

**Zinātniskais pārskats par valsts pētījumu programmas
3. posma izpildes gaitu**

1. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS IZPILDI

1.1. Programmas nosaukums:

INOVATĪVI MATERIĀLI UN VIEDĀS TEHNOLOĢIJAS VIDES DROŠUMAM

1.2. Programmas nosaukuma saīsinājums, mājaslapa internetā:

IMATEH, <http://imateh.rtu.lv>

1.3. Programmas vadītājs: Andris Čāte

1.4. Kontaktpersona: Diāna Bajāre, 29687085, diana.bajare@rtu.lv

1.5. Pārskata periods: no 2016. gada 1. janvāra līdz 2016. gada 31. decembrim

1.6. Programmas mērķis un tā izpilde

(Norāda programmas mērķi un tā izpildi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu))

VPP mērķis:

Nodrošināt plašas un dziļas pasaules līmeņa zināšanu bāzes radīšanu uz inovācijām balstītas ekonomikas attīstībai ar inovatīviem un uzlabotiem materiāliem, viedām tehnoloģijām un cilvēka dzīves vides drošuma nodrošināšanu, izmantojot starpdisciplināro pieeju zinātnisko, tehnoloģisko un sabiedrības problēmu risināšanai.

VPP mērķa sasniegšanai ir izvirzīti sekojoši uzdevumi, kas tiek risināt sešu projektu ietvaros:

1. Veikt pētījumus par augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem infrastruktūras un sabiedriskām būvēm, liekot uzsvāru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-A);
2. Veikt pētījumus par ekonomiskiem, ekoloģiskiem un ilgmūžīgiem bituminēto kompozītu sastāviem, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus, reciklētu (otrreizējo) asfaltbetonu, kā arī siltā asfaltbetona tehnoloģijas (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-B);
3. Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-C);
4. Izpētīt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanu, izstrādāt diagnostikas metodes un analizēt metožu pielietojuma iespējas uzņēmumos (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 5-A);
5. Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-A);
6. Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu bojātu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to

pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-B);

7. Izstrādāt inovatīvās viedas konstrukcijas ar uzsvaru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērsti uz būvniecības un infrastruktūras objektiem (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-C);
8. Izstrādāt metodikas jauna inovatīva slāņaina koksnes kompozītmateriāla ar šūnu tipa dobām ribām, struktūras projektēšanai, nodrošinot nepieciešamo lieces nestspēju ar samazinātu koksnes patēriņu (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 4-A);
9. Izstrādāt saplākšņa I-serdes tipa sendviča paneļus, kas no mehāniskā stinguma/stiprības viedokļa ir efektīva alternatīva masīvam bērza finiera saplāksnim, integrējot un vienlaikus uzlabojot siltuma pretestības, vibrācijas/triecienu slāpēšanas īpašības (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 2-A);
10. Izstrādāt metodoloģiju un optimizēšanas kritērijus metālisku materiālu īpašību uzlabošanai, virsmas apstrādei vai pārklāšanai, lai samazinātu berzi un nodilumu berzes pāros t.sk. mijiedarbībā metālam ar ledus virsmu (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 6-A).

1.7. Kopsavilkums par programmas 1. posma izpildes gaitu

(Anotācijas veidā norāda pārskata periodā veiktās darbības un galvenos rezultātus. Raksturo problēmas un novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo turpmākā darba virzienus. Apjoms – ne vairāk kā divas lapas)

Šajā atskaites periodā plānotie mērķi Valsts pētījumu programmai IMATEH kopumā un katram projektam atsevišķi ir sasniegti pilnībā. Plānotie darba uzdevumi ir izpildīti un galvenie rezultāti iegūti. Sīkāka informācija par katra projekta zinātniskajiem sasniegumiem ir sniegta šīs atskaites 2.sadaļā.

Programmas ietvaros 3. posma periodā nopublicēti kopumā 28 zinātniskie raksti (1. projekta rezultatīvais rādītājs ir 6 pilna teksta zinātniskie raksti, 3.projekta ietvaros publicēti – 12 raksti, 4. projekta ietvaros – 5 raksti, 5. projekta ietvaros – 4 raksti, 6. projekta ietvaros –1 raksts). Projekta zinātniskās atskaites Pielikumā PP ir pieejamas visas publicētās zinātniskās publikācija pilnā apjomā elektroniskā veidā.

Projekta dalībnieki piedalījušies 41 starptautiskās konferencēs, kur uzstājušies ar ziņojumiem vai stenda referātiem.

Šī perioda laikā kopumā apstiprināta dalība vairākās starptautiskās konferencēs, ko apliecina sagatavotie un publicēšanai apstiprinātie 13 konferenču abstrakti vai pilna teksta zinātniskie raksti. 8 zinātniskie raksti par VPP IMATEH savarīgākajiem rezultātiem iesniegti zinātniskos žurnālos ar SNIP >1.

Divi patenti, kas apstiprināti programmas ietvaros, tiek uzturēti.

Programmas ietvaros aizstāvēto maģistru darbu skaits 3. posma periodā ir 17, bet aizstāvēto bakalaura darbu skaits – 12.

Atskaites periodā ir licenzēta šāda Viļņas Ģedimīna Tehniskās universitātes un Rīgas Tehniskās universitātes kopējā maģistru programma. Programmas nosaukums: “Inovatīvā Ceļu un tiltu inženierija”, paredzēta 1.5 gadu apmācība angļu valodā, apmācību veic VĢTU un RTU akadēmiskais personāls.

Atbilstoši plānotajam, VPP IMATEH ir iesaistīti doktorantūrā studējošie jaunieši un programmas 3. posma laikā paralēli plānoto pētījumu veikšanai, tiek **izstrādāti sekojošie promocijas darbi:**

1. J. Justs „Sevišķi augstu īpašību betona ar samazinātu autogēno rukumu tehnoloģija”, zinātniskais vadītājs profesore, Dr.sc.ing. D. Bajāre, paredzēts aizstāvēt 2016.gadā;

2. J.Tihonovs „Asfaltbetona sastāvi no vietējā minerālmateriāla ar augstām ekspluatācijas īpašībām” zinātniskais vadītājs profesors Dr.sc.ing. J. Smirnovs, Dr.sc.ing. V. Haritonovs, paredzēts aizstāvēt 2017.gadā;
3. M. Šinka „Dabīgo šķiedru siltumizolācijas materiāli”, zinātniskais vadītājs Dr.sc.ing. G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2017.gadā;
4. N. Toropovs „Augstas veiktspējas betonu ugunsturība”, zinātniskais vadītājs Dr.sc.ing. G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2016.gadā;
5. I. Paeglīte “Kustīgās slodzes iedarbība uz tiltu dinamiskajā īpašībām”, zinātniskais vadītājs profesors, Dr.sc.ing. J. Smirnovs, aizstāvēšana paredzēta 2017. gadā;
6. A. Freimanis „Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām tiltu būvēm”, zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. A. Paeglītis, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā;
7. R. Janeliukštis „Bojājumu identifikācijas metožu izstrāde konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam”, zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. A. Čate, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā;
8. A. Vilguts “Kārtaini līmētas koksnes kompozīta daudzstāvu ēkas racionālas konstrukcijas” zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. D. Serdjuks, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā;
9. Ģ. Frolovs “Koksnes kompozītmateriālu racionālu struktūru un konstrukciju elementu aprēķini” zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. K.Rocēns, aizstāvēšana paredzēta 2017. gadā;
10. A. Kukule “Plātņu saplākšņa ribojuma darbs mainīga mitruma apstākļos” zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. K.Rocēns, aizstāvēšana paredzēta 2017. gadā;
11. O. Bulderberga “Polimēru kompozītmateriāla ar mehānisko bojājumu indicēšanas funkciju: izstrāde un tā īpašību izpēte” zinātniskais vadītājs ir Dr.sc.ing. A. Aniskevičs, aizstāvēšana paredzēta 2017.gadā;
12. M.Ķirpluks “No atjaunojamām izejvielām iegūtu poliuretāna putuplasta un nano izmēra dabas izcelsmes pildvielu kompozītu īpašības”. Darba vadītājs – U.Cābulis.
13. E. Jansons “Virsmas raupjuma ietekme uz slīdes pāra metāls – ledus slīdamību”, vadītāji Prof. J.Rudzītis, A/Prof. K.A.Gross. aizstāvēšana paredzēta 2019. gadā;
14. J. Lungevičs “A method for predicting tribological properties of materials used in mechanical engineerin” vadītājs Dr.sc.ing. J. Rudzītis, aizstāvēšana paredzēta 2019. gadā.

Šajā posmā aizstāvētie promocijas darbi, kas saistīti ar VPP IMATEH uzdevumiem:

1. E. Labans aizstāvēja promocijas darbu “Saplākšņa sendviča-konstrukcijas multifunkcionālo īpašību integrācija un optimizācija” (2016.gada 6.aprīlī), darba vadītājs – K. Kalniņš.

Tiek uzturēti 2 patenta pieteikumi:

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>

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta programmas IMATEH 3. posma laikā izstrādātās metodes (pielikumi elektroniski):

1. Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (1.projekts);
2. Rekomendācija betona korozijas un salturības paaugstināšanai (1.projekts);
3. Rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai (1.projekts);
4. Metodes dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam (1.projekts).
5. Lieces nestspējas aprēķinu metodika plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām (4.projekts);
6. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodiku plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām (4.projekts).
7. Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju (5.projekts).
8. Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (5.projekts).
9. Aprēķina metodika liektiem un spiesti-liektiem konstruktīviem elementiem no krusteniski līmētas koksnes (3.projekts).

Projekta ietvaros izstrādātās jaunās metodes, kas aprobētas uzņēmumos:

1. “Augstu ekspluatācijas īpašību asfaltbetona sastāvu ražošanas metodes no zemas kvalitātes minerālmateriāliem”, aprobēta uzņēmumā SIA “Ceļi un Tilti”, apliecinājums datēts ar 16.09.2016. (1.projekts);
2. “Augstu ekspluatācijas īpašību cementa kompozītmateriālu ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar mikropildvielām”, aprobēta uzņēmumā SIA “Warm House”, apliecinājums datēts ar 20.09.2016., (1.projekts);
3. “Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām”, aprobēta uzņēmumā SIA “ESCO būves”, apliecinājums datēts ar 21.10.2016. (1.projekts).
4. “Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos”, aprobēta Latvijas bobsleja un skeleto federācijas izmēģinājuma poligonā, apliecinājums datēts ar 5.10.2016. (6.projekts).
5. “Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu” aprobēta SIA Aviatest, apliecinājums datēts ar 7.11.2016. (5.projekts).
6. “Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju” aprobēta SIA Evopipes, apliecinājums datēts ar 8.11.2016. (5.projekts).

Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos:

1. Līgums starp Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu un PolyLabs SIA par tiesībām izmantot LV KĶI izstrādātu tehnoloģiju rapšu un tallu eļļas poliolu ražošanai, amidizācijas vai esterifikācijas rezultātā (2.projekts).
2. AS Latvijas Finieris un Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu ir veici vairāku secīgu pētījumu sēriju par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti (2.projekts).
3. LV KĶI sadarbības līgums ar SIA Latvāņi – Pētnieciski un sagatavošanas darbi par cieto putupoliuretānu siltumizolācijas izveidošanu ēku ārējo sienu jaunradītās konstrukcijās (2.projekts).
4. Rīgas Tehniskās universitātes, Materiālu un Konstrukciju Institūta un A/S “Latvijas

Finieris” līgums par saplākšņa produktu testēšanu MNKC programmas 2. Fāzē (2.projekts).

Papildus tam tika aktīvi strādāts, lai noorganizētu divas zinātniskās konferences - IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2017, 27.09.-29.09.2017, kā arī 57. Studentu Zinātniskā un Tehniskā Konference 14.-18.10.2016 (sīkāku informāciju skatīt <http://imateh.rtu.lv/konferences/>). 2016. gadā noorganizēta studentu zinātniskā konference 27.04.2016.

Projekta pārstāvji 14.10.2016. un 16.11.2016. ir piedalījušies VPP IMATEH semināros par projekta norisi un īstenošanu.

Žurnālam „Būvinženieris” sagatavots un publicēts populāri – zinātnisks raksts: „Asfaltbetona sastāviem vietējie materiāli”, 2016.gada oktobris, Nr. 52 (autori - V.Haritonovs, J. Tihonovs), kā arī raksts žurnālā Latvijas būvniecība - Paeglītis A., Līmēta koka gājēju pārvads pār autoceļu P103 Dobeles-Bauska 17.44 km Tērvetē, Latvijas būvniecība, 2016, Nr.3, 79-85 lpp. ISSN 1691-4058 un raksts žurnālam “Ilustrētā Zinātne”- Gross K.A., Lungevičs J., Plūduma L., Stiprais K., Jansons E., Jauna metode palīdzēs uzlabot drošību uz ledus, Ilustrētā Zinātne, decembris, 2016 (133), 12.lpp.

10.11.2016. par projekta sasniegumiem un iegūtajiem zinātniskajiem rezultātiem tika ziņots Latvijas Betona Savienības zinātniski tehniskajā konferencē. Konferencē piedalījās studenti un Latvijas industrijas pārstāvji, kā arī zinātniskais personāls no RTU un LLU.

Programmas popularizēšanai studējošo vidū 2016.gada 13.aprīlī tika organizēta Betona olimpiāde (betona pagatavošanas sacensību 1.posmu), kurā komandām, kas sastāv no 3 cilvēkiem, tiks dota iespēja izgatavot betona paraugus, kuriem pēc 28 dienām tiks pārbaudīta to stiprība spiedē, tā nosakot, kura komanda ir izveidojusi betonu ar augstāko spiedes stiprību. Betona sacensību mērķis ir veicināt universitātē apgūto zināšanu izmantošanu praksē un mudināt studentus uz tehnisko jaunradi. Betona sacensību 2. posms norisinājās 2016.gada 12.maijā, kad tika pārbaudīta 7 studentu komandu izgatavoto betona paraugu stiprība spiedē, tādējādi noskaidrojot sacensību uzvarētāju komandu.

IMATEH mājas lapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par 1. projekta gan VPP IMATEH aktivitātēm un aktualitātēm.

Privātā sektora līdzfinansējums un ieņēmumi no līgumdarbiem 3.posmā sasniedz **59 002 Eur**, kā arī moslēgti līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3 par kopējo summu **3 823 817 Euro**.

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Balstoties uz Projekta Nr.1 rezultātiem un sadarbības aktivitātēm 2016. gadā projekta realizētāji iesniedza 4 ERAF (Eiropas Reģionālā attīstības fonda) projektu pieteikumus pirmajā projektu iesniegumu atlases kārtā, kuru specifiskais atbalsta mērķis bija „Palielināt Latvijas zinātnisko institūciju pētniecisko un inovatīvo kapacitāti un spēju piesaistīt ārējo finansējumu, ieguldot cilvēkresursos un infrastruktūrā” (aktivitāte „Praktiskas ievirzes pētījumi”). Pēc starptautiskā zinātniskā izvērtējuma, tika apstiprināti sekojošie projekta pieteikumi (realizācijas ilgums 36 mēneši), kas saistīti ar IMATEH mērķiem:

1. „Development, optimisation and sustainability evaluation of smart solutions for nearly zero energy buildings in real climate conditions”, Sadarbība ar Latvijas Universitāti, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 580 000**.
2. „Innovative use of reclaimed asphalt pavement for sustainable road construction layers”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 648 000**.
3. “A New Concept for Sustainable and Nearly Zero-Energy Buildings”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 648 000**
4. ERA-Net projekts “Development of eco-friendly composite materials based on geopolymer matrix and reinforced with waste fibers”, (2016-2018), kopējā summa **Euro**

69 960

5. "Zero Energy Solutions for Special Purpose Buildings", (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 634 615**.
6. Rigid polyurethane polyisocyanurate foam thermal insulation material reinforced with nano/micro cellulose, (2016-2020), projekta kopējā summa **Euro 630 000**.

1.8. Programmas 3. posma rezultatīvie rādītāji un to izpilde

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016	t. sk. iepriek- šējā periodā uzsākts	2017
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	51	3	25	28	56	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos (SNP >1)	17	0	1	5	6	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	34	3	24	23	50	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	51	11	30	30	71	
promocijas darbu skaits	10	0	2	1	3	
maģistra darbu skaits	41	6	13	17	36	
bakalaura darbu skaits	0	5	15	12	32	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	86	6	52	64	122	
konferences	35	1	27	39	67	
semināri	20	1	11	12	24	
rīkoti semināri un konferences	18	2	10	8	20	
populārzinātniskas publikācijas	8	1	2	3	6	
izstādes, demonstrācijas	2	1	1	2	4	
Betona olimpiāde	3	0	1	1	2	
2.Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	143	43	30	33	106	

Tautsaimnieciskie rezultātīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	540000	180526	231397	59002	470925	
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	295000	37321	0	50930	73251	
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	0	
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātības	245000	143205	231397	8072	397674	
2.Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	7	1	1	0	2	
Latvijas teritorijā	7	1	1	0	2	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3.Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	19	0	0	12	12	
4.Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	8	0	0	4	4	
5.Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	3823817	3823817	

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

1.9. Programmas īstenošanas analīze

Stiprās puses	Vājās puses
- RTU ir starptautiski atzīts zinātnes centrs, kuram ir liela pieredze un sekmes VPP veidošanā un vadīšanā, kā arī materiālzinātnes. - Valsts pētījumu programmas vadītājs un projektu vadītāji ir kvalificēti zinātnieki ar augstu Hirša indeksu un pieredzi starptautisku projektu īstenošanā un VPP IMATEH programmas īstenošana notiek saskaņā ar aktivitāšu izpildes grafiku (sk. pielikumus). - Gan jaunie, gan pieredzējušie pētnieki darbojas/ darbojās ES 7 FP, Horizon, Cost, Eureka, Era-net, ESF, ERAF un citās programmās un saimniecisku projektu aktivitātēs, kas atbilst VPP uzdevumiem.	- Zinātniskā personāla un studentu motivācijas trūkums dalībai zinātniskajā darbībā kopumā un arī šajā VPP nepietiekama vai aizkavēta finansējuma rezultātā. - Samazināta finansējuma apstākļos var pieaugt institūtu infrastruktūras uzturēšanas, un administratīvo izdevumu īpatsvars, salīdzinot ar izdevumiem pētniecisko uzdevumu veikšanai, apdraudot institūciju darbību kopumā. - Finansējuma samazinājums var apdraudēt arī pētnieciskās aparatūras uzturēšanu, materiālas bāzes nodrošinājumu un adaptāciju VPP uzdevumu veikšanai.

4. RTU ir radīta laba zinātniskā infrastruktūra, kas nodrošinās VPP izvirzīto uzdevumu sekmīgu izpildi.	4. Var mainīties pētījumu rezultātos ieinteresēto uzņēmumu prioritātes, līdz ar to var rasties grūtības jauno produktu vai tehnoloģiju aprobācijā ražošanas apstākļos.
5. RTU zinātniskajiem institūtiem ir cieša sadarbība ar ražošanas uzņēmumiem, kuri ir ieinteresēti VPP ietvaros veikto pētījumu ieviešanai ražošanā, vai izmantošanai tautsaimniecisku problēmu risināšanai.	5. Mainīgā ekonomiskā situācijā var mainīties programmas realizācijai nepieciešamo materiālu, aparātūras un pakalpojumu cenas.
6. RTU ir liela pieredze zinātnisko projektu administrēšanā.	

Iespējas	Draudi
1. VPP realizācijas gaitā tiks izstrādātas jaunas tehnoloģijas un produkti, kas nodrošinās iespēju vietējiem uzņēmumiem izmantot šīs, uz zināšanām balstītās, konkurētspējīgās tehnoloģijas, veicinot eksportu un Latvijas tautsaimniecības izaugsmi.	1. Finansējuma samazinājums pašreizējā situācijā tieši VPP vai zinātniskajai darbībai un augstākajai izglītībai kopumā var būtiski apdraudēt programmas realizāciju un tās iespējamo pienesumu.
2. VPP realizācijā tiks iesaistīti dažāda līmeņa un dažādu nozaru studenti un jaunie zinātnieki, kas paaugstinās viņu kvalifikāciju, ļaujot sekmīgāk iekļauties darba tirgū.	2. Organizatoriskas izmaiņas, kas varētu būtiski mainīt viena vai vairāku izpildītāju statusu (institūtu apvienošana, likvidācija, cita veida reorganizācija).
3. Atbilstoši VPP tēmai, katrs no paredzētiem pētījumu uzdevumiem dos individuālu rezultātu ar nozīmīgu sinerģētisku sociālo un tautsaimniecības efektu.	3. Būtiski VPP realizāciju varētu ietekmēt straujas, normatīvajos aktos noteiktas nozaru pārvaldības izmaiņas saistībā ar zinātnisko darbību.
	4. Ražotāju, pamatā vietējo, intereses un tiem pieejamo līdzekļu trūkums pašreizējā situācijā un globālās konkurences apstākļos var apgrūtināt sadarbību un virzību uz lietīško pētījumu rezultātu ieviešanu.

1.10. Identificēto risku samazināšanas vai novēršanas pasākumi

Finansējuma samazinājums zinātniskajai darbībai un augstākajai izglītībai kopumā var būtiski apdraudēt programmas realizāciju un tās iespējamo pienesumu. Tomēr IMATEH Programmas vadītājs un projektu vadītāji, kā arī vadošie pētnieki ir augsti kvalificēti zinātnieki, kas spēj piesaistīt un piesaista finansējumu gan no privātā sektora, gan ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības, kā arī dažādu veidu zinātnes finansēšanas fondiem (Horizonts 2020, Life + u.tml., ERAF).

Iespējamās organizatoriskas izmaiņas, kas varētu būtiski mainīt viena vai vairāku izpildītāju statusu (institūtu apvienošana, likvidācija, cita veida reorganizācija) ir zemas kategorijas risks, jo atbilstoši zinātnisko institūciju zinātniskajam novērtējumam (sagatavoja IZM, sadarbojoties ar Ziemeļvalstu ministru padomes sekretariātu Latvijā, 2013.gadā) novērtējumam ir paredzēts četru IMATEH projektu vadošās institūcijas apvienot vienā, tādējādi stiprinot to zinātnisko kapacitāti.

Būtiski VPP realizāciju varētu ietekmēt straujas, normatīvajos aktos noteiktas nozaru pārvaldības izmaiņas saistībā ar zinātnisko darbību. Tomēr atbilstoši iepriekšminētajam zinātnisko institūciju zinātniskajam novērtējumam, zinātnisko institūciju reformas RTU ir jau uzsāktas un tās ir orientētas uz konkurētspējīgu struktūrvienību izveidi, kuru rīcībā ir Eiropas vidējam līmenim atbilstoša zinātniskā infrastruktūra un cilvēkkapitāls.

Ražotāju, pamatā vietējo, intereses un tiem pieejamo līdzekļu trūkums pašreizējā situācijā un globālās konkurences apstākļos var apgrūtināt sadarbību un virzību uz lietišķo pētījumu rezultātu ieviešanu, tomēr apgūstot ārējos tirgus un pieejamos struktūrfondu līdzekļus, kuru apjoms šajā plānošanas periodā ir būtiski palielinājies, salīdzinot ar iepriekšējo, nepieciešamība piesaistīt zinātniskās institūcijas inovatīvu materiālu radīšanai ir būtiski palielinājusies. Par uzņēmēju interesi ieviest ražošanā inovatīvas metodes liecina šajā laika posmā aprobētās metodes un noslēgtie līgumi, par VPP izstrādāto metožu pārņemšanu.

Lai novērstu finanšu riskus, kas saistīti ar programmai piešķirtā finansējuma pārskaitījuma aizkavēšanos, nākamo posmu izmaksas un iepirkumu procedūras tiks plānotas, ņemot vērā finansējuma piešķiršanas aizkavējumu un nodrošinot priekšfinansējumu no struktūrvienību rīcībā esošā finansējuma.

Lai mazinātu risku, ka finansējuma pārskaitījuma aizkavēšanās ir saistīta ar aizkavētu atskaišu (finanšu vai zinātnisko) iesniegšanu kontrolējošai iestādei, turpmāk ir paredzēts sagatavot/ iesniegt dokumentus pirms plānotā iesniegšanas datuma.

Sasniegtie rezultāti un augstāk minēto problēmu novēršanas apstieidzošie plānotie pasākumi liecina par iespēju turpināt IMATEH programmu atbilstoši sākotnējam pieteikumam.

Līdz ar to 3. posmā plānoto uzdevumu izpilde tika novērtēta kā uzdevuma izpilde ar zemu neizdošanās risku un tāds pats vērtējums tiek dots 4. posmā plānoto uzdevumu izpildei.

1.11. Programmas kopējais plānotais finansējums (euro): 1 100 000 Euro

1.12. Programmā apgūtais finansējums (euro):

		1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	175475.88	254830.00	244000.00	
1000	Atlīdzība	107764.41	210352.00	205988.75	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	49839.77	50241.46	38450.20	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	5878.70	16137.74	9656.01	
2200	Pakalpojumi	20700.43	31275.62	22258.59	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	23260.64	2828.07	2001.22	
5000	Pamatkapitāla veidošana	17871.70	3985.95	850.00	

Programmas vadītājs _____
(paraksts¹)

/A. Čate/
(vārds, uzvārds)

(datums¹)

Piezīmes.

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

2. * Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi atbilstoši Ministru kabineta 2005. gada 27. decembra noteikumiem Nr. 1031 "Noteikumi par budžetu izdevumu klasifikāciju atbilstoši ekonomiskajām kategorijām".

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr. 1

nosaukums

Inovatīvi un daudzfunkcionāli kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm no vietējām izejvielām

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,

zinātniskais grāds

zinātniskā institūcija

amats

kontakti

Diāna Bajāre

Dr.sc.ing.

RTU

Prof.

Tālrunis

29687085

E-pasts

diana.bajare@rtu.lv

2.2. Projekta Nr.1 mērķi

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

Projekta mērķis: Radīt un izpētīt kompozītmateriālus ilgtspējīgām būvēm

Projekts sastāv no trīs pētniecības sadaļām un katrai sadaļai atsevišķi tiek definēts kopējais pamatuzdevums, kas jāveic Valsts pētījumu programmas IMATEH ietvaros:

1.pamatuzdevums: Veikt pētījumus par augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem infrastruktūras un sabiedriskām būvēm, liekot uzsvaru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos.

2.pamatuzdevums: Veikt pētījumus par ekonomiskiem, ekoloģiskiem un ilgmūžīgiem bituminēto kompozītu sastāviem, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus, reciklētu (otrreizējo) asfaltbetonu, kā arī siltā asfaltbetona tehnoloģijas.

3.pamatuzdevums: Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu.

Papildus tam katrā projekta realizācijas posmā, kas atbilsts kalendārajam gadam, tiek definēti atsevišķi, konkrētajā posmā veicamie uzdevumi, kas saistīti ar katras projekta sadaļas pamatuzdevuma izpildi.

I. 1.pamatuzdevums: Veikt pētījumus par augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem infrastruktūras un sabiedriskām būvēm, liekot uzsvaru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos.

1.pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-A

3.posma uzdevums: Izstrādāt metodes no Latvijas cementa ražotā augstas veiktspējas betona korozijas un salturības paaugstināšanai.

Latvijā valdošie klimatiskie apstākļi veicina pastiprinātu betona konstrukciju koroziju. Lielais relatīvā mitruma daudzums gadā (vidējais gaisa relatīvais mitrums gadā Latvijā ir 81%), kā arī temperatūras svārstības 0°C diapazonā būtiski paaugstina visu veidu betona

korozijas procesu intensitāti. Ja līdz šim būvniecībā plaši lietotajam betonam, kas atbilsts C50/60 klasei, ir aprobētas un standartos aprakstītas metodes to ilgmūžības noteikšanai (salturības, hlorīdu iesūkšanās dziļums, sulfātu korozija, sārmu silīcija korozija), tad to nevar apgalvot par augstas veiktspējas cementa kompozītiem AVCK (betoni ar stiprību virs 80 MPa).

Augstas veiktspējas cementa kompozīti, atbilstoši pēdējos gados veiktajiem pētījumiem, tiek uzskatīti par atsevišķu betona grupu, kurai nepieciešams pielietot atšķirīgas testēšanas un datu interpretācijas metodes. Par minētās problēmas aktualitāti liecina RILEM (International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures) aktivitātes, kas saistītas ar pētījumiem un centieniem izveidot jaunus standartus un metodes materiālu ilgmūžības noteikšanai, piem., Technical Committee 246-TDC "Test methods to determine durability of concrete under combined environmental actions and mechanical load", Technical Committee 251-SRT "Sulfate resistance testing" u.c.

Tradicionāla betona (C50/60) ilgmūžība lielā mērā ir atkarīga no apkārtējās vides agresivitātes un betona strukturālām īpašībām, kuras lielā mērā nosaka ūdens /cementa attiecība (ū/c 0.4-0.5), pildvielu pakojums, betona iestrāde un apkope sākotnējā cietēšanas periodā. Augstas veiktspējas cementa kompozītiem (AVCK) ū/c attiecība parasti ir zemāka - starp 0.3 un 0.4, un tas parasti ir par iemeslu augstākai korozijas noturībai, salīdzinot ar tradicionāla sastāva betonu. Tas tāpēc, ka AVCK porainība ir zemāka un poru struktūrā dominē poras ar salīdzinoši mazākiem izmēriem, to kapilārās poras nav savstarpēji savienotas, bet struktūra kopumā ir daudz blīvāka. Šīs struktūras īpatnības ir saistītas ar lielo cementa daudzumu (parasti līdz par 500kg/m³) AVCK kompozīcijā, ar pucolāna tipa vai inerti mikropildvielu izmantošanu, kā arī ar zemo ū/c attiecību un efektīvu plastifikatoru pielietošanu. Līdz ar to betona struktūra ir kompaktāka, ūdens un tvaiku caurlaidība ievērojami zemāka, bet agresīvo vielu iekļūšana tajā ir būtiski apgrūtināta. Sastāva īpatnību dēļ, AVCK apkope sākotnējā cietēšanas periodā ir īpaši svarīga, jo tā nodrošina maksimāli pilnvērtīgu cementa hidratāciju.

