. att. Tehniskās kaņepju šķiedras pirms irdināšanas.

### B. Polilaktīda šķiedras

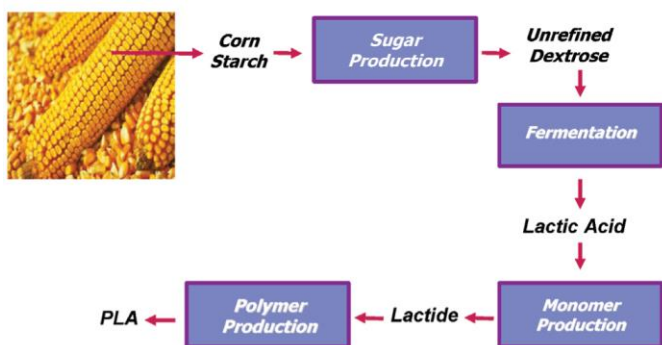
NM izgatavošanas procesā kaņepju šķiedrām piejauca termoplastiskās PLA šķiedras.

PLA ir mākslīgais biopolimērs (8), to veido lineāras makromolekulas, kuru ķēdē ir vismaz 85 masas % pienskābes esteri, kurus iegūst no dabā sastopamiem cukuriem. To kušanas temperatūra ir vismaz 135 °C (9), (10).

2015/10

PLA galvenokārt iegūst no kukurūzas. *Cargill Dow* ražotā PLA ieguve no kukurūzas shematiski parādīta 2. attēlā. No kukurūzas iegūtā PLA polimēra ķēdē cukuri veido abas galvenās komponentes – oglekļa dioksīdu un ūdeni. Cukuri, pateicoties saules enerģijai, veidojas fotosintēzes ceļā un tiek transportēti pa auga iekšpusi. Pēc kukurūzas novākšanas, ražu transportē uz slapjajām dzirnavām, kur kukurūzas ciete tiek atdalīta no citām komponentēm (proteīniem, taukiem, šķiedrām, cukuriem un ūdens). Izmantojot fermentatīvo hidrolīzi ciete pārveidojas glikozē. Pie gandrīz neitrāla pH līmeņa glikoze tiek fermentēta pienskābē.

PLA var iegūt no 3 veidu pienskābes monomēriem. Vairākos literatūras avotos kā efektīvāko metodi pienskābes polimēra sagatavošanai minēta atvērta gredzena polimerizācija (11), (12).



2. att. PLA ieguves shēma (12).

PLA ir kompostējams, bioloģiski saderīgs, kā arī apstrādājams ar standarta ražošanas aprīkojumu (13).

PLA šķiedras (3. attēls) piegādāja uzņēmums *Ingeo* (14). To tehniskie parametri: tips – *SLN 2660D*, specifikācija – 6,0 dx 64 mm x FB, šķiedru smalkums –  $6,5 \pm 0,5$  den, šķiedru garums –  $64 \pm 4$  mm.



3. att. PLA šķiedras pirms irdināšanas.

Eiropā kaņepju tehnisko šķiedru vidējā cena 2012. un 2013. gadā bija 600-800 EUR/t (15) jeb 0,6-0,8 EUR/kg. Eiropas industriālo kaņepju asociācijas publicētajā informācijā minēts, ka 2013. gadā autobūvē un siltumizolācijas ražošanā izmantojamo kaņepju šķiedru (ar 2–3 % spaļu piejaukumu) cena bija aptuveni 0,75 EUR/kg (16).

PLA šķiedru cena bieži ir atkarīga no iepērkamā apjoma, ir novērojama arī cenu atšķirība starp ASV un Eiropu – ASV

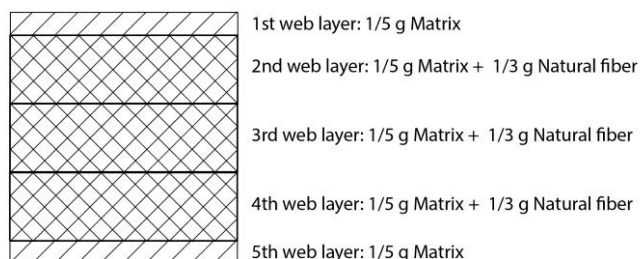
PLA šķiedras nopērkamas par 2,12 EUR/kg, Eiropā par aptuveni 3,3 EUR/kg.

### III. METODES

Lamināts ir viens no kompozītmateriālu veidiem; to veido savstarpēji salīmētas materiālu kārtas. Laminātos bieži izmanto tādus materiālus kā koks, stikls, papīrs un tekstils. Piemēram, lai papīra izstrādājumiem piešķirtu stingumu un aizsargātu no vides ietekmes, tos pārklāj ar laminēšanas plēvi.

#### A. NM izgatavošana

Projektējamo NM struktūru veidoja vairākas šķiedru kārtas, kuras ārējās aizsargāja polimērs. NM dalīšanu kārtās noteica esošo tehnoloģiju iespējas un to īpatnības: lai iegūtu šķiedru klājuma kārtas ar pēc iespējas viendabīgāk sakārtotām šķiedrām, izdevīgāk ir kopējo šķiedru daudzumu sadalīt vairākās vienādās daļās, kas ļauj variēt matricas un kaņepju šķiedru proporcijas. Eksperimentālo NM (4. attēls) veidoja 5 šķiedru klājuma kārtas.



