

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr.4

Nosaukums

Slāņains koksnes kompozītmateriāls ar racionālu struktūru un palielinātu īpatnējo lieces nestspēju

(2. posms 01.04.2015. – 31.12.2015.)

projekta vadītāja

Kārlis Rocēns

vārds, uzvārds,

Dr. habil. sc. ing.

zinātniskais grāds

RTU Būvniecības un rekonstrukcijas institūts

Institūcija

ieņemamais amats

Vadošais pētnieks

Kontakti

Tālrunis

22023321

E-pasts

rocensk@latnet.lv

2.2. Projekta Nr. 4 mērķi

(Norāda projekta mērķi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu) un informāciju par mērķa sasniegšanu/izpildi)

Projekta mērķis: Slāņainu slodzi nesošu koksnes kompozītmateriālu izveide ar racionālu struktūru

4. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 4-A

Slāņainu slodzi nesošu koksnes kompozītmateriālu izveide ar racionālu struktūru (standarta saplākšņa plātnēm ir neracionāls materiāla izvietojums pa plātnes augstumu, un slāņainu materiālu uzbūve ļauj variēt ar materiāla izvietojumu pa plātnes augstumu), kas nodrošina palielinātu īpatnējo lieces nestspēju (nestspēju uz masas vienību), samazinātas izmaksas, materiālu un enerģijas patēriņu, salīdzinot ar tradicionāli lietotajiem koksnes materiāliem (Latvijas Republikas patents Nr. 14519).

Tiks iegūts jauna veida materiāls-konstrukcija ar speciālām šūnu tipa dobām ribām un saplākšņa vai cita materiāla apšuvumiem. Šīm plātnēm ribojuma uzbūve ļauj variēt ar lieces stingumu koksnes kompozītmateriāliem pretēji standarta saplākšnim vai arī esošajām sendvičkonstrukcijām, kuriem šī iespēja ir ierobežota.

Tiks piedāvāti konkrēti ribojumu risinājumi, parādīta īpatnējā un absolūtā nestspēja, un salīdzināti šie lielumi ar standarta risinājumiem (saplākšņa loksnēm, sendvičtipa paneļiem). Tiks izstrādātas metodikas šādu plātņu struktūras projektēšanai un pielietošanai.

Piedāvātais risinājums dod iespēju regulēt plātņu lieces nestspēju un samazināt koksnes patēriņu plātnes šķēlumu mazāk noslogotajās daļās, tādēļ ir nepieciešams izstrādāt aprēķina metodiku materiāla struktūras projektēšanai, lai harmonizētu liektu elementu šķēluma piepūļu lauku ar izstrādātā materiāla struktūras pretestības lauku.

Pēc projekta realizēšanas būs iespējams nelielos apjomos sākt ražot eksperimentālas partijas ribotām plātnēm ar šūnu tipa dobu ribojumu un izstrādāt ražošanas tehnoloģiju lielu apjomu ražošanai. Šāda veida materiāls var tikt plaši pielietots mēbeļu izgatavošanā, mašīnbūvē, kā arī civilajā būvniecībā, vienlaicīgi paverot iespējas analizēt pielietošanu arī daudzstāvu koka ēku būvniecībā. (Projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 4-A).

Otrajā posmā turpināta aprēķinu metodikas izstrāde plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām. Balstoties uz šī projekta ietvaros speciāli izstrādātu programmu MATLAB vidē, kurā tiek automātiski ģenerēts kods ANSYS APDL programmēšanas valodā, tādējādi paverot iespēju aprēķināt plātņu stingumu atkarībā no materiālu raksturlielumiem un struktūras ģeometrijas,

noteikta lieces nestspēja plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un balstījumu perpendikulāri ribojuma virzienam. Gadījumos, kad nodrošināts stings savienojums starp ribām un apšuvumu, rezultāti praktiski neatšķiras no eksperimentāli iegūtajiem.

Izstrādāta metodika bīdes un stiepes robežstiprības noteikšanai speciāliem paraugiem šaurai līmes šuvei starp saplākšņa virsmu un malu. Eksperimentāli pārbaudīti vairāk kā 300 paraugi. Iegūtie rezultāti paver iespēju modelēt lieces nestspēju plātnēm ar balstījumu paralēli ribojuma virzienam, ievērtējot struktūras ģeometriskos un deformatīvos raksturlielumus.

Uztaisīta iekārta šūnu tipa dobo riba un plātņu izgatavošanai. Izgatavotas un pārbaudītas vairāk kā 10 plātnes ar šūnu tipa dobām ribām. Veikta plātņu īpatnējās lieces nestspējas skaitliska noteikšana plātnes garenvirzienā. Detalizētāka informācija par iegūtajiem rezultātiem mērķa sasniegšanas izpildē atspoguļota 4 publikācijās un 2 patentos.

Izvirzītā mērķa sasniegšanai nepieciešamais pētījumu apjoms 2. posmā izpildīts pilnībā.

Galvenie projekta rezultatīvie rādītāji:

Publicēti raksti starptautiski zinātniskos žurnālos:

1. J. Sliseris, H. Andrae, M. Kabel, O. Wirjadi, B. Dix, B. Plinke. "Estimation of Fiber Orientation and Fiber Bundles of MDF". Materials and Structures, 2015, ISSN 1359-5997, 1-10 lpp. <http://link.springer.com/article/10.1617%2Fs11527-015-0769-1>

Publicēti raksti starptautiski zinātnisko konferenču rakstu krājumos (ar uzstāšanos attiecīgajās konferencēs):

1. G. Frolovs, K. Rocēns, J. Šliseris "Comparison of a Load Bearing Capacity for Composite Sandwich Plywood Plates" 10. starptautiskā zinātniski praktiskajā konference "Vide. Tehnoloģija. Resursi" Rēzekne, 18.06. – 20.06.2015. <http://journals.ru.lv/index.php/ETR/article/download/633/609>
2. G. Frolovs, K. Rocēns, J. Šliseris "Glued Joint Behavior of Composite Plywood Plates with Cell Type Core" 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012048>
3. A. Kukule, K. Rocēns "Prediction of Moisture Distribution in Closed Ribbed Panel for Roof" 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012034>