Kā jau minēts, augstas veiktspējas betonu var izgatavot, izmantojot paaugstinātu cementa daudzumu kompozīcijā vai/ un arī daļēji to aizstājot ar pucolāna tipa mikropildvielām (piem., mikrosilīciju, elektrofiltru pelniem, metakaolīnu, granulētiem domnu sārņiem u.t.t.). Ternārām sistēmām ir vairākas priekšrocības, kas veidojas sinerģijas procesā starp cementa minerāliem un pucolāna tipa mikropildvielām. Tas uzlabo gan svaiga betona, gan sacietējuša betona īpašības, t.sk. ilgmūžību, kā arī izveidotā kompozīcija kļūst ilgtspējīgāka gan no ekonomiskā, gan ekoloģiskā viedokļa.

Reālo AVCK ilgmūžību ir iespējams noteikt tikai laika gaitā (piem., 25 gados), eksponējot to dabiskos agresīvos apstākļos. Diemžēl šādi dati līdz šim nav pieejami un AVCK ilgmūžība ir grūti prognozējama, jo nav iespējams izmantot pieredzi, kas uzkrājusies veicot pētījumus par tradicionālā betona ilgmūžību. Tas tādēļ, ka šie cementa kompozīti pēc būtības, īpašībām un pielietojuma ir atšķirīgi.

Būtiska ir ieinteresētās sabiedrības daļas (ražotāju, lietotāju, likumdevēju) izpratne par augstas veiktspējas cementa kompozītu īpašībām, t.sk., ilgmūžību. Piemēram, daudzu valstu standartos tiek noteikts, ka betona salturību nodrošina noteikts iesaistītā gaisa daudzums un faktiski pēc tā arī tiek prognozēta betona salturība. Faktiski var uzskatīt, ka iesaistītā gaisa noteikšana svaigā betona masā ir netiešā salturības prognozēšanas metode. Savukārt pēdējo gadu pētījumi ir pierādījuši, ka augstas veiktspējas cementa kompozīti, ja to sastāvs ir izveidots pareizi un ir veikti nepieciešamie pasākumi, lai nodrošinātu optimālus apstākļus sākotnējās cietēšanas laikā, var sasniegt F500 klasi bez gaisa iesaistošo piedevu izmantošanas. Šāda betona salturības klase būtiski pārspēj spēkā esošajos standartos noteikto. Tas viennozīmīgi parāda, ka ir nepieciešams pārrakstīt nacionālos standartus un no tiem svītrot prasību par obligātu gaisa iesaistošo piedevu izmantošanu, lai nodrošinātu noteiktu salturības klasi, kā arī izņemt pieņēmumu, ka iesaistītā gaisa daudzums materiāla struktūrā var kalpot

par netiešu salturības prognozēšanas metodi. Otrs būtiskākais aspekts ir izvēlēties piemērotāko metodi ar kuru noteikt augstas stiprības cementa kompozīta salturību; tai jābūt ātrai un viennozīmīgi interpretējamai. Spēkā esošie standarti šīs prasības nespēj izpildīt. Tas nozīmē, ka ir nepieciešamība pēc standartu koriģēšanas un maiņas. Tas pats attiecas uz citām ilgmūžības pārbaudēm: hlorīdu destruktīvās iedarbības noteikšanu, sārma silīcija reakcijas identificēšanu, karbonizēšanu, sulfātnoturību u.t.t.

3.posma uzdevuma sasniegšanai izgatavoti augstas veikspējas cementa kompozīti (AVCK) ar spiedes pretestību >80 MPa, izmantojot dažādas mikropildvielas (mikrosilīcijs, metakaolīns, cenosfēras, elektrofiltru pelni), kas 5, 10 un 15% apjomā aizstāj betona kompozīcijās izmantotā cementa daudzumu. Paraugiem, pēc to sacietēšanas (pēc 28 dienām) pārbaudīta to pretestība pret hlorīdu un sulfātu destruktīvo iedarbību, kā arī veiktas salturības pārbaudes, izmantojot dažādas standartizētas metodes, ar mērķi izvēlēties piemērotāko. Pētījumu gaitā novērtēta dažādu mikropildvielu ietekme uz AVCK salturības rādītājiem. AVCK izgatavošanai izmantots SIA "Cemex" (Latvija), lai realizētu projekta mērķi – radīt kompozītmateriālus ilgtspējīgām būvēm no vietējām izejvielām.

Ir publicēti vai pieņemti publicēšanai 5 pilna teksta zinātniskie raksti (1 raksts iekļauts datu bāzēs Web of Science vai Scopus)

1. Bumanis, G., Bajare, D., Korjamins, A. Durability of High Strength Self Compacting Concrete with Metakaolin Containing Waste, Key Engineering Materials, vol. 674, 2016, 65-70;
 - i. <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84958213606&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bajare&st2=&sid=825680C2EBD50EF96A423542C8B86583.Vdktg6RVtMfaQJ4pNTCQ%3a210&sot=b&sdt=b&sl=19&s=AUTHOR-NAME%28bajare%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
2. Bajare, D., Bumanis, G. Chloride Penetration and Freeze-Thaw Durability Testing of High Strength Self Compacting Concrete. Proceedings of the International RILEM Conference Materials, Systems and Structures in Civil Engineering 2016 Segment on Service Life of Cement-Based Materials and Structures, Service Life of Cement-Based Materials and Structures, Technical University of Denmark, vol. 2, 2016, 435-442;
3. Bumanis G., Goljandin D., Bajare D., The Properties of Mineral Additives Obtained by Collision Milling in Disintegrator, Key Engineering Materials, vol. 721, 2017, 327-331 (pieņemts publicēšanai);
4. Dembovska, L., Bajare, D., Pundiene, I., Vitola, L. Effect of Pozzolanic Additives on the Strength Development of High Performance Concrete, Procedia Engineering 00 (2016) 000–000 (pieņemts publicēšanai);
5. Bumanis G., Bajare D., Compressive strength of cement mortar affected by sand microfiller obtained with collision milling in disintegrator, Procedia Engineering 00 (2016) 000–000 (pieņemts publicēšanai).

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 6 konferencēs:

1. Vitola, L., Bajare, D., Bumanis, G., Sahmenko, G. Evaluation of Pozzolanic Properties of Micro- and Nanofillers Made from Waste Products, 18th International Conference on Concrete, Structural and Geotechnical Engineering, 25.-26. 01. 2016, Istanbul, Turkey;
2. Bajare, D., Bumanis, G. Chloride Penetration and Freeze-Thaw Durability Testing of High Strength Self Compacting Concrete. Materials, Systems and Structures in Civil Engineering – 19-22.08.2016, Copenhagen, Denmark;

3. Dembovska L., Bajare D., Pundiene I., Vitola L. Effect of Pozzolan Additives on the Strength Development of High Performance Concrete. 12th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques MBMST 2016", 26.05-27.05.2016, Vilnius, Lithuania.
4. Bumanis G., Bajare D., Compressive strength of cement mortar affected by sand microfiller obtained with collision milling in disintegrator, 12th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques MBMST 2016", 26.05-27.05.2016, Vilnius, Lithuania.
5. Bumanis G., Goljandin D., Bajare D., The Properties of Mineral Additives Obtained by Collision Milling in Disintegrator, "The 25th International Baltic Conference of Engineering Materials & Tribology" – BALTMATTRIB 2016 3-4.11.2016. Riga, Latvia.
6. Būmanis G., Bajare D., Sahmenko G., Dembovska L., Vitola L., Korjamins A., Augstas veiktspējas īpašību cementa kompozītmateriāli ar mikropildvielām: ieguves metodes, stiprības un ilgmūžības rādītāji, Rīgas Tehniskās universitātes. 57. starptautiskā konference. 14.-18. 10.2016, Rīga, Latvija.

Ir sagatavots un iesniegts 1 abstrakts konferencē, kas notiks 2017. gadā.

1. G. Bumanis, G. Sahmenko, A. Korjamins, D. Bajare "Sākotnējās cietēšanas apstākļu ietekme uz augstas veiktspējas cementa kompozītu salturību", IMST 2017, Septembris 27-29, Rīga, 2017

Sagatavots pilna teksta raksts, kas paredzēts iesniegt žurnālā ar SNIP>1:

1. G. Bumanis, L. Vitola, L. Dembovska, D. Bajare, "Salturības metožu salīdzinājums augstas veiktspējas cementa kompozītu ilgmūžības novērtējumam" plānots iesniegt žurnālā "Building and Construction", SNIP 2.124

II. 2. pamatuzdevums: *Veikt pētījumus par ekonomiskiem, ekoloģiskiem un ilgmūžīgiem bituminēto kompozītu sastāviem, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus, reciklētu (otrreizējo) asfaltbetonu, kā arī siltā asfaltbetona tehnoloģijas.*

2. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-B

3. posma uzdevums: *Izstrādāt receptūru bituminēto kompozītu sastāviem ar augtām ekspluatācijas īpašībām, izmantojot reciklēto asfaltbetonu (RAP), un, turpināt izstrādāt bituminēto kompozītu sastāvus no zemākās kvalitātes vietējā minerālmateriāla.*

Asfaltbetona ražošanas nozares visā pasaulē nepārtraukti meklē veidus kā uzlabot asfaltbetona ilgmūžību, palielināt konstrukcijas noturību, kā arī ietaupīt resursus un veicināt sekmīgu vides pārvaldību. Ar sekmīgu vides pārvaldību saprotot mazākus CO₂ izmešus ražošanas laikā, uzlabotus darba apstākļus, strādājot ar asfaltbetonu, kā arī fosilā kurināmā ietaupījumus. Viens no veidiem, kā panākt šādus uzlabojumus, ir asfaltbetona ražošanā izmantot tehnoloģiju, ko sauc par siltiem asfaltbetona maisījumiem.

Latvijas klimata apstākļos tradicionālās karstā asfalta dilumkārtas ieteicams būvēt laika posmā no 15. aprīļa līdz 15. oktobrim. Netradicionālie siltie asfaltbetona maisījumi pārstāv tehnoloģijas grupas, ar kuru palīdzību iespējams samazināt asfalta ražošanas un būvniecības temperatūras. Šīm tehnoloģijām ir tendence samazināt bitumena viskozitāti un nodrošināt vienmērīgāku pildvielu pārklāšanos ar bitumena slāni, samazināt ražošanas temperatūru līdz pat 80° - 90°C, tai pašā laikā nepasliktinot asfaltbetona ekspluatācijas īpašības.

Ieguvumi no siltā asfaltbetona izmantošanas:

1. Ekoloģiskais aspekts:

- a. samazinās CO₂ emisijas;
 - b. uzlabojas darba apstākļi.
2. Ražošanas aspekti:
- a. var palielināt reciklētā asfaltbetona saturu, palielinot novecojušā bitumena viskozitāti;
 - b. ilgāks asfaltbetona kalpošanas laiks (samazinās bitumena novecošanās ražošanas laikā);
 - c. sakarā ar zemo izmešu daudzumu var iegūt atļauju ražot asfaltbetonu pilsētas tuvumā.
3. Būvniecība:
- a. vieglāk sablīvējams (viegli iestrādājams);
 - b. būvniecība pie zemākām temperatūrām – pagarinās būvdarbu sezonu;
 - c. īsāks uzbūvētā seguma atdzišanas laiks;
 - d. pagarinās WMA maisījuma transportēšanas attālumi.
4. Ekonomiskie aspekti
- a. mazāks enerģijas patēriņš;
 - b. mazāks rūpnīcas nolietojums.

Silto asfaltbetona tehnoloģiju pielietošana asfaltbetona maisījumu ražošanā Latvijā ir attīstības stadijā, tādēļ pētījumā tiek analizētas silto asfaltbetonu tehnoloģijas, asfaltbetonu ražošanas principi un ekonomiskais ieguvums. Pētījuma laikā paredzēts izstrādāts bituminēts kompozītmateriāls ar zemāku ražošanas un ieklāšanas temperatūru. Šim materiālam paredzēts noteikt ekspluatācijas īpašības (risu noturība, noturība pret noguruma un termoplaису veidošanos) un veikt ekonomisko novērtējumu.

Par pētījuma aktualitāti liecina RILEM, (International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures), F. kāstera Bituminous Materials and Polymers aktivitātes, kas saistītas ne tikai ar inovatīvu bitumena materiālu un sistēmu izveidi, piem., Technical Committee 237-SIB “Testing and characterization of sustainable innovative bituminous materials and systems”, bet arī otrreizējo pārstrādi, piem., Technical Committee 264-RAP “Asphalt Pavement Recycling”.

Svarīgi atzīmēt, ka atbilstoši EK prasībām attiecībā uz siltumnīcas efekta izraisīto gāzu emisijas samazinājumu jāsasniedz 20% CO₂ samazinājums līdz 2020. gadam. Silto asfaltbetonu, frēzētā asfaltbetona (RAP) un vietējo materiālu izmantošana dos lielu ieguldījumu šī mērķa sasniegšanai.

Ir publicēts 1 pilna teksta zinātniskais raksts (iekļauts datu bāzēs Web of Science vai Scopus)

1. Haritonovs, V., Tihonovs, J., Smirnovs. High Modulus Asphalt Concrete with Dolomite Aggregates J. Transportation, Research Procedia, vol. 14, 2016, 3485-3492.
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84991268433&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=haritonovs&st2=&sid=58CFA54CB8994A281AED6E4EB9703B6C.wsnAw8kcdt7IPYLO0V48gA%3a30&sot=b&sdt=b&sl=23&s=AUTHOR-NAME%28haritonovs%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=>

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 2 konferencēs:

1. Haritonovs V., Tihonovs J., Smirnovs J., High Modulus Asphalt Concrete With Dolomite Aggregates. *Transport Research Arena Conference -TRA 2016*, 18. - 21.04.2016, **Warsaw, Poland**, <http://www.traconference.eu>;
2. Haritonovs V., Tihonovs J., Ilgtspējīgi bituminēti kompozītmateriāli ceļa segas konstrukcijai, Rīgas Tehniskās universitātes. 57. starptautiskā konference, 14.-18. 10.2016, Rīga, Latvija.

Ir sagatavots un iesniegts pilna teksta raksts konferencei, kas notiks 2017. gadā:

1. Rieksts K., Haritonovs V., Izaks R., Tihonovs J., "Investigation of filler properties using Dynamic Shear Rheometer", IMST 2017, Septembris 27-29, *Rīga, 2017.*

Sagatavots pilna teksta raksts, kas paredzēts iesniegt žurnālā ar SNIP>1:

1. Rieksts K., Haritonovs V., Izaks R., The influence of filler type and gradation on the rheological performance of mastics, Road Materials and Pavement Design (SNIPS 1.3).

III. 3. pamatuzdevums: *Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu.*

3. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-C.

3.posma uzdevums: *Izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai.*

Šī posma viens no mērķiem ir izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai, kas atsaucas uz projekta pamatuzdevumu: "Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm". CO₂ neitrāli būvmateriāli ir īpaši aktuāli mūsdienās, kad pasaulē tiek noslēgtas arvien vairāk vienošanās par emisiju samazināšanu globālās sasilšanas ierobežošanai, piemēram, Parīzes līgums, ko 2015. gadā parakstīja ES un citas vadošās valstis, kā arī dažādas direktīvas, piemēram 2010/31/EU – kas nosaka samazināt CO₂ emisiju līmeni par 20% līdz 2020. gadam, salīdzinot ar 1990. gadu.

Lai varētu izpildīt šīs saistības un direktīvas būvmateriālu nozarei, kas ir viena no lielākajām siltumnīcas efekta gāzu radītājām, nepieciešams radīt jaunus būvmateriālus, ar neitrālu vai negatīvu CO₂ bilanci. Vieni no šādiem materiāliem ir dabisko šķiedru kompozītmateriāli, kas savas dzīves cikla laikā patērē vairāk CO₂, nekā tiek radīts ekspluatācijas un utilizācijas laikā. Lai veicinātu iepriekšminēto līgumu un direktīvu ieviešanu tautsaimniecībā, trešajā pētījuma periodā tika izstrādāta un uzņēmumā SIA "Ekobūve" aprobēta metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu ražošanai no vietējām izejvielām.

Lai objektīvi novērtētu ekoloģiskos ieguvumus, projekta ietvaros izstrādāta šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanas metode. Šīs metodes izstrādāšanai dabisko šķiedru kompozītmateriālu atsevišķo tehnoloģisko procesu dati tika apstrādi ar programmas SimaPro palīdzību, izmantojot Ecoinvent dzīves cikla datubāzi. Dzīves cikla un CO₂ bilances aprēķins veikts kaņepju šķiedru / kaļķu saistvielās paneļiem, kas rūpnieciski ražoti uzņēmumā un uz vietas būvlaukumā samontēti, ka arī uz vietas būvlaukumā ražotam kaņepju-kaļķa materiālam. Izmantojot šo metodi, ražotājiem tiek dota izvēles iespēja alternatīvas metodes izmantošanai ražošanā, lai mazinātu ietekmi uz vidi, kā arī var pārbaudīt šī materiāla priekšrocības salīdzinot ar tradicionāliem materiāliem un kopējo, uzņemot CO₂ daudzumu.

Otrs posma mērķis ir iegūt un analizēt datus no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kas ļauj izpildīt pamatuzdevumu: "...*energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu.*" Šo datu analīze pierāda, ka dabisko šķiedru kompozītmateriāli nodrošina samērā konstantu gaisa mitrumu (40-60% RH), kas ierobežo sēnīšu un pelējuma veidošanos, kā arī ierobežo iekštelpu temperatūras svārstības mainīgos laika apstākļos.

Testu laikā tika fiksēta materiāla mitruma akumulācijas spēja, kas ļauj nodrošināt vienmērīgu un cilvēka veselībai piemērotu telpu mikroklimatu, uzņemot īslaicīgu

paaugstinātu telpu mitrumu un atdodot to, kad gaisa mitrums telpās samazinās. Testa gaitā tika konstatēts, ka 200 mm bieza, neapmesta paneļa iekšējās virsmas temperatūra sasniedz maksimumu vidēji 6 stundu laikā pēc āra temperatūras maksimuma sasniegšanas, savukārt 350 mm biezs panelis – apmēram 10 stundu laikā. Tas liecina, ka materiāla siltumnerce reālos apstākļos ir lielāka nekā tradicionāliem šāda biezuma sienu materiāliem (ķieģelim, gāzbetonam), kas saistīts ar augstu kaņepju spaļu daudzumu, kas pēc ķīmiskā sastāva un uzbūves ir tuvs kokam.

Iegūtie rezultāti nākamā posma laikā tiks papildināti un apkopoti priekšlikumos LBN 002-15 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" papildināšanai ar dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskajām īpašībām. Standarta papildināšana nodrošinātu materiālu plašāku pielietojumu, jo ražotājiem un ēku projektētājiem būtu pieejama objektīva un uzticama informācija par šiem materiāliem.

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 2 konferencē:

1. Sahmenko G., Sinka M., Bajare D., Energy-efficient and CO₂ neutral building materials from natural fibers, Riga Technical University, 57th International Scientific Conference, 14-18.10.16., Riga, Latvia;
2. Sahmenko G., Sinka M., "Dabisko šķiedru materiāli ilgtspējīgai būvniecībai". Latvijas Betona savienības XXV zinātniski tehniskā konference, Rīga, 2016.gada 10.novembrī.

Ir sagatavoti un iesniegti 2 abstrakti vai pilna teksta raksti 2 konferencēs, kas notiks 2017. gadā.

1. Sahmenko G., Sinka M., Bajare D., Lime-hemp concrete (LHC) enhancement using magnesium based binders, International Conference on Bio-Based Building Materials, June 21st - 23rd 2017, Clermont-Ferrand, France;
2. Sahmenko G., Sinka M., Bajare D., Hygrothermal properties of lime-hemp concrete (LHC) measured on site IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2017, 27.09.-29.09.2017, Riga, Latvia.

Sagatavots pilna teksta raksts, kas paredzēts iesniegt žurnālā ar SNIP>1:

1. M. Sinka, G. Sahmenko, D. Bajare, Life cycle analysis of pre-fabricated and in-situ made lime-hemp concrete, measuring of carbon footprint, Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Projekta Nr.1 ietvaros ir vadīti un aizstāvēti 2 maģistra un 3 bakalaura darbi:

Maģistra darbi:

1. E. Zelčs "Saliekamā dzelzsbetona ēkas stinguma elementu aprēķina metožu salīdzinājums", vadītājs A.Korjajins;
2. M. Jansons "Autoceļu segas uzturēšana, bedrīšu remonts ar bitumena emulsiju un šķembām", vadītājs V. Haritonovs.

Bakalaura darbi:

1. K. Juška "Koka siju starpstāva veidi, to optimāla izvēle", vadītājs A.Korjajins;
2. A. Novikovs "Monolītu dzelzsbetona plātņu optimizācija", vadītājs A.Korjajins;
3. J. Sadijeva "Ekoloģiskie siltumizolācijas materiāli", vadītājs A.Korjajins.

Projekta ietvaros tiek izstrādāti sekojoši promocijas darbi:

1. J. Justs „Sevišķi augstu īpašību betona ar samazinātu autogēno rukumu tehnoloģija”, vadītājs D. Bajāre, paredzēts aizstāvēt 2016.gadā.
2. J.Tihonovs „Asfaltbetona sastāvi no vietējā minerālmateriāla ar augstām ekspluatācijas īpašībām” vadītājs J. Smirnovs, V. Haritonovs, paredzēts aizstāvēt 2017. gadā.

3. M. Šinka „Dabīgo šķiedru siltumizolācijas materiāli” vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2017. gadā.
4. N. Toropovs „Augstas veikspējas betona ugunsturība”, vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2016. gadā.

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta 1 projekta 3. posma laikā izstrādātās metodes (pielikums elektroniski):

1. Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (3. pamatuzdevums);
2. Rekomendācija betona korozijas un salturības paaugstināšanai (1. pamatuzdevums);
3. Rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai (2 pamatuzdevums);
4. Metodes dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam (3. pamatuzdevums).

Projekta ietvaros izstrādātās jaunās metodes, kas aprobētas uzņēmumos:

1. “Augstu ekspluatācijas īpašību asfaltbetona sastāvu ražošanas metodes no zemas kvalitātes minerālmateriāliem”, aprobēta uzņēmumā SIA “Ceļi un Tilti”, apliecinājums datēts ar 16.09.2016.
2. “Augstu ekspluatācijas īpašību cementa kompozītmateriālu ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar mikropildvielas”, aprobēta uzņēmumā SIA “Warm House”, apliecinājums datēts ar 20.09.2016.
3. “Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām”, aprobēta uzņēmumā SIA “ESCO būves”, apliecinājums datēts ar 21.10.2016.

Kvalifikācijas celšana un jaunu zināšanu iegūšana, starptautiskās sadarbības veicināšana:

1. Māris Šinka, pētnieks, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 21.-27.11.2016. Gentes universitāte, Ghene, Beļģija - apmācības dzīves cikla analīzes datorprogrammas SimiPro pamatos. Uzdevums - apgūt programmas pamatus un datu ievadišanas un apstrādes mehānismu, patstāvīgam darbam ar programmu. (No citiem līdzekļiem).
2. Diāna Bajāre, prof. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra 3-7.07.2016, Technical University of Denmark, Lyngby, Dānija - tikšanās par jauna Horizon2020 projekta sagatavošanu saistībā ar inovatīvu konstruktīvo risinājumu izstrādi ilgtspējīgai būvniecībai. Tikšanās tika organizēta Technical University of Denmark un tur piedalījās 5 pārstāvji no 3 dažādām Eiropas universitātēm. Tikšanās ietvaros tika apspriestas iespējas jauna projekta pieteikuma sagatavošanai saistībā ar plānotajiem projektu uzsaukumiem un tika apspriestas studentu apmaiņas iespējas. Vizītes laikā tika apspriesta pētniecības projekta iespējamās tēmas un sasniedzamie rezultāti. Tika nolemts uzsākt zinātniskā projekta sagatavošanu, iesniegšanai š.g. rudenī. (No citiem līdzekļiem).
3. Laura Vītola, asistents, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 26.02.16.-30.04.16. Eduardo Torroja konstrukciju zinātņu institūts Madride, Spānija, - komandējuma laikā tikai izgatavotas vairākas paraugu sērijas ar mērķi izpētīt metakaolīna un elektrofiltru pelnu ietekmi uz sārmu aktivizētu cementu struktūru. Tika apgūtas makro un mikrostruktūras pētīšanas metodes (SEM, u.c.), kā arī vairākas ķīmiskās un termiskās analīzes metodes (XRD, FTIR, DTA). (Daļējs finansējums).
4. Diāna Bajāre, prof. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 17-19.06.2016 Varšava, Polija - tikšanās ar projekta COST TU1404 kolēģiem par jauna Horizon

2020 projekta sagatavošanu saistībā ar inovatīvu konstruktīvo risinājumu izstrādi ilgtspējīgai būvniecībai. Piedalījās 12 pārstāvji no 6 dažādām Eiropas universitātēm, kā arī industrijas pārstāvji. Tikšanās ietvaros tika apspriestas iespējas jauna projekta pieteikuma sagatavošanai saistībā ar plānotajiem projektu uzsaukumiem. Vizītes laikā tika apspriesta pētniecības projekta iespējamās tēmas un sasniedzamie rezultāti. Pirms tam prof.D.Bajāre piedalījās Lafarge (Polilija) cementa ražošanas jaunās līnijas demonstrēšanā un speciāli organizētā pasākumā iepriekš minētajiem dalībniekiem un potenciāliem projekta partneriem. Tika nolemts uzsākt zinātniskā projekta sagatavošanu, iesniegšanai š.g. rudenī. (No citiem līdzekļiem).

5. Laura Dembovska, Slovēnija, pētn. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, Nacionālais Slovēnijas Būvzinātņu institūts, Ļubļana, Slovēnija, 18.-29.01.2016. Vizītes laikā tika izgatavotas vairākas sērijas no cementa bāzes kompozītiem ar mērķi veikt mikrostruktūras analīzi izmantojot mikrotomogrāfijas metodi un DTA/TG, kā arī apgūt iepriekšminētās metodes, to darbības principus un rezultātu interpretāciju. Kā arī stiprināt kontaktus starp abām zinātniskajām institūcijām.
6. Diāna Bajāre, prof. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 02-05.03.2016, Zagrebas universitāte, Zagreba, Horvātija - "piedalīšanās pasākumā "Phosphor gypsum brainstorm", kurā tika apspriestas idejas projektu sagatavošanai jaunajiem Horizon 2020 uzsaukumiem. Piedalījās 17 cilvēki no 10 dažādām valstīm. (No projekta līdzekļiem).

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Balstoties uz Projekta Nr.1 rezultātiem un sadarbības aktivitātēm 2016. gadā projekta realizētāji iesniedza 4 ERAF (Eiropas Reģionālā attīstības fonda) projektu pieteikumus pirmajā projektu iesniegumu atlases kārtā, kuru specifiskais atbalsta mērķis bija „Palielināt Latvijas zinātnisko institūciju pētniecisko un inovatīvo kapacitāti un spēju piesaistīt ārējo finansējumu, ieguldot cilvēkresursos un infrastruktūrā” (aktivitāte „Praktiskas ievirzes pētījumi”). Pēc starptautiskā zinātniskā izvērtējuma, tika apstiprināti sekojošie projekta pieteikumi (realizācijas ilgums 36 mēneši), kas saistīti ar Projekta Nr.1 mērķiem:

1. „Development, optimisation and sustainability evaluation of smart solutions for nearly zero energy buildings in real climate conditions”, Sadarbība ar Latvijas Universitāti, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 580 000**.
2. „Innovative use of reclaimed asphalt pavement for sustainable road construction layers”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 648000**.
3. “A New Concept for Sustainable and Nearly Zero-Energy Buildings”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 648 648.00**.
4. “Zero Energy Solutions for Special Purpose Buildings”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 634 615**.

Dalība starptautiskās sadarbības projektos:

1. COST programmas akcijā *TU1301* NORM for Building materials (NORM4BUILDING), akcijas ilgums no 2013. gada 8. jūlija līdz 2017. gada 15. maijam.
2. COST programmas akcijā *TU1404* “Towards the next generation of standards for service life of cement-based materials and structures”, akcijas ilgums no 2014. gada 14. maijam līdz 2018. gada 13. maijam.
3. COST akcijas programmas akcijā *CA15202* “Self-healing As preventive Repair of COncrete Structures”, akcijas ilgums no 2016. gada 30. septembris līdz 2020. gada 29. septembris.

Iesniegtie H2020 projekti, kas ir izvērtēšanas stadijā:

1. Call H2020-EE-2016-CSA, Type of action CSA Draft proposal ID SEP-210360903, Deep_Renov. Projekta mērķis ir veicināt nekustamā īpašuma īpašniekus veikt ēku renovāciju atbilstoši likumdošanai un labai praksei, ņemot vērā projekta laikā izstrādātos palīginformāciju, datu bāzes, finanšu mehānismus un instrumentus, kā arī palielināt šādu ēku renovāciju īpatsvaru būvniecības sektorā.
2. Call H2020-NMBP-2017-two-stage, Type of action RIA, Draft proposal ID SEP-210400265, SMARTmat. Projekta mērķis ir izstrādāt rīku, kas ļauj projektēt adekvātu betona sastāvu atbilstošu pasūtītāja vajadzībā, iekļaujot apkārtējās vides aizsardzības direktīvas un ekoloģiskās interese.