4. att. Neaustā materiāla uzbūves shēma.

Viena parauga izgatavošanai sagatavoja 771 g šķiedru, no tām 339 g bija kaņepju šķiedras un 432 g bija PLA šķiedras. Šķiedru masas proporcionālais sadalījums pa kārtām 1 NM parauga izgatavošanai atspoguļots 1. tabulā.

Daudzfunkcionāla NM izgatavošanas procesa posmi: šķiedru sagatavošana (irdināšana), atbilstošo šķiedru daudzumu nosvēšana, šķiedru sajaukšana ar gaisa kārtošanas metodi, šķiedru klājuma kārtu sagatavošana, šķiedru klājuma kārtu sagatavošana fiksācijai un kārtu nofiksēšana ar mehānisko cauradatošanas metodi, nofiksēto šķiedru klājuma kārtu sakārtošanu atbilstoši izvēlētajai NM uzbūves struktūrai un NM izgatavošana cauradatošanas procesā.

Šķiedru irdināšanu veica izmantojot *TRÜTZSCHLER CVT3 1200* iekārtu, kurā paralēli izkārtoti veltņi irdina ieejā padotās šķiedras atbilstoši 1. tabulā parādītajiem tehnoloģiskajiem parametriem. Iekārtai pievienotajā vertikālajā vakuuma tunelī kaņepju šķiedras sajauc ar PLA šķiedrām un formēja klājuma kārtas. Lai NM izgatavošanas gaitā nezaudētu kvalitāti (tas var notikt atsevišķu šķiedru klājuma kārtu bojājumu rezultātā), kārtu struktūru fiksēja cauradatojot: 1. kārtu cauradatoja kopā ar 2. kārtu, 4. kārtu ar 5. kārtu. 3. šķiedru klājuma kārtu cauradatoja atsevišķi. Šādi no 5 sākotnēji sagatavotām šķiedru klājuma kārtām pēc cauradatošanas ieguva trīs šķiedru klājuma kārtas.

Šķiedru klājuma cauradatošanu veica ar RWTH ITA laboratorijā esošo *DILO LBM 6* cauradatošanas iekārtu ar vienu adatu galdu, kas pārvietojas vertikāli. Cauradatošanai

izmantoja uzņēmumā *GROZ-BECKERT* ražotās linu apstrādei paredzētas adatas *15X18X25X3 ½ R333 G 3007*. Iekārtas regulējuma rokasgrāmatā norādīts adatu garums: 3 ½" (lielākais izmērs, kāds iespējams šai iekārtai); divu metāla plātņu spraugas atstatums jāiergulē, lai abas plātnes būtu paralēlas: materiāla padeves pusē pa kreisi – 24 mm, pa labi – 24 mm, gatavā materiāla izvades pusē pa kreisi – 25 mm, pa labi – 30 mm, adatu darba dziļums – 7 mm.

NM izgatavošanas laikā trīs iepriekš fiksētās šķiedru klājuma kārtas beigu procesā cauradatoja kopā ar to pašu iekārtu, kas lietota šķiedru klājuma fiksācijai (*DILO LBM 6*), izmantojot tās pašas *GROZ-BECKERT* adatas, manuāli iestatot sekojošus parametrus: atstatums starp abām metāla plātnēm materiāla padeves pusē pa kreisi – 24 mm, pa labi – 24 mm, gatavā materiāla izvades pusē pa kreisi – 25 mm, pa labi – 30 mm un adatu darba dziļums – 10,5 mm.

#### B. Kompozīta izgatavošana

No NM paraugiem termopresēšanas procesā pie konstanta laika, spiediena un temperatūras ieguva kompozītmateriālu paraugus. RWTH ITA laboratorijā esošā C prese sastāv no divām ar sildelementiem aprīkotām horizontālām plātnēm, katrai sildvirsmi iespējams iestatīt vēlamu temperatūru, kā arī spiedienu ar kādu abas virsmas tiek saspiestas. Šī pētījuma ietvaros iekārtas darba parametrus noteica eksperimentāli, par pamatu ņemot iepriekšējo RWTH ITA pieredzi kompozītmateriālu izstrādē: spiediens abu plātņu saspišanai – 3,75 bar, paraugu izturēšanas ilgums – 15 min. Temperatūras izvēle kompozītu izgatavošanai ir atkarīga no polimēra kušanas temperatūras, eksperimentā abām sildvirsmām tā bija 162 °C.

#### IV. REZULTĀTI

Kopā izgatavoti 5 paraugi NM (A, B, C, D un E), sākotnēji no katra parauga izcirstas 6 NM paraugu sloksnes, katras sloksnes platums 50 mm un garums 300 mm. No katra NM parauga 3 sloksnēm izgatavoti kompozīta materiāla paraugi. Kompozīta materiālu paraugu platums 50 mm, platums variē no 232 – 244 mm.