Patenti:

1. LV14979 „Ribotu plātņu izgatavošanas paņēmieni” (K. Rocēns, A. Kukule, Ģ. Frolovs, J. Šliseris, Ģ. Bērziņš) (LV patentu valde oficiālais vēstnesis 20.06.2015, 785. lpp <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20150620.pdf>
2. LV15083 “Ribotas kompozītplātnes izgatavošanas paņēmieni un iekārta, izmantojot tās centrālā nesošā slāņa veidošanai gofrētu sagatavju sistēmu uz koksnes bāzes” (K. Rocēns, Ģ. Frolovs, A. Kukule, J. Šliseris) (LV patentu valde oficiālais vēstnesis 20.12.2015., 1749. lpp. <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20151220.pdf>

Iesniegti sekojošie abstrakti vai pilna teksta publikācijas, kas apstiprināti starptautiski zinātniskajām konferencēm 2016. gadā:

1. Apstiprinājums dalībai ar 3 referātiem 12th international conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques” in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016

- a. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Shear and tensile strength of narrow glued joint depending on orientation of plywood plys
 - b. Kukule A., Rocens K., Lukasenoks A., Frolovs G. Change of Moisture Distribution in Ribbed Plate with Different Opposite Surface Temperatures
 - c. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Deformation process numerical analysis of T-stub flanges with pre-loaded bolts.
2. Apstiprinājums dalībai ar 3 referātiem International Conference “Advanced Construction” in Kaunas, Lithuania on 6-7 October, 2016
 - a. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Stress state analysis of plates with cell type ribs under loading.
 - b. Kukule A., Rocens K. Determination of Moisture Distribution in Ribbed Plates Induced by the Temperature Gradient
 - c. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Non-linear buckling analysis of steel frames

Vadītie promocijas darbi:

1. Ģ. Frolovs “Koksnes kompozītmateriālu racionālu struktūru un konstrukciju elementu aprēķini”;
2. A. Kukule “Plātņu saplākšņa ribojuma darbs mainīga mitruma apstākļos”.

Aizstāvētie maģistra darbi:

1. I. Ucelniece “Sniega slodzes ietekme uz pārsegumiem atkarībā no to formas” (vad. D. Serdjuks, Ģ. Frolovs);
2. A. Žukovska-Kečedži, „Vēja iedarbes uz dažādu formu pārsegumiem izpēte” (vad. D. Serdjuks, A. Kukule).

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

1. Projekta pārstāvji ir piedalījušies visās rīkotajās VPP IMATEH sanāksmēs par projekta norises gaitu un ar īstenošanu saistītajiem jautājumiem.
2. Valsts pētījumu programmas ietvaros rīkotā konference IMST 2015 (30.09. – 02.10.2015.).
3. Seminārs “Sadarbības iespēja ar vācu uzņēmumu MC Bauchemie” (10.11.2015.).
4. Seminārs “Pētījumi un darbības virzieni projekta rezultātu komercializācijai. Informācija LZA pārstāvjiem” (27.11.2015.).
5. Seminārs “Saplākšņa ribotu plātņu lieces nestspējas izpētes progress. Diskusija ar industrijas pārstāvjiem” (11.12.2015.).

IMATEH mājaslapā ir ievietota detalizēta informācija par 4. projekta norisi (<http://imateh.rtu.lv/slanains-koksnes-kompozitmaterials-ar-palietinatu-ipatnejo-lieces-nestspeju/>).

2.3. Projekta Nr. 4 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz divas A4 lapas)

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
<i>1. Izstrādāt lieces nestspējas aprēķinu metodiku un veikt konceptuālas eksperimentālās pārbaudes plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām (uzdevuma beigās 2016. g. 2. ceturksnī).</i>	<i>Aprēķinu metodika lieces nestspējas noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un balstījumu perpendikulāri ribojuma virzienam, līmes šuves bīdes un stiepes robežstiprība šaurai šuvei starp saplākšņa</i>