Programmas un projekta popularizēšanas rezultātie rādītāji:

Projekta pārstāvji 14.10.2016. un 16.11.2016. ir piedalījušies VPP IMATEH seminārā par projekta norisi un īstenošanu.

Žurnālam „Būvinženieris” sagatavots un publicēts populāri – zinātnisks raksts: „Asfaltbetona sastāviem vietējie materiāli”, 2016.gada oktobris, Nr. 52 (autori - V.Haritonovs, J. Tihonovs).

Projekta popularizēšanas ietvaros M. Šinka un G. Šahmenko 19.04.2016. piedalījās zinātnisko diskusiju vakarā “Eko materiāli būvniecībā”, kur iepazīstināja klātesošos ar ekobūvniecības nozares aktualitātēm un pētījumu programmas pirmo posmu rezultātiem.

Uzsākts darbs pie starptautiskās konferences IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2017, 27.09.-29.09.2017 organizēšanas (sagatavots uzsaukums un mājas lapa, izplatīta informācija par konferences tēmām, norises vietu un laiku).

2016. gadā noorganizēta studentu zinātniskā konference 27.04.2016.

Rīgas Tehniskās universitātes 57. Starptautiskās zinātniskās konferences (14.-18.10.2016) laikā tika informēti klātesošie (Latvijas un ārtvalstu zinātnieki, studenti un industrijas pārstāvji, kā arī pārstāvji no zinātniskās komisijas) par projekta sasniegumiem un iegūtajiem zinātniskajiem rezultātiem.

10.11.2016. par projekta sasniegumiem un iegūtajiem zinātniskajiem rezultātiem tika ziņots Latvijas Betona Savienības zinātniski tehniskajā konferencē. Konferencē piedalījās studenti un Latvijas industrijas pārstāvji, kā arī zinātniskais personāls no RTU un LLU.

Programmas popularizēšanai studējošo vidū 2016.gada 13.aprīlī tika organizēta Betona olimpiāde (betona pagatavošanas sacensību 1.posmu), kurā komandām, kas sastāv no 3 cilvēkiem, tiks dota iespēja izgatavot betona paraugus, kuriem pēc 28 dienām tiks pārbaudīta to stiprība spiedē, tā nosakot, kura komanda ir izveidojusi betonu ar augstāko spiedes stiprību. Betona sacensību mērķis ir veicināt universitātē apgūto zināšanu izmantošanu praksē un mudināt studentus uz tehnisko jaunradi. Betona sacensību 2. posms norisinājās 2016.gada 12.maijā, kad tika pārbaudīta 7 studentu komandu izgatavoto betona paraugu stiprība spiedē, tādējādi noskaidrojot sacensību uzvarētāju komandu.

IMATEH mājas lapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par 1. projekta gan VPP IMATEH aktivitātēm un aktualitātēm.

Privātā sektora līdzfinansējums un ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz 1.projektā ietvaros radītajiem rezultātiem 3.posmā sasniedz 16449 Eur.

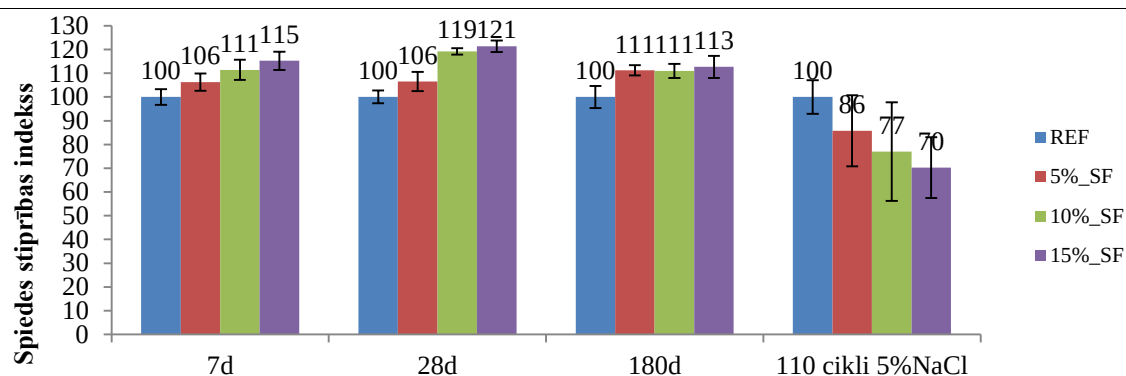
Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2016 - 31.12.2016:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8283	A.Korjaks	Ēkas Dagdas ielā 3 k-2, Rīgā pagraba pārseguma tehniskā stāvokļa un tā nestspējas apsekošana	SIA Rīgas namu pārvaldnieks	1080,-	29.08.16-30.09.16
L8302	A.Korjaks	Salizturības un UV tests sagatavotajiem paraugiem un atzinums par BCM jaunā materiāla atbilstību būvniecības apdares materiālu standartiem	SIA Green Industry Innovation Center	2892,-	29.08.16-30.11.16
L7030	A.Korjaks	Būvmateriālu un būvkonstrukciju kvalitātes pētījumi	SIA RBSSKALS Būvvaldība, SIA Transportbetons MB, SIA Ceļu eksperts	12477,-	01.01.16-31.12.16
			Kopā	16449,-	

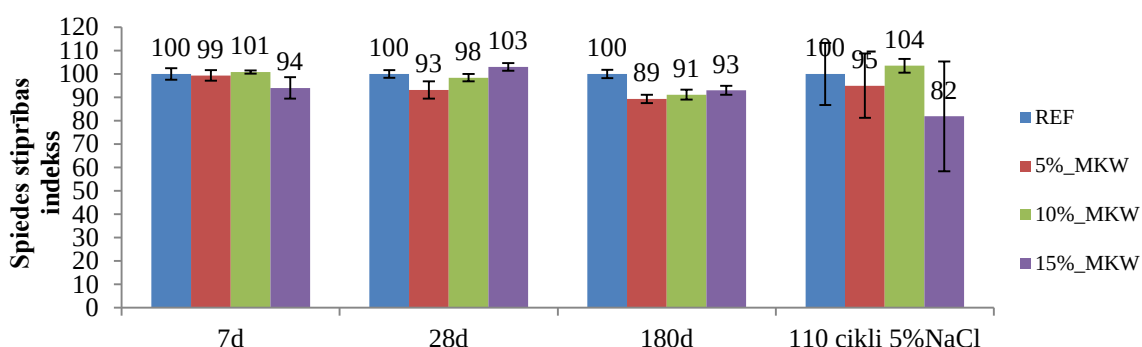
2.3. Projekta Nr.1 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izstrādāt metodes no Latvijas cementa ražotā betona korozijas un salturības paaugstināšanai	Rekomendācija augstas veiktspējas cementa kompozītu (AVCK) korozijas un salturības paaugstināšanai, 1 zinātniskais raksts
Pārbaužu rezultāti liecina, ka augstas veiktspējas cementa kompozītiem (AVCK) ar spiedes stiprību virs 70MPa (pēc 28 dienu cietēšanas) salturības rādītāji būtiski atšķiras atkarībā no tā, kādas mikropildvielas ir izmantotas cementa daļējai aizstāšanai. Paraugi ar mikrosilīciju sastāvā (5-15% no cementa daudzuma), uzrāda augstāko spiedes stiprību (94MPa pēc 180 dienu cietēšanas), tomēr tiem ir ievērojami spiedes stiprības zudumi pēc 110 sasalšanas-atkuššanas cikliem sālsūdens vidē (16-33%) (LVS 156 pielikums C) (attēls 1). References sastāvam (bez mikropildvielām) stiprība pēc 110 sasalšanas-atkuššanas cikliem sālsūdens vidē paliek nemainīga vai pat nedaudz pieaug, kas liecina par cietēšanas turpināšanos sālsūdens vidē. Savukārt, izmantojot metakaolīnu mikropildvielu 10% no cementa daudzuma, tika iegūts betona sastāvs, kurš iztur 150 sasalšanas-atkuššanas ciklus saskaņā ar LVS 156 pielikumu C bez būtiskiem stiprības zudumiem, kas atbilst F500 sasalšanas-atkuššanas cikliem ūdenī (attēls 2). Salīdzinoši zemā salturība augstas veiktspējas cementa kompozītiem ar mikrosilīcija mikropildvielu izskaidrojama ar to, ka minerāliem, kas rodas mikrosilīcija un cementa minerālu reakcijas rezultātā, rodas izmaiņas straujās temperatūras svārstībās (-20°C līdz +20°C) (tiek turpināti pētījumi, lai izskaidrotu šos rezultātus). Šīs izmaiņas, iespējams, izraisa iekšējas deformācijas un mikroplaisu veidošanos, ko vēl straujāk paātrina ūdens sasalšanas rezultātā radītie iekšējie spriegumi. Tā rezultātā šiem sastāviem ir zemāka salturība salīdzinot ar references sastāvu. Salturības rezultātu interpretācijai un aprēķina metodikai var būt būtiska ietekme uz salturības rezultātu novērtējumu. Līdz ar to jāveic papildus pētījumi, lai izstrādātu metodiku, augstas veiktspējas cementa kompozītu salturības novērtēšanai, balstoties uz iegūtajiem rezultātiem.	



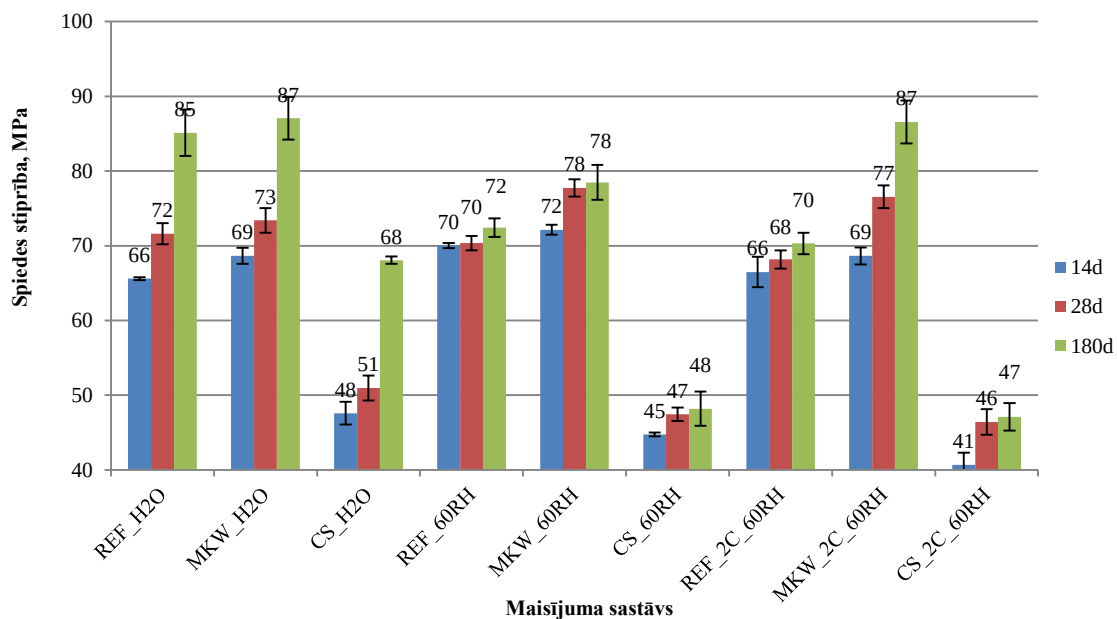
Attēls 1. Stiprības indekss augstas veiktspējas betonam ar mikrosilīciju (SF) 7, 28 un 180d vecumā un pēc 110 sasaldšanas-atkuššanas cikliem.



Attēls 2. Stiprības indekss veiktspējas betonam ar metakaolīnu (MKW) 7, 28 un 180d vecumā un pēc 110 sasaldšanas-atkuššanas cikliem.

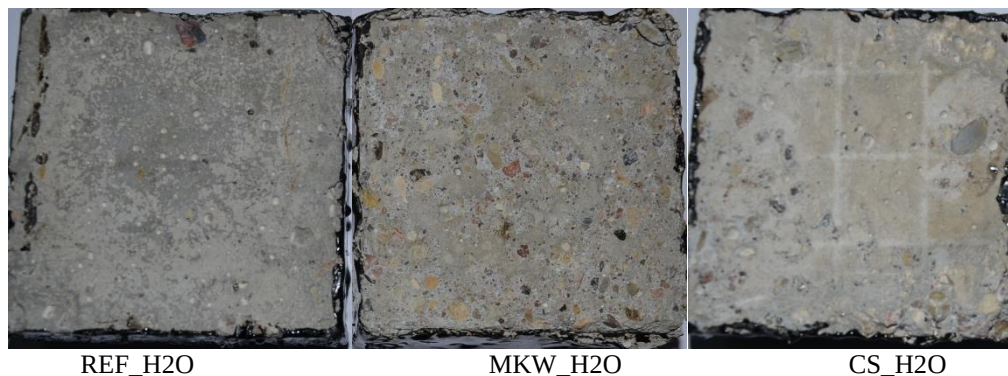
Tā kā šobrīd būvniecībā plaši lietotā betona (C50/60) īpašības lielā mērā ir atkarīgas no agrārās cietēšanas apstākļiem, tika veikts pētījums, kurā 24 stundas pēc augstas veiktspējas cementa kompozīta iestrādes, paraugi tika pakļauti 28 dienas dažādiem cietēšanas apstākļiem (paraugi izturēti ūdens vidē, istabas temperatūrā (60% RH) bez papildus mitrināšanas, 2°C temperatūrā (60% RH) bez papildus mitrināšanas). Pēc tam paraugi tika uzglabāti istabas temperatūrā līdz tie sasniedza 180 dienu vecumu. Pētījumā pārbaudīta metakaolīna, censofēru (10% no cementa masas) un references sastāva (100% cements) cietēšanas apstākļu ietekme uz betona īpašībām, t.sk. salturību.

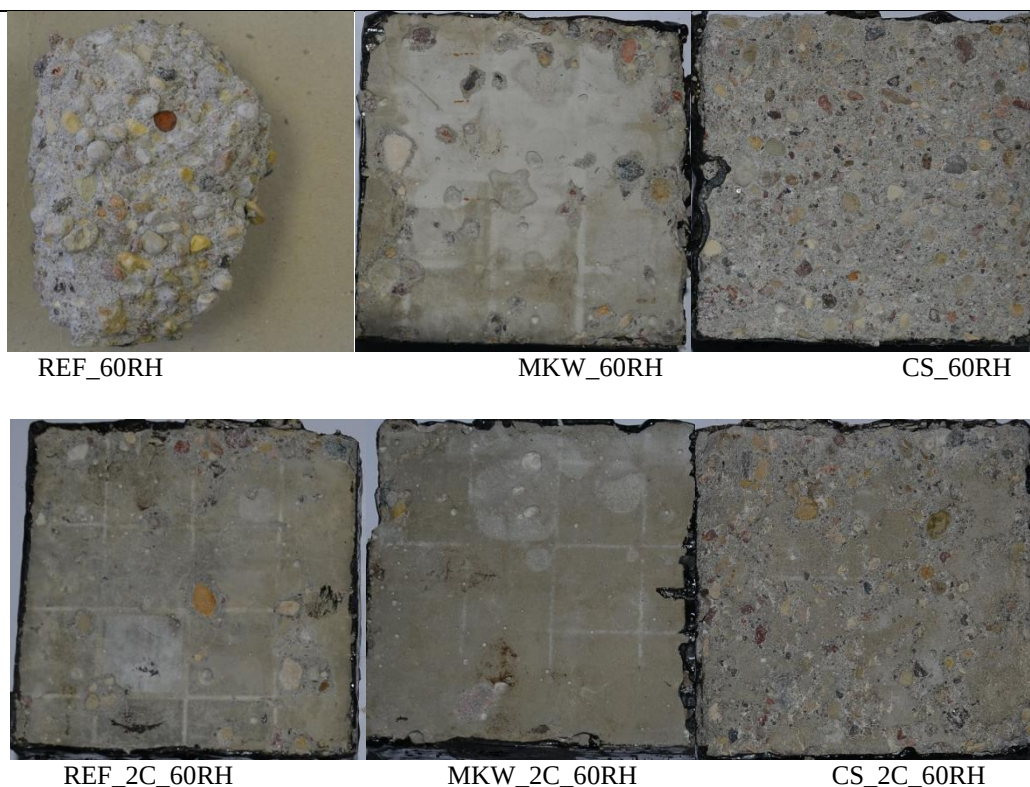
Betona spiedes stiprības izmaiņas atkarībā no vecuma, sastāva un cietēšanas apstākļiem dotas attēlā 3. Pazemināta temperatūra (2°C) vai cietēšanas vides relatīvais mitrums būtiski neietekmē augstas veiktspējas cementa kompozītu (bez mikropildvielām) sākotnējās cietēšanas dinamiku (līdz 28 dienu vecumam). Tomēr ūdens vidē cietinātiem paraugiem spiedes stiprība laikā pieaug straujāk. Daudz lielāka nozīmē no mehānisko īpašību un ilgmūžības viedokļa ir betona kompozīcijai, šajā gadījumā - izmantoto mikropildvielu veidam un daudzumam. Lai gan censofēru (CS) izmantošanas mērķis bija uzkrāt to porainajā struktūrā papildus mitrumu (līdzīgi kā tas notiek pievienojot superabsorbentus), kas, iespējams, varētu nodrošināt optimālu cietēšanas mitrumu kompozīta struktūrā, to funkcionalitāte izpaužas tikai tajā gadījumā, kad paraugi sākotnēji tika cietināti ūdens vidē. Turklāt, būtisks stiprības pieaugums, salīdzinot ar stiprību pēc 28 dienām, tika konstatēts tikai vēlīnā paraugu vecumā (pēc 180 dienām). Savukārt metakaolīna (MK) mikropildvielas izmantošana daļējai cementa aizstāšanai AVCK sastāvā, ne tikai paaugstina mehāniskās īpašības, salīdzinot ar references sastāvu, visos tā cietēšanas posmos, bet nodrošina būtisku stiprības pieaugumu neatkarīgi no sākotnējās cietēšanas apstākļiem (vides temperatūras un mitruma).



Attēls 3. Betona spiedes stiprība atkarībā no mikropildvielu veida un cietēšanas apstākļiem: REF_H2O, MKW_H2O un CS_H2O – atsauces sastāvs ar 100% cementu (REF), metakaolīnu (MKW) un cenosfērām (CS), kas cietējuši normālos cietēšanas apstākļos (ūdens vidē, 20°C); REF_60RH, MKW_60RH, CS_60RH – atsauces sastāvs, sastāvs ar metakaolīnu un cenosfērām, kuru paraugi cietējuši gaisā (20°C, 60% RH); REF_2C_60RH, MKW_2C_60RH un CS_2C_60RH – paraugi, kas cietējuši gaisā, pazeminātā temperatūrā (2°C, 60%RH).

Iepriekš minētajiem AVCK noteikta virsmas pretestība sala izraisītai destrūkcijai pēc 52 sasaldšanas-atkuššanas cikliem 3% NaCl (CDF tests - RILEM TC 117-FDC) dots attēlā 4. Virsmas zudumi pēc 52 sasaldšanas-atkuššanas cikliem doti tabulā 1. Ūdens vidē cietējušiem AVCK paraugiem pretestība virsmas izdrupumiem sasaldšanas-atkuššanas rezultātā ir 1.5-3.3 kg/m². Virsmas nodrupumi galvenokārt veidojas kontaktzonā starp cementa akmeni un pildvielām. AVCK references paraugiem, kas sākotnēji cietējuši istabas temperatūrā (REF_60RH) pretestība sasaldšanas-atkuššanas cikliem ir ievērojami zemāka, salīdzinot ar paraugiem, kas cietējuši pazeminātā temperatūrā vai ūdens vidē. Tomēr vislielāko lomu spēlē mikropildvielu ietekme uz salturības parametriem. Līdzīgi kā iepriekšējā pētījumā augstākus salturības rādītājus uzrāda AVCK ar metakaolīna mikropildvielu. Tātad, cietēšana zemā temperatūrā būtiski neietekmē pretestību sasaldšanas-atkuššanas ciklu graujošajai iedarbībai un virsmas zudumi ir salīdzinoši nelieli (tab.1).





Attēls 4. Paraugu virsmas pretestība sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībai un tās izraisītajai destrukcijai.

Tabula 1. Virsmas zudumi sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībā.

Sastāvs	Virsmas zudumi, kg/m ³	
	44 cikli	52 cikli
REF_H2O	3.1	3.3
MKW_H2O	1.2	1.9
CS_H2O	1.0	1.5
REF_60RH	32.4	65.0
MKW_60RH	0.4	0.7
CS_60RH	0.3	2.6
REF_2C_60RH	0.2	0.4
MKW_2C_60RH	0.2	0.3
CS_2C_60RH	0.3	1.6

AVCK noteikts hlorīdu iespiešanās dziļums atkarībā no dezintegrētu smilšu veida un apjoma (tabula 2). Rezultāti liecina, ka atsauces sastāvs (REF) ar augstāko cementa saturu uzrāda hlorīdu iespiešanās dziļuma (migrācijas) koeficientu D_{nssm} $9.2 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$. Aizstājot cementu 5-15% pēc masas ar dezintegrētām kaļķakmens-kvarca smiltīm, hlorīdu migrācijas koeficients pieauga no 12.2 līdz $15.5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ (sastāvi QD5, QD10, QD15). Savukārt dezintegrētas kvarca smiltis, kuras aizstāj 5% no cementa masas, samazina D_{nssm} līdz $6.3 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ (Q5), bet ar 10 un 15% dezintegrētu smilšu D_{nssm} pieaug līdz $10.0-11.2 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ (Q10 un Q15). Secināts, ka dezintegrētas dabīgas kaļķakmens-kvarca smiltis neuzrāda aktivitāti betona cietēšanas procesā un hidratēta cementa pasta ar samazinātu cementa daudzumu zaudē savas necaurlaidības īpašības un pazemina betona pretošanos hlorīdu migrācijai betona struktūrā. Savukārt dezintegrētas kvarca smiltis (5% apjomā no cementa masas) uzlabo betona pretestību hlorīdu migrācijai betona struktūrā un tas tiek saistīts ar hidratētas cementa pastas blīvuma uzlabošanos, bet palielinot dezintegrēto smilšu apjomu, cementa akmens zaudē savas necaurlaidības īpašības.

AVCK sastāviem ar dezintegrētajām smiltīm noteikti arī virsmas masas zudumi

sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībā (RILEM TC 117-FDC metode). Rezultāti liecina (tabula 3), ka, aizstājot cementu 15% ar dezintegrētām smiltīm, ievērojami palielinās virsmas zudumi. Jau pēc 28 sasalšanas-atkuššanas cikliem tiek zaudēts 1.7-1.8 kg/m² betona virsmas un pēc 84 cikliem tas pieaug līdz 9.6-10 kg/m², pilnībā atsedzot betona struktūru un novērojami pildvielu izdrupumi. Betonam ar 5-10% dezintegrētām smiltīm zudumi pēc 84 sasalšanas-atkuššanas cikliem ir 0.3-1.5 kg/m², bet atsauces sastāvam ar 100% cementu tie ir 0.5kg/m².

Tabula 2. Hlorīdu iespiešanās dziļuma koeficients atkarībā no dezintegrētu smilšu apjoma betonā

Sastāvs	D _{nssm} [10 ⁻¹² m ² /s]
REF	9.2±0.1
QD5	12.9±1.2
QD10	15.5±1.4
QD15	12.2±1.2
Q5	6.3±0.9
Q10	11.2±0.7
Q15	10.0±0.2

Tabula 3. Virsmas zudumi sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībā atkarībā no dezintegrētu smilšu apjoma betonā

Cikli skaits	Masas zudumi [kg/m ²]						
	REF	Q5	QD10	QD15	QD5	QD10	QD15
28	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	1.7
42	0.2	0.0	0.0	4.2	0.2	0.2	4.3
56	0.3	0.1	0.1	7.1	0.3	0.3	7.0
70	0.3	0.1	0.6	8.2	0.5	1.2	8.4
84	0.5	0.3	0.8	10.0	0.7	1.5	9.6

AVCK ar dažādām mikropiedevām tiek veikta sulfātu korozijas pārbaude. Izgatavotie betona paraugi pakļauti nātrija sulfāta iedarbībai, kā rezultātā betona struktūrā var rasties sulfātu sāļi (etringīts, ģipsis) ar palielinātu tilpumu. Tas izraisa betona tilpuma izplešanos, kas var novest pie plaisu rašanās un betona struktūras destrukcijas. Pārbaūžu laikā paraugiem tiek kontrolētas masas izmaiņas un garuma izmaiņas. Rezultāti liecina, ka pēc 28 dienu iegremdēšanas sulfātu šķīdumā atsauces sastāvam pieaugusi masa par 0.5%, kas var liecināt par sulfātu produktu uzkrāšanos betona poru struktūrā, savukārt AVCK ar metakaolīna mikropiedevu masas pieaugums ir no -0.7 līdz 0.38%. Izplešanās deformācijas pārbaudes periodā nav konstatētas, bet novērojams betona rukums no 0.11 līdz 0.07%, kas ir normāla betona parādība cietēšanas procesā.

Uz veikto pētījumu pamata izstrādāta **Rekomendācija augstas veiktspējas cementa kompozītu (AVCK) korozijas un salturības paaugstināšanai. Iegūtie dati publicēti zinātniskos izdevumos.**

2. Izstrādāt receptūru bituminēto kompozītu sastāviem ar augtām ekspluatācijas īpašībām, izmantojot reciklēto asfaltbetonu (RAP), un, turpināt izstrādāt bituminēto kompozītu sastāvus no zemākās kvalitātes vietējā minerālmateriāla.

Rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai. Piedalīšanās starptautiskā konferencē ar ziņojumu, 1 zinātniskais raksts.

Šajā periodā turpinās asfaltbetona sastāvu ar augstu frēzētā asfaltbetona saturu (RAP) izstrāde (virs 25%). Tiek veikta RAP bitumena atjaunināšana ar mērķi sasniegt tehniskiem noteikumiem atbilstošu bitumena klasi (B50/70). Turpinās granulometriskā sastāva aprēķins, kura mērķis samazināt smalko daļiņu (< 0,063mm) saturu. Izmantojot namogrammu (Wirtgen

Cold Milling Manual), veikts reciklētā materiāla homogenitātes novērtējums. Analizētas metodes RAP materiāla izmantošanai High Modulus Asphalt Concrete (HMAC) maisījumu izstrādei. Veikta novecojušā (RAP bitumens) atjaunināšana ar bitumeniem B70/100 ar mērķi iegūt HMAC maisījumu radīšanai atbilstošu bitumena klasi B20/30. Veikts maisījuma granulometriskā sastāva aprēķins, lai sasniegt asfaltbetonu ACb16 un ACb 22 reglamentētas robežas. Baltoties un *Wirtgen Cold Milling Manual* noteikta jauna RAP bitumenu proporcija, lai iegūtu bitumenu B50/70.

Šajā periodā turpināta High Modulus Asphalt Concrete (HMAC) maisījumu īpašību analīze. Atbilstoši plānām izstrādātas rekomendācijas šī asfaltbetona tipa maisīšanas parametru un transportēšanas optimizācijai.

Šajā pētījuma periodā uzprojektētiem bituminēto kompozītmateriālu sastāviem ar RAP veiktas deformatīvo īpašību eksperimentālās pārbaudes, lietojot ekspluatācijas īpašību testēšanas metodes – riteņu sliežu veidošanās testu, stinguma un noguruma testus, termoplaistu veidošanas testus, kā arī ūdensjūtību (bitumena un minerālmateriāla adhēziju). Rezultāti salīdzināti ar references sastāviem, kuri izgatavoti no jaunām izejvielām. Analizējot rezultātus, konstatēts, ka risu noturība asfaltbetoniem ar 30% RAP ir augtāka (WTSair0.1), salīdzinājumā ar references sastāvu risu noturības klasi (WTSair 0,3). Savukārt nogurumizturības klases gan references sastāvam, gan asfaltbetonam ar 30% RAP ir vienādas - ϵ_6 -130 (10Hz, 10°C). Palielinot RAP saturu līdz 50% saglabājas augsta risu noturība, bet ievērojami pasliktinās nogurumizturība. Secināts, ka augstākas ekspluatācijas īpašības asfaltbetons ar RAP, kuram novecojis bitumens atjaunināts ar zemākas viskozitātes bitumenu B70/100, sasniedz pie RAP satura 30%.

Šajā periodā veikta silto asfaltu tehnoloģiju klasifikācija, apkopota informācija par piedevām un tehnoloģijām ražošanas un būvniecības temperatūras samazināšanai. Analizēti silto asfaltbetonu ražošanas principi. Definētas šīs tehnoloģijas negatīvas īpašības. Apkopota metodika ražošanas izmaksu novērtēšanai.

Šajā periodā uz veikto pētījumu bāzes izstrādāti 4 nodevumi: Metodika reciklētā materiāla izmantošanai, Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējums, Priekšlikumi ceļu tehnisko noteikumu pilnveidošanai un Rekomendācija par augstas viskozitātes bitumena izmantošanu, izmantojot siltā asfalta ražošanas piedevas.

Uz veikto pētījumu pamata izstrādāta ***Rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai. Iegūtie dati publicēti zinātniskos izdevumos.***

3. Izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai.

Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām. Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam. Piedalīšanās starptautiskā konferencē ar ziņojumu.

Atbilstoši laika grafikam, projekta 3. posmā bija paredzēts ne tikai izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai, bet arī turpināt iegūt un analizēt datus, kas iegūti no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kā arī sākt modeļa izstrādi, balstoties uz iegūtajiem datiem. Sākotnēji tika veikta eksperimentāla sienas paneļa siltuma un mitruma datu uzkrāšana, lai novērtētu procesus, kas noris pie vienmērīga iekštelpu mikroklimata.