NM paraugu virsmā un šķēsgriezuma ārmalās dominē PLA, uz materiāla virsmām cauradatošanas procesa virzienā labi redzamas adatu dūrienu pēdas kā regulāras formas, ar regulāru intervālu atkārtotās iedobes. Autobūvē izmantotajiem NM, atkarībā no materiāla pielietojuma, virsmas blīvums variē no 100 – 1400 g/m<sup>2</sup> (17). Kaņepes/PLA NM virsmas blīvums variē robežās no 792 līdz 959 g/m<sup>2</sup>. Stiepes testā pārbaudītajiem NM paraugiem robežstiprība variē no 0,04 – 0,1 MPa, šo paraugu materiāla pagarinājums variē no 28,68 – 39,40 %. Stiepes testā pārbaudīto NM sloksņu paraugu materiāla pagarinājuma un pieliktās slodzes

savstarpējā atkarības attēlojums diagrammās redzams 5. att. Testos tika pārbaudīti NM paraugi, kas izcirsti gan mašīnas (diagrammās parauga marķējumam AA03 pievienots papildmarķējums A1, A3, B1, B3, C1, C2, E1 un E3), gan perpendikulāri mašīnas darba virzienam (diagrammās parauga marķējumam AA03 pievienots papildmarķējums A5, B5, C5, D5 un E5). Diagrammās redzama perpendikulāri mašīnas darba virzienam izcirsto paraugu sloksņu nosliece iegūt lielāku materiāla pagarinājumu, kas panākta ar mazāku sloģojumu.

Gatavie kompozītu materiālu paraugi bija kaņepju šķiedru krāsā, baltās PLA šķiedras termopresēšanas procesā izkususa un kļuva caurspīdīgas. Materiāla virsmā bija saskatāmas dažādos virzienos izkārtotās kaņepju šķiedras.

Kompozīta materiālu virsmas blīvums variēja robežās no 836 g·m<sup>-2</sup> līdz 956 g·m<sup>-2</sup>, paraugu, kas izcirsti mašīnas darba virzienā, stiepes robežstiprība, (diagrammās parauga marķējumam AA03 pievienots papildmarķējums A2, A4, B2, B4, C2, C4, E2 un E4), variēja no 19,27 MPa līdz 34,03 MPa, relatīvais pagarinājums – no 2,23 % līdz 2,68 % (2. tabula un 5. attēls). Kompozīta materiāla paraugu stiepes robežstiprības atšķirība starp mazāko un lielāko vērtību sasniedza 14,65 MPa, saglabājot vienmērīgi stabilu materiāla pagarinājumu.

Sawpan *et al.* (18) izstrādāja polilaktīda šķiedru kompozīta materiālus, kas armēti ar kaņepju šķiedrām. Pētījuma ietvaros mainīta kaņepju šķiedru proporciju kompozīta materiāla sastāvā, kur kaņepes veido 10 masas %, 20 masas % un 30 masas %. Secinājumos par veiksmīgāko atzīts kompozīta materiāls ar kaņepju šķiedru proporciju 30 masas % (PLA/Hemp30), materiāls uzrādīja 65,92 ± 5,10 MPa augstu stiepes robežstiprību pie 1,51 ± 0,21 % materiāla pagarinājuma.

No katra kompozīta materiāla parauga vienai sloksnei (kompozīta materiāla marķējumam AA03 pievienots papildmarķējums A6, B6, C6, D6 un E6), kas izcirsta pretēji mašīnas darba virzienam, noteikta 3 punktu lieces robežstiprība. Tā variēja no 0,42 MPa līdz 0,67 MPa ar atbilstšo pagarinājumu robežās no 0,03 % līdz 0,04 % (3. tabula). 3 punktu liecē pārbaudīto kompozīta materiāla sloksņu virsmas blīvums variēja robežās no 815,59 g·m<sup>-2</sup> līdz 894,75 g·m<sup>-2</sup>.

#### PATEICĪBA

Autore izsaka pateicību RWTH Aachen universitātes Tekstiltehnoloģiju institūtam par doto iespēju izgatavot NM un kompozīta paraugus un veikt izgatavoto materiālu paraugu pārbaudes.