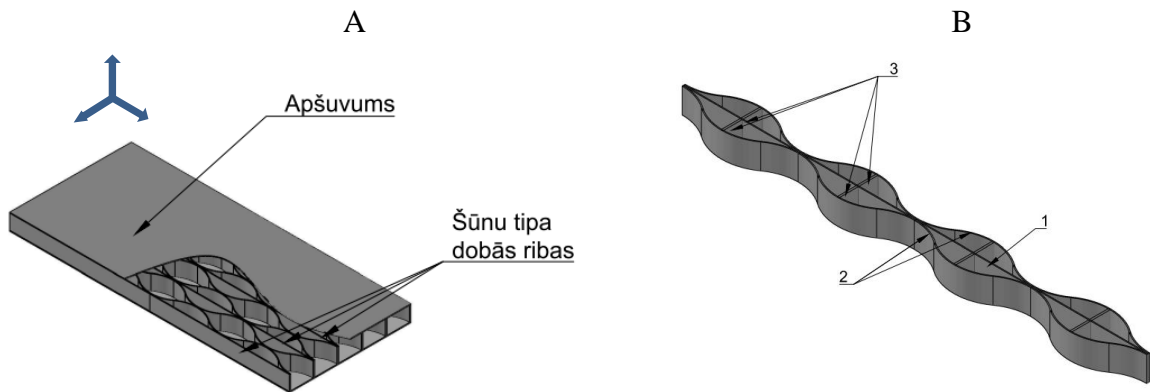
	<p><i>virsmu un malu. Konceptuālie plātņu lieces nestspējas analītiskie un eksperimentu rezultāti (balstījums perpendikulāri ribojuma virzienam).</i></p>
<p>MATLAB vidē izstrādāta programma, kura automātiski ģenerē ievades faila kodus ANSYS ADPL programmēšanas valodā, lai varētu modelēt saplākšņa plātnes ar šūnu tipa dobām ribām uzvedību (darbu) lieces gadījumā. Lai nodrošinātu iespēju adekvāti modelēt plātnes struktūru un uzvedību lieces gadījumā atkarībā no nepieciešamās nestspējas, ir noteikti šauras līmes šuves stiepes un bīdes robežstiprības un robeždeformāciju lielumi trim dažādiem saplākšņa biežumiem un divām loksnes ārējo lobskaidu šķiedru orientācijām. Parādīts, ka līmes šuves platumam praktiski nav ietekme uz tās robežstiprību, un iegūtie rezultāti pakļaujas normālā sadalījuma likumam (kopā pārbaudīti vairāk kā 300 paraugi). Parādīts, ka līmes slāņa bīdes un stiepes stiprības vērtību izkliedi ietekmē saplākšņa lobskaidu šķiedru orientācija. Līmēšanas spiediens atkarīgs no attiecības starp lobskaidu slāņiem, kuru šķiedras orientētas perpendikulāri līmes šuvei, un slāņiem, kuru šķiedras orientētas paralēli līmes šuvei – jo lielāka šī attiecība, jo lielāks ieteicamais līmēšanas spiediens. Noteikti līmes šuves robežstiprības bīdē un stiepē raksturlielumi gadījumiem, kad ārējo lobskaidu šķiedru orientācijas virziens atbilst ribojuma novietojuma tehnoloģiski izdevīgākajam gadījumam. Noteikts līmēšanas spiediens – $0,5 \pm a$ MPa (a – starpība starp vidējo aritmētisko un vidējā aritmētiskā ticamības intervāla augšējo un apakšējo robežu, kas ir atkarīga no izvēlētas varbūtības jeb ticamības līmeņa vērtības). Līmes slāņa vidējais bīdes robežstiprības lielums ir $7,18 \pm a$ MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – $0,63 \pm a$ mm. Līmes slāņa vidējais stiepes robežstiprības lielums – $3,53 \pm a$ MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – $0,14 \pm a$ mm.</p> <p>Veicot konceptuālas pārbaudes plātnēm četru punktu liecē (EN 789), tika pārbaudītas vairāk kā 10 plātnes ar šūnu tipa dobām ribām (biezumi 25; 50 un 100 mm). Noskaidrots, ka plātnes īslaicīgā sloojuma gadījumā plātņu izlieces ir proporcionālas pieliktās slodzes lielumam un skaitlisko aprēķinu rezultāti praktiski sakrīt ar eksperimentāli iegūtajiem (balstījums perpendikulārs ribu virzienam). Sloojot vienāda biezuma plātnes ir novērojama maza rezultātu izkliede, slodzes-izlieces līknes praktiski sakrīt.</p>	
<p><i>2. Izstrādāt īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodiku plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un noteikt īpatnējās nestspējas vērtības ribojumam ar tipiskākajām ģeometrisko parametru vērtībām (uzdevuma beigās 2016. g. 3. ceturksnī).</i></p>	<p><i>Aprēķinu metodika īpatnējās lieces nestspējas (nestspējas uz masas vienību) noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, ja plātne balstīta perpendikulāri ribām).</i></p>
<p>Īpatnējā lieces nestspēja skaitliski noteikta plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, atkarībā no plātnes biezuma un dobās ribas ģeometriskajiem parametriem. Salīdzinātas plātņu ar šūnu tipa dobām ribām, kas sastāv no a) ribu taisno daļu veidojošās sloksnes un viļņoto daļu veidojošām sloksnēm, b) tikai ribu viļņoto daļu veidojošajām sloksnēm vai c) tikai taisnām ribām, un ekvivalenta biezuma masīvā saplākšņa īpatnējās nestspējas. Ribotajām plātnēm salīdzināts arī dažāds biezums ribu taisno daļu veidojošajām sloksnēm.</p> <p>Konstatēts, ka ribu viļņoto daļu veidojošās sloksnes ārējo lobskaidu šķiedru orientāciju un ģeometrisko parametru ietekme uz plātnes stingumu gadījumam, kad plātne balstīta perpendikulāri ribu garenvirzienam, ir nebūtiska.</p> <p>Ja riboto plātņu biezums mazāks par 1/20 no plātnes laiduma (plātnes balstītas perpendikulāri ribas garenvirzienam), īpatnējā nestspēja praktiski sakrīt visām aplūkotajām ribotajām plātnēm, savukārt palielinot plātņu biezumu virs 1/20 no plātnes laiduma,</p>	

<p>vislielākā īpatnējā nestspēja ir plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām.</p> <p>Izstrādātā aprēķinu metodika paver iespēju salīdzināt dažādu ribojumu efektivitāti uzdotās nestspējas nodrošināšanai un noteikt īpatnējo lieces nestspēju, kas raksturo materiāla patēriņu atbilstošam ribojuma veidam.</p>	
<p>3. Izgatavot plātņu modeļus ar tipiskākajām šūnu tipa dobām ribām un tos eksperimentāli pārbaudīt liecē, un noteikt īpatnējo lieces nestspēju, materiālu un enerģijas izmaksas (uzdevuma beigās 2017. g. 2. ceturksnī).</p>	<p><i>Uztaisīta iekārta plātņu un ribojuma sagatavju izgatavošanai. Izgatavotas un eksperimentāli pārbaudītas vairāk kā 10 plātnes.</i></p>
<p>Uztaisīta iekārta ribojuma un plātņu izgatavošanai. Slogošanai izmantots hidrauliskais domkrats (50 kN). Pieliktā spēka mērīšanai izmanto dinamometru, kas dod iespēju izmērīt līmēšanas spiedienu ar precizitāti $\pm 0,01$ MPa.</p> <p>Iekārtas kustīgā plakne nodrošina vienmērīgu spiediena sadalījumu pa iekārtas nekustīgo plakni. Iekārtā var izgatavot plātnes ar izmēriem 1500×850 mm, biezums līdz 250 mm.</p> <p>Izmantojot izgatavoto iekārtu, salīmētas dobā ribojuma sagataves, kā arī pirmā eksperimentālā partija (vairāk kā 10 plātnes) ar trīs dažādiem plātņu biežumiem (25; 50 un 100 mm). Veicot izgatavoto plātņu novērtējumu pēc līmes sacietēšanas, plātņu samešanās nav konstatēta.</p> <p>Uztaisītā iekārta ļauj vienkārši izgatavot dažāda biezuma (līdz 250 mm) plātnes, un novērtēt izgatavošanas tehnoloģisko īpatnību ietekmi uz formas stabilitāti un plātnes lieces uzvedību uzņemot slodzes, tādējādi paverot iespējas piedāvāt konstruktīvā koksnes materiāla izmantošanas efektivitātes vispārīgai izvērtēšanai.</p>	