Sienas panelis, kas tika izgatavots 2016. gada janvārī sadarbībā ar SIA “ESCO Būve”, ceturtajā dienas pēc tā izgatavošanas tika iestrādāts esošā sienas konstrukcijā, tādējādi žūšanu un cietēšanu turpinot reālos ēkas sienas ekspluatācijas apstākļos. Izgatavotā paneļa biezums ir 200 mm, bez apdares abās pusēs. Paneļa blīvums 400kg/m^3 , siltumvadītspēja $0,075\text{ W/m}\cdot\text{K}$. Panelī dažādos tā dziļumos tika uzstādīti 3 sensori (50, 100 un 150 mm dziļumā) mitruma migrācijas un temperatūras kontrolei, 2 sensori iekštelpas un 2 sensori ārā apstākļu reģistrēšanai (vides un virsmas relatīva mitruma un temperatūras fiksēšanai), kā arī siltuma plūsmas sensors (plāksnveida), reālās siltumvadāmības noteikšanai. Signāli no sensoriem tiek uzkrāti datu apkopošanas modulī un ar mobilā tīkla palīdzību elektroniskas tabulas formā tika regulāri nosūtīti uz e-pastu. Datu analīzes rezultāti liecina par to, ka paneļa mitruma stāvokļa stabilizācijas laiks šajos apstākļos ir vismaz 70 dienas.

Eksperimenta laikā tika fiksēta materiāla mitruma akumulācijas spēja, kas ļauj nodrošināt vienmērīgu un cilvēka labsajūtai piemērotu telpu mikroklimatu, īslaicīgi uzņemot paaugstinātu telpas mitrumu un atdodot to, kad gaisa mitrums telpā samazinās. Testa gaitā tika konstatēts, ka lietojot šāda blīvuma (400kg/m^3) neapmestu paneli, iekšējās virsmas temperatūras maksimums tiek sasniegts vidēji 6 stundu laikā pēc āra temperatūras maksimuma sasniegšanas, kas liecina, ka materiāla siltuminerce reālos apstākļos ir lielāka nekā tradicionāliem šāda biezuma sienu materiāliem (ķieģelim, gāzbetonam), kas saistīts ar augstu kaņepju spaļu daudzumu, kas pēc ķīmiskā sastāva un uzbūves ir tuvs kokam. Optimālais laika intervāls temperatūras gradienta izlīdzināšanai ir apmēram 10 stundām, un to ir iespējams sasniegt, jo paneļa biezums tiek palielināts no 200 mm līdz 350 mm. Jāpiezīmē, ka eksperimentos tika izmantots panelis bez iekšējās un ārējās apdares. Turpmākie pētījumi plānoti veikt panelim ar iekšējo un ārējo apdari.

Atbilstoši plānam projekta 3. periodā tika izstrādāta metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (nodevums, sk. pielikumos). Šī metode balstās uz iepriekšējos posmos iegūtajiem rezultātiem un tai ir šādas galvenās sadaļas:

1. Kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu ražošanas tehnoloģijas ietekme uz materiāla gala īpašībām;
2. Kaņepju spaļu ietekme uz materiāla īpašībām;
3. Ražošanas tehnoloģisko procesu ietekme uz materiāla gala īpašībām;
4. Materiāla ugunsizturības īpašības.

Šī metode izstrādāta priekš esošiem un topošiem CO_2 neitrālā kaņepju-kaļķa kompozīta ražotājiem, jo ietver vairāku tehnoloģisko faktoru un sastāvdaļu ietekmi uz būvmateriāla ekspluatācijas īpašībām. Apskatot Latvijā audzētu kaņepju spaļu ietekmi uz materiāla īpašībām, tiek secināts, ka augstāku spiedes stiprību dod spaļi ar lielu īso spaļu īpatsvaru – 0,63-10 mm spaļu optimālais daudzums ir aptuveni 85%. Efektīvi ir izmantot divu dažādas izcelsmes mazo spaļu kombināciju. Paraugiem ar augstāku stiprību (0,340 MPa pret 0,218 MPa) piemīt nedaudz zemāka siltumvadītspēja, tomēr siltumvadītspējas pieaugums diezgan neliels – līdz $0,004\text{ W/m}\cdot\text{K}$. Tika konstatēts, ka spaļu materiāla putekļainība dod negatīvu iespaidu uz stiprību, tāpēc rekomendēts, ka putekļu pieļaujamais daudzums nedrīkst pārsniegt 2% no izmantoto kaņepju spaļu masas.

Materiāla ugunsizturības testu rezultāti liecina, ka izstrādāto CO_2 neitrālo ēku būvniecības kompozītmateriālu no šķiedraugiem var klasificēt kā C s1, d0 pēc LVS EN 13823:2010. Klasifikācija s1 norāda, ka ļoti neliels dūmu daudzums rodas degšanas procesā. Tas tiek

uzskatīts par augstāko iespējamo rādītāju būvmateriāliem (izņemot A1 klasi). Savukārt d0 norāda, ka netiek radītas degošas piles un arī šī klasifikācija ir augstākais iespējamais novērtējums šajā klasē. Testā iegūtā C s1, d0 klase ir tuva B s1, d0 klasei. Rezultātā secināts, ka augstākā ugunsizturības klase, kas varētu tikt piešķirta šiem materiāliem b ir B s1, d0 klase, jo lai sasniegtu A klasi, saistvielas daudzumu un blīvumu ir jāpalielina līdz apmēram 1000 kg/m^3 tādējādi siltumvadītspēja tuvotos apmēram $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, kas neatbilst projektā izvirzītajiem mērķiem un uzdevumiem. Kā galvenie, perspektīvie ugunsizturības uzlabošanas risinājumi tiek piedāvāti alternatīvas saistvielas izvēle (magneziālās saistvielas), boru un alumīniju saturošo minerālo piedevu izmantošana, kā arī materiāla sablīvēšana, veicot papildus nopresēšanu.

Lai uzlabotu izstrādātā kompozīta īpašības, 3. projekta posmā papildus plānotajam tika turpināti pētījumi par dažādu veidu alternatīvām saistvielām un to ietekmi uz materiāla īpašībām.

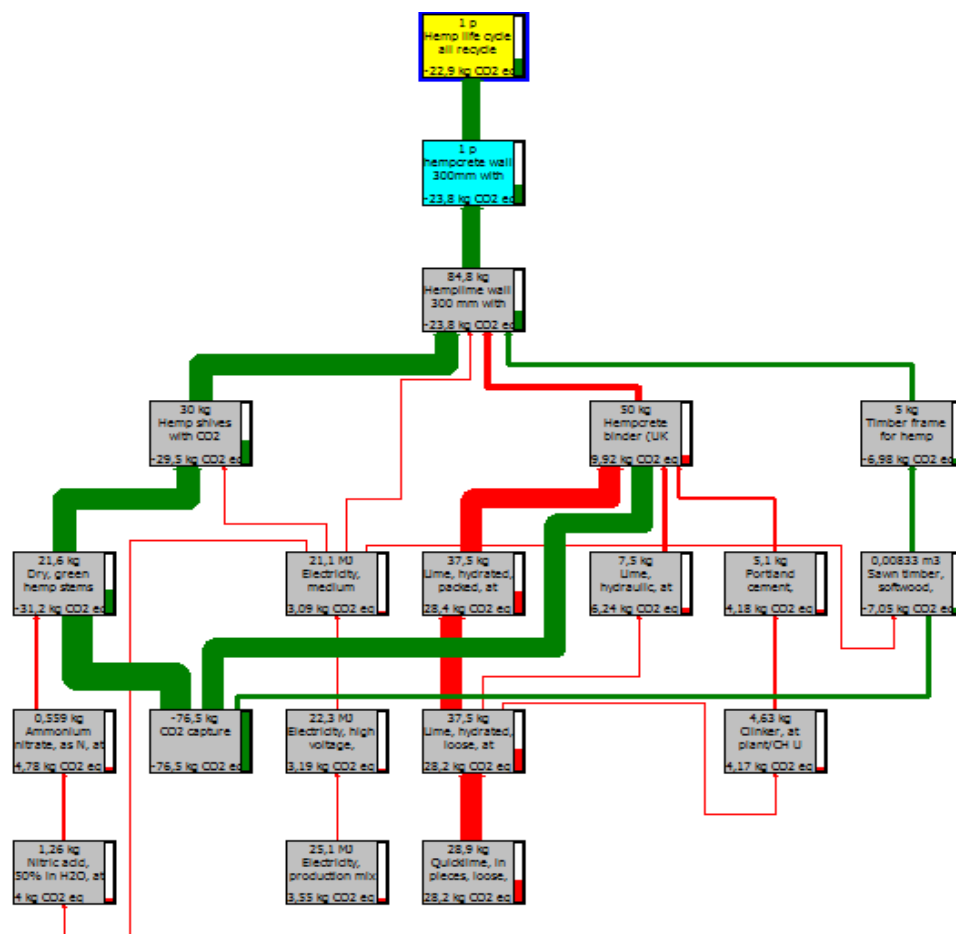
Magnija bāzes saistvielas tika pētītas, lai uzlabot kompozītu ugunizsturību. Izgatavotā kompozītmateriāla spiedes pretestība sasniedza $1,80 \text{ MPa}$, bet blīvums 500 kg/m^3 , kas ir ievērojami labāki rezultāti, salīdzinot ar kaņepju-kaļķa kompozītiem. Šo saistvielu izmantošana perspektīvā paver iespējas dabisko šķiedru kompozītu izmantošanai pašnesošu konstrukciju izgatavošanai (neizmantojot koka karkasu), kas spēj uzņemt nelielas vertikālas slodzes (līdz 1-1,5 stāva mājas). Lai iegūtos rezultātus un atziņas pielietotu praksē, nepieciešams veikt papildus pētījumus, kas plānoti nākamajā pētījuma posmā.

Atsevišķi tiek turpināti pētījumi par sapropela un kaļķa-sapropela saistvielu izmantošanu CO_2 neitrālu būvmateriālu ražošanā. Šim kompozītam ir līdzvērtīga stiprība ar kaņepju-kaļķa kompozītiem, taču tā CO_2 bilance ir būtiski labāka, jo CO_2 emisijas radošās saistvielas – kaļķa vietā, tiek izmantots organiskas izcelsmes saistviela – sapropelis.

Kompozītiem tika pievienoti ALINA organomāli ar iekapsulētām aktīvajām vielām, kas palēnina materiālu biodegradāciju. Paraugiem, kas apstrādāti ar ALINA organomāliem un references paraugiem tika veiktas paātrinātas novecošanas testi klimatiskajā kamerā ultravioletā starojuma un mainīgas temperatūras ietekmē. Lai iegūtos rezultātus un atziņas pielietotu praksē, nepieciešams veikt papildus pētījumus, kas plānoti nākamajā pētījuma posmā.

No ražošanas tehnoloģisko procesu viedokļa, piespiedu darbības maisītājs ir piemērotākā iekārta kaņepju-kaļķa kompozītmateriāla izejvielu samaisīšanai, jo tā nodrošina daudz viendabīgākas masas izgatavošanu, salīdzinot ar gravitācijas maisītāju, kas savukārt nodrošina augstākas mehāniskās īpašības sacietējušam materiālam.

Pārbaudot žūšanas apstākļu ietekmi uz materiāla mehāniskām, fizikālām un ekspluatācijas īpašībām, tika secināts, ka to nav ieteicams ilgstoši pakļaut cietēšanai paaugstināta mitruma apstākļos, jo mitruma klātbūtnē izdalās paaugstināts lignīna, cukuru un citu organisku savienojumu daudzums, kas aizkavē kaļķa karbonizēšanos.



Attēls 5 Kaņepju-kaļķa funkcionālās vienības CO₂ procesu koks

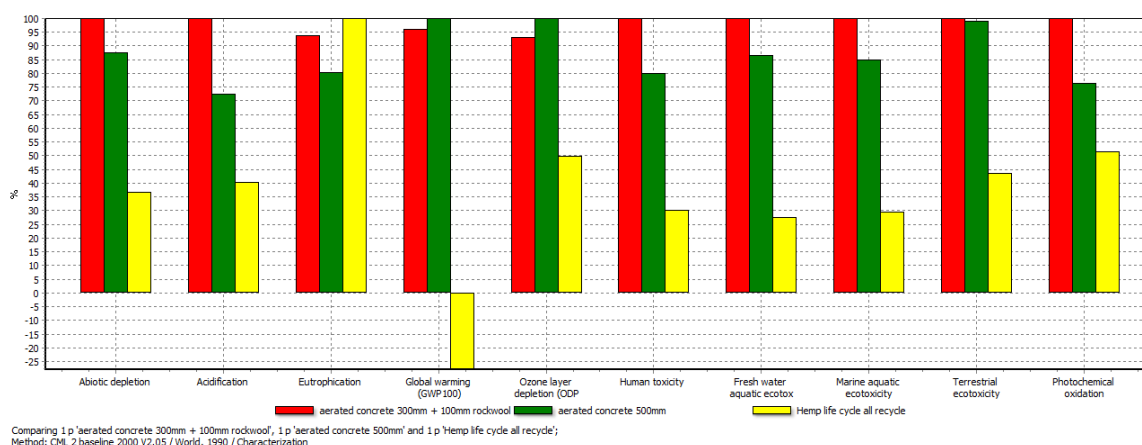
Papildus tam, atbilstoši trešā perioda darba uzdevumiem, tika izstrādāta metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai. Tā izstrādāta, veicot atsevišķo procesu datu ieguvu un apstrādi ar programmas SimaPro palīdzību, izmantojot Ecoinvent dzīves cikla inventarizācijas datubāzi.

Kaņepju audzēšanas un pārstrādes dati pielāgoti Latvijas apstākļiem, par pamatu ņemot pētījumus par kaņepju pārstrādes dzīves cikla analīzi un papildinot tos ar vidējām vērtībām par procesiem un resursiem, kas iegūti no datiem, kas iegūti no galvenajiem kaņepju audzētājiem un pārstrādātājiem Latvijā. Funkcionālā vienība veidota kā 300mm biezs 1000x1000mm panelis, kas sastāv no 275 kg/m³ kaņepju-kaļķa betona un diviem 100x50mm nesošajiem statņiem. Dzīves cikls rēķināts uz 100 gadu periodu.

Tā kā viens no pamatzdevumiem definē uzdevumu izstrādāt CO₂ neitrālus būvmateriālus, tad šīs metodes ietvaros tika modelēti dažādi iespējamie materiāla sastāvi un iespējamie dzīves cikli saskaņā ar IPCC 2007 GWP 100 metodi, kas ir visplašāk izmantotā metode šādiem aprēķiniem. Viens funkcionālās vienības procesu koks redzams Attēlā 5, kur redzams scenārijs ar visu materiālu reciklēšanu pēc 100 gadu dzīves perioda.

Apskatot rezultātus par radīto/uzkrāto CO₂ daudzumu dažādo veidu kaņepju-kaļķa materiāliem, redzams, ka lielākā daļa, tāpat kā Attēlā 5 redzamais, ir CO₂ negatīvi, kas nozīmē, ka tie ir uzkrājuši vairāk CO₂ nekā tiks izdalīts to dzīves laikā, ieskaitot ražošanu. Uzkrātais daudzums svārstās no 15 līdz 30 kg uz funkcionālo vienību, kas ir 50 līdz 100 kg uz 1m³ materiāla. Šāds daudzums ir iespējams, jo kaņepes augšanas laikā ir uzkrājušas lielu daudzumu oglekļa dioksīda, ap 1 kg CO₂ un 1kg kaņepju spaļu, ņemot vērā iepriekšējos pārstrādes posmos izdalīto.

Veicot materiāla dzīves cikla aprēķinu, tika veikti salīdzinājumi arī ar citiem alternatīviem materiāliem, ar analoģu U vērtību ($0,19 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Attēlā 6 redzams salīdzinājums ar 500 mm gāzbetona sienu (sarkans) un 300 mm gāzbetona sienu ar 100 mm akmens vates siltinājumu (zaļš), aprēķins veikts pēc CML2 Baseline metodes. No grafika var redzēt šo materiālu lielās priekšrocības – gandrīz visos rādītājos tie uzrāda ievērojami mazākas vērtības, 65-75 % mazākas, CO_2 gadījumā 125% mazāku. Vienīgais rādītājs, kur šis materiāls nevar uzrādīt tik labus rezultātus ir eutrofikācija, sakarā ar liela daudzuma fosfāta mēslojuma nepieciešamību kaņepēm, tomēr tas ir tikai par 10-20% augstāks kā pārējiem materiāliem.



Attēls 6 Kaņepju-kaļķa funkcionālās vienības salīdzinājums ar siltinātu un nesiltinātu sienas fragmentu pēc CML2 Baseline metodes

Uz veikto pētījumu pamata izstrādāta *Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām* un *Metodes dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam*. Iegūtie dati publicēti zinātniskos izdevumos.

2.4. Projekta Nr. 1 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)

Valsts programmas un šī projekta mērķis ir radīt inovatīvus un ilgtspējīgus materiālus (cementa, bitumena un šķiedraugu kompozītus), izmantojot vietējās izejvielas.

Šajā atskaites periodā plānotie mērķi sasniegti pilnībā.

Pārskata periodā veiktas cementa kompozītmateriālu ilgmūžības pārbaudes, kā arī turpinās iesāktās ilgmūžības pārbaudes izgatavotajiem augstas veiktspējas betona paraugiem. Veiktas sekojošas ilgmūžības pārbaudes: salturības pārbaudes 5% NaCl šķīdumā (150 cikli, 1 cikls dienā, pārbaudes ilgums 7-8 mēneši, LVS 156 pielikums C), salturības pārbaude – virsmas pārbaude CDF tests), hlorīdu iesūkšanās dziļuma pārbaudes (NT Build 492), sārmu-silīcija (RILEM AA2) un sulfātnoturības (SIA 262-1) pārbaudes. Pārbaudīti augstas veiktspējas cementa kompozīti ar metakaolīnu saturošu atkritumproduktu, mikrosilīcija un elektrifiltru pelnu mikropildvielu, cenosfērām, kas no 5 līdz 15% aizvieto cementu AVCK sastāvā. Salturības metožu salīdzinājuma veikšanai un piemērotākās metodes noteikšanai, tiek turpināti salturības pārbaudes, paraugus saldējot -52.5°C un virsmas nodrupuma tests sala destruktīvās iedarbības rezultātā (saskaņā ar LVS 156 pielikumu C un RILEM TC 117-FDC). Turpinās ilgmūžības pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītiem, kas izgatavoti, izmantojot

dezintegrētas smiltis (īpaša smilšu sasmalcināšanas metode). Dezintegrētas tika dolomīta un kvarca smiltis (Saulkalne-S, frakcija 0.3-2.5) un kvarca smilti (Saulkalne-S, frakcija 0-1mm).

Realizējot pārskata periodā paredzētos uzdevumus secināts, ka mikropildvielu (piem., metakaolīnu saturoši atkritumprodukti) iekļaušana betona sastāvā būtiski uzlabo betona ilgmūžības rādītājus. Betona struktūras pretošanās hlorīdu iespiešanās dziļumam palielinās līdz 3.5 reizēm, kas ir svarīgs rādītājs, projektējot dzelzsbetona konstrukcijas, kurās stiegrojums jāaizsargā no korozijas. Izmantojot metakaolīna mikropildvielu AVCK kompozīcijā tiek ierobežotas sārma-silīcija reakcijas, kā rezultātā samazinās betona plaisāšanas risks, tā gāzu un ūdens caurlaidība. Noskaidrots, ka salturību iespējams paaugstināt līdz 500 sasalšanas-atkuššanas cikliem, ja AVCK kompozīcijā tiek iekļauts 10% metakaolīna saturošu atkritumproduktu kā cementa aizvietotājs. Savukārt betons ar mikrosilīciju ievērojami uzlabo spiedes stiprības rādītājus, bet betona salizturība ievērojami samazinās, tādējādi nepieciešams izmantot tradicionālas salturību uzlabojošas metodes (piem., gaisa iesaistošās piedevas). Cenosfēras porainās struktūras dēļ samazina betona spiedes stiprību, tomēr ilgtermiņā, cietējot augsta mitruma cietēšanas apstākļos, spiedes stiprība tuvojas references sastāvu spiedes stiprībai. Dezintegrētu smilšu aktivitāte un spiedes stiprības uzlabošanās novērojama cementa javas paraugos, tomēr betonā ievērojams spiedes stiprības pieaugums nav novērojams.

Rezultātu zinātniskais nozīmīgums ir saistīts ar padziļinātām zināšanām un izpratni par augstu veiktspējas cementu kompozītu fizikālo, mehānisko un ilgmūžības īpašību testēšanu, piemērotāko metožu izvēli un iegūto datu interpretāciju. Veiktie pētījumi ļauj izprast mikropildvielu nozīmi, analizēt mikropildvielu īpašības un to ietekmi uz betona salturību, sulfātnoturību, pretestību hlorīdu iespiešanās dziļumam AVCK struktūrā, sārma-silīcija reakcijām.

Rezultātu praktiskais nozīmīgums lielā mērā ir saistīts ar nozares speciālistu informēšanu un apmācību, kas veicinās inovatīva un augstvērtīga augstu īpašību betona praktisku izmantošanu būvniecībā. Lielā mērā jaunu materiālu izmantošana ir saistīta ar aizspriedumiem, neziņu un neuzticību. Izprotot dažādu mikropildvielu ietekmi uz AVCK īpašībām (piemēram, salturību, pretestību sulfātu vai hlorīdu iedarbībai), iespējams izvēlēties optimālāko mikropildvielu un tās apjomu. Efektīva mikropildvielu izvēle ļauj samazināt cementa patēriņu AVCK ražošanā, saglabājot un pat uzlabojot tā mehāniskās un ilgmūžības īpašības. Veiktie pētījumi, izstrādātās metodes un rekomendācijas dos pārlicību un uzdrīkstēšanos būvniecībā izmantot jauna veida betonu, kas faktiski pieļauj jauna veida būvju projektēšanu, izmantojot inovatīvus konstruktīvos paņēmienus. Uzņēmumā SIA Warm House aprobētā metode "Augstas veiktspējas cementa kompozītu ražošanas metode", pierāda šī AVCM piemērotību industriālai ražošanai.

Turpmākais darba virziens saistīts ar inovatīvu stiegru cementa kompozītmateriālu izgatavošanu un pārbaudēm. Projekta laikā iegūtajiem augstas veiktspējas betona sastāviem ar efektīvām mikropildvielām tiks pievienots disperss stiegrojums (dažāda veida stiklšķiedra) un pārbaudīta šo kompozītmateriālu fizikālās un mehāniskās īpašības. Stiklšķiedrai un stikla materiāliem ir risks veidot sārma-silīcija reakcijas betona struktūrā, kas ir nevēlama parādība un var radīt būtiskus betona struktūras bojājumus. Tiks noteikta mikropildvielu un stiklašķiedras ietekme uz sārma-silīcija reakcijām un sagatavots nodevums par iegūtajiem rezultātiem.

Svarīgs ekonomiskais un ekoloģiskais risinājums ir siltā asfaltbetona tehnoloģiju pielietošana asfaltbetona maisījumu ar augstām ekspluatācijas īpašībām radīšana. Ieviešot siltā asfaltbetona tehnoloģijas Latvijā, būtu iespēja palielināt melno segumu īpatsvaru ceļos ar zemāku ceļa klasifikāciju, kā arī atjaunot garākus ceļa posmus valsts galvenajiem autoceļiem, tādā veidā uzlabojot kopējo ceļu stāvokli valstī. Tas būtu iespējams pateicoties siltā asfaltbetonu samazinātajam enerģijas patēriņam, līdz ar to samazinot asfaltbetona ražošanas izmaksas, kuras var novirzīt ceļu uzturēšanai, jaunu ceļu būvniecībai vai esošo rekonstrukcijai un atjaunošanai. Svarīgi atzīmēt, ka šī pētījuma praktiskais nozīmīgums ir tas, ka asfaltbetona

ražotājiem nav jāveic būtiskā rūpnīcas modifikācija, lai ražotu silto asfaltbetonu. Projekta ietvaros izstrādātos asfaltbetona maisījums vidēji un smagi noslogotiem ceļiem, izmantojot siltā asfaltbetona tehnoloģiju, kā arī, pielietojot Latvijā iegūtus minerālmateriālus plānots aprobēt reālā ražošanā (SIA Ceļi un Tilti). Plānots, ka 2017. gadā tiks noslēgts līgums ar VAS Latvijas Valsts ceļi, kur tiks turpināta šīs aktuālās tēma izpēte, lai izstrādāt rādīto bituminēto maisījumu specifiku.

Rezultātu zinātniskā vērtība ir attiecināma uz bitumena un piedevas īpašību noteikšanu, kā arī to mijiedarbības ietekmi uz *viegliestradājamības* uzlabošanu zemākās ražošanas un iekļāšanas temperatūrās. Viegliestradājamības novērtēšanai laboratorijā uzprojektēti un izgatavoti, izmantojot speciālas piedevas, siltā asfaltbetona maisījumi un noteikta to sablīvējamība zemākās temperatūrās. Nosakot zemāko sablīvējamības temperatūru un, veicot sablīvējuma temperatūras salīdzinājumu ar tradicionālo karsto asfaltbetonu, veikts ekonomiskais novērtējums un piedāvātas rekomendācijas projekta ietvaros radītā bituminētā kompozīta projektēšanai.

Lai sasniegtu 3. posma mērķus tika izstrādātas divas metodes - “Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām” un “Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai”. Šīs metodes ir svarīgas projekta kopējo mērķu sasniegšanai, kā arī tām ir praktisks pielietojums.

“Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām” izstrādāta esošiem un topošiem ekoloģisko būvmateriālu ražotājiem, jo ietver gan sastāvdaļu, gan tehnoloģisko procesu ietekmi uz būvmateriāla mehāniskām, fizikālām un ekspluatācijas īpašībām. Piemēram, apkopotā informācija par dažādu Latvijā audzētu kaņepju spaļu ietekmi uz materiāla īpašībām ļauj ražotājiem izvēlēties saviem mērķiem atbilstošākos kaņepju spaļus vai to kombinācijas. Svarīgas ir piedāvātās iespējas materiāla ugunsizturības paaugstināšanai, kuras iespējams izmantot atkarībā no projektā norādītajām prasībām.

Izstrādātā metode “Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām” nodota aprobācijā SIA “ESCO būve”, kas nodarbojas ar kaņepju-kaļķa kompozītu sienas paneļu ražošanu un ēku būvniecību.

“Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai” sagatavota tā, lai industrijas pārstāvji bez būtiskām un padziļinātām zināšanām varētu salīdzināt pēc dažādiem tehnoloģiskajiem paņēmieniem ražotu kaņepju-kaļķa kompozītu CO₂ bilanci. Izmantojot šo metodi, ražotājiem tiks dota iespēja prognozēt izvēlētas tehnoloģijas un izejvielu kombinācijas ietekmi uz materiāla īpašībām, kā arī izvēlēties alternatīvas metodes, lai mazinātu ietekmi uz vidi. Metodi “Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai” uzņēmumos plānots aprobēt nākamā posma laikā.

Projekta 3. posmā bija paredzēts iegūt un analizēt datus no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kā arī sākt modeļa izstrādi, balstoties uz iegūtajiem datiem. Sākotnēji tika veikta eksperimentāla sienas paneļa siltuma un mitruma datu uzkrāšana, lai novērtētu procesu, kas noris pie vienmērīga iekšējā mikroklimata.

Lai sasniegtu projekta mērķi, projekta 4.posmā paredzēts:

1. *Inovatīvu stiegru cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm;*
2. *Metodikas izstrāde reciklēta asfalta izmantošanai; Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskā novērtējuma izstrāde;*
3. *Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei. Sagatavot datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas. Sagatavot priekšlikumus LBN 002-01 papildināšanai.*

Ceturtā pētījumu perioda ietvaros 1 pamatizdevuma mērķu sasniegšanai paredzēts veikt inovatīvi stiegru augstas veiktspējas cementa kompozītmateriālu izgatavošanu un pārbaudes.

Projekta laikā iegūtajiem augstas veiktspējas betona sastāviem ar efektīvām mikropildvielām (cenosfēras, metakaolīns, mikrosilīcijs, apvadkanālu cementa putekli) tiks pievienots dispersais stiegrojums - dažāda veida stiklšķiedras (atkritummateriāli un komerciāli) un pārbaudīta iegūto kompozītmateriālu fizikālās un mehāniskās īpašības. Dispersais stiegrojums ierobežo AVCK strukturālās deformācijas iekšējo spriegumu iedarbības rezultātā, samazina betona trauslumu, palielina stiepes izturību. Tomēr stiklšķiedra un stikla stiegrojums var reaģēt ar cementa minerāliem un sārnu-silīcija reakcijas destruktīvās iedarbības rezultātā samazināt AVCK ilgmūžību. Projekta posmā paredzēts noteikt mikropildvielu spēju samazināt sārma-silīcija reakcijām destruktīvo iedarbību AVCK struktūrā. Pārbaudes tiks veiktas saskaņā ar RILEM AAR-2 testa metodiku un tiks sagatavots nodevums par iegūtajiem rezultātiem.

Lai realizētu pētījumus par bitumena kompozītiem, projekta ceturtajā posmā paredzēts turpināt veikt bituminēto kompozītmateriālu (HMAC, RAP un siltā asfaltbetona) maisījumu deformatīvo īpašību eksperimentālās pārbaudes, izmantojot ekspluatācijas īpašību testēšanas metodes – riteņu sliežu veidošanās testus, stinguma un noguruma testus, termoplaisu veidošanas testus, kā arī ūdensjūtību (bitumen un minerālmateriāla adhēziju).

Paredzēts turpināt izstrādāt inovatīvus bituminētā kompozītmateriāla maisījumus, izmantojot šķembas ar $LA > 20$, un salīdzināt to īpašības ar tradicionālajiem asfaltbetona veidiem.