1. TABULA

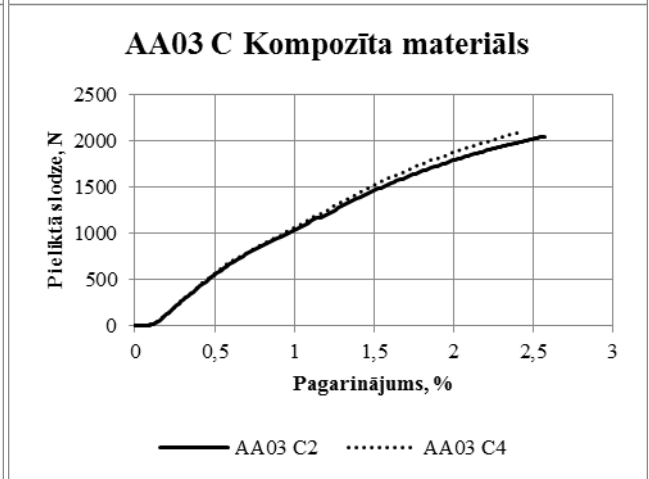
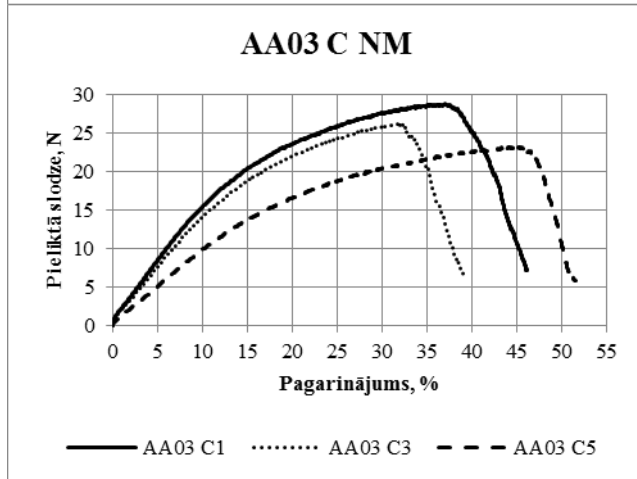
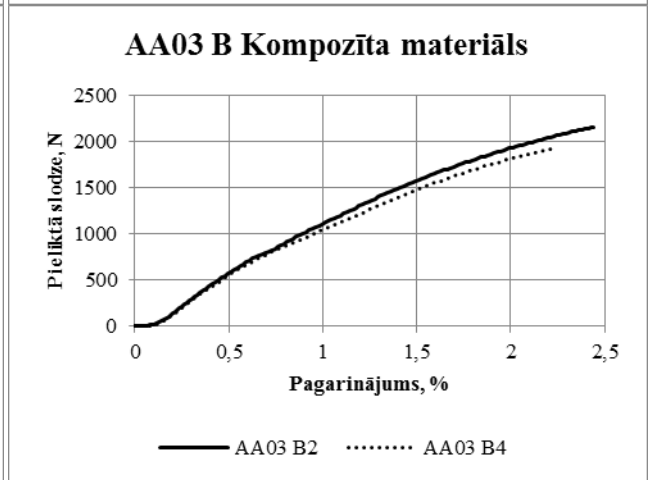
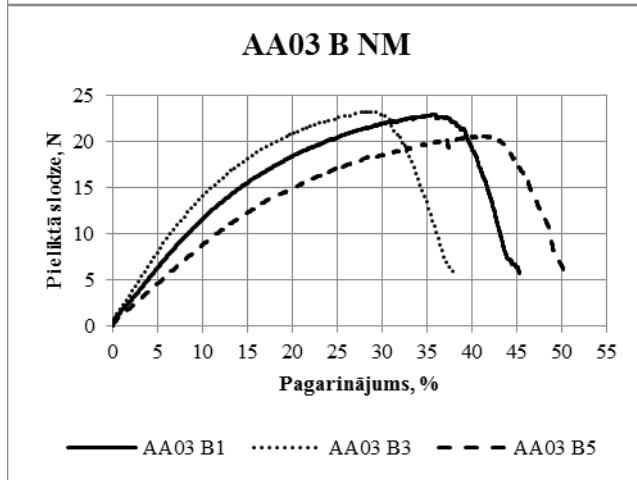
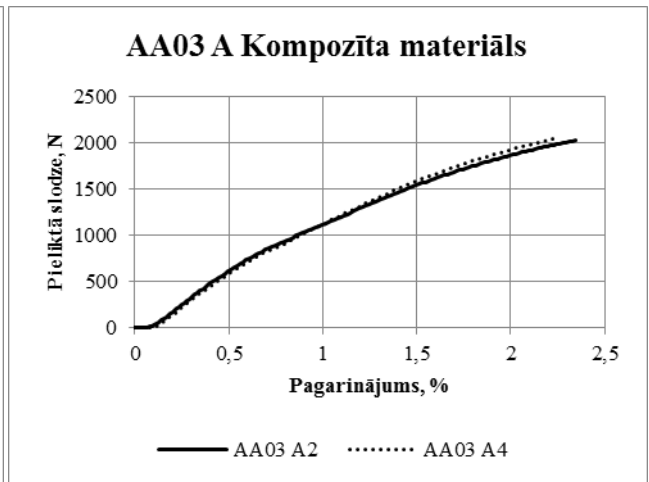
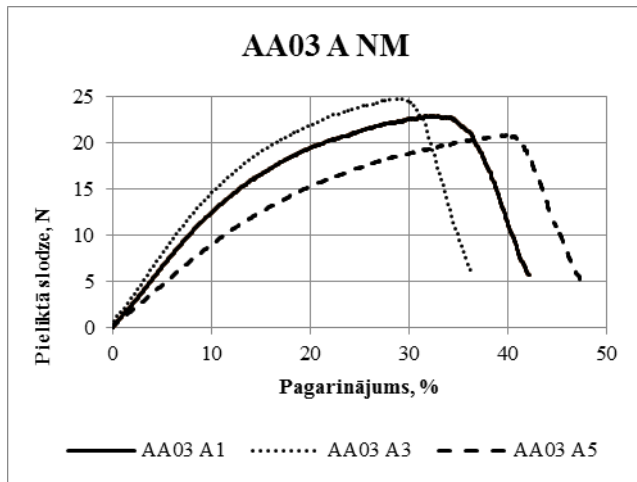
KAŅEPJU/PLA NM 1 PARAUGA IZGATAVOŠANAI NEPIECIEŠAMĀ ŠĶIEDRU PROPORCIJAS MASA