2.4. Projekta Nr. 4 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

*(Novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo rezultātu zinātnisko un praktisko nozīmību, kā arī rezultātu praktisko lietojumu (lietišķiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamās risinājumus, turpmākā darba virzienus. **Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas**)*

<p>Turpināta 1. posmā uzsāktā lieces nestspējas aprēķinu metodikas izstrāde.</p> <p>Plātnes lieces nestspējas aprēķinu metodikas pamatā ir šī projekta ietvaros speciāli MATLAB vidē izstrādāta programma, kura automātiski ģenerē ievades faila kodus ANSYS ADPL programmēšanas valodā, kurā tiek parametriskā veidā definēta plātnes ģeometrija, robežnosacījumi un mehānisko īpašību raksturlielumi. ANSYS galīgo elementu aprēķinu modulis, izmantojot šo kodu, izskaitļo plātnes stingumu un spriegumu-deformāciju lauku, tādējādi tiek uzģenerēta datubāze ar rezultātiem par plātņu stingumu un stiprību atkarība no plātņu ģeometrijas. Šo iegūto datubāzi tālāk izmanto, trenējot mākslīgo neironu tīklu, kurš savukārt ir sastāvdaļa optimizācijai, kas veikta ar ģenētisko algoritmu.</p> <p>ANSYS ADPL programmā tiek izšķirti divi gadījumi – plātnes uzvedība, kad balstījums perpendikulārs ribu virzienam un kad paralēls ribu virzienam. Kā rāda lieces eksperimenti, pirmajā gadījumā plātnes deformējas lineāri elastīgi līdz pat sagrūšanai, bet otrajā gadījumā lineāri elastīgā stadija beidzas pie aptuveni 30% no graužošanas slodzes, līdz ar to rēķinot plātnes stingumu nepieciešams ievērtēt nelineārās līmes šuves un saplākšņa materiāla mehāniskās īpašības, kuras saistītas ar plaisu veidošanos līmes šuvēs un to apkārtņē. Nelineārās uzvedības aprēķinu modelis var tikt izmantots arī projektējot racionālas enerģiju-vibrāciju slāpējošas konstrukcijas.</p>



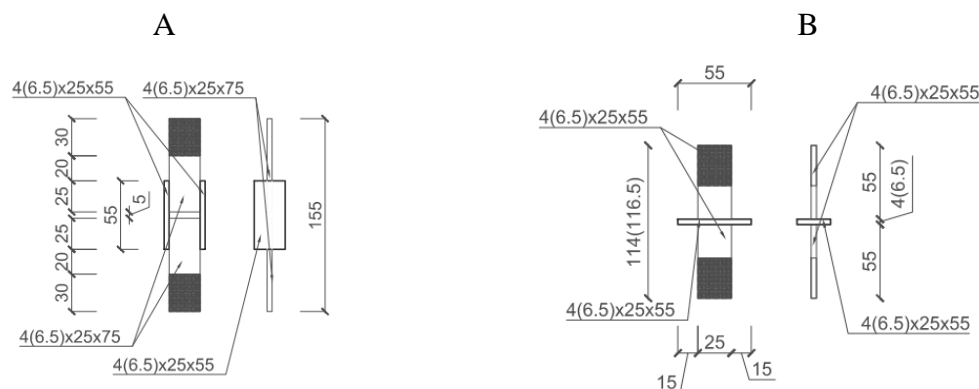
1. attēls. Plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūra. A - plātnes struktūra; B - Vienas šūnu tipa dobās ribas ar ielīmētām koksnes šķērslīstēm struktūra. 1 – Dobās ribas taisno daļu veidojošā sloksne; 2 – Dobās ribas viļņoto daļu veidojošā sloksne; 3 – šķērsribu veidojošās līstes.

Plātnes modelē divos līmeņos. Pirmajā līmenī tiek detalizēti modelēti saplākšņa elementi (ribas un apšuvumi) un to kopdarbība, izmantojot čaulu tipa SHELL181 galīgos elementus, kas balstīts uz Kirchoff-Love (liektajām ribām ar plānu biezumu) vai Mindlin-Reissner teoriju (biezajiem saplākšņa elementiem). Otrajā līmenī ribas (un siltumizolācija, ja nepieciešams) tiek aizstātas ar vienu homogenizētu slāni (biezums vienāds ar ribu augstumu), kura anizotropās īpašības tiek iegūtas, izmantojot rezultātus no pirmā līmeņa aprēķina un skaitliskās homogenizēšanas pamatpieejas. Aplūkojot plātņu lieces darbību perpendikulāri ribu virzienam, homogenizētajam vidusslānim tiek noteiktas arī nelineārās īpašības, t. i., elastības moduļa un bīdes moduļa atkarība no slodzes lieluma. Aprēķinu veicot ar homogenizēto vidusslāni, sarežģītas ģeometrijas gadījumā izmanto galīgo elementu metodi un plātņu galīgo elementu, kas balstīts uz Reissner- Mindlin šķērsdeformāciju teoriju. Ja ģeometrija un robežnosacījumi ir relatīvi vienkārši, izmanto analītiskos atrisinājumus plātnes lieces diferenciālvienādojumam, kas iegūts trīs slāņu plātnei un balstīts uz Reissner- Mindlin šķērsdeformāciju teoriju.