Liela uzmanība tiks pievērsta bitumena mastikai un polimērmodificētā bitumena īpašībām, kuras vislielākā mēra nosaka asfaltbetona ekspluatācijas īpašības un vieglu iestrādājamību. Bitumena mastika tiks izveidota, izmantojot dažādas izcelsmes pildvielas (kaļķu, dolomīta, granīta). Plānots noteikt bitumena mastikas reoloģiskās īpašības, lai atbilstoši SUPERPAVE metodikai novērtētu to risu un noguruma plaisu noturību. Tāpat bitumena mastikas izstrādei tiks izmantots modificēts un nemodificēts bitumens.

Apkopojot iegūtos rezultātus, projekta posma beigās paredzēts sagatavot ekonomisku novērtējumu (asfaltbetona maisījumi no zemākās kvalitātes vietējā minerālmateriāla), metodiku (reciklētā materiāla izmantošanai) rekomendācijas (bitumena viskozitātes samazinājumam izmantojot siltā asfaltbetona tehnoloģijas) un priekšlikums vietējo tehnisko noteikumu pilnveidošanai, kā arī iesniegt viens patenta pieteikums.

Projekta 4. posma trešā pamatuzdevuma ietvaros tiks turpināti temperatūras, mitruma un siltuma plūsmas mērījumi esošās ēkās un sienu posmos, kur izmantoti dabisko šķiedru būvmateriāli, tiks veikta modeļa izstrāde, balstoties uz iegūtajiem datiem un izstrādātas datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas.

Dati ziemas/pavasara posmā, galvenokārt, tiks vākti no esošas un ekspluatācijā esošas dzīvojamās ēkas ar patstāvīgu cilvēku klātbūtni, tādējādi nodrošinot pētījumam nepieciešamo iekštelpu mikroklimatu. Datu uzkrāšana notiks sadarbībā ar SIA "ESCO Būve", kas nodarbojas ar kaņepju-kaļķu paneļu ēku būvniecību. Šie dati nepieciešami, lai novērtētu dabisko šķiedru būvmateriālu gaisa relatīvā mitruma akumulācijas spējas, nodrošinot nemainīgu un cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu. Paralēli šajā periodā tiks ievākti dati no jau iepriekš testētajām konstrukcijām – eksperimentālā sienas paneļa, no iekšpuses siltinātās sienas posma, u.c., lai salīdzinātu ar iepriekšējā sezonā iegūtajiem datiem.

Vasaras/rudens posmā dati tiks vākti, galvenokārt no diviem avotiem - no ekspluatācijā esošās ēkas un ēkas, kas plānotas celt 2017. gada pavasara/vasaras sezonā. Ekspluatācijā esošās ēkas dati nepieciešami, lai verificētu materiāla siltumnerci reālos apstākļos un noteiktu, ar cik lielu nobīdi notiek siltuma spararata efekts (*thermal flywheel effect*). Dati no jaunbūves nepieciešami, lai pārbaudītu materiāla žūšanu vasaras apstākļos un varētu to salīdzināt ar iepriekšējiem rezultātiem.

Balstoties uz iegūtajiem datiem, tiks izstrādāts modelis siltuma un mitruma migrācijas procesu kontrolei, kā arī tiks izveidotas datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas.

Projekta 4. posma ietvaros ir paredzēts arī izstrādāt priekšlikumus LBN 002-15 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" papildināšanai ar dabisko šķiedru kompozītu

būvmateriālu siltumtehniskajām īpašībām. Šie priekšlikumi ietvers dabisko šķiedru būvmateriālu vidējos blīvumus un atbilstošo siltumvadītspēju, īpašo siltumietilpību un ūdens tvaika pretestības faktoru, kas noteikti gan eksperimentāli, gan apkopojot informāciju literatūrā. Šādi papildinājumi LBN 002-15 nodrošinātu šo materiālu plašāku pielietojumu, jo ēku projektētājiem būtu pieejama objektīva informācija par šiem materiāliem.

Lai uzlabotu izstrādātā kompozīta īpašības, 4. projekta posmā papildus plānotajam paredzēts turpināt pētījumus par dažādu veidu alternatīvām saistvielām un to ietekmi uz materiāla īpašībām. Tāpat arī paralēli tiks veikti pētījumi par kaņepju / kaļķa, magnija vai sapropeļa saistvielu / kaņepju spaļu kompozītmateriālu bioloģisko noturību un iespējām to paaugstināt.

2.5. Projekta Nr. 1 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	282703.00	45510.00	66057.00	70092.00	
1000	Atlīdzība	190128.00	31263.89	52318.69	58038.16	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	86183.00	8810.38	12631.20	12053.84	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	34230.00	2255.02	5754.20	4448.86	
2200	Pakalpojumi	43850.00	4014.60	6618.72	6378.54	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	8103.00	2540.76	258.28	520.28	
5000	Pamatkapitāla veidošana	6392.00	5435.73	1107.11	0.00	

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 1 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016.	t. sk. iepriekšējā periodā uzsākts	2017.
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	17	0	9	6	15	
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	3	0	0	0	0	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	14	0	9	6	15	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	26	7	16	5	28	
promocijas darbu skaits	4	0	2	0	2	
maģistra darbu skaits	22	5	4	2	11	
bakalaura darbu skaits	0	2	10	3	15	

Programmas popularizēšanas rezultātīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	31	1	10	18	29	
konferences	14	0	4	10	14	
semināri	7	0	2	4	6	
rīkoti semināri un konferences	4	1	2	2	5	
populārzinātniskas publikācijas	3	0	1	1	2	
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	
Betona olimpiāde	3	0	1	1	2	
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	12	5	7	24	
Tautsaimnieciskie rezultātīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	421000	163526	231397	16449	411372	
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	180000	22321	0	16449	38770	
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	0	
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	241000	141205	231397	0	372602	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	3	0	0	0	0	
Latvijas teritorijā	3	0	0	0	0	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3	0	0	3	3	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	2	0	0	0	0	
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	2511263	2511263	

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 1 vadītājs _____/Diāna Bajāre/ _____
(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 Druviete

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr.2

nosaukums

**Inovatīvi un daudzfunkcionāli koksnes
kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm**

projekta vadītāja
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
institūcija

Kaspars Kalniņš

Dr.sc.ing.

Rīgas Tehniskā universitāte, Materiālu un Konstruksiju
Institūts

ieņemamais amats
kontakti

Vadošais pētnieks

Tālrunis

26751614

E-pasts

Kaspars.kalnins@sigmanet.lv

2.2. Projekta Nr. 2 mērķi

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

Projekta mērķis: *Izstrādāt saplākšņa I-serdes tipa sendviča paneļus, kas no mehāniskā stinguma/stiprības viedokļa ir efektīva alternatīva masīvam bērza finiera saplāksnim, integrējot un vienlaikus uzlabojot siltuma pretestības, vibrācijas/trieciena slāpēšanas īpašības.*

Papildus tam katrā projekta realizācijas posmā, kas atbilsts kalendārajam gadam, tiek definēti atsevišķi, konkrētajā posmā veicamie uzdevumi

2. projekta 3. posma uzdevumi:

1. Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.
2. Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veiktspējas optimizācijai. Projektēšanas metodikas izstrāde izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.
3. Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai.

1.projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 2-A

Ir iesniegti publicēšanai 3 pilna teksta zinātniskie raksti:

1. M.Kirpluks, D.Kalnbunde, Z.Walterova, U.Cabulis. Rapeseed Oil as Feedstock for High Functionality Polyol Synthesis, Journal of Renewable Materials, Iesniegts Journal of Renewable Materials, IPP (Impact per Publication) (2015):1.122, SNIP (2015):0.504
2. M. Kirpluks, U. Cābulis, J. Andersons, G. Japins, K. Kalniņš. Modeling the effect of foam density and strain rate on the compressive response of polyurethane foams. Iesniegts SAE International Journal of Materials and Manufacturing, SNIP (2015) :0.767
3. E.Labans, K.Kalnins, Bisagni Flexural behaviour of sandwich panels with cellular wood, plywood and thermoplastic composite core, Iesniegts International Journal of Sandwich Structures.

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 5 konferencēs:

1. K.Kalnins, G.Jekabsons, E.Labans, Optimisation for scaling up of plywood sandwich panels with rigid PU foam-cores. In proceedings of the 11th ASMO UK / ISSMO conference on Engineering Design Optimization Product and Process Improvement / NOED2016, TU. Munich, 18-20 July, 2016.
2. M.Kirpluks, D.Kalnabunde, Hynek Benes, U.Cabulis, Rapeseed Oil as Feedstock for High Functionality Polyol Synthesis. 7th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, Costa Rica, San Jose, 21-23 September, 2016.
3. A.Ivdre, A.Abolins, U.Cabulis, Thermal Insulation Based on Polyols from Tall Oil and/or Rapeseed Oil in Combination with PET. 7th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, Costa Rica, San Jose, 21-23 September, 2016.
4. K.Kalnins, Overview of research towards multifunctional plywood sandwich panels. In proceedings of the 12th meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE) 12-13. September, Rīga.
5. M. Kirpluks, E.Labans, K.Kalnins, G.Japins, Plywood rib stiffened sandwich panels filled with bio-based rigid polyurethane foams, In proceedings of the 12th meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE) 12-13. September, Rīga.

Ir sagatavots un iesniegts 1 abstrakts vai pilna teksta raksts 1 konferencē, kas notiks 2017. gadā.

1. A.Ivdre, U.Cabulis, A.Abolins, Thermal Insulation Based on Polyols from Tall Oil and/or Rapeseed Oil in Combination with PET, 7th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, San José, Costa Rica, September 2016.

Projekta ietvaros ir aizstāvēts sekojošais promocijas darbs:

1. E.Labans "Saplākšņa sendviča-konstrukcijas multifunkcionālo īpašību integrācija un optimizācija". Darba vadītājs – K. Kalniņš. Aizstāvēts 2016. gada 6.aprīlī.

Projekta ietvaros tiek izstrādāts sekojošais promocijas darbs:

1. M.Ķirpluks "No atjaunojamām izejvielām iegūtu poliuretāna putuplasta un nano izmēra dabas izcelsmes pildvielu kompozītu īpašības". Darba vadītājs – U.Cābulis

Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos:

1. Līgums starp Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu un PolyLabs SIA par tiesībām izmantot LV KĶI izstrādātu tehnoloģiju rapšu un tallu eļļas polioliu ražošanai, amidizācijas vai esterifikācijas rezultātā.
2. AS Latvijas Finieris un Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu ir veici vairāku secīgu pētījumu sēriju par bērza splākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu splākšņa līmējuma kvalitāti.
3. LV KĶI sadarbības līgums ar SIA Latvāņi– Pētnieciski un sagatavošanas darbi par cieto putupoliuretānu siltumizolācijas izveidošanu ēku ārējo sienu jaunradītās konstrukcijās.
4. Rīgas Tehniskās universitātes, Materiālu un Konstrukciju Institūta un A/S "Latvijas

Finieris” līgums par saplākšņa produktu testēšanu MNKC programmas 2. fāzē.

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Balstoties uz Projekta Nr.2 rezultātiem un sadarbības aktivitātēm 2016. gadā projekta realizētāji iesniedza ERAF (Eiropas Reģionālā attīstības fonda) projektu pieteikumu pirmajā projektu iesniegumu atlases kārtā, kuru specifiskais atbalsta mērķis bija „Palielināt Latvijas zinātnisko institūciju pētniecisko un inovatīvo kapacitāti un spēju piesaistīt ārējo finansējumu, ieguldot cilvēkresursos un infrastruktūrā” (aktivitāte „Praktiskas ievirzes pētījumi”). Pēc starptautiskā zinātniskā izvērtējuma, tika apstiprināts sekojošais projekta pieteikums (realizācijas ilgums 36 mēneši), kas saistīti ar Projekta Nr.2 mērķiem:

1. Rigid polyurethane polyisocyanurate foam thermal insulation material reinforced with nano/micro cellulose, (2016-2020), projekta kopējā summa **Euro 630 000**.

Dalība starptautiskās sadarbības projektos:

1. COST Action MP1105 FLARETEX: “Sustainable flame retardancy for textiles and related materials based on nanoparticles substituting conventional chemicals” akcija (2012-2016).

Rezultātu izplatīšana un komunikācija ar sabiedrību un nozares speciālistiem

IMATEH mājaslapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par projekta aktivitātēm gan vizuālais materiāls no eksperimentālām pārbaudēm.

Privātā sektora līdzfinansējums un ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz 1.projektā ietvaros radītajiem rezultātiem 3.posmā sasniedz **34481.67 Eur**.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2016 - 31.12.2016 (kā arī agrāki, kas nav minēti iepriekšējās zinātniskās atskaitēs):

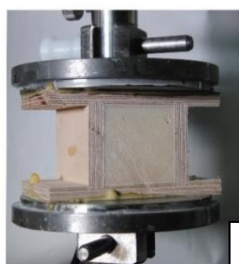
RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8043-10 L8043-15	K.Kalniņš	Kompozītmateriālu testēšana	SIA Aerodium Technologies	1831.0	01.01.16- 31.12.16
L8043-14	K.Kalniņš	Materiālu triecienizturības testēšana	SIA Centre Composite	726.0	01.01.16- 31.12.16
L8043-16	K.Kalniņš	Kompozītmateriālu testēšana	SIA Lemminkainen Latvija	3121.0	01.01.16- 31.12.16
L8043	K.Kalniņš	Gumijas izstrādājumu testēšana	AS Baltijas Gumijas fabrika	1133.0	01.01.16- 31.12.16
L8333	K.Kalniņš	Pētījumi par saplākšņa kompozītmateriālu nestspēju vienmērīgi izkliedētā un koncentrētā slodzē	AS Latvijas finieris	26232.8	11.11.16- 01.09.18
0136/16/35	U.Cābulis	Pētījumu sērija par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti	AS Latvijas finieris	157.98	22.05.2014
0136/15/04	U.Cābulis	Pētījumu sērija par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti	AS Latvijas finieris	267.91	22.05.2014

		(nav minēti iepriekšējās atskaitēs)			
0136/15/04	U.Cābulis	Pētījumu sērija par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti (nav minēti iepriekšējās atskaitēs)	AS Latvijas finieris	284.51	14.01.2015.
0136/15/15	U.Cābulis	Pētījumu sērija par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti (nav minēti iepriekšējās atskaitēs)	AS Latvijas finieris	139.80	10.02.2015
0136/15/11 5	U.Cābulis	Pētījumu sērija par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti (nav minēti iepriekšējās atskaitēs)	AS Latvijas finieris	588.47	03.11.205.
			Kopā	34 481.67	

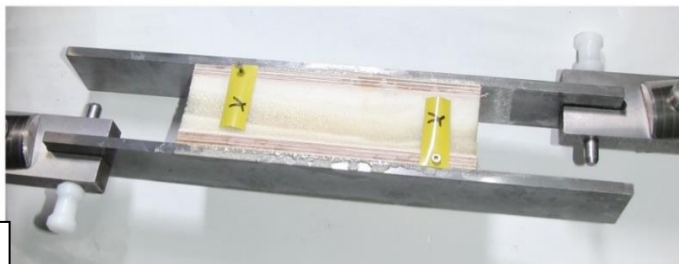
2.3. Projekta Nr. 2 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.	Veiktas bīdes un atraušanas pārbaudes saplākšņa sendvičpaneļu paraugiem
Rīgas Tehniskās universitātes, Materiālu un Konstrukciju Institutā tika veiktas papildus pārbaudes sendvičpaneļa fragmentiem, lai noteiktu atraušanas un bīdes stībrību. Atraušanas paraugi tika izgatavoti vienas sendvičpaneļa sekcijas platumā un identiskā biezumā, kā tas parādīts 1.a. attēlā. Sekcijas piepildīšanai ar poliuretāna putam tika izmantota līdzīga tehnoloģija kā pilna paneļa izgatavošanai. Paraugi ir pielīmēti pie metāla virsmām un atraušanas slodze tika pievadīta ar INSTRON E10000 elektrisko testēšanas iekārtu, Pārvietojuma virzīts tests norisinājās ar konstantu deformācijas ātrumu 0.5 mm/min, testa laikā reģistrējot laiku, pārvietojumu un slodzi. Bīdes tests tika veikts uz tās pašas iekārtas atbilstosi ASTM C273 standartam(Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials). Parauga abas virsmas ir pielīmētas pie tērauda plāksnēm, kas tiek stieptas perpendikularā virzienā, kā tas parādīt 1.b. attēlā. Pārbaudes rezultātā tiek noteikta bīdes stiprība un sabrukuma veids. Serdes materiāla bīdes moduļa noteikšanai papildus tiek izmantots arī 2D digitalās attēlu korelācijas sistēma relatīvo deformāciju mērišanai uz paraugu virsmām.	



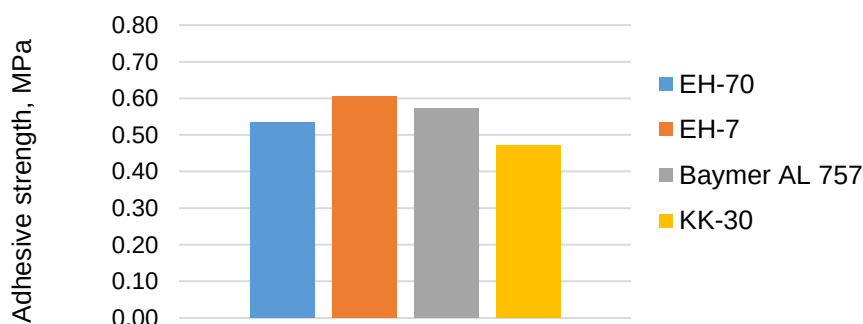
a)



b)

1. attēls. Svārstību zuduma koeficients saplākšņiem un sendvičpaneļiem pirmajai pašsvārstību frekvencei.

Atraušanas testu rezultāti 2. attēlā parāda, ka putu blīvumam ir nozīmīga ietekme uz atraušanas spēku. Izlasē no četriem testētajiem putu veidiem paraugi uzrāda stiprības rezultātus robežās no 0.6-0.48 MPa.



2. attēls. Atraušanas stiprība atkarība no putu veida.

Bīdes stiprības rezultāti, kas apkopoti 1. tabulā parāda, ka putu komponentes pievienošana palielina sendvičpaneļa bīdes stiprību, taču ieguvums ir tikai par 20 % augstāks, kā paneļiem bez PU putu pildījuma. Iegūtie rezultāti galvenokārt ir svarīgi, lai precīzi prognozētu ribotu sendvičpaneļu ar putu serdi, sabrukumu bīdes spēku ietekmē.

1. tabula. Bīdes stiprība sendvičtipa paraugiem.

Serdes tips	Max slodze(kN)	Bīdes stiprība (kPa)
Saplākšnis un putas	8.73	0.87
Putas	6.88	0.55
Saplākšnis	7.26	0.73

2. Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veikspējas optimizācijai. Projektēšanas metodikas izstrāde izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.

Veikta sabrukuma kritēriju integrācija skaitliskajā modelī lieces slogojuma gadījumam

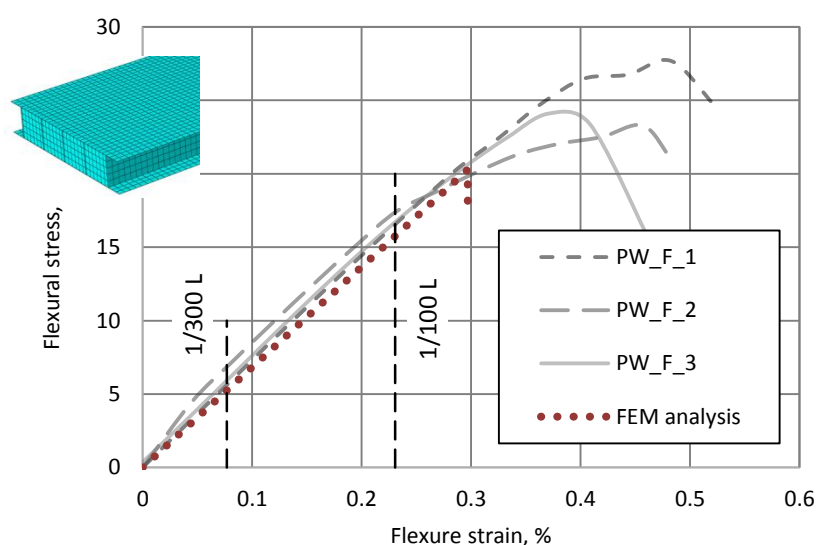
Darba mērķis ir prognozēt vai sabrukums sendvicpaneļa strukturā neiestājas pirms maksimāli pieļaujamās izlieces sasniegšanas.

Paneļu skaitliskā modelēšana tika veikta ANSYS programmatūras vidē, izmantojot kombinētu modeli no tilpuma un plātņu elementiem. Paneļa ģeometrija, slodzes un balstījuma veids tika veidots maksimāli atbilstošs eksperimentālajam 4-punktu lieces uzstādījumam. Aprēķina rezultāti 3. attēlā parāda, ka modeļa stinguma rādītāji atbilst eksperimentāli iegūtajiem rezultātiem elastīgo deformāciju apgabalā. Vertikalās raustītās līnijas grafikā norāda

robežizlieci $1/300L$, kas atbilst koka konstrukciju projektēšanas normatīvam EC5; un $1/100L$, kas atbilst kritiskajai izliecei stalažu klāja gadījumā atbilstoši EN 12810. Paneļa stiprība abos gadījumos ir augstāka nekā lietojamības robežstāvokļu noteiktā maksimālā izliece.

Paneļa sabrukums bīdes deformāciju ietekmē norisinās pēc 20 MPa lieces stiprības pārsniegšanas. Galvenais iemesls ir saplākšņa virsējo slāņu atraušana bīdes spēku ietekmē virsmas un ribu savienojuma vietās. Aprēķina modelim tika izmantotas saplākšņa bīdes stiprība, kas norādīta ražotāja materiāla specifikācijā (AS “Latvijas Finieris – Plywood handbook”).

Modeļa prognozētā stiprība šajā gadījumā ir zemāka nekā eksperimentāli iegūtās testējot 3 paneļus. Tas varētu būt skaidrojams ar papildus stiprības rezervi, ko dot ribas ievietošana iefrēzētā virsmas gropē.



3. attēls. Spriegumu/relatīvo deformāciju līknes saplākšņa sendvicpaneļiem ar PU putu serdi un vertikālām ribām

3.Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai

Optimizācija liela mēroga saplākšņa paneļiem

Darba mērķis bija veikt sagatavošanas darbus pirms liela mēroga saplākšņa paneļu prototipēšanas.

Šajā posmā tika veikta optimizācija jumta pārseguma panelim ar 4 metru laidumu un 1.5 m paneļa platumu. Dotais izmērs ir ierobežots dēļ pašreiz maksimāli pieejamā saplākšņa lokkšņu garuma un platuma. Parametriskā optimizācijas mērķa funkcija ir viena kvadrātmetra jumta seguma izmaksa, savukārt robežnosacījumus veido konstrukcijas stingums, stiprība un siltumvadītspēja. Tika izstrādāti vairāki iespējamie varianti pārseguma plātnes prototipam, kas atbilstu visiem projektēšanas nosacījumiem. Visizdevīgākais variants ir sendvičpanelis, kurā siltumizolācijas īpašību nodrošināšanai ir iepildītas viszemākā blīvuma PU putas (40 kg/m^3). Lielāka blīvuma putas palielina paneļu mehāniskās īpašības taču vienlaicīgi strauji pieaug to cena un masa. Papildus ekonomisko ieguvu var sasniegt aizvietojošot saplākšņa ribas serdē ar masīvkoka dēļiem, taču tas palielina ražošanas procesa sarežģītību.

2.4. Projekta Nr. 2 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**)

3. posma izpildes rezultāti

1. uzdevums - Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.

- Noteikta sendvičpaneļa sekcijas atraušanas stiprība atkarībā no iepildīto putu veida.
- Noteikta bīdes stiprība sendvičpaneļa sekcijai ar PU putu serdi un ribu.
- Noteikta bīdes stiprība sendvičpaneļa sekcijai bez putu serdes.
- Noteiktas PU putu bīdes stiprība
- Līgums starp Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu un PolyLabs SIA par tiesībām izmantot LV KĶI izstrādātu tehnoloģiju rapšu un tallu eļļas poliolu ražošanai, amidizācijas vai esterifikācijas rezultātā.
- AS Latvijas Finieris un Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu ir veici vairāku secīgu pētījumu sēriju par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti.

Turpmākās darbības virzieni:

- Projekta pirmais apakšuzdevums ir noslēdzies un turpmāki pētījumi šajā posma netiks plānoti

2. uzdevums - Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veikspējas optimizācijai. Projektēšanas metodikas izstrāde izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.

- Veikta papildus eksperimentāla validācija izgatavotajiem paneļu prototipiem ar GEM aprēķina modeli.
- Integrēts sabrukuma kritērijs paneļu maksimālās nestspējas noteikšanai.
- Novērtēta paneļu stinguma atbilstība EC-5 un EN 12810 standartiem.

Turpmākās darbības virzieni:

- Projektēšanas metodikas un vadlīniju izstrāde balstoties uz skaitlisko aprēķina modeli.

3. uzdevums - Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai

- Sintezēti vairāki PU putu sastāva varianti, lai noteiktu optimālako risinājumu vienmērīgai paneļa serdes aizpildīšanai.
- Izstrādāts liela mēroga sendvičpaneļa projekts, jumta parsegumam.
- Noslēgts līgums par verificēta GEM modeļa pārneši AS „Latvijas Finieris” un pilna mēroga pilot testēšanas stenda izveidi un references testu veikšanu.
- LV KĶI sadarbības līgums ar SIA Latvāņi – Pētnieciski un sagatavošanas darbi par cieto putupoliuretānu siltumizolācijas izveidošanu ēku ārējo sienu jaunradītās konstrukcijās.

Turpmākās darbības virzieni:

- izstrādāt augsta blīvuma PU putuplasta sistēmu ar atvērtu poru struktūru;
- izgatavot finiera paneļa prototipus, kas pildīti ar atvērtu poru struktūras PU putuplastu.

Sasniegto rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība:

Sasniegtie rezultāti veicinās jaunu - multifunkcionālu saplākšņa sendvičpaneļu izstrādi no

Latvijā pieejamām izejvielām turpmākajos projekta posmos:

Tiek veidota zināšanu bāze poliuretāna putu sintezēšanai izmantojot atjaunojamo resursu komponentes, kas vienlaikus tiek aprobēta kā lieliska saistviela sendviča paneļiem.

Galīgo elementu vidē izveidotais skaitliskais aprēķina modelis ļauj optimāli/efektīvi projektēt sendvičpaneļus, kur svarīgs ir gan mehāniskā izturība, gan termiskās īpašības.

2.5. Projekta Nr.2 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1.posms	2.posms	3.posms kalnins	4.posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	282703.00	45510.00	66057.00	20364.00	
1000	Atlidzība	190128.00	31263.89	52318.69	17107.68	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	86183.00	8810.38	12631.20	3256.32	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	34230.00	2255.02	5754.20	807.37	
2200	Pakalpojumi	43850.00	4014.60	6618.72	1903.37	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	8103.00	2540.76	258.28	545.58	
5000	Pamatkapitāla veidošana	6392.00	5435.73	1107.11	0.00	

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 2 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
		gads				
		2014.	2015	2016.	T. sk. iepriekšējā periodā uzsākts	2017.
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	4	1	1	0	2	
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	1	0	0	0	0	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	3	1	1	0	2	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2.Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	1	2	3	
promocijas darbu skaits	1	0	0	1	1	
maģistra darbu skaits	3	0	1	1	2	
bakalaura darbu skaits	0	0	0	0	0	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1.Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi.	5	2	7	8	17	

kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:						
konferences	0	1	3	4	8	
semināri	3	0	3	2	5	
rīkoti semināri un konferences, uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	1	1	
populārzinātniskas publikācijas	0	0	0	0	0	
izstādes, demonstrācijas	0	1	1	1	3	
Betona olimpiāde	0	0	0	0	0	
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	8	5	5	18	
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	0	0	34481	34481	
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	0	0	0	34481	34481	
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			
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	0	0	0	0	0	
Latvijas teritorijā	0	0	0	0	0	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	1	0	0	0	0	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	0	0	4	4	
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	630 000	630 000	

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 2 vadītājs _____ Kaspars Kalniņš _____
(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

2. sadaļa – Informācija par programmas projektiem

2.1. Projekts Nr. 3

Nosaukums

Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām būvēm

vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
Institūcija
ieņemamais amats
Kontakti

Ainārs Paeglītis	
Dr.sc.ing.	
Rīgas Tehniskā universitāte	
Profesors	
Tālrunis	+371 29269448
E-pasts	ainars.paeglitis@rtu.lv

2.2. Projekta Nr. 3 mērķi

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

Projekta mērķis: *Izstrādāt jaunas metodes riska izvērtēšanai būvēm un konstrukcijām, lai nodrošinātu to drošu, efektīvu un ilgtspējīgu ekspluatāciju*

1.pamatuzdevums: *Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes.*

2.pamatuzdevums: *Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu nebojātu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam.*

3.pamatuzdevums: *Izstrādāt inovatīvās viedas konstrukcijas ar uzsvāru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērsti uz būvniecības un infrastruktūras objektiem.*

Papildus tam katrā projekta realizācijas posmā, kas atbilsts kalendārajam gadam, tiek definēti atsevišķi, konkrētajā posmā veicamie uzdevumi, kas saistīti ar katras projekta sadaļas pamatzdevuma izpildi.

1.pamatuzdevums: *Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes.*

1.pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-A

3.posma uzdevumi:

3.1. Transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām.

Transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām.