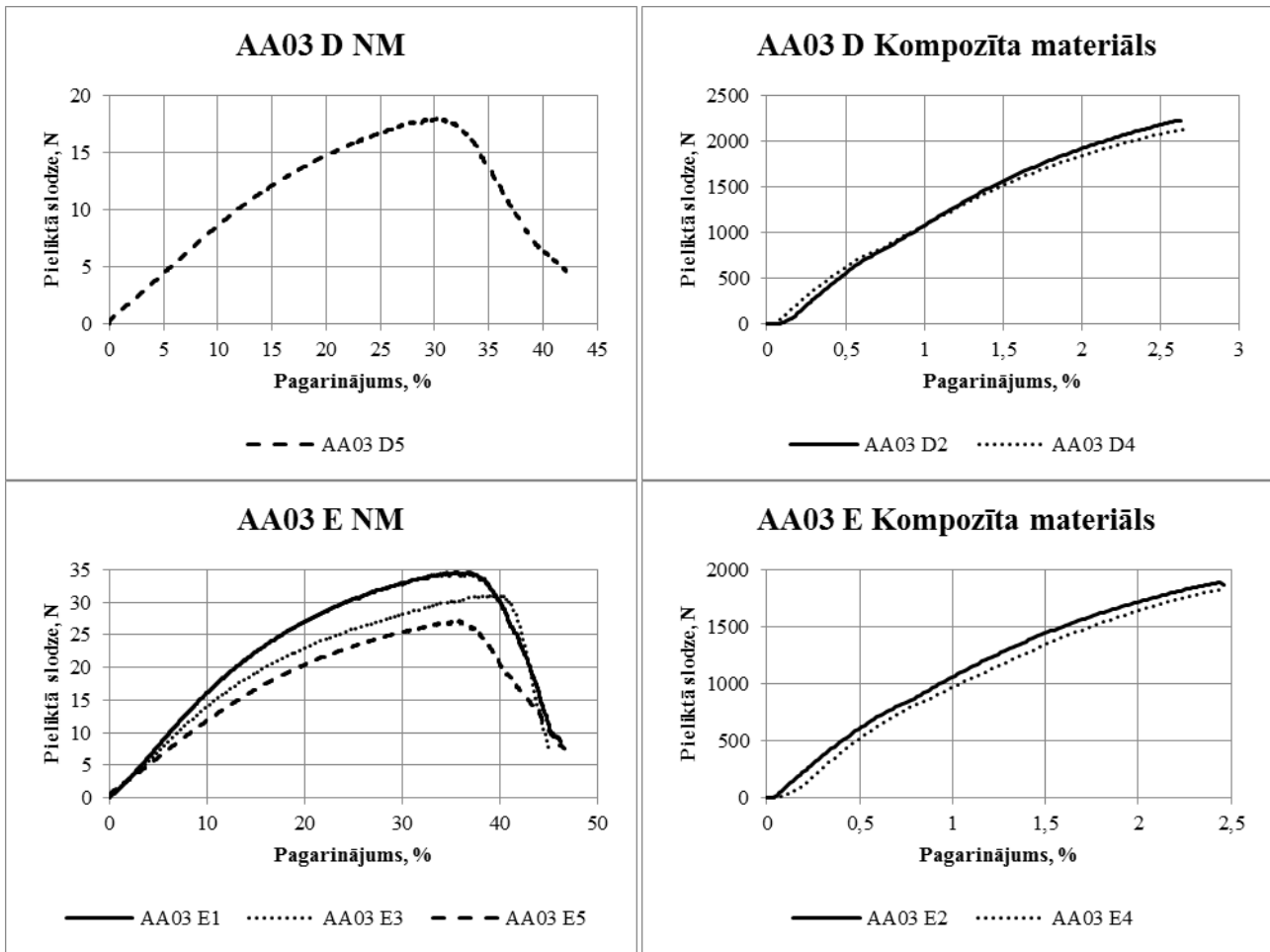
N.P.K.	Šķiedru klājuma kārta	Šķiedru veids		Kopā (g)	Šķiedru sajaukšanas reižu skaits	Šķiedru sajaukšanas reižu skaits klājuma iegūšanai
		Kaņepes (g)	PLA (g)			
1.	PLA		87	87	0	1
2.	Kaņepes/PLA	113	86	199	2	1
3.	Kaņepes/PLA	113	86	199	2	1
4.	Kaņepes/PLA	113	86	199	2	1
5.	PLA		87	87	0	1
Kopā (g):				<b>771</b>		