Līmētā savienojuma nelineāro uzvedību, kura jāievērtē modelējot plātnes uzvedību virzienā, kas perpendikulārs ribu virzienam, tiek izmantots kohēzijas galīgais elements, kurš ievērtē arī plaisu veidošanos līmes slānī. Šajā gadījumā tas realizēts ar INTER20X galīgajiem elementiem, kas simulē atdalīšanās procesu līmes šuvē. Aprēķinā tiek definēta līmes šuves atvēršanās platums δ . Šo elementu izmantošana cieši saistīta ar nelineārajiem aprēķiniem. Līmes šuves atvērums tiek sadalīts normālajā δ_n un tangenciālajā δ_t komponentē. Tiek definēti arī maksimālie normālspriegumi σ_{max} un maksimālie tangenciālie spriegumi τ_{max} . Kohēzijas zonas modelis tiek aprakstīts ar eksponenciālām sakarībām (TB,CZM,,,,EXPO) un programmā ievadīti nepieciešamie dati (TBDATA,1, σ_{max} , $\bar{\delta}_n$, $\bar{\delta}_t$,), ja izmanto INTER20X elementus.

Tika veiktas eksperimentālās pārbaudes aprēķinu modelim nepieciešamo konstanšu noteikšanai. Abos gadījumos (stiepes un bīdes īpašību noteikšanai) tikai izveidot speciāli paraugi, kuri apraksta šauras saplākšņa šuves savienojumu ar saplākšņa virsmu. Abi paraugu veidi veidoti tā, lai būtu iespējams izmantot stiepes slogošanas iekārtu. Paraugiem, tos

slogojot, reģistrēti mērījumi slodzei un stiepes iekārtas žokļu pārvietojumam, reģistrējot datus saglabājamā formātā. Lai noteiktu bīdes stiprību izveidots paraugs ar dubultu pārlaidumu. (2. att. A) Starp abiem ribu veidojošajiem elementiem izveidota 5 mm sprauga. Pārlaidumu veidojošais saplākšnis pielīmēts simetriski ar vienādu pārlaidumu uz abām pusēm. Izgatavošanai izmantota polivinilacetāta “Vincents Polyline” ražotā ūdensizturīgā PVA D3 līme, kas nodrošina ūdens izturīgu savienojumu saskaņā ar D3 klasifikāciju pēc EN 204.

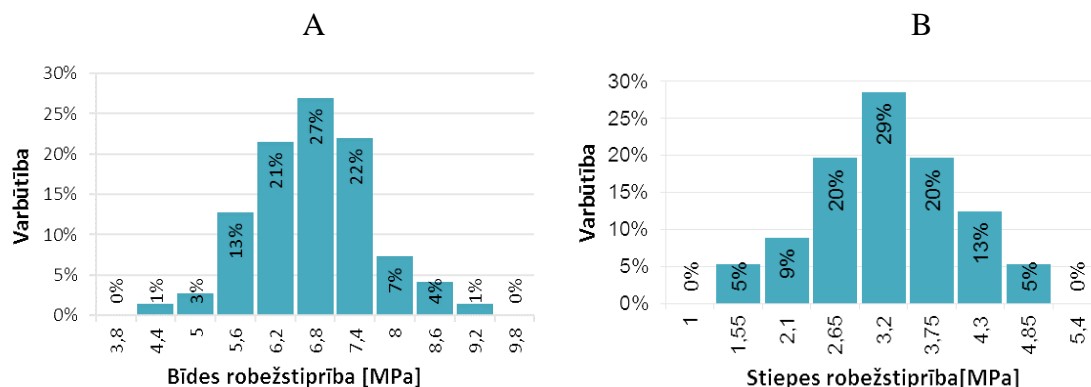


2. attēls. Speciāli izveidotie paraugi šaura līmētā savienojuma robežstiprības noteikšanai: A – līmes slāņa bīdes robežstiprības noteikšanas paraugs; B – stiepes robežstiprības noteikšanas paraugs.

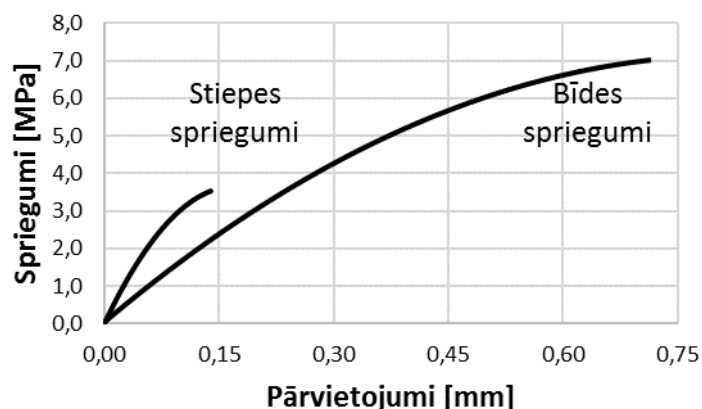
Izgatavoto un pārbaudīto paraugu sērijas atšķiras viena no otras ar ribu veidojošā kā arī apšuvumu veidojošā saplākšņa biezumiem (4,0; 6,5; 9,0 mm) un ārējo šķiedru orientācija (0° vai 90°). Kopumā pārbaudīti vairāk kā 300 paraugi. Vidējā bīdes robežstiprība – $7,18 \pm a$ MPa (a – starpība starp vidējo aritmētisko un vidējā aritmētiskā ticamības intervāla augšējo un apakšējo robežu, ir atkarīga no izvēlētās varbūtības jeb ticamības līmeņa vērtības), vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – $0,63 \pm a$ mm.