Pārskata periodā veikts pētījums par transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšanu uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām. Noteikts, ka transportlīdzekļa kustības

ātrumam ir daudz lielāka nozīme tilta dinamikā nekā automašīnas svaram, jo tas ir atkarīgs no autoceļa seguma līdzenuma. Jo zemāks ātrums un nelīdzens segums, jo lielāku Dinamisko ietekmi ir iespējams iegūt.

3.2. Iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācija Latvijas apstākļiem

Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes.

Šajā nodevumā aprakstīta metode iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācijai Latvijas apstākļiem. Tiltiem visnozīmīgākās, atskaitot pašsvaru, ir transporta iedarbes, tādēļ apskatījām tieši tās. Tā kā slodzes īsiem un vidējiem laidumiem ir dotas 1. eirokodeksā [1], tad tika apskatīti sadalījumi garu laidumu transporta slodzēm.

Pētījumu rezultāti tika ziņoti 3 konferencēs:

1. Paeglite I., Smirnovs J., Paeglitis A., Traffic load effects on dynamic bridge performance, Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability, Proceedings of the Eight International IABMAS Conference (IABMAS 2016), Brazil, Foz do Iguaçu, 26.-30. June, 2016, 2364-2369
2. Paeglite I., Smirnovs J., Paeglitis A., Dynamic behavior of pre-stressed slab bridges, Proceedings of 12th International conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques", (MBMST 2016), 26.-27.maijs, 2016, Viļņa, Lietuva
3. Freimanis A., Paeglītis A., Mesh sensitivity analysis for quasi-static simulations, Proceedings of 12th International conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques", (MBMST 2016), 26.-27.maijs, 2016, Viļņa, Lietuva. 8.lpp. (būs WoS)

Ir publicēti vai pieņemti publicēšanai 3 pilna teksta zinātniskie raksti (1 raksts iekļauts datu bāzēs Web of Science vai Scopus):

1. Paeglitis, A., Freimanis, A. (2016) Comparison of constant-span and influence line methods for long-span bridge load calculations. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, (2016), Vol.11, No.1, pp.84–91. ISSN 1822-427X. Available from: doi:10.3846/bjrbe.2016.10. [M.kr.: 02T]; [Citav. rod.: 0.76(F) (2016)].
2. Paeglite I., Smirnovs J., Paeglitis A., Dynamic behavior of pre-stressed slab bridges, Proceedings of 12th International conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques", (MBMST 2016), 26.-27.maijs, 2016, Viļņa, Lietuva,
3. Freimanis A., Paeglītis A., Mesh sensitivity analysis for quasi-static simulations, Proceedings of 12th International conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques", (MBMST 2016), 26.-27.maijs, 2016, Viļņa, Lietuva. 8.lpp. (būs WoS)

2.pamatuzdevums: *Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu nebojātu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam.*

1.pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-B

3.posma uzdevumi:

3.3. *Sendviča tipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācijas metodikas izstrāde*

Pārskata periodā metodikas izstrādei tika izmantoti ar POLYTEC bez-kontakta lāzera vibrometrijas iekārtu izmērītie siju, plātņu un sendviča tipa konstrukciju eksperimentālie dinamiskie parametri (pašsvārstības frekvences un modas) bojāto vietu lokalizācijai ar noteiktām signālu transformācijas metodēm. Metodoloģijas efektivitāte tika pārbaudīta arī izmantojot skaitliskās stimulācijas, variējot tādus konstruktīvo elementu dinamisko parametru ieejas datus kā pieejamo datu apjoms, signālu trokšņa līmenis, kā arī bojājuma intensitāte. Sendviča tipa konstrukcijai tika mērīti arī elektromehāniskās impedances spektri, pētot attāluma starp sensoru un bojājumu ietekmi.

3.4. *Iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitliskā modelēšana un simulācijas*

Paredzēts izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu nebojātu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam.

Pārskata periodā sākts darbs pie iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanas metodes koncepcijas izstrādes. Pētījuma pirmajā posmā veikts darbs pie iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes modelēšanas un aprēķiniem, izmantojot galīgo elementu metodi (GEM) programmā ANSYS. Izstrādāti gan dzelzsbetona pārseguma plātnes, gan iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes 3D reprezentatīvie galīgo elementu modeļi. Veikta izstrādāto modeļu pielāgošana, aprēķini un rezultātu salīdzinājums. Sekojoši tika izstrādāts iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes 3D reprezentatīvais galīgo elementu modelis ar bojājumiem stiegrojumā. Veikta izstrādātā galīgo elementu metodes modeļa pielāgošana, aprēķini un rezultātu salīdzinājums ar iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes galīgo elementu modeļa bez bojājumiem stiegrojumā.

Pētījumu rezultāti tika ziņoti 4 konferencēs:

1. Janeliukstis R., Rucevskis S., Wesolowski M., Chate A., Damage Identification Dependence on Number of Vibration Modes Using Mode Shape Curvature Squares, MoViC & RASD 2016 – „Joint International Conference: Motion and Vibration Control & Recent Advances in Structural Dynamics” 2016, 3.–6. jūlijs, Southampton, Lielbritānija.
2. Janeliukstis R., Rucevskis S., Akishin P., Chate A., Wavelet Transform Based Damage Idetection in a Plate Structure, WMCAUS – „World Multidisciplinary Civil Engineering Architecture Urban Planning Symposium” 2016, 13.–16. jūnijs, Prāga, Čehija.
3. Janeliukstis R., Rucevskis S., Wesolowski M., Chate A., Multiple Damage Identification in Beam structure Using Wavelet Transform Technique, MBMST 16 – 12th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques”, 2016, 26.–27. maijs, Viļņa, Lietuva.
4. Rucevskis S., Janeliukstis R., Akišins P., Čate A., Vibration-Based Approach for Structural Damage Detection, 23rd International Congress on Sound and Vibration, 2016, 10.-14. Jūlijs, Atēnas, Grieķija.

Ir publicēti 5 pilna teksta zinātniskie raksti (1 raksts iekļauts datu bāzēs Web of Science vai Scopus):

1. Rucevskis, S., Janeliukstis, R., Akishin, P., Chate, A. Mode shape-based damage detection in plate structure without baseline data (2016) Structural Control and Health Monitoring, 23 (9), pp. 1180-1193. (SNIP>1)
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/stc.1838/abstract;jsessionid=5415D140388699A27A3163581B086C65.f01t04>
2. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Kovalovs, A., Chate, A. Damage Identification in Polymer Composite Beams Based on Spatial Continuous Wavelet Transform (2016) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 111 (1), art. No. 012005, pp. 1-12.
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/111/1/012005/meta>
3. Rucevskis, S., Janeliukstis, R., Akishin, P., Chate, A. Vibration-based approach for structural damage detection (2016) ICSV 2016 - 23rd International Congress on Sound and Vibration: From Ancient to Modern Acoustics, pp. 1-6.
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84987922684&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=65A5B84061915A7510FB3A88D485205C.wsnAw8kcdt7IPYL00V48gA%3a230&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2816310397700%29&relpos=4&citeCnt=0&searchTerm=>
4. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Akisins, P., Chate, A. Wavelet Transform Based Damage Detection in a Plate Structure. Procedia Engineering, 2016, Vol.161, pp.127-132.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816327175>
5. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Chate, A. Damage Identification Dependence on Number of Vibration Modes Using Mode Shape Curvature Squares. Journal of Physics: Conference Series, 2016, Vol.744, No.1, pp.1-12.
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/744/1/012054/meta;jsessionid=E4BB7A397DBB62D5B904A2DD24B7CA9C.c4.iopscience.cld.iop.org>

Ir sagatavoti un iesniegti 4 abstrakti vai pilna teksta raksti 4 konferencēm, kas notiks 2017. gadā.

1. Janeliukstis R., Rucevskis S., Kovalovs A., Chate A., Numerical Investigation on Multiclass Probabilistic Classification of Damage Location in a Plate Structure, ICEDyn 2017 – “International Conference on Structural Engineering Dynamics”, 3.-5. jūlijs, Ericeira, Portugāle.
2. Janeliukstis R., Rucevskis S., Wesolowski M., Chate A., Algorithm of damage identification in beam structure based on thresholded variance of normalized wavelet scalogram, IMST 2017 – “3rd International Conference: Innovative Materials, Structures and Technologies”, 27.-29. septembris, Rīga, Latvija.
3. Janeliukstis R., Rucevskis S., Chate A., Hybrid localization of damage in a plate structure exploiting classification and wavelet transform, SMAR 2017 – “4th International Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures”, 13.-15. septembris, Ćirihe, Šveice.
4. A. Kovalovs, S. Rucevskis, A. Chate, Numerical Investigation on Damage Detection in a Prestressed Concrete Beam by modal analysis, IMST 2017 – “3rd International Conference: Innovative Materials, Structures and Technologies”, 27.-29. septembris, Rīga, Latvija.

3.pamatuzdevums: *Izstrādāt inovatīvās viedas konstrukcijas ar uzsvāru uz atjaunojamo*

dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērsti uz būvniecības un infrastruktūras objektiem.

1.pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-C

3.posma uzdevums:

3.5. Konstruktvīvo elementu no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.

Uz tekošo laika brīdi eksistē sekojošas aprēķina metodes konstruktīviem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes: Gamma metode, Bīdes analogiju metode, Kompozītu metode. Šo metodes raksturojas ar palielināto, salīdzinājumā ar reducēto šķērsriezuma metodē, aprēķina darbietilpību. Ievērojot, ka uzdevuma mērķis ir inovatīvās viedas konstrukcijas izstrāde, kas satur konstruktīvos elementus no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes, nepieciešama vienkāršota aprēķina metodika, kas ļauj veikt liekto un spiesti-liekto konstruktīvo elementu no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķinus. Tāda metodika ļauj samazināt optimizācijas uzdevuma darbietilpību.

Trešajā projekta posmā pabeigta konstruktīvo elementu no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes (jeb CLT no angļu valodas *cross-laminated timber*) aprēķina metodikas izstrāde un eksperimentālas pārbaudes. Piedāvātas metodikas pamatā ir LVS EN 1995-1-1 un reducētā šķērsriezuma metode. Paveikti aprēķina metodikas eksperimentālas pārbaudes elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statiskās shēmas.

Trešajā projekta posmā tiek turpināts pētījums par viedas konstrukcijas izstrādi un tās racionālo konstruktīvo risinājumu. Tiek pētīta konstrukcija ar 60 m laidumu, kura sastāv no divām iepriekš uzspriegotajām tērauda trošu kopnēm un klāja no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Ar programmu ANSYS v15. izstrādāts konstrukcijas ar galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem nesošajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes modelis, kas ļauj aprakstīt konstrukcijas uzvedību. Ir paveikts vanšu kopnes konstruktīvo risinājumu salīdzinājums un izvēlēts labākais variants no materiālu patēriņa un maksimālo vertikālo pārvietojumu viedokļa. Uzsākta algoritma izstrādē, kas ļautu novērtēt racionālus parametrus minētai konstrukcijai. Uzsākta viedas konstrukcijas fiziskā modeļa izstrāde. Konstrukcijas fiziskā modeļa laidums ir vienāds ar 2 m.

Par iegūtajiem rezultātiem ziņots 5 starptautiskajās zinātniskajās konferencēs un semināros:

1. Buka-Vaivade K., Serdjuks D., Goremikins V., Vilguts A. Experimental Verification of Design Procedure for Elements from Cross-Laminated Timber , 12 th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques” 2016, Maijs 26 – 27, Viļņa, Lietuva.
2. Serdjuks D., Goremikins V., Buka-Vaivade K. Inovatīvas viedas konstrukcijas izstrādē ar uzsvaru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērstas uz būvniecības un infrastruktūras objektiem. Riga Technical University International Scientific Conference 2016, Oktobris 14–18, Rīga, Latvija.
3. Serdjuks D. Design of Timber Structures by EN 1995-1-1, Starptautiskais zinātniskais seminārs „Design of Timber Structures by EN 1995-1-1” 2016, 24. februāris, Sanktpēterburga, Krievija.
4. Serdjuks D. Fire Design of Timber Structures by EN 1995-1-2, Starptautiskais zinātniskais seminārs „Fire Design of Timber Structures by EN 1995-1-2” 2016, 26. marts, Sanktpēterburga, Krievija.
5. Serdjuks D. Design of Timber Structures by EN 1995-1-1, Starptautiskais zinātniskais

seminārs „Design of Timber Structures by EN 1995-1-1” 2016, 17. novembris, Rīga, Latvija.

Ir publicēti vai pieņemti publicēšanai 3 pilna teksta zinātniskie raksti:

1. Buka-Vaivade K., Serdjuks D., Goremikins V., Vilguts A., Pakrastins L. "Experimental Verification of Design Procedure for Elements from Cross-Laminated Timber. Procedia Engineering 00(2016) 000-000 (pieņemts publicēšanai, paredzēta citēšana WoS datu bazē).
2. Saknite T., Serdjuks D., Goremikins V., Pakrastins L., and Vatin N. „Fire Design of Arche-type Timber Roof”. Magazine of Civil Engineering (2016), Volume 64, Issue 4, ISSN: 2071-0305, 2071-4726, Sanktpēterburga, Krievija, doi: 10.5862/MCE.64.3, pp. 26-39. http://www.engstroy.spbstu.ru/index_2016_04/03.html, (citēts SCOPUS datu bazē, paredzēta citēšana WoS datu bazē).
3. Gusevs E., Serdjuks D., Artebjakina G., Afanasjeva E., Goremikins V. „Behaviour of Load-Carrying Members of Velodromes Long-span Steel Roof”. Magazine of Civil Engineering (2016), Volume 65, Issue 5, ISSN: 2071-0305, 2071-4726, Sanktpēterburga, Krievija, doi: 10.5862/MCE.65.1, pp. 3-16. http://www.engstroy.spbstu.ru/index_2016_05/01.html (paredzēta citēšana SCOPUS un WoS datu bazē).

Populārzinātniskas publikācijas:

1. Paeglītis A., Līmēta koka gājēju pārvads pār autoceļu P103 Dobeles-Bauska 17.44 km Tērvetē // Latvijas būvniecība, 2016, Nr.3, 79-85 lpp. ISSN 1691-4058.

Atskaides posmā par projekta tēmām izstrādāti un aizstāvēti 10 maģistra darbi:

1. Reinis Tukišs, “Satiksmes drošības pilnveides pasākumu analīze Liepājā”, vad. prof. J.Smirnovs.
2. Mārtiņš Jākobsons, “Satiksmes organizācijas ietekme uz vides kvalitāti Liepājā”, vad. prof. J.Smirnovs.
3. Vaivods Edgars, “Lokveida ceļa mezglu satiksmes drošības līmeņa analīze Latvijā”, vad. prof. J.Smirnovs.
4. Vaivods Edgars, “Satiksmes drošības problēmu analīze Ogres pilsētā”, vad. prof. J.Smirnovs.
5. Renārs Krišānovskis “Tērauda tiltu elementu bojājumu ietekme uz konstrukciju veiktspēju”, vad. prof. Ainārs Paeglītis.
6. Zigmārs Krūmiņš “PPP piemērotākā modeļa noteikšana autoceļa E67/A7 Ķekavas apvedceļa posma izbūvei”, vad. prof. Ainārs Paeglītis.
7. Linards Malmeisters, „Kompozītā nesoša elementa darbības analizē”, vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks.
8. Inga Drobis-Drobiševska, „Ugunsizturības analizē koka lokveida pārsegumam” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).
9. Kaspars Spricis, „Kompozīta stiepta nesoša elementa parametru analizē”, vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).
10. Jānis Stepanovs, „Kombinētā tilta konstrukciju darbības izpētē”, vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks.

Atskaites posmā par projekta tēmām izstrādāti un aizstāvēti šādi bakalaura darbi ar inženierprojektu:

1. Aleksandrs Trokšs-Traško “Šķērssiņu nepieciešamības analīze saspriertos saliekamos dzelzsbetona tiltos (inženierprojekts: Ceļa pārvada rekonstrukcija pār autoceļu V972 Madliena – Lēdmane)”, vad. prof. Ainārs Paeglītis.
2. Andris Vētra “Drošības barjeru lietošanas analīze Latvijā (inženierprojekts: Rāmavas ielas rekonstrukcija Rāmavā, Ķekavas novadā)”, vad. prof. Juris Smirnovs.
3. Jānis Praličs “Tiltu balstu izskalojumi un to radītās sekas (inženierprojekts: Autoceļa P5 Ulbroka-Ogre pārbūve)”, vad. prof. Ainārs Paeglītis.
4. Lauris Spiģeris “Satiksmes drošības problēmu analīze Siguldā (inženierprojekts: Autoceļa A12 posma Rēzekne – Ludza pārbūve)”, vad. prof. Juris Smirnovs.
5. Mārtiņš Cepurnieks “Satiksmes organizācijas un drošības analīze un iespējamie uzlabojumi Limbažu pilsētā (inženierprojekts: Rostokas ielas pārbūve Rīgā, posmā no Zolitūdes ielas līdz Jāņa Endzelīna ielai)”, vad. prof. Juris Smirnovs.
6. Ivars Loits “Dzelzsbetona konstrukciju aizsargkārtas izbūves precizitātes analīze saskaņā ar 2.Eiropas kodeksu (inženierprojekts: Gājēju pārvads pār autoceļu A5)”, vad. lekt. Ilze Paeglīte.
7. Karīna Buka-Vaivade „Aprēķina metodiku pārbaude šķērsvirzienā kārtaini līmētam koka elementam. Veselības aprūpes centrs”, vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks.

Projekta ietvaros tiek izstrādāti sekojoši promocijas darbi:

1. **Ilzes Paeglītes** promocijas darba tēma ir “Kustīgās slodzes iedarbība uz tiltu dinamiskajām īpašībām”, zinātniskais vadītājs profesors Dr.sc.ing. Juris Smirnovs, aizstāvēšana paredzēta 2017. gadā.
2. **Andra Freimaņa** promocijas darba tēma ir „Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām tiltu būvēm”, zinātniskais vadītājs profesors Dr.sc.ing. Ainārs Paeglītis, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā.
3. **Rimsa Janeliukša** promocijas darba tēma ir „Bojājumu identifikācijas metožu izstrāde konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam”, zinātniskie vadītāji profesors Dr.sc.ing. Andris Čate un vadošais pētnieks Dr.sc.ing. Sandris Ručevskis, aizstāvēšanās ir paredzēta 2018. gadā.
4. **Aivara Vilguta** promocijas darba tēma ir „Rational structure of multy-storey buildings from cross-laminated timber”, zinātniskais vadītājs profesors Dr.sc.ing. Dmitrijs Serdjucs, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā.

Organizētie semināri:

1. Serdjucs D. Design of Timber Structures by EN 1995-1-1, Starptautiskais zinātniskais seminārs „Design of Timber Structures by EN 1995-1-1” 2016, 24. februāris, Sanktpēterburga, Krievija.
2. Serdjucs D. Fire Design of Timber Structures by EN 1995-1-2, Starptautiskais zinātniskais seminārs „Fire Design of Timber Structures by EN 1995-1-2” 2016, 26. marts, Sanktpēterburga, Krievija.
3. Serdjucs D. Design of Timber Structures by EN 1995-1-1, Starptautiskais zinātniskais seminārs „Design of Timber Structures by EN 1995-1-1” 2016, 17. novembris, Rīga, Latvija.

Atskaites posmā izstrādātās rekomendācijas:

1. Aprēķina metodika liekziem un spiesti-liekziem konstruktīviem elementiem no krusteniski līmētas koksnes.

Dalība starptautiskos projektos:

1. COST Action TU1406 Transport and Urban Development. Quality specifications for roadway bridges, standardization at a European level (BridgeSpec) (2014-2018).

Atskaides periodā ir licenzēta šāda Viļņas Ģedimīna Tehniskās universitātes un Rīgas Tehniskās universitātes kopējā maģistru programma. Programmas nosaukums: “Inovatīvā Ceļu un tiltu inženierija”, paredzēta 1.5 gadu apmācība angļu valodā, apmācību veic VĢTU un RTU akadēmiskais personāls.

Privātā sektora līdzfinansējums un ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz 1.projektā ietvaros radītajiem rezultātiem 3.posmā sasniedz **8072 Eur**

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2016 -31.12.2016

Nr.	RTU.Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUE (ar PVN)	Termiņš
1.	L8043/16	A.Paeglītis	Ģeorežģu testēšana	SIA “Lemmikainen Latvia	3121.23	29.08.16. – 30.09.16.
2.	L8043_17	A.Paeglītis	Ar cementu saistītu paraugu elastības moduļu testēšana saskaņā ar LVS NE 13286-43	SIA Ceļu eksperts	871.31	1.08.16. – 22.09.16
3.	L8278	S. Ručevskis	Telpiskas kopnes no kārbveida profiliem spriegum-stāvokļa aprēķins un eksperimentālā testēšana	AS „UPB”	4080,00	25.04.2016– 30.05.2016
				Kopā	8072.54	

2.3. Projekta Nr. 3 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
3.1. Transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām.	Piedalīšanās starptautiskā zinātniskā konferencē ar ziņojumu, 1 zinātniskais raksts.
Tilta konstrukcijas svārstības rada tiltam pāri braucošas automašīnas. Automašīnas piekares sistēma pati par sevi ir kompleksa sistēma, kas slodzi no automašīnas līdz tilta konstrukcijai nodod caur riepu un ceļa seguma saskares virsmām. Lai noteiktu šo mijiedarbību analītiski, ir jāveic daudzi sarežģīti aprēķini, kas ietver sekojošus modeļus: Laiduma konstrukcijas modeli; Automašīnas ritošās daļas modeli; Automašīnas – tilta mijiedarbības modeli, kas parādīts 1.att.; Ceļa seguma stāvokļa aprakstu; Katra modeļa matemātiskā risinājuma algoritmu. Automašīnas svars, kas darbojas uz tilta konstrukciju un tā ietekme ir atkarīga no automašīnas asu skaita un svara sadalījuma. Tiltu dinamiskajās pārbaudēs gan tiek pielietotas automašīnas ar zināmu asu skaitu un svaru, lai iegūtos rezultātus varētu salīdzināt ar aprēķina modeļa datiem. Automašīnas kustības ātrums ir svarīgs raksturlielums, jo matemātiskajā aprēķinā automašīnas svars tiek pārveidots kā slodze uz konstrukciju, kas pārvietojoties ar ātrumu iesvārsta sistēmu. Reālajā situācijā šis svars tiks sadalīts uz automašīnas riteņiem, savukārt automašīnas riteņi saskaroties ar segumu un atkarībā no seguma profila (raupjuma) rada dažādus inerces spēkus, kas iedarbojas un tilta laiduma konstrukciju.	

Tika pētīti saspringtas nepārtrauktas konstrukcijas ribotu plātņu tilti un dinamiskuma koeficienta un pašsvārstību frekvences korelāciju ar automašīnas svaru. Automašīnas svars pats par sevi maz ietekmē Dinamiskuma koeficientu un Pašsvārstību frekvences. Kā redzams tad ar 30t smagu automašīnu ir iespējams radīt konstrukcijā Dinamiskuma koeficientu zem 1.4, kā arī līdz par 2.4.

Kustības ātrumam ir daudz lielāka nozīme tilta dinamikā nekā automašīnas sveram, jo tas ir atkarīgs no autoceļa seguma līdzenuma. Jo zemāks ātrums un nelīdzens segums, jo lielāku Dinamisko ietekmi ir iespējams iegūt. Dinamiskuma koeficients ir atkarīgs no tilta konstrukcijas veida. Slaidākiem tiltiem ir augstāks dinamiskuma koeficients, automašīnai pārbraucot pa nelīdzenu brauktuvi, nekā automašīnai pārbraucot pa līdzenu brauktuvi. Liela nozīme ir tilta brauktuves profilam, jo vienpusējs slīpums konstrukcijai rada lielāku dinamiskuma koeficientu nekā divpusējs slīpums. Automašīnas svara palielinājums virs normālas satiksmes automašīnu svara nav tieši saistīts ar konstrukcijas dinamiskuma pieaugumu, tas ir nozīmīgs faktors pie tilta nestspējas analīzes statiskos apstākļos. Savukārt automašīnas ātrums, iedarbojoties uz ceļa seguma raupjumu, spēj ļoti palielināt tilta dinamiskumu pie nelīdzena ceļa seguma. Pie līdzeniem ceļa seguma apstākļiem automašīnas nerada papildus dinamisko slodzi tilta konstrukcijai.

3.2. Iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācija Latvijas apstākļiem.

Izstrādāt metodes koncepciju, 1 zinātnisks raksts.

Vienkārša metode slodžu aprēķinam ir sekojoša:

1. visi transportlīdzekļi sadalāmi joslās un nostādāmi rindā ar konstantu attālumu starp tiem, rekomendējam 5m starp transportlīdzekļa aizmugurējo un nākamā priekšējo asi, ja nepieciešams simulēt sastrēguma situāciju (gara laiduma tiltiem), bet šis pieņēmums ir ļoti konservatīvs. Vēlams lietot patiesi nomērītu attālumu sastrēguma situācijā. Īsa un vidēja laiduma tiltiem vēlams lietot distanci, kas aprēķināma no datiem reizinot distanci laikā ar transportlīdzekļu ātrumu;
2. Tad, ja nav pieejamas tilta ietekmes līnijas, izvēlas interesējošo tilta laiduma garumu. Rindu sadala šādos garumos un aprēķina izkliedēto slodzi dalot katras grupas svaru ar laiduma garumu, tā iegūstot izkliedēto slodzi;
3. Ja pieejamas tilta ietekmes līnijas šo pašu rindu bīda pāri tilta ietekmes līnijām un aprēķina izkliedēto slodzi pēc formulas (1):

$$q_i = \max \left(\frac{\sum P^*y > 0}{A_{pos}}; \frac{\sum P^*y < 0}{A_{neg}} \right) \quad (1)$$

kur q_i – izkliedētā slodze, P – transportlīdzekļa ass slodze, y – ass slodzes ietekme uz šķēlumu, A – pozitīvais vai negatīvais ietekmes līnijas laukums.