2. TABULA

KAŅEPJU/PLA NM UN KOMPOZĪTU MATERIĀLU STIEPES TESTU REZULTĀTI

Paraugu grupas kods	Sloksnes kods	Parauga šķērsgrīzuma laukums	Neaustie materiāli					Kompozīti				
			Virsmas blīvums (mA)	Robežstiprība (F <sub>max</sub> )	Pārrāvuma slodze (F <sub>bruch</sub> )	Robežstiprības pagarinājums (e F <sub>max</sub> )	Pagarinājums pēc pārrāvuma slodzes (e Bruch)	Virsmas blīvums (mA)	Robežstiprība (F <sub>max</sub> )	Pārrāvuma slodze (F <sub>bruch</sub> )	Robežstiprības pagarinājums (e F <sub>max</sub> )	Pagarinājums pēc pārrāvuma slodzes (e Bruch)
			mm <sup>2</sup>	g·m <sup>-2</sup>	MPa	MPa	%	%	g·m <sup>-2</sup>	MPa	MPa	%
AA03_A	A1	443,65	894,69	0,05	0,01	31,79	42,20					
AA03_A	A3	422,83	918,05	0,06	0,01	28,68	36,28					
AA03_A	A5	434,70	848,95	0,05	0,01	40,24	47,34					
AA03_A	A2	81,60						905,05	24,79	24,79	2,34	2,34
AA03_A	A4	90,68						886,71	22,70	22,70	2,26	2,26
AA03_B	B1	461,25	891,19	0,05	0,01	35,88	45,39					
AA03_B	B3	410,43	873,48	0,06	0,01	29,43	37,99					
AA03_B	B5	381,45	792,09	0,05	0,01	41,64	50,67					
AA03_B	B2	72,73						882,94	29,64	29,64	2,44	2,44
AA03_B	B4	83,85						889,43	22,93	22,93	2,23	2,23
AA03_C	C1	440,45	958,71	0,07	0,02	37,08	46,19					
AA03_C	C3	439,05	923,72	0,06	0,01	31,66	39,14					
AA03_C	C5	434,95	892,47	0,05	0,01	45,63	51,56					
AA03_C	C2	59,98						896,79	34,03	34,03	2,58	2,58
AA03_C	C4	79,23						936,91	26,44	26,44	2,43	2,43
AA03_D	D5	415,00	796,67	0,04	0,01	30,69	42,39					
AA03_D	D2	66,23						956,03	33,64	33,64	2,63	2,63
AA03_D	D4	65,63						909,43	32,48	32,48	2,68	2,68
AA03_E	E1	350,90	891,31	0,10	0,02	35,63	46,24					
AA03_E	E3	358,70	848,46	0,09	0,02	39,40	45,07					
AA03_E	E5	345,55	858,93	0,08	0,02	35,69	47,10					
AA03_E	E2	98,08						836,21	19,27	18,99	2,44	2,46
AA03_E	E4	71,55						873,15	25,57	25,57	2,46	2,46





5. att. Kaņepju/PLA NM un kompozīta materiāla sloksņu paraugu materiāla pagarinājuma un pieliktās slodzes savstarpējās atkarības attēlojums diagrammās.

3. TABULA

KAŅEPJU/PLA KOMPOZĪTU 3 PUNKTU LIECES REZULTĀTI

Paraugu grupas kods	Sloksnes kods	Kompozītmateriāli					
		Parauga šķērs griezuma laukums	Virsmas blīvums (mA)	Lieces robežstiprība (F <sub>max</sub> )	Lieces pretestība (s <sub>ij</sub> )	Lieces modulis (E <sub>f</sub> )	Lieces robežstiprības pagarinājums (e)
		mm <sup>2</sup>	g·m <sup>-2</sup>	MPa	MPa	GPa	%
AA03_A	A6	24,79	815,59	0,57	49,83	2,95	0,03
AA03_B	B6	38,24	885,39	0,42	34,90	2,08	0,03
AA03_C	C6	26,67	859,84	0,57	33,42	1,43	0,04
AA03_D	D6	33,93	894,75	0,49	39,93	1,95	0,04
AA03_E	E6	23,09	825,67	0,67	39,51	1,90	0,03

## V. SECINĀJUMI

Dati par kaņepju šķiedru saturošo apģērbu, automašīnu detaļu un celtniecības materiālu pārdošanu ASV 2013. un 2014. gadā liecina par šajā valstī pieaugošu pieprasījumu.

Atbilstoši kompozītu mehāniskajiem pārbaudes rezultātiem un vizuālajam izskatam, kaņepju tehniskās šķiedras ir piemērotas izmantošanai kompozītu izgatavošanā – armatūras funkcijas pildīšanai, PLA šķiedras – matricas funkcijai. Pētījuma ietvaros izstrādātais kaņepju/PLA kompozīts izpilda EP direktīvā 2009/28/ec noteiktās normas pēc izmantoto šķiedru sastāva, lai tas varētu tikt izmantots automašīnu uzbūvē. Šāda kompozīta izejmateriāli ir iegūstami no ikgadēji atjaunojamajiem resursiem.

Izstrādātā NM kaņepes/PLA virsmas blīvums (792,09–958,71 g·m<sup>-2</sup>) atrodas autobūvē visbiežāk izmantoto NM virsmas blīvuma amplitūdā (100–1400 g·m<sup>-2</sup>).

Abi (NM un kompozītmateriāls) paredzēti izmantošanai autobūvē. Tāpēc, ņemot vērā dažādos trokšņu avotus, kas darbojas gan uz un no automašīnām, izstrādātajiem materiāliem būtu nepieciešams veikt skaņas absorbcijas un izolācijas pārbaudes.

Salīdzinot iegūto kaņepju/PLA kompozīta materiālu, kurā kaņepju šķiedras veido 60 masas %, ar PLA/kaņepes (PLA/Hemp30) kompozīta materiālu (kaņepju šķiedras veido 30 masas %), pēdējam materiālam stiepes robežstiprība ir augstāka un materiālu pagarinājums īsāks. Starp abiem materiāliem ir ievērojama šķiedru proporcijas atšķirība; pēdējam materiālam izejvielu pašizmaksa ir augstāka – izmaksas par nepieciešamajām PLA šķiedrām pieaug, par kaņepju šķiedrām samazinās.