Izgatavotas un pārbaudītas stiepes robežstiprības noteikšanai speciālu paraugu sērijas ar atšķirīgu saplākšņa malas orientāciju pret virsmu, kā arī atšķirīgiem salīmējamo saplākšņu biezumiem. Vidējā stiepes robežstiprība šaurās līmes savienojumam ar saplākšņa virsmu – $3,53 \pm a$ MPa, vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – $0,14 \pm a$ mm.

Veicot statistisko analīzi histogrammām (3. att.) redzams, ka veidojas sadalījums (A) kas ir tuvs normālam sadalījumam (asimetrijas rādītājs – 0,10; ekscess – 3,00; korelācija normālam sadalījumam – 0,9922); gadījumam (B) - asimetrijas rādītājs – 0,07; ekscess – 2,52; korelācija normālam sadalījumam – 0,9945.



3. attēls. Saplākšņa malas un virsmas līmēto savienojumu robežstiprības histogrammas. A – bīdes robežstiprības varbūtības sadalījums; B – stiepes robežstiprības varbūtības sadalījums.



4. attēls. Līmēto savienojumu spriegumu-pārvietojumu raksturīgās līknes. Bīdes robežstiprības noteikšanas paraugiem (paraugu sērijai ar 6,5 mm biezu ribas saplākšni un 4,0 mm biezu apšuvumu; abiem ārējo šķiedru orientācija paralēla spēka pielikšanas asij) un stiepes robežstiprības noteikšanas paraugiem (paraugu sērijai ar 6,5 mm biezu ribas saplākšni un 4,0 mm biezu apšuvumu; abiem ārējo šķiedru orientācija perpendikulāra spēka pielikšanas asij).

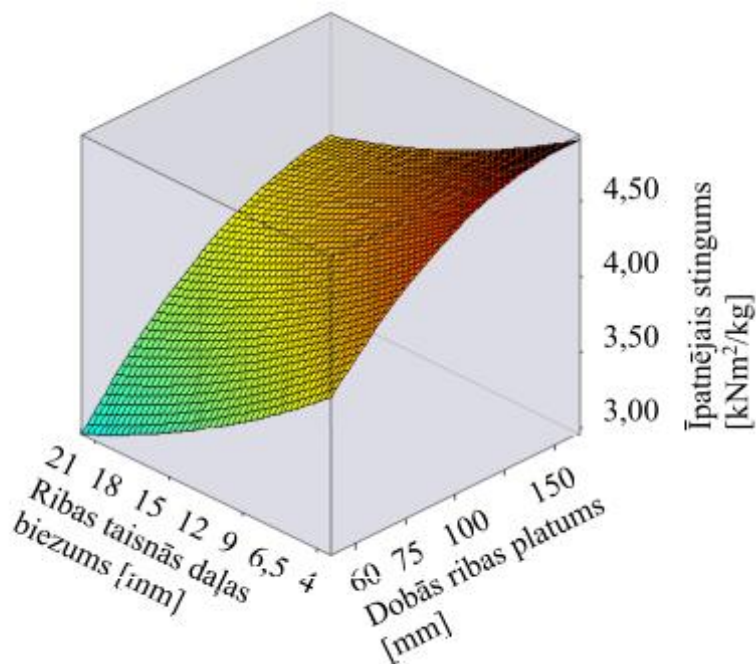
Daļa eksperimentāli iegūto rezultātu publicēta – <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012048> .Materiālu īpašību un līmētu savienojumu nestspējas (stiepes, bīdes) testi tika veikti RTU Materiālu un konstrukciju institūta laboratorijā izmantojot iekārtu INSTRON E3000.

Veicot konceptuālas pārbaudes plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām plātnes īslaicīgā slogojuma gadījumā, plātņu izlieces ir proporcionālas pieliktās slodzes lielumam un skaitlisko aprēķinu rezultāti praktiski sakrīt ar eksperimentāli iegūtajiem. Eksperimentāli noteiktas plātņu izlieces gadījumam, kad plātnes garenvirziens sakrīt ar ribojuma virzienu saskaņā ar standartu LVS EN 789:2000 (Timber structures – Test methods – Determination of mechanical properties of wood based panels). Problemātisks ir jautājums par metodoloģiju plātņu eksperimentālām pārbaudēm gadījumam, ja plātnes garenvirziens ir perpendikulārs ribojuma garenvirzienam.

2. posma 1. uzdevuma daļa (uzdevuma beigas 2016. g. 2. ceturksnī) atbilstoši izpildes laika grafikam izpildīta pilnībā.

Uzsākta 2. uzdevuma izpilde (uzdevuma beigas 2016. g. 3. ceturksnī)

Noteikta plātnes ģeometrisku parametru ietekme uz plātnes īpatnējo lieces nestspēju. Lielākā ietekme uz īpatnējo stingumu (stingumu uz masas vienību uzdotam šķērsgriezumam) plātnes garenvirzienā (5. att.) ir ne tikai dobās ribas biezumam, bet arī dobās ribas taisno daļu veidojošas sloksnes biezumam un dobās ribas platumam.



5. attēls. Īpatnējais stingums vienu metru platai plātnei atkarībā no ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezuma un dobās ribas platuma (laidums – 1,5 m; plātnes biezums – 3 cm; viļņu skaits pa plātnes garumu – 3; apšuvumu un dobo ribu viļņotās daļas biezums – 4,0 mm).