4. Ja nepieciešams aprēķināt slodzes no vairāk kā vienas joslas, tad divas vai vairāk rindas tiek nostādītas blakus, sadalītas vienlaicīgi un viena konstantā laiduma svars aprēķināms saskaitot visas rindas un izdalot ar laiduma garumu. Aprēķinā ar ietekmes līnijām nepieciešams rindas bīdīt atbilstoši attiecīgo joslu braukšanas virzieniem un slodze aprēķināma no formulas (1) apskatot visu tilta platumu;
5. Kad slodzes aprēķinātas visām dienām, jāizvēlas katras dienas maksimālā slodze. Šīs slodzes atbilstoši ekstrēmo ērtību teorijai aprakstīs Gumbela varbūtību sadalījums, kuru arī autori iesaka lietot, ja slodzes aprēķinātas iepriekš aprakstītajā veidā;
6. Literatūrā aprakstīti dažādi veidi kādos atrast slodzēm atbilstošā varbūtību sadalījuma

koeficientus. Autori iesaka lietot lielākas varbūtības aplēsi, no angļu valodas maximum likelihood estimation (MLE), šīs metodes vienkāršības dēļ.	
3.3. <i>Sendviča tipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācijas metodikas izstrāde.</i>	<i>Izstrādātā metode sendviča tipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu lokalizācijai.</i>
Pārskata periodā tika turpināts darbs pie metodoloģijas sijas, plātnes un sendviča tipa konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam, izmantojot tādus dinamiskos raksturlielumus kā pašsvārstību frekvencēm atbilstošās formas. Šīs formas tika izmantotas kā ieejas dati veivletu transformācijai. Transformācijas rezultātā tika iegūts veivletu transformācijas koeficientu sadalījums pa visu konstrukcijas laukumu. Vietas, kur novērotas lielākās koeficientu vērtības, norāda bojājuma atrašanās vietu. Lielākai rezultātu ticamībai tika izvērtēts liels daudzums dažādu veivletu funkciju. Bojājuma identifikācija tika raksturota ar bojājuma indeksu, kurš tika standartizēts, balstoties uz statistiskās hipotēzes pārbaudi. Ieviestais parametrs „bojājuma noteikšanas paļāvība” tika pielāgots gan viendimensionālas, gan divdimensionālas konstrukcijas modelim, procentuāli raksturojot ticamību, ar kādu tiek lokalizēts bojājums ar konkrētu veivleta funkciju. Metodoloģijas jutības pārbaudei tika veiktas skaitliskās simulācijas, kurās svārstību formām mākslīgi tika pielikti dažādi trokšņa līmeņi, kā arī bojājumu lokalizācijas rezultāti tika novērtēti atkarībā no bojājuma intensitātes un samazināta svārstību formu datu apjoma ar mērķi izpētīt sensoru tīkla blīvuma ietekmi. Skaitliskās simulācijas veiktas ar galīgo elementu programmu ANSYS, savukārt visi bojājumu lokalizācijas aprēķini veikti ar programmatūru MATLAB. Metodes efektivitāte bojājumu noteikšanai tika pārbaudīta eksperimentāli, izmantojot sekojošus paraugus: 1. divas atšķirīga garuma alumīnija sijas, kas satur vienu bojājumu, 2. divas atšķirīga garuma alumīnija sijas, kas satur divus bojājumus, 3. divas atšķirīga garuma polimēra kompozīta sijas, kas satur vienu bojājumu, 4. alumīnija plātne ar vienu bojājumu, Eksperimentālās konstrukciju pašsvārstību frekvences un atbilstošās šo frekvenču svārstību formas tiks iegūtas, izmantojot POLYTEC bez-kontakta lāzera vibrometriju iekārtu. Iegūtie rezultāti rāda, ka metode spēj dot ticamus bojājumu identifikācijas rezultātus gan ierobežota skaita, gan trokšņainu dinamisko parametru datu pieejamības gadījumos, gan arī pie dažādām bojājumu intensitātes pakāpēm. Papildus tam tika strādāts pie bojājumu noteikšanas metodes izstrādes, izmantojot elektromehāniskās impedances spektroskopiju. Mērījumi tika veikti oglekļa kompozīta sendviča tipa konstrukcijām. Konstrukcijas serdē, ko veido alumīnija kopnes elementi tika veikts iegriezums. Šī konstrukcija tika ierosināta ar vienu pjezoelektrisko elementu, kas tika izmantots vienlaicīgi gan kā aktrs, gan kā sensors. Tika uzņemti elektromehāniskās impedances spektri, kuros attēlota konstrukcijas kompleksās elektriskās pretestības vai elektrovadāmības atkarība no pievadītā maiņsprieguma frekvences. Šai pieejai nepieciešami nebojātas konstrukcijas spektri un spektri, kas iegūti bojātai konstrukcijai. Konstrukcijas bojājums izraisa lokālas stinguma izmaiņas, kā rezultātā notiek spektrālo rezonanses joslu nobīde un/vai amplitūdu izmaiņa. Metodes jutība tika pārbaudīta, mainot attālumu starp pjezoelektrisko elementu un bojājumu. Pētījums tiks turpināts un attīstīts, salīdzinot efektivitāti dažādiem pjezoelektriskiem elementiem, kas, ierosinot konstrukciju, ģenerē elastīgos viļņus paralēli vai perpendikulāri virsmai.	
3.4. <i>Iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitliskā modelēšana un simulācijas</i>	<i>Izstrādātā metodes koncepcija ļauj veikt iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitlisko modelēšanu un simulācijas.</i>

Pārskata periodā sākts darbs pie iepriekš saspringto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanas metodes koncepcijas izstrādes. Pētījumā tiek apskatīta stiegrojuma sabrukšanas noteikšana iepriekš saspriegtajā dzelzsbetona plātnē, izmantojot tās dinamiskās īpašības (pašsvārstību frekvences un modas). Pētījuma pirmajā posmā sākts darbs pie iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes modelēšanas un aprēķiniem, izmantojot galīgo elementu metodi (GEM) programmā ANSYS. Izstrādāti gan dzelzsbetona pārseguma plātnes, gan iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes 3D reprezentatīvie galīgo elementu modeļi. Veikta izstrādāto modeļu pielāgošana, aprēķini un rezultātu salīdzinājums. Aprēķinu rezultāti rāda, ka iepriekšējais saspriegums būtiski nemaina pašsvārstību frekvenču vērtības, bet tā ietekmē mainās pašsvārstību modas. Sekojoši tika izstrādāts iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes 3D reprezentatīvais galīgo elementu modelis ar bojājumiem stiegrojumā. Veikta izstrādātā galīgo elementu metodes modeļa pielāgošana, aprēķini un rezultātu salīdzinājums ar iepriekš saspriegtās dzelzsbetona pārseguma plātnes galīgo elementu modeļa bez bojājumiem stiegrojumā. Rezultāti apstiprina pieņēmumu, ka metode, kas balstīta uz konstruktīvo elementu dinamisko īpašību izmaiņām, būs pielietojama praktiskai iepriekš saspringto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai, izmantojot atbilstošu eksperimentālu aparāturu.	
3.5. Konstruktīvo elementu no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.	Piedāvāta aprēķina metodika liektiem un spiesti-liektiem konstruktīviem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Paveiktas piedāvātas aprēķinā metodikas eksperimentālas pārbaudes, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statistiskās shēmas. Turpināti pētījumi par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Uzsākta konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes topoloģijas optimizācija un no materiāla patēriņa viedokļa racionālo parametru noteikšana. Uzsākta nesošas konstrukcijas izstrāde, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Publicēti un sagatavoti publicēšanai: viens raksts konferenču rakstu krājumā un divi raksti žurnālā.
Lai realizētu 3. projekta 3. posma 3. uzdevumu paveiktas piedāvātas aprēķina metodikas eksperimentālas pārbaudes šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka nesošajiem elementiem. Piedāvātas metodikas pamatā ir LVS EN 1995-1-1 un reducētā šķērsgriezuma metode. Tika paveikti trīs eksperimenti. Par pētījuma objektiem tika izvēlēti šķērsvirzienā kārtaini līmēti koka paneļi ar izmēriem 2x0.35 m un kopējo biezumu 60 mm. Paneļa garuma un laiduma attiecība ir vienāda ar 5.71. Ārējo un vidējo dēļu šķērsgriezumi ir 20x110 mm. Ārējos slāņos šķiedru virziens orientēts paneļa garākās malas virzienā. Vidējās kārtas šķiedras ir orientētas 90° leņķī pret ārēja slāņa šķiedru virzienu. Slāņi tiek salīmēti kopā ar putupolouretāna līmi zem 600 kg/m² liela spiediena. Paneļu izgatavošanai izmantota C24 stiprības klases priede. Pirmajā eksperimenta gaitā panelis no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes tika noslogots ar koncentrēto statiski pielikto spēku laiduma vidū līdz paneļa sabrukumam. Paneļa statistiskā shēma – brīvi balstīta sija ar laidumu 1.8 m. Spēka intensitāte mainās robežās no 1 līdz 22.6 kN ar minimālo soli vienādu ar 0.2 kN. Apskatāmais panelis no šķērsvirzienā	

kārtaini līmētas koksnes tiks aprēķināts izmantojot reducēto šķērsgriezuma metodi (kas ir piedāvātas aprēķina metodikas pamatā), gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi un GEM ar RFEM 5.0 programmas palīdzību. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti eksperimentāli un ar reducēto šķērsgriezuma metodi atrodas robežās no 7 līdz 20%.

Otrajā eksperimenta gaitā tika apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes, kas piekārts četros punktos un ir simetriski noslogots ar statiski pielikto vienmērīgi izkliedētu slodzi paneļa divos posmos. Paneļa garums starp piekarināšanas punktiem laiduma un platuma virzienā ir attiecīgi 1.8 un 0.25 m. Panelis tika pakāpeniski slogots ar slogošanas pakāpi ap 1.5 kN. Apskatāmais panelis no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes tiks aprēķināts, izmantojot reducēto šķērsgriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi un GEM ar RFEM 5.0 programmas palīdzību. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti eksperimentāli un ar reducēto šķērsgriezuma metodi nepārsniedz 19.45%. Atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti eksperimentāli un ar RFEM 5.0 datorprogrammas palīdzību ir 20.23% robežās.

Trešajā eksperimenta gaitā tika noslogots panelis, līdzīgi kā otrajā eksperimentā, tikai papildus panelis tika novietots 16.8° leņķī pret horizontu. Tādā veidā vienlaicīgi pakļaujot paneli lieces momenta un spiedes spēka ietekmei. Panelis simetriski noslogots paneļa posmos ar vienmērīgi izkliedētu, statiski pieliktu slodzi. Paneļa slīpais novietojums, nodrošina paneļa vienlaicīgu darbību liecē un spiedē. Dotais panelis aprēķināts, izmantojot reducēto šķērsgriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi un GEM ar RFEM 5.0 programmas palīdzību. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti eksperimentāli un ar reducēto šķērsgriezuma metodi nepārsniedz 20%. Atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti eksperimentāli un izmantojot RFEM 5.0 programmu nepārsniedz 20%.

Paveikto eksperimentu sērija dod iespēju secināt, ka piedāvātā aprēķina metodika, kas balstās uz LVS EN 1995-1-1 un reducētā šķērsgriezuma metodi ļauj aprēķināt liekto un spiesti-liekto elementu no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes ar pietiekami augstu precizitātes līmeni, kas ir salīdzināms ar eksistējošajām aprēķina metodēm, tādām kā: Gamma metode, Bīdes analogiju metode, Kompozītu metode; un raksturojas ar samazināto aprēķinā darbietilpību. Tas nozīmē, ka piedāvātās aprēķina metodikas izmantošana ir efektīva liekto un spiesti-liekto šķērsvirzienā kārtaini līmēto koksnes elementu projektēšanai.

Trešajā projekta posmā tiek turpināts pētījums par viedas konstrukcijas izstrādi un tās racionālo konstruktīvo risinājumu. Tiek pētīta konstrukcija ar 60 m laidumu, kura sastāv no divām iepriekš uzspriegtām tērauda trošu kopnēm un klāja no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Ar programmu ANSYS v15. izstrādāts konstrukcijas ar galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem nesošajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes modelis, kas ļauj aprakstīt konstrukcijas uzvedību. Ir paveikts vanšu kopnes konstruktīvo risinājumu salīdzinājums un izvēlēts labākais variants no materiālu patēriņa un maksimālo vertikālo pārvietojumu viedokļa. Uzsāktā algoritma izstrādē, kas ļauj novērtēt racionālus parametrus minētai konstrukcijai. Noteikts, ka izvietojot tilta klāja izvietojums pa trošu kopnes apakšējo joslu ļauj samazināt materiāla patēriņu par 16.7% salīdzinājuma ar tilta klāja izvietojumu pa augšējo joslu. Noteikts, ka tilta klāja iekļaušana garenvirziena piepūļu uzņemšanā ļauj samazināt materiāla patēriņu par 17.3% salīdzinot ar gadījumu, kad tilta klājs uzņem tikai šķērsvirzienā piepūles. Izvietojot tilta klāja izvietojums pa trošu kopnes apakšējo joslu ļauj samazināt materiāla patēriņu par 16.7% salīdzinājuma ar tilta klāja izvietojumu pa augšējo joslu. Apskatītie konstrukciju varianti atšķiras ar vanšu kopnes joslu un režģojuma parametriem. Uzsāktā algoritma izstrādē, kas ļautu novērtēt racionālus parametrus minētai konstrukcijai. Uzsāktā viedas konstrukcijas fiziskā modeļa izstrāde. Konstrukcijas fiziskā modeļa laidums ir vienāds ar 2 m.

2.4. Projekta Nr. 3 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**)*

Atbilstoši 3. Projekta 3.posma uzdevumam 3.1. tika pētīta Transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām. Iegūti šādi pētījuma rezultāti:

1. *Tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statistiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums.*
2. *Automašīnas svars pats par sevi maz ietekmē Dinamiskuma koeficientu un Pašsvārstību frekvences.*
3. *Automašīnas svara palielinājums virs normālas satiksmes automašīnu svara nav tieši saistīts ar konstrukcijas dinamiskuma pieaugumu.*

Uzdevuma 3.2. ietvaros ir pētīts iedarbju teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu pielietojums tiltiem. Pētījuma rezultātā iegūta metode slodžu aprēķinam.

Ceturtajā posmā (2017.gadā), lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir paredzēts veikt divus uzdevumus:

3.1.apakšuzdevums – Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana.

3.2.apakšuzdevums – Drošuma indeksa un atlikušās nestspējas novērtēšana ekspluatācijā esošiem tiltiem.

Atbilstoši 3. Projekta 3. posma izvirzītajam 2. uzdevumam: „Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu bojāgājumam vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam” atskaites periodā plānotie mērķi ir sasniegti pilnībā. Pētījumu rezultāti ir publicēti 5 WoS un Scopus datu bāzēs indeksētās publikācijās un ziņoti 4 starptautiskās zinātniskās konferencēs 2016. gadā.

Projekta īstenošanas 3. posma ietvaros tika tālāk attīstīta uz svārstībām balstīta bojājumu identifikācijas metode, kas paredzēta praktiskiem pielietojumiem. Bojājumu noteikšanas indeksi ir izstrādāti gan vienas dimensijas, gan divu dimensiju telpās, tādējādi nodrošinot bojājumu noteikšanu gan sijās, gan plātnes, gan sendvič tipa konstrukcijās. Tāpat tika sākts darbs pie iepriekš saspringto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanas metodes koncepcijas izstrādes.

Ceturtajā posmā (2017.gadā), lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir paredzēts veikt sekojošus uzdevumus:

1. *Iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanas metodes izstrāde.*
2. *Skaitliskie un eksperimentālie pētījumi par bojājuma datu klasifikāciju ar mērķi prognozēt bojājuma lokalizācijas varbūtību. Pētījumu objekts – oglekļa šķiedras kompozītmateriāla plātne ar integrētiem sensoriem eksperimentālo dinamisko raksturlielumu iegūšanai.*

Atbilstoši 3. Projekta 3. posma 3. uzdevumam piedāvāta aprēķina metodika liekto un spiesti-liekto konstruktīvo elementu aprēķiniem no krusteniski līmētas koksnes. Piedāvātas metodikas pamatā ir aprēķina procedūras, kas ir aprakstītas LVS EN 1995-1-1 liektniem un spiesti-liektniem elementiem un reducētā šķērsgriezuma metode. Piedāvāta metodika ļauj pārbaudīt liekto un spiesti-liekto konstruktīvo elementu no krusteniski līmētas koksnes atbilstību nestspējas (ULS) un lietojamības (SLS) robežstāvokļiem, ka arī prognozēt elementu

uzvedību statistiska slogojuma gadījumā. Piedāvāta aprēķina metodika atšķiras ar samazināto aprēķina darbietilpību un pietiekamo precizitāti salīdzinājumā ar eksistējošām aprēķina metodēm (kompozītu metode, salikto siju metode, bīdes analogiju metode).

Iegūti šādi rezultāti:

1. Analizējot eksperimentāli un analītiski iegūtos rezultātus otrajā un trešajā eksperimenta gaitā, var secināt, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsgriezuma metodi, GEM un eksperimentāli atrodas robežās no 0.1 līdz 20.23 %. Ņemot vērā aprēķina metodikas, kas balstās uz reducēto šķērsgriezuma metodi un EN 1995-1-1 iekļauto liekto un spiesti-liekto koka elementu aprēķinu, pietiekami augstu precizitātes līmeni un aprēķina gaitas vienkāršību, šī metode tiek atzīta kā efektīva un tiek rekomendēta izmantošanai liekto un spiesti-liekto elementu no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķiniem.
2. Paveikts vanšu kopnes konstruktīvo risinājumu salīdzinājums un izvēlēts labākais no materiālu patēriņa un maksimālo vertikālo pārvietojumu viedoklī variants. Noteikts, ka izvietojot tilta klāju pa trošu kopnes apakšējo joslu ļauj samazināt materiāla patēriņu par 16.7% salīdzinājuma ar tilta klāja izvietojumu pa augšējo joslu. Noteikts, ka tilta klāja iekļaušana garenvirziena piepūļu uzņemšanā ļauj samazināt materiāla patēriņu par 17.3% salīdzinot ar gadījumu, kad tilta klājs uzņem tikai šķērsvirzienā piepūles.
3. Izstrādāts konstrukcijas modelis ar datorprogrammas ANSYS v15 palīdzību, kas ļauj aprakstīt konstrukcijas no divām iepriekš uzspriegtajām trošu kopnēm ar laidumu 60 m un sekundārajiem nesošajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes, kas balstās uz vanšu kopnēm.

Lai sasniegtu projekta mērķi, projekta 4.posmā paredzēts:

1. *Turpināt pētījumu par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Izstrādāt optimizācijas algoritmu. Paveikt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes topoloģijas optimizāciju un noteikt tās racionālos parametrus no materiāla patēriņa viedokļa.*
2. *Izstrādāt nesošo konstrukciju, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes.*
3. *Izstrādāt fizisko modeli nesošai konstrukcijai, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes.*

Ceturtajā pētījumu posmā paredzēts:

Turpināt pētījumu par konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģiju optimizāciju un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšanu. Paredzēts izstrādāt optimizācijas algoritmu, kas ļauj novērtēt racionālie no materiāla patēriņa un maksimālo vertikālo pārvietojumu viedokļa konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes parametri.

Izstrādāt nesošo konstrukciju, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Paredzēts izstrādāt konstrukcijas datora modelis, kas ļauj aprakstīt konstrukciju no divām iepriekš uzspriegtajām trošu kopnēm un sekundāriem nesošiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes ievērojot vanšu kopnes un sekundāro nesošo elementu kopējo darbību. Paredzēts izstrādāt konstrukcijas fiziskais modelis ar laidumu 2 m.

2.5. Projekta Nr.3 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	377263.00	60681.00	87963.00	92453.00	
1000	Atlīdzība	293737.00	48589.86	71912.00	79159.29	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	81037.00	10152.14	15501.00	12443.71	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	26763.00	90.00	3649.00	2864.14	
2200	Pakalpojumi	47599.00	5431.75	10331.00	8411.38	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	6675.00	4630.39	1521.00	218.19	
5000	Pamatkapitāla veidošana	2489.00	1939.00	550.00	850.00	

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 3 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016.	t. sk. iepriekšējā periodā uzsākts	2017.
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	16	1	10	12	23	
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	6	0	0	2	2	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	10	1	10	10	21	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	12	4	6	17	27	
promocijas darbu skaits	3	0	0	0	0	
maģistra darbu skaits	9	1	4	10	15	
bakalaura darbu skaits	0	3	2	7	12	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	19	1	15	19	35	
konferences	9	0	11	12	23	

semināri	0	0	0	3	3	
rīkoti semināri un konferences	7	0	3	3	6	
populārzinātniskas publikācijas	3	1	1	1	3	
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	
Betona olimpiāde	0	0	0	0	0	
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	9	5	5	19	
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	99000	17000	0	8072	25072	
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	95000	15000	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	0	
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	4000	2000	0	8072	25072	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	0	0	0	0	0	
Latvijas teritorijā	0	0	0	0	0	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	12	0	0	6	6	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	0	0	0	0	
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	0	0	

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 3 vadītājs _____
(paraksts¹)

/ A. Paeglītis/
(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 Druviete

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr.4

Nosaukums

Slāņains koksnes kompozītmateriāls ar racionālu struktūru un palielinātu īpatnējo lieces nestspēju

projekta vadītāja

vārds, uzvārds,

Kārlis Rocēns

zinātniskais grāds

Dr. habil. sc. ing.

Institūcija

RTU Būvniecības un rekonstrukcijas institūts

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*

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), 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. LV14979; LV15083).

Projektā piedāvāts jauna veida materiāls-konstrukcija ar speciālām šūnu tipa dobām ribām un saplākšņa vai cita materiāla apšuvumiem. Šāds risinājums dod iespēju regulēt plātņu lieces nestspēju un samazināt koksnes patēriņu plātnes šķēlumu mazāk noslogotajās daļās. Šīm plātnēm ribojuma uzbūve ļauj plašā intervālā variēt ar lieces nestspēju pretēji standarta saplākšnim un citām slāņainām plātnēm, kurām šī iespēja ir ierobežota. Šāda veida materiāls var tikt plaši pielietots mēbeļu izgatavošanā, mašīnbūvē, kā arī civilajā būvniecībā, paverot iespējas pielietošanai gan vienkāršu, gan daudzstāvu koka ēku būvniecībā. Atkarībā no pielietojuma mainās šī materiāla piepūļu lauks un racionālā struktūra. Lai harmonizētu piepūļu lauku ar materiāla struktūras pretestības lauku, nepieciešams izstrādāt atbilstošas materiāla nestspējas un struktūras aprēķina metodikas.

Atskaites periodā veiktas (vai uzsāktas) šādas aktivitātes:

1. Lieces nestspējas aprēķinu metodikas izstrāde un konceptuālā eksperimentālā pārbaude plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām
2. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodikas izstrāde plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un īpatnējās nestspējas vērtību noteikšana ribojumam ar tipiskākajām ģeometrisko parametru vērtībām
3. Plātņu modeļu izgatavošana ar tipiskākām šūnu tipa dobām ribām un to pārbaudes liecē, īpatnējās lieces nestspējas, materiālu, enerģijas un izmaksu noteikšana (Izpilde 2017. gada 2. ceturksnis)

4. Rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūras ģeometrisku parametru projektēšanai (Izpilde 2017. gada 3. ceturksnis)
5. Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģijas pamatprincipu izstrāde un plātņu demonstrācijas modeļu izgatavošana (Izpilde 2017. gada 4. ceturksnis)

Izstrādāta lieces nestspējas aprēķinu metodika plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, kas pierakstīta ANSYS programmēšanas valodā (APDL) un ļauj skaitliski sarēķināt plātnes deformatīvos raksturotājlielumus atkarībā no plātnes veidojošo elementu (apšuvumu biezumi, dobo ribu ģeometrijas un biezumiem) parametriem, ievērtējot nelineārās elementu savienojos zonas (CZM) darbības un materiālu sabrukumu kritērijus (FC). Veikta plātņu paraugu izgatavošana un konceptuālas eksperimentālās pārbaudes, dažādu biezumu plātnēm (25; 30; 50; 100 un 150 mm) atbilstoši LVS EN 789:2000 plātnes ribojuma garenvirzienā, kā arī atsevišķos gadījumos (25; 50 un 100 mm) ribojuma šķērsvirzienā. Atšķirība starp aprēķinu un eksperimentāli iegūtajiem rezultātiem, slogojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma, nepārsniedz 5%).

Izstrādāta īpatnējās lieces nestspējas aprēķinu metodika, kas balstās uz MATLAB vidē speciāli izstrādātu ģenētisko algoritmu, kas automātiski ģenerē ievades failu APDL valodā un, trenējot mākslīgo neironu tīklu, optimizē plātnes veidojošo elementu ģeometriskos parametrus atkarībā no uzdotā mērķa un mainīgo parametru ierobežojumiem. Piemēram, 25 mm plātnēm īpatnējais stingums garenvirzienā ir $1,08 \pm 0,02 \text{ kNm}^2/\text{kg}$ (par 40% augstāks nekā attiecīgā biezuma saplāksnim), bet šķērsvirzienā $0,67 \pm 0,03 \text{ kNm}^2/\text{kg}$ (par 5% augstāks nekā attiecīgā biezuma saplāksnim).

Uzsākta trīs veidu plātņu modeļu izgatavošana.

Uzsākta rekomendāciju izstrāde plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, kurās tiks aprakstīti plātnes projektēšanas pamatprincipi racionālai plātņu projektēšanai, ievērtējot projektējamās struktūras ģeometriju un uzņemamās slodzes lielumu.

Uzsākta tehnoloģisko pamatprincipu izstrāde plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, kur tiek aplūkoti šūnu tipa dobo ribas formas iegūšanas paņēmieni, un plātņu izgatavošana atbilstoši LR patentā LV15083 veiktajam paņēmienam.

Daļa no iegūtajiem rezultātiem mērķa sasniegšanas izpildē atspoguļota 9 (atskaite periodā 5) publikācijās un 2 uzturētajos patentos.

Izvirzītā mērķa sasniegšanai nepieciešamais pētījumu apjoms 3. posmā izpildīts.

Pētījumu rezultāti tika ziņoti 6 konferencēs:

1. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Shear and tensile strength of narrow glued joint depending on orientation of plywood plys 12th international conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques” in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016
2. Kukule A., Rocens K., Lukasenoks A., Frolovs G. Change of Moisture Distribution in Ribbed Plate with Different Opposite Surface Temperatures 12th international conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques” in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016
3. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Deformation process numerical analysis of T-stub flanges with pre-loaded bolts 12th international conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques” in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016
4. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Stress state analysis of plates with cell type ribs under loading (Stenda referāts) International Conference “Advanced Construction” in Kaunas, Lithuania on 6-7 October, 2016
5. Kukule A., Rocens K., Lukasenoks A., Determination of moisture distribution in ribbed plate used as building envelope (Stenda referāts) 5th International Conference “Advanced Construction” in Kaunas, Lithuania on 6-7 October, 2016

6. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Non-linear buckling analysis of steel frames 5th International Conference "Advanced Construction" in Kaunas, Lithuania on 6-7 October, 2016

Publicēts raksts starptautiskā zinātniskā žurnālā:

1. J.Sliseris, H. Andrā, M. Kabel, B.Dix, B. Plinke. "Virtual characterization of MDF fiber network" European Journal of Wood and Wood Products (SNIP 0,930) (Scopus datu bāze)

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84976318982&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=2E1B286D405845C34D49E9CBF83C7457.wsnAw8kcdt7IPYLO0V48gA%3a70&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2836133799800%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=#>

Publicēti (vai pieņemti publicēšanai) 4 raksti starptautiskos zinātnisko konferenču rakstu krājumos;

1. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Shear and tensile strength of narrow glued joint depending on orientation of plywood plys 12th international conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques" in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016 Procedia Engineering 00 (2016) 000–000 (pieņemts publicēšanai)
2. Kukule A., Rocens K., Lukasenoks A., Frolovs G. Change of Moisture Distribution in Ribbed Plate with Different Opposite Surface Temperatures 12th international conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques" in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016 Procedia Engineering 00 (2016) 000–000 (pieņemts publicēšanai)
3. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Deformation process numerical analysis of T-stub flanges with pre-loaded bolts 12th international conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques" in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016 Procedia Engineering 00 (2016) 000–000 (pieņemts publicēšanai)
4. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Non-linear buckling analysis of steel frames Proceedings of the 5th international conference Advanced Construction 2016. ISSN 2029–1213

<http://ktu.edu/uploads/files/fakultetai/Statybos%20ir%20architekt%C5%ABros%20fakultetas/files/PROCEEDINGS%282%29.pdf>

Ir sagatavoti un iesniegti 4 abstrakti vai pilna teksta raksti 2 konferencēs, kas notiks 2017. gadā.

1. Frolovs G., Sliseris J., Rocens K., Optimal design of plate with cell type hollow core "Environment. Technology. Resources.", Rezekne, Latvia, June 15-17, 2017.
2. J.Sliseris, L.Gaile, L.Pakrastins, K.Rocens. Development of beam finite element based on extended-multiscale method for modeling of complex structures. IMST, Riga, Latvia, September 27-29, 2017.
3. Frolovs G., Sliseris J., Rocens K., Stress state analysis of plates with cell type hollow core for typical load cases. IMST, Riga, Latvia, September 27-29, 2017
4. J.Sliseris, L.Gaile, L.Pakrastins, K.Rocens. Non-Linear beam finite element based on extended-multiscale method for modeling of complex natural fiber reinforced beams. "Environment. Technology. Resources.", Rezekne, Latvia, June 15-17, 2017.

Spēkā uzturētie 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>)

Projekta ietvaros tiek izstrādāti sekojoši promocijas darbi:

1. Ģ. Frolovs “Koksnes kompozītmateriālu racionālu struktūru un konstrukciju elementu aprēķini” (vad. K. Rocēns, J. Šliseris)
2. A. Kukule “Plātņu saplākšņa ribojuma darbs mainīga mitruma apstākļos” (vad. K. Rocēns)

Atskaides posmā par projekta tēmām izstrādāti un aizstāvēti šādi maģistra darbi:

1. A. Levics “3D printētā fibrbetona spiedes un lieces īpašību eksperimentāls salīdzinājums ar monolītu fibrbetonu” (vad. J. Šliseris)

Atskaides posmā par projekta tēmām izstrādāti un aizstāvēti šādi bakalaura darbi ar inženierprojektu:

1. K. Matveja “Nesošo plātņu (paneļu) ģeometrisku parametru optimizācija” (vad. Ģ. Frolovs, paredzēts aizstāvēt 2016. gada janvārī)

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta 4 projekta 3. posma laikā izstrādātās metodes (pielikums elektroniski):

1. Lieces nestspējas aprēķinu metodika plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām
2. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodiku plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Projekta pārstāvji ir piedalījušies visās rīkotajās VPP IMATEH sanāksmēs par projekta norises gaitu un ar īstenošanu saistītajiem jautājumiem.

Valsts pētījumu programmas 4. projekta ziņojums RTU 57. starptautiskajā zinātniskajā konferencē (14.10.– 18.10.2016.).

Iegūta pirmā vieta starptautiskā izgudrojumu un inovāciju izstādē MINOX 2016 07.10 – 08.10.2016. Rīga, ar patentiem LV14979 un LV15083 (skatīt pie uzturētajiem patentiem). Izstādes ietvaros dalība arī Biznesa kontaktu programmā – tikšanās ar edo consult pārstāvjiem, kā arī dalība 23.09.2016 seminārā “Izgudrojumu prezentēšanas meistarklase”.

15.11.2016. Rīkots seminārs Būvniecības inženierzinātņu fakultātes, Būvniecības un rekonstrukcijas institūta un Eirāzijas Nacionālās universitātes (Astana, Kazahstāna) pārstāvjiem (Rīgā, Latvijā BIF telpās) ar projekta dalībnieku ziņojumiem par aktuālo stāvokli un pētījumu rezultātiem 2016. gadā. (Dalībnieku skaits ap 15).

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

Izveidota sadarbība ar SIA „Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūtu” MeKA, kuru veido A/S “Latvijas Valsts meži”, “Latvijas Kokrūpniecības federācija” u.c. firmas. Šīs sadarbības ietvaros notiek MeKA interesējošo produktu pētniecības un attīstības darbs kopīgi veicot šos pētījumus, iesaistot tajā maģistrantus, kuri saņem atlīdzību no MeKA par veiktajiem darbiem.

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Daļēji pētījums tiek paplašināts arī ERA-Net projekta “Development of eco-friendly composite materials based on geopolymer matrix and reinforced with waste fibers” ietvaros (kopējā summa 69 960 Euro), kā arī, izmantojot Rīgas Tehniskās universitātes konkursā iegūtos grantus 2015./16. gadā J. Šliserim (granta summa 8000 Euro) un 2016./17. gadā Ģ. Frolovam (granta summa 8000 Euro). Sagatavots un iesniegts ERAF (Eiropas Reģionālā attīstības fonda) pasākuma „Praktiskas ievirzes pētījumi” projekta pieteikums (“Viedas, resursu taupošas koksnes, kompozītstruktūras saturošas, ilgtspējīgas un drošas daudzstāvu ēkas”).