Tika secināts, ka PLA šķiedrām piemīt nepieciešamās īpašības, lai tās atzītu par piemērotām kompozītu izgatavošanā, bet to cena kavē plašāku izmantojumu. PLA cena, salīdzinājumā ar citām līdz šim bieži izmantotām polimēra šķiedrām, piemēram, polipropilēna šķiedrām, ir augstāka.

Automašīnu konstruktīvajos elementos izmantotajiem materiāliem nepieciešamas labas mehāniskās īpašības, polsterējumā – augstas skaņas izolācijas un absorbcijas īpašības, vizuāli atsegtajām interjera detaļām – augsta nodilumizturība. Šajā projektā izstrādātā kompozīta kaņepes/PLA īpašību pilnvērtīgākai novērtēšanai nepieciešams atrast vispiemērotāko pielietojuma vietu.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

1. 2014 Annual Retail Sales for Hemp Products Estimated at \$620 Million. *Noteikumi* [tiešsaiste]. Hemp Industries Association, 12.03.2015. [skatīts 11.10.2015.]. Pieejams: <http://www.thehia.org/HIAhemppressreleases/3346472>
2. Randal, Fortenbery, T., Mick, B. Industrial Hemp: Opportunities and Challenges for Washington [tiešsaiste]. Washington State University, 2014 [skatīts 11.10.2015.]. Pieejams: <http://ses.wsu.edu/wp-content/uploads/2015/02/WP2014-10.pdf>
3. *Pamatinformācija un vispārīgi ieteikumi kaņepju audzētājiem* [tiešsaiste]. Latvijas industriālo kaņepju asociācijas sagatavots materiāls. 2011. gada februāris. 1–3 lpp. [skatīts 2.09.2013.]. Pieejams: [http://lathemp.lv/wpcontent/uploads/2010/11/Ieteikumi\\_audzetajiem\\_2011\\_LIKA.pdf](http://lathemp.lv/wpcontent/uploads/2010/11/Ieteikumi_audzetajiem_2011_LIKA.pdf)
4. Marrot, L., Lefeuvre, A., Pontoire, B., Bourmaund, A., Baley, C. Analysis of the hemp fiber mechanical properties and their scattering (Fedora 17).

*Industrial Crops and Products* 51 (2013), pp. 317–327.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.09.026>

5. Shahzad, A. Hemp fiber and its composites – a review [tiešsaiste]. *Journal of Composite Materials* 2012, vol. 46, no. 8, pp. 973–986, <http://dx.doi.org/10.1177/0021998311413623>
6. Placet V. Characterization of the thermo-mechanical behaviour of Hemp fibres intended for the manufacturing of high performance composites. *Composites: Part A* 40 (2009) pp. 1111–1118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2009.04.031>
7. BaFa Badische Naturfaseraufbereitung GmbH [tiešsaiste]. [skatīts 08.01.2015.]. Pieejams: <http://www.bafa-gmbh.de/weiterv.htm>
8. Johnson, R. M. Biopolymers, Smithers Rapra, 14 p. [tiešsaiste]. [skatīts 29.07.2013.]. Pieejams: <http://site.ebrary.com/id/10236793?pgd=12>
9. *Noteikumi par tekstilšķiedru sastāva norādīšanu tekstilizstrādājumu marķējumā* [tiešsaiste]. MK Noteikumi Nr. 722 [skatīts 1.08.2013.]. Pieejams: <http://likumi.lv/doc.php?id=106684>
10. *Directive, for the purposes of adapting to technical progress, Annexes I and II to Directive 96/74/ EC of the European Parliament and of the Council on textile names* [tiešsaiste] Eiropas Komisijas Direktīva 2004/34/EK (2004. gada 23.marts) [skatīts 1.08.2013.]. Pieejams: <http://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb087f8f-9732-4c3e-a810-9e93e35adde4/language-en/format-PDF/source-5039172>
11. Johnson, R. M. Biopolymers, Smithers Rapra, 14 p. [tiešsaiste]. [skatīts 29.07.2013.]. Pieejams: <http://site.ebrary.com/id/10236793?pgd=12>
12. The Sustainability of Nature Works™ Polylactide Polymers and Ingeo™ Polylactide Fibers as an Update of the Future. Initiated by the 1st International Conference on Bio-based Polymers (ICBP 2003), November 12 – 14 2003, Saitama, Japan. *Macromolecular Bioscience*, pp. 551–564.
13. Södergård, A., Stolt, M. Industrial production of high molecular weight poly (lactic acid). *Poly (lactic acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications*, edited by Auras R., Lim L.-T., Selke S. E. M. and Tsuji H., 2010 John Wiley & Sons, Inc., pp. 27.
14. Nature Works™ [tiešsaiste]. [skatīts 8.02.2015.]. Pieejams: <http://www.natureworksllc.com/news-and-events/press-releases/2005/2-1-05-natureworks-llc-is-new-name.aspx>
15. Tomsone, I. Spriez par linu un kaņepju tirgu. [tiešsaiste]. Lauku tīkls- [skatīts 11.10.2015.]. Pieejams: <http://www.laukutikls.lv/spriez-par-linu-un-kanepju-tirgu>
16. Carus, M., Karst, S., Kauffmann, A., Hobson, J., Bertucelli, S. The European Hemp Industry: cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds. 2013. gada marts, informācija atjaunota 2013. gada jūnijā [tiešsaiste]. European Industrial Association [skatīts 11.10.2015.]. Pieejams: <http://eiha.org/media/2014/10/13-06-European-Hemp-Industry.pdf>
17. "Clothes make the man" – and nonwovens make the car [tiešsaiste]. Grozbeckert. Newsletter 4 2011. [skatīts 13.11.2013.]. Pieejams: [http://news.groz-beckert.com/pages/en\\_n4\\_nonwovens\\_in\\_cars.php5](http://news.groz-beckert.com/pages/en_n4_nonwovens_in_cars.php5)
18. Sawpan, M.A., Pickering, K.L., Fernyhough, A. Hemp Fibre Reinforced Poly (lactic acid) Composites. *Advanced Materials Research*. Vol. 29–30 (2007), pp. 337–340. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.29-30.337>



**Arta Seile** has a Bachelor's degree in Mechanical and Instrumental Engineering and Engineering degree in Mechanics (2009), Institute of Transport Vehicle Technologies, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Riga Technical University. She has also obtained Master's degree in Engineering Sciences (2011) specializing in Material Design and Technology at the Institute of Textile Materials Technologies and Design, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University. Since 2012 she is a PhD student at the Institute of Design Technologies.

Work experience: 2013-2014 researcher in RWTH Aachen, ITA; 2012 architect technician at SIA *JT Studio*; 2004-2009 assistant architect SIA *Z4*.

Address: Ķīpsalas Str. 6, LV-1048, Riga, Latvia.

E-mail: [artaseile@gmail.com](mailto:artaseile@gmail.com)



**Dana Belakova, PhD.**

Fields of research: work methods of designing, estimation of time standards, improvement of estimation of working time in sewing companies. Since 2003 she is working as a researcher and an Assistant Professor at the Institute of Design Technologies, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University.

Address: Institute of Design Technologies, Riga Technical University, Kipsala Str. 6, Riga, LV-1048, Latvia.

E-mail: Dana.Belakova@rtu.lv

#### **Arta Seile, Dana Belakova. Properties of Hemp/PLA Nonwoven Material and Composite with Sandwich-Type Structure**

In order to reduce the fuel consumption of vehicles, one of the solutions is the replacement of constructive elements of existing cars to more lightweight constructions. Lightweight constructions may be obtained by processing plant fibres of natural origin into composites, for example, hemp fibres. Use of the natural fibres facilitates the implementation of EP Directive 2009/28/ec. Within the framework of this project nonwoven multi-layer material was made from hemp and polylactide (PLA) fibres. Nonwoven was made with the purpose to obtain a composite from it. All nonwoven and composite samples made were produced and tested at the Institute of Textile Technology, RWTH Aachen University. The proportion of fibres used for making nonwoven was hemp fibres 60 wt% and PLA fibres 40 wt%. Before working the fibres into nonwoven they were prepared: loosened with the airlaid technology, smoothly mixed and then fibre web layers were made. A mechanical fibre linking method was used for fixing the web layers of the prepared fibres – needle punching method. In total, 5 nonwoven samples were obtained, 6 strips were cut from each sample (300 × 50 mm); 4 strips were cut out towards the machine direction and 2 strips perpendicular to the machine direction. A part of the samples cut out towards the machine direction were used to make composites with a thermal press. Geometrical parameters were determined and tensile strength checked for nonwoven and composite strip samples. Furthermore, 3 point bending test was performed for composites.

#### **Арта Сейле, Дана Белякова. Структура нетканого материала типа `сэндвич` из волокон полилактида/конопли и свойства композита**

Для того, чтобы снизить потребление топлива автомобилями, предлагается замещение конструктивных элементов существующих автомобилей на более лёгкие конструкции. Лёгкие конструкции получаются при встраивании в композиты растительных волокон натурального происхождения, к примеру, конопляных волокон. Использование натуральных волокон также осуществляется в соответствии с директивой 2009/28/ес Совета Европы. В данном проекте был разработан многослойный нетканый материал из конопляных и полилактидных волокон, изготовленный с целью получения из него композита, что и было достигнуто. Все образцы нетканого материала и композита в рамках проекта изготовлены и проверены в Институте текстильных технологий Университета RWTH Aachen. Пропорция волокон, использованных для изготовления нетканого материала, следующая: конопляные волокна: 60 wt%, полилактидные волокна: 40 wt%. До встраивания волокон в нетканый материал они были подготовлены – разрыхлены при помощи аэродинамического устройства. С помощью этого же устройства волокна были равномерно перемешаны. В результате, были изготовлены слои волоконной завесы. Для фиксации подготовленных слоёв волоконной завесы использован механический метод увязки волокон – иглопробивание иглами, встраивание всех зафиксированных слоёв волоконной завесы в нетканый материал с помощью иглопробивания иглами. Всего получено 5 образцов нетканого материала. Из каждого образца вырезано 6 полос 300 × 50 мм, из которых 4 полосы вырезано по направлению работы машины, а 2 полосы – перпендикулярно направлению работы машины. Некоторые образцы, вырезанные по направлению работы машины, использованы для изготовления композитов с помощью термопресса. Для образцов полос нетканого материала и композита были определены геометрические параметры, проверена прочность на разрыв. Для композитов была дополнительно проведена также проверка на изгиб в трех пунктах.