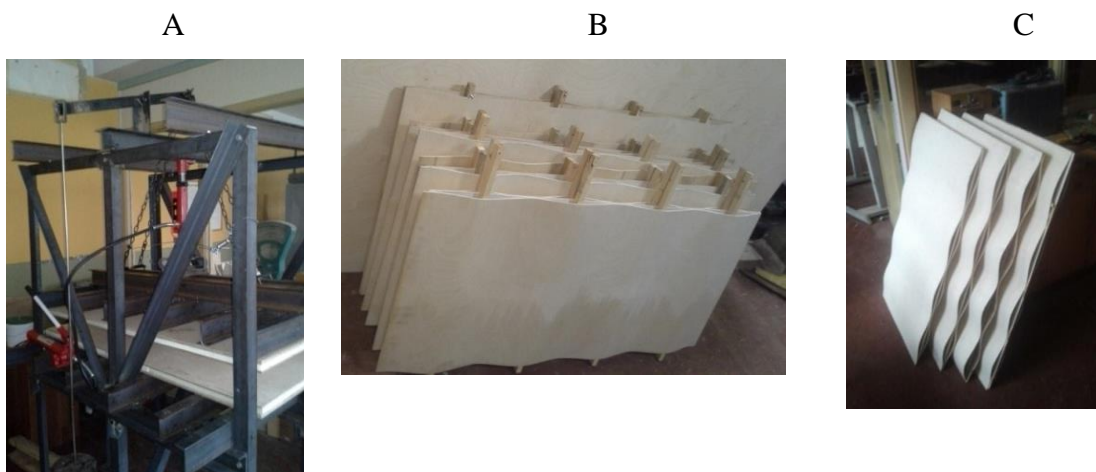
Aprēķināta un iegūta īpatnējā lieces nestspēja plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un salīdzināta ar standarta saplākšni un plātnēm ar taisnām ribām. Rezultāti rāda, ka, pieaugot plātnes biezumam ieguvums no šūnu tipa dobām ribām palielinās. Iegūtie rezultāti aprakstīti publikācijā – <http://journals.ru.lv/index.php/ETR/article/download/633/609>, kurā parādīts kā mainās plātnes stingums atkarībā no plātnes augstuma, viļņu ģeometriskajiem izmēriem un pielietoto saplākšņa lokšņu izmēriem.

Ribotu plātņu un standarta saplākšņa īpatnējās lieces nestspējas rezultātu salīdzināšana rāda, ka ribotām plātnēm tā ir gandrīz divas reizes lielāka kā saplākšnim. Detalizētāka īpatnējās lieces nestspējas analīze dažādiem plātņu augstumiem, apšuvumu un ribu taisno daļu veidojošo sloksņu biezumiem, kā arī ribu viļņoto daļu veidojošo sloksņu izliekumiem paredzēta nākošajā posmā.

2. posma 2. uzdevuma daļa (uzdevuma beigas 2016. g. 3. ceturksnī) atbilstoši izpildes laika grafikam izpildīta pilnībā.

Uzsākta 3. uzdevuma izpilde (uzdevuma beigas 2017. g. 2. ceturksnī).

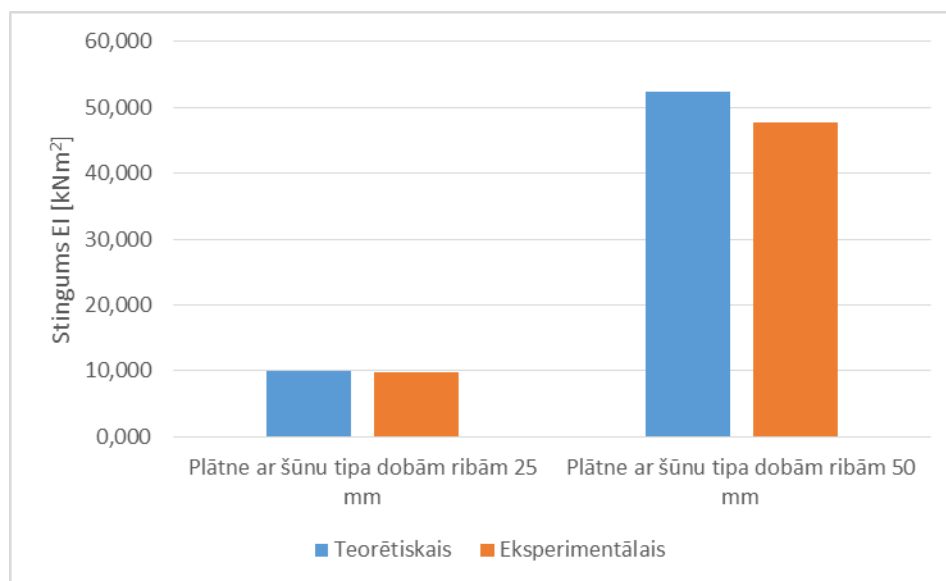
Izgatavota iekārta (6. att. A), ar kura palīdzību tiek gatavotas ribotās plātnes ar šūnu tipa dobām ribām. Ar domkrata palīdzību tiek nodrošināts nepieciešamais spiediens uz plātnēm, kas tiek kontrolēts ar dinamometru. Papildus pielāgojot iekārtu (piestiprinot vadīklas), ir iespējams to izmantot projekta ietvaros iesniegtā patenta LV15083 realizācijai plātņu ribojuma izgatavošanai. Iekārtā izgatavotās ribojuma sagataves (6. att. B un C) tiek sazāģētas sloksnēs, kuru platums vienāds ar ribojuma augstumu, un izgatavoti plātņu paraugi ar dažādiem plātņu biezumiem, kā arī veiktas šo plātņu eksperimentālās pārbaudes aprēķinu metodikas pirmreizējai validēšanai.



6. attēls Izgatavotā iekārta un salīmētās ribojuma sagataves: A – izgatavotā iekārta; B – izgatavotās ribojuma sagataves ar ielīmētām līstēm; C – izgatavotās ribojuma sagataves bez līstēm.

Pārbaudes rāda, ka eksperimentāli iegūtie vidējie rezultāti sakrīt ar teorētiski aprēķinātiem (7. att.) un sērijas ietvaros praktiski neatšķiras, kas norāda uz iespēju izgatavot plātņu sērijas ar šūnu tipa dobām ribām ar savstarpēji maz atšķirīgām plātņu mehāniskām īpašībām. Tehnoloģisko principu (piemēram, spiediens uz līmējamām sadurvietām) iestrādes ir veiksmīgi izveidotas un detalizētāk precizējamas nākamajos posmos.