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
1. Izstrādāt lieces nestspējas aprēķinu metodiku un veikt konceptuālas eksperimentālās pārbaudes plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām.	Aprēķinu metodika lieces nestspējas noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, ievērtējot līmes šuves bīdes un stiepes deformējamības robežlielumus šaurai šuvei starp saplākšņa virsmu un ribas malu, kā arī sabrukuma kritērijus saplākšnim. Plātņu deformējamības simulāciju rezultātu, konceptuālas eksperimentālās pārbaudes, kuras apliecina izstrādātās aprēķinu metodikas adekvātumu.
Izmantojot noteiktos šauras līmes šuves bīdes un stiepes stiprības un deformējamības raksturotājlīelumus, kā arī saplākšņa deformējamības raksturotājlīelumus (t.sk. sabrukuma kritērijus), tiek izveidots ievades faila kods ANSYS ADPL programmēšanas valodā, kurš uzģenerē plātnes struktūru atkarībā no uzdotajiem ģeometriskajiem parametriem (Plātnes platums, biezums, garums, apšuvumu (saplākšņa, MDF, stiegrotu plastiku u.c. lokšņveida materiālu) biezumi un to orientācija, ribojuma orientācija un ģeometriski raksturotāji – ribas platums, ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezums, ribas viļņotās daļas veidojošās sloksnes biezums, ribas viļņu garums (vai skaits pa laidumu), distancējošo līstu biezums u.c. parametri). Plātnes struktūra tiek modelēta ar tilpuma galīgajiem elementiem (SOLID 185 vai SOLSH190) piešķirtajām materiālu deformējamības īpašībām un sabrukuma kritērijiem (FC), kas līmējamās zonās savienoti ar savstarpējas iedarbības galīgajiem elementiem (INTER205). Lietojot izstrādāto aprēķinu metodiku, nosaka plātnes pārvietojumus, spriegumus plātnes elementos un līmējamo zonu kontaktvietās. Tika veiktas konceptuālas eksperimentālās pārbaudes dažādu biezumu (25; 30; 50; 100 un 150 mm) plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām četru punktu liecē (vadoties pēc EN 789) gan dobā ribojuma garenvirzienā, gan arī šķērsvirzienā. Slogojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma atšķirība starp aprēķinātajiem un eksperimentāli noteiktajiem rezultātiem nepārsniedz 5%.	
2. Izstrādāt īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodiku plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un noteikt īpatnējās nestspējas vērtības ribojumam ar tipiskākajām ģeometrisko parametru vērtībām.	Aprēķinu metodika īpatnējās lieces nestspējas (nestspējas uz masas vienību) noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un racionālas plātnes struktūras piemeklēšana (izmantojot speciāli pielāgotu ģenētisko algoritmu) iespējami lielākai īpatnējai lieces nestspējai uzdotajam slogojumam plātnēm ar tipiskākajām šūnu tipa dobām ribām un biezumiem (25, 30, 50,

	100 un 150).
MATLAB vidē izstrādāta programma, kura automātiski ģenerē ievades faila kodus ANSYS ADPL programmēšanas valodā, izmantojot 1. aktivitātē izveidoto metodiku, ievērtējot deformējamības raksturotājielumus, līmes slāni un sabrukuma kritērijus, lai varētu modelēt saplākšņa plātnes ar šūnu tipa dobām ribām uzvedību (darbu) lieces gadījumā. Izveidota datubāze ar rezultātiem par galveno parametru ietekmi uz plātnes nestspēju. Izmantojot šo datubāzi, konstatēts, ka ribu viļņoto daļu veidojošās sloksnes ārējo lobskaidu šķiedru orientāciju, MDF šķiedru orientāciju un ģeometrisku parametru ietekme uz plātnes stingumu garenvirzienam, ir nebūtiska, taču nozīme pieaug gadījumā, ja veidota plātne, kurai ir tikai viļņoto daļu veidojošās sloksnes. Iegūtā datubāzi ir ievades dati Mākslīgā neironu tīkla (ANN) trenēšanai un validēšanai. Inverso uzdevumu atrisina ar Ģenētisko algoritmu (GA), kas mērķa funkciju izskaitļo izmantojot ANN. Izmantojot šo aprēķinu metodiku, tiek noteikti attiecīgās struktūras elementu ģeometriskie izmēri, tādējādi tiek harmonizēts plātnes šķēluma piepūļu lauks ar plātnes struktūras pretestības lauku. Izstrādātā aprēķinu metodika ļauj salīdzināt dažādu ribojumu efektivitāti uzdotās nestspējas nodrošināšanai un noteikt īpatnējo lieces nestspēju, kas raksturo materiāla patēriņu atbilstošam ribojuma veidam. Plātnes ar šūnu tipa dobām ribām ģeometriskie parametri ir optimizēti, izmantojot speciāli izstrādātu algoritmu (izmantojot iegūto datubāzi un trenēto ANN): 1. Definē galvenos plātnes parametrus; 2. Nosaka plātnes darbības galvenos virzienus; 3. Nosaka visbīstamāko slodžu kombināciju; 4. Nosaka racionālus šķērsriezuma ģeometriskos parametrus, dažāda izmēra plātnēm ar vairākiem slodžu līmeņiem, izmantojot pielāgotu GA un ANN. Aprēķinā izmantots GA, kurā vadāmie faktori ir reāli skaitļi. Katrā iterācija tiek modificēti maināmie faktori ar reprodukcijas, krustošanas un mutācijas ģenētiskajiem operātoriem, kas tiek izsaukti pēc iepriekš uzdotām varbūtībām. Pēc izstrādātās aprēķinu metodikas, uzdodot nestspēju, noteikta plātnes ribojuma struktūra un īpatnējā nestspēja. Sloojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma atšķirība starp aprēķināto un eksperimentāli noteikto īpatnējo nestspēju nepārsniedz 5%.	
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 beigas 2017. g. 2. ceturksnī).	<i>Uzsākta 3 veidu plātņu izgatavošana un eksperimentālā plātņu modeļu pārbaude.</i>
Uzsākta plātņu modeļu izgatavošana un eksperimentu veikšana atbilstoši laika grafikam. Izgatavotas plātņu paraugu sērijas (> 5 paraugi katrā) plātnes biezumiem 25 mm un 50 mm (atbilstoši mašīnbūves un mēbeļu rūpniecības prasībām) pārbaudēm ribojuma garenvirzienā un tādas pašas sērijas arī pārbaudēm ribojuma šķērsvirzienā, kā arī konceptuāli pārbaudītas biežākās plātnes (50 mm 100 mm un 150 mm atbilstoši civilās būvniecības prasībām) gan ar trīsslāņu (4,0 mm) saplākšņa apšuvumu, gan arī ar piecu slāņu (6,5 mm) apšuvumiem vadoties pēc EN 789. Veicot izgatavoto ribojuma sagatavju un pēc sazāģēšanas vajadzīgajos biezumos konceptuālu ribojuma formas izpēti, var secināt, ka pieliktais spiediens vienmērīgi salīmējis dobās ribas viļņotās daļas veidojošās sloksnes pie taisnās daļās veidojošās sloksnes un distancējošām līstēm. Plātņu novērtējums pēc līmes sacietēšanas tika veikts, pārbaudot salīmēto plātņu virsmu līdzenumu - un pārbaužu rezultātā plātņu samešanās nav konstatēta.	
4. Rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūras ģeometrisku parametru projektēšanai (uzdevuma beigas 2017. g. 3. ceturksnī).	<i>Uzsākta rekomendāciju izstrāde, kurās dotas norādes šādu plātņu struktūras projektēšanai uzdotai plātnes nestspējai un biezumam, nodrošinot iespējami lielāko lieces nestspēju.</i>

Izveidotas rekomendācijas skaitlisko aprēķinu veidā, kas ļauj aprēķināt plātnes struktūras elementu parametrus, atkarībā no uzdotās plātnes ģeometrijas ierobežojumiem, sloģojuma veida un robežnosacījumiem. Tiek izstrādātas speciālas procedūras priekš aprēķinu metodikas, kurās atkarībā no plātņu pielietojuma veida tiek lokalizēts optimizācijas uzdevums un rezultātu datu bāze, kas padara efektīvāku, drošāku un ātrāku optimizācijas procesu. Visos gadījumos plātnes struktūra un struktūras noteikšanas metodika tiek pielāgota atbilstoši pielietojumam. Plātnes ar šūnu tipa dobām ribām, atkarībā no to biezuma un ribojuma topoloģijas, var lietot plašā apgabalā – mašīnbūvē, mēbeļu rūpniecībā un civilajā būvniecībā un būvražošanā.	
5. Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģijas pamatprincipu izstrāde un plātņu demonstrācijas modeļu izgatavošana (uzdevuma beigās 2017. g. 4. ceturksnī).	Uzsākta ribojuma sagataves un plātnes izgatavošanas pamatprincipu izstrāde.
Izgatavojot šūnu tipa dobās ribas, viļņoto daļu veidojošo loksnes tiek salīmētas ar taisno daļu veidojošo loksni, bet viļņu ģeometriskās formas iegūšanai tiek izmantotas nepieciešamās distancējošās līstes, kuras var tikt ielīmētas, nodrošinot papildus pastiprinājumu plātnes ribojuma šķērsvirzienā vai atsevišķos gadījumos izņemtas, ja tas nepieciešams. Tehnoloģisko principu ievērošanai ir papildus izgatavota iekārta, ar kuru tiek nodrošināts plātnes salīmēšanai nepieciešamais spiediens. Iestrādes tehnoloģiskie pētījumi pierāda, ka pie vienmērīgi nodrošināta līmēšanas spiediena, šaurās līmes šuvēs tiek nodrošināts pietiekami stings savienojums. Noteikti maksimāli iespējamie ribu platumi, lai ribas viļņotās daļas veidošanas procesā netiktu pārsniegti pieļaujamie spriegumi saplāksnī.	

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**)*

Projekta aktivitātes veiktas atbilstoši laika grafikam, un atskaites periodā plānotie mērķi sasniegti.

To apliecina:

1. Izstrādātā aprēķinu metodika lieces nestspējas noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, ievērtējot līmes šuves bīdes un stiepes deformējamības robežlielumus šaurai šuvei starp saplākšņa virsmu un ribas malu, kā arī sabrukuma kritērijus saplāksnim. Eksperimentālās pārbaudes apliecina izstrādātās aprēķinu metodikas adekvātumu. Sloģojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma atšķirība starp aprēķinātajiem pēc izstrādātās metodikas un eksperimentāli noteiktajiem rezultātiem nepārsniedz 5 %.
2. Izstrādātā aprēķinu metodika īpatnējās lieces nestspējas (nestspējas uz masas vienību) noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un racionālas plātnes struktūras piemeklēšana (izmantojot speciāli pielāgotu ģenētisko algoritmu) iespējami lielākai īpatnējai lieces nestspējai uzdotajam sloģojumam. Sloģojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma atšķirība starp aprēķināto un eksperimentāli noteikto īpatnējo nestspēju nepārsniedz 5%.
3. Uzprojektētas un izgatavotas plātnes ar tipiskākajām šūnu tipa dobām ribām un biezumiem (25, 30, 50, 100 un 150). Eksperimentālās pārbaudēs noskaidrotas deformējamības un sabrukuma īpatnības atkarībā no plātnes struktūras topoloģijas. Iegūtie rezultāti apliecināja, ka galvenās deformējamības un sabrukuma īpatnības tiek ievērtētas izstrādātajā aprēķinu modelī.

Rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība, kā arī rezultātu praktisko lietojumu raksturojums:

Izstrādātā lieces nestspējas aprēķinu metodika plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām ļauj detalizēti modelēt un noteikt plātnes deformatīvās īpašības ar iespēju optimizējot tās ģeometriskos parametrus, maksimizēt īpatnējo lieces nestspēju (gan plātnes garenvirzienā, gan arī šķērsvirzienā).

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 raksturotlielumi. 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. ANSYS ADPL programmā tiek izšķirti divi gadījumi – plātnes uzvedība vispārīgā veidā 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, ka arī sabrukuma kritēriji plātnes elementos, un otrs gadījums, kad plātnes mezgli tiek stingi savienoti savā starpā un sabrukuma kritērijus tiešā veidā nieievērtē. Nelineārās uzvedības aprēķinu modelis var tikt izmantots arī projektējot racionālas enerģiju - vibrāciju slāpējošas konstrukcijas. Plātnes modelē divos līmeņos. Pirmajā līmenī tiek detalizēti modelēti saplākšņa elementi (ribas un apšuvumi) un to kopdarbība, izmantojot tilpuma SOLID185 vai SOLSH190 galīgos elementus, kas balstīts uz elastības teoriju un telpisku spriegumstāvokli.

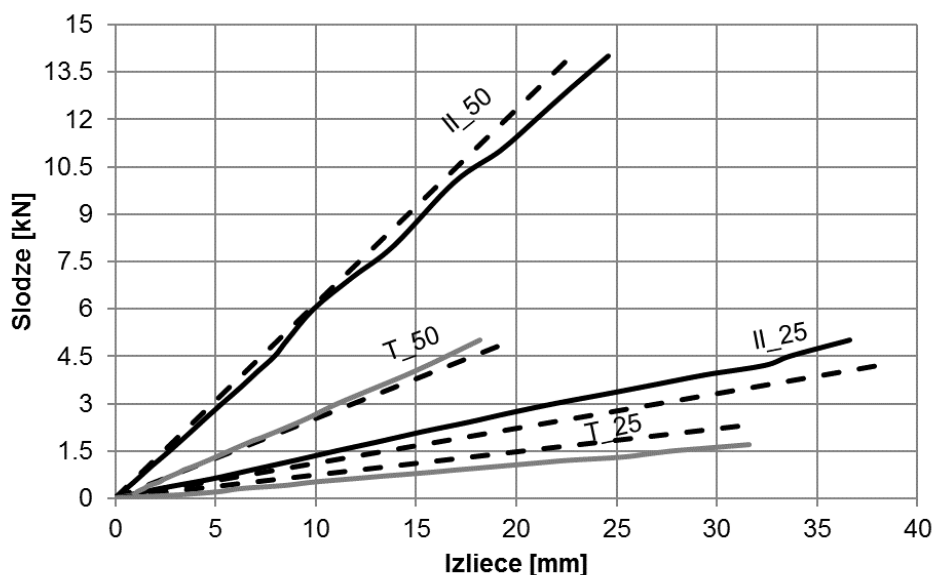
Līmētā savienojuma nelineāro uzvedību plātnes aprēķina vispārīgajā gadījuma simulē izmantojot kohēzijas galīgos elements, kuri ievērtē arī plaisu veidošanos līmes slānī. Šajā gadījumā tas realizēts ar INTER205 galīgajiem elementiem, kuri simulē atdalīšanās procesu līmes šuvē. Līmes šuves atvērums tiek sadalīts normālajā un tangenciālajā komponentē. Tiek definēti arī maksimālie normālspriegumi un maksimālie tangenciālie spriegumi. Tika noskaidrotas vidējā aritmētiskā vērtības ticamības intervāla robežās pie 95% varbūtības ar standartnovirzi, kas nevienā gadījumā nepārsniedz 15%. Līmes slāņa vidējais bīdes robežstiprības lielums ir 7,11 MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – 0,64 mm. Līmes slāņa vidējais stiepes robežstiprības lielums – 3,39 MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – 0,15 mm. Izmantojot iegūtos datus kontaktzonas materiāls tiek ģenerēts plātnes ribojuma sadurvietās, ja nepieciešams arī distancējošo līstu un saplākšņa sadurvietās, kā arī apšuvumu pielīmēšanai pie ribojuma vai arī atsevišķi tikai apšuvuma pielīmēšanai pie ribojuma.

Noskaidrotie eksperimentālie rezultāti izmantoti par ievadi ANSYS APDL programmēšanas kodā un iegūts, ka aprēķinātās spriegumu pārvietojumu līknes līmētiem savienojumiem raksturs ir nelineārs un atrodas eksperimentāli noteiktajās apgābala robežās. Tādā veidā līmes šuves īpašības var izmantot plātņu modeļu simulācijās. (Par iegūtajiem rezultātiem ir sagatavots raksts konferences pilnu rakstu krājumam - Shear and tensile strength of narrow glued joint depending on orientation of plywood plys, skatīt publikāciju sarakstu). Aprēķinu rezultātā ir iespējams noteikt spriegumstāvokļus plātnes elementos un to līmējuma sadurvietās. Šāda pieeja ļauj racionāli projektēt plātnes apšuvumu biezumus un ribojuma ģeometriskos parametrus atkarībā no slodzes lieluma un nepieciešamās plātnes ģeometrijas, ievērtējot arī kopīgo ribojuma un apšuvumu darbību līmējuma zonās.

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. 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.

Veiktas eksperimentālās pārbaudes tipveida gadījumiem plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām (1. attēls).



1. attēls. Plātņu raksturīgās deformēšanās līknes līdz 80% no robežstiprības, 25 mm; 50 mm biežām plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām ribojuma garenvirzienā un šķērsvirzienā (laidums 1100 mm; apšuvumu biezums - 4,0 mm; dobo ribu taisno daļu veidojošās sloksnes biezums- 6,5 mm; dobo ribu viļņoto daļu veidojošās sloksnes biezums- 4,0 mm).

Plātnēm ar apšuvuma biezumu 4,0 mm sabrukums notiek spiestā apšuvuma vietējās (lokālās) izkļaušanās dēļ. Palielinot apšuvumu biezumu, lokālās izkļaušanās tiek ierobežotas un sabrukums var tikt novērsts arī līmējuma zonās, lai gan lietojamības robežstāvoklis (izliece ir 1/200 no laiduma) 50 mm biežām plātnēm tiek sasniegts pie aptuveni 1/5 no stiprības robežstāvokļa.

Noteikta plātnes ģeometrisko parametru ietekme uz plātnes īpatnējo lieces nestspēju. Maksimālo pieļaujamo slodžu atkarība no plātnes ribojuma un apšuvumu ģeometriskajiem parametriem. Galvenie faktori, kas ietekmē maksimālo pieļaujamo slodžu vērtības, ko var uzņemt plātne, ir augšējā un apakšējā apšuvuma, dobās ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezumi, kā arī liekto ribu forma. No izgatavošanas viedokļa tiek pieņemts nemainīgs ribojuma izvietojums un galīgo elementu modelis.

Tipiskākajam ribojuma veidam no izgatavošanas viedokļa (Plātnes parauga garums 1200 mm, platums 300 mm, ar 5 savstarpēji salīmētām ribām, kuras katra 60 mm plata, apšuvumu un ribas viļņotās daļas biezums 4,0 mm, bet ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezums 6,5 mm) noteiktas īpatnējā stinguma vērtības (vidējā aritmētiskā vērtības ticamības intervāla robežās pie 95% varbūtības ar standartnovirzi, kas nepārsniedz nevienā gadījumā 15%). Piemēram, 25 mm biežām plātnēm garenvirzienā īpatnējais stingums $1,08 \text{ kNm}^2/\text{kg}$, bet šķērsvirzienā $0,67 \text{ kNm}^2/\text{kg}$, un 50 mm plātnēm – garenvirzienā $3,51 \text{ kNm}^2/\text{kg}$, bet šķērsvirzienā $1,61 \text{ kNm}^2/\text{kg}$.

Gadījumā, kad maināmais faktors ir ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezums (rezultātu datu bāze tiek sašaurināta) un optimizācijas uzdevumā, kā ierobežojums tiek definēts nepieciešamā nestspēja, pārējie ģeometriskie parametri, slodze un robežnosacījumi,

tad trenētais ANN kopā ar ĢA ir noteicis minimālo taisno daļu veidojošās sloksnes biezumu $t=6,5$ cm, kā iepriekšējā piemērā minētajām plātnes ģeometriskos parametru vertībām, slodzēm un robežnosacījumiem, kas atšķiras no eksperimentālajām pārbaudēm 5 %. 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 nākamajā posmā.

Lai paplašinātu rezultātu praktisko pielietojanu, papildus projektā paredzētajiem uzdevumiem, ir veikti pētījumi tērauda savienojumu mezglu analīzei un rāmju noturības jautājumu pētīšanai, ko varētu izmantot par nesošajiem elementiem šādām plātnēm. Tāpat papildus pētītas arī temperatūras un mitruma maiņas ietekme uz koksnes materiāla ribojuma un apšuvumu uzvedību.

Izgatavotas plātnes paraugu sērijas ar dažādiem biezumiem (2. attēls) plātnes lieces nestspējas noteikšanai garenvirzienā un šķērsvirzienā (atbilstoši kā to paredz lieces gadījumam EN 789), ievērtējot iepriekšējā posmā iegūtos līmēšanas tehnoloģiskos parametrus (piemēram, spiediens uz līmējamām sadurvietām, saspiešanas ilgums, laiks līdz pārbaužu veikšanai u.c.) iestrādes ir veiksmīgi izveidotas un pilnveidojamas projekta noslēdzošajā posmā. Detalizēti pārbaudītas plātnes ar biezumiem 25 un 50 (paraugu skaits >5 gan plātnes ribojuma garenvirzienā, gan šķērsvirzienā), kā arī konceptuāli pārbaudītas arī citu biezumu plātnes (līdz 150 mm), un mainot ribojuma intensitāti un apšuvumu biezumu.



2. attēls Paraugi plātnes ar šūnu tipa dobām ribām lieces nestspējas noteikšanai: Biezums 25 mm; 30 mm; 50 mm; 100 mm un 150 mm.

Balstoties uz izstrādāto metodiku, ir uzsākta rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām projektēšanai, pēc kuru pabeigšanas būs iespējams sarēķināt nepieciešamos plātnes parametrus, uzprojektējot racionālu plātnes struktūru, un dotas galvenās norādes šo plātņu pielietošanā.

Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģisko pamatprincipu izstrāde faktiski uzsākta jau iepriekš, iesniedzot un saņemot patentus LV14979 un LV15083. Taču, šajā posmā, uzsākta ne tikai plātņu modeļu izgatavošana eksperimentālajām pārbaudēm, bet arī tehnoloģisko iespēju pierādīšana izgatavojot plātņu demonstrācijas modeļus (samazināta mēroga prototipus) noteiktam pielietošanas mērķim. Noteiktas tehnoloģiskās iespējas dobās ribas veidojošajiem viļņotajiem elementiem, kādi rodas veicot vienmērīgu saspiešanu, un noteikti pieļaujamie ribu platumi, bez papildus atsperu pielāgošanas – šādā veidā iespējams veidot ribas ar platumu līdz 70mm, ja dobās ribas taisno daļu veidojošās loksnes biezums 6,5 mm un liecama viļņoto daļu veidojošās loksnes biezums 4,0 ar ārejo šķiedru lobskaidu

orientāciju perpendikulāri attiecībā pret distancējošo līstu virzienu. Speciāli pielāgojot izgatavoto iekārtu, var realizēt arī projekta ietvaros izstrādāto izgatavošanas paņēmieni, kas aprakstīts patentā LV15083. Demonstrācijas modeļi (samazināta mēroga prototipi) veidoti atbilstoši EN 789 standartam un papildus arī biezākām plātnēm, nepalielinot paraugu lielumu (platumu un garumu).



3. attēls. Demonstrācijas paraugs ar pārstrādātu beramo siltumizolāciju, bez siltumizolācijas, ar poliuretāna putu siltumizolāciju.

Iegūto rezultātu un pētāmā objekta aktualitāti raksturo iegūtā pirmā vieta pirmā vieta starptautiskā izgudrojumu un inovāciju izstādē MINOX 2016 07.10 – 08.10.2016, kuru organizēja LIB un „Connect Latvia” un atbalsta arī Latvijas Tirdzniecības un rūpniecības kamera.

Projekta darbinieku atalgojums pārskates periodā sastāda 16 388 eiro (bruto algas – 13 380 EUR + VSAOI – 3008 EUR).

Problēmas, iespējamie risinājumi:

Pie atsevišķām plātņu struktūras topoloģijām, slogojot plātnes 4 punktu liecē, tika konstatēti atsevišķu struktūras elementu noturības zudumi, kas rada nepieciešamību noskaidrot plātņu struktūras topoloģijas risinājums, kas ļauj iespēju robežās izvairīties no šīs problēmas.

Lai sasniegtu projekta mērķi, projekta 4.posmā paredzēts:

1. Plātņu modeļu izgatavošana ar tipiskākām šūnu tipa dobām ribām un to pārbaudes liecē, īpatnējās lieces nestspējas, materiālu, enerģijas un izmaksu noteikšana (3 veidu modeļu pārbaudes)
2. Rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūras ģeometrisku parametru projektēšanai (1 gab)
3. Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģijas pamatprincipu izstrādi un plātņu demonstrācijas modeļu izgatavošanu (1 tehnoloģiskie pamatprincipi + 3 veidu demonstrācijas modeļi)

Turpmākos pētījumus 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
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	94315.00	15170.00	22019.00	19345.00	
1000	Atlidzība	65385.00	6259.27	18570.37	16397.86	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	21150.00	7719.73	3448.63	4236.14	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	4500.00	0.00	1181.09	796.64	
2200	Pakalpojumi	10684.00	1734.29	2022.19	1757.84	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	5966.00	5985.44	245.35	392.66	
5000	Pamatkapitāla veidošana	7780.00	1191.00	0.00	0.00	

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 4 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	Plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				2017.
		2014	2015	2016.	t. sk. iepriekšējā periodā uzsākts	
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	6	0	4	5	9	
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits		0	1	1	2	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	4	0	3	4	7	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	2	2	4	
promocijas darbu skaits	1	0	0	0	0	
maģistra darbu skaits	3	0	2	1	3	
bakalaura darbu skaits	0	0	0	1	1	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	16	2	8	10	20	
konferences	6	0	3	6	9	
semināri	4	1	4	2	7	

rīkoti semināri un konferences	4	1	1	1	3	
populārzinātniskas publikācijas	0	0	0	0	0	
izstādes, demonstrācijas	2	0	0	1	1	
Betona olimpiāde	0	0	0	0	0	
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	18	6	8	7	21	
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	20000	4621	0	0	0	
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	20000	0	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	0	
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	4621	0	0	0	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	2	1	1	0	2	
Latvijas teritorijā	2	1	1	0	2	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	0	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	0	
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	85 000	85 000	

Projekta Nr. 4 vadītājs _____ **Kārlis Rocēns** _____
 (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.

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. ProjektsNr.5

Nosaukums

Materiālu mehāniskās mikro-, nano- mēroga īpašības un to ietekme uz cilvēka drošību

projekta vadītājs:
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
zinātniskā institūcija

Jurijs Dehtjars

Dr. habil. phys.

Rīgas Tehniskā universitāte, Biomedicīnas inženierzinātņu
un nanotehnoloģiju institūts

Amats

Institūta direktors, profesors

Kontakti

Tālrunis

29469104

E-pasts

jurijs.dehtjars@rtu.lv

2.2. Projekta Nr.5 mērķi

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

Projekta mērķis: Izpētīt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanu, izstrādāt diagnostikas metodes un analizēt metožu pielietojuma iespējas uzņēmumos.

Papildus tam projekta realizācijas posmā, kas atbilst kalendārajam gadam, tiek definēti atsevišķi, konkrētajā posmā veicamie uzdevumi.

3. posma uzdevumi:

1.uzdevums. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde: agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju; agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, novērtējot ūdens mikroorganismu ietekmi.

2.uzdevums. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde: agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.

5.projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 5-A.

Projektā izstrādājamo metožu aktualitāte – state-of-the-art.

1.uzdevums.

Šobrīd kompozītmateriālu pielietošana tehnikā strauji attīstās. Neskatoties uz plašo kompozītmateriālu pielietojumu tehnikā, joprojām notiek konstrukciju nekontrolējamās sabrukšanas, kas ir saistītas ar materiālu mehānisko īpašību neparedzamām izmaiņām un sabrukšanu. Tas notiek agrīnās sabrukšanas diagnostikas metožu trūkuma dēļ. Kompozītmateriālu sabrukšanas sākumu var efektīvi atpazīt, izmantojot *in situ* metodes noslogošanas laikā.

Mikro un nano plaisas, kas veidojas sabrukšanas sākumā, ietekmē virsmas elektriskās īpašības, līdz ar to sabrukšanas procesa detektēšanai ir nepieciešamas pētīt virsmas elektroniskās īpatnības. Lai noteiktu plaisu veidošanas sākumu, virsmas slānī ir nepieciešams veikt elektrisko īpašību mērījumus vismaz nano mērogā, un laikā, kad notiek vairāku atomu pārgrupēšanās plaisu inducēšanai. Plaisas materiāla virsmas slānī veidojas haotiski, līdz ar to šo procesu lokalizāciju grūti paredzēt un novērot, fokusējot mērījumus nano mērogā. Tādēļ tika izvēlēta piesliekšņa fotoelektronu spektroskopijas metode, kas ļauj kontrolēt virsmas

laukumu milimetru mērogā, bet sniedz informāciju par procesiem, kas notiek virsmas nano slānī.

Ir zināms, ka materiāla virsmas slāņa sabrukšanas gadījumā no materiāla tiek emitēti elektroni¹. Enerģija emisijai tiek piegādāta plaisas veidošanas rezultātā. Tāpēc šādu emisiju, kuru novēro bez papildus stimulācijas, izmanto sabrukšanas konstatēšanai. Tomēr plaisas veidošanas vietā, atomiem pārgrupējoties, mainās elektronu blīvums, līdz ar to mainās arī elektronu izejas darbs (ϕ). Ja elektronu emisiju ierosināt ar fotoniem, tad emisijas strāva (I) būs atkarīga no ϕ , sevišķi kad fotonu enerģija (E) nedaudz (ar kT precizitāti, k – Bolcmana konstante, T – temperatūra Kelvīnos) pārsniedz ϕ :

$$I \sim (E - \phi)^m, \quad E \geq \phi, \quad m > 1.$$

Tā kā pakāpes rādītājs $m > 1$, I nozīmīgi atsaucas ("pastiprina") uz ϕ izmaiņām.