Lai paplašinātu rezultātu praktisko pielietojumu, papildus projektā paredzētajiem uzdevumiem, tiek veikti pētījumi arī par MDF plātnēm, kuras būtu iespējams izmantot gan apšuvuma, gan ribojuma izgatavošanai – <http://link.springer.com/article/10.1617%2Fs11527-015-0769-1>. Tāpat papildus pētītas arī [temperatūras un mitruma plūsmas pa plātnes biezumu ietekme uz koksnes materiāla ribojuma un apšuvuma uzvedību](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012048) – <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012048>.



7. Attēls. Eksperimentāli un skaitliski noteiktie lieces stingumi metru platām, 25mm un 50mm biežām plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām no saplākšņa Riga Ply (laidums 110cm; apšuvumu biezums- 4,0mm; dobo riba taisno daļu veidojošās sloksnes biezums- 6,5mm; dobo riba viļņoto daļu veidojošās sloksnes biezums- 4,0mm).

Saņemts patents LV14979 iepriekšējā posmā iesniegtajam patenta pieteikumam (P-14-103 „Ribotu plātņu izgatavošanas paņēmieni”; autori K. Rocēns, A. Kukule, Ģ. Frolovs, J. Šliseris, Ģ. Bērziņš) – <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20150620.pdf>. Iesniegts patenta pieteikums un saņemts patents LV15083 “Ribotas kompozītplātnes izgatavošanas paņēmieni un iekārta, izmantojot tās centrālā nesošā slāņa veidošanai gofrētu sagatavju sistēmu uz koksnes bāzes” (autori K. Rocēns, Ģ. Frolovs, A. Kukule, J. Šliseris) – <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20151220.pdf>.

2. posma 3. uzdevuma daļa (uzdevuma beigās 2017. g. 2. ceturksnī) atbilstoši izpildes laika grafikam izpildīta pilnībā.

Projekta darbinieku atalgojums pirmajos divos posmos sastāda 24 830 eiro (bruto algas – 20 376 EUR + VSAOI – 4454 EUR)

Turpmākos pētījumus paredzēts veikt atbilstoši aktivitāšu izpildes laika grafikam (Pielikums 4-A).

2.5. Projekta Nr.4 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	94315.00	15170.00	2019.00		
000	Atlīdzība	65385.00	6259.27	8570.37		
000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	21150.00	7719.73	448.63		
100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	4500.00	0.00	1181.09		
200	Pakalpojumi	10684.00	1734.29	2022.19		
300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	5966.00	5985.44	245.35		
000	Pamatkapitāla veidošana	7780.00	1191.00	0		

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 4 rezultatīvie rādītāji

(Norāda pārskata periodā plānotos un sasniegtos rezultatīvos rādītājus. Informāciju atspoguļo tabulā un pielikumā)

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti
------------------------	-----------

	Plānots	Sasniegts						
		Gads						
	2014.– 2017. g.	2014	2015	t.sk. iepriekšēj ā periodā	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultātīvie rādītāji								
1.Zinātnisko publikāciju skaits:	6	0	4	4				
oriģinālo zinātnisko rakstu (<i>SCOPUS</i>) (SNIP > 1) skaits	2	0	1	1				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits <i>ERIH</i> (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	4	0	3	3				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
...								
2.Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	2	2				
promocijas darbu skaits	1	0	0	0				
maģistra darbu skaits	3	0	2	2				
Programmas popularizēšanas rezultātīvie rādītāji								
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	14	2	8	10				
konferences	6	0	3	3				
semināri	4	1	4	5				
rīkoti semināri	4	1	1	2				
populārzinātniskas publikācijas	0	0	0	0				
izstādes	0	0	0	0				
Tautsaimnieciskie rezultātīvie rādītāji								
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	20000	4621	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	20000	0	0	0				
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)	0	0	0	0				

1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	4621	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	1	2	3				
Latvijas teritorijā	1	1	2	3				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	0	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0				
5. ...								

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 4 vadītājs _____
 (paraksts¹) (vārds, uzvārds) (datums¹)

Zinātniskās institūcijas vadītājs _____
 (paraksts¹) (vārds, uzvārds) (datums¹)

Piezīme. ¹ Dokumenta rekvizītus "paraksts" un "datums" neaizpilda, ja dokuments ir sagatavots atbilstoši normatīvajiem aktiem par elektronisko dokumentu noformēšanu.

Izglītības un zinātnes ministre Ina Druvieta

4. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Lieces nestspējas aprēķinu metodikas izstrāde un konceptuāla eksperimentālā pārbaude plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām	x	x	x	x	x	x	x	X						
1.1. aprēķinu metodes izstrāde	x	x	x	x	x	x	x	X						
1.2. paraugu mehānisko īpašību eksperimentāla noteikšana				x	x	x	X							
1.2.1 Bīdes pretestības noteikšanas metodika speciāliem paraugiem līmes šuvei starp saplākšņa virsmu un malu.				x	x	X								
1.2.2 Deformējamības un stiprības noteikšana plātnēm liecē					x	x	X							
2. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodikas izstrāde plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un īpatnējās nestspējas vērtību noteikšana ribojumam ar tipiskākajām ģeometrisko parametru vērtībām						x	x	x	x	X				
2.1. aprēķinu metodes izstrāde						x	x	x	X					
2.2. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšana							x	x	X					
3. Plātņu modeļu izgatavošana ar tipiskākām šūnu tipa dobām ribām un to pārbaudes liecē, īpatnējās lieces nestspējas, materiālu, enerģijas un izmaksu noteikšana				x	x	x	x	x	x	x	x	X		
4. Rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūras ģeometrisku parametru projektēšanai									x	x	x	x	X	
5. Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģijas pamatprincipu izstrāde un plātņu demonstrācijas modeļu izgatavošana							x	x	x	x	x	x	x	X
6. Publikācijas, Scopus										1			1	
7. Konferences				1		1		1	1			1	1	
8. Promocijas un maģistru darbu vadīšana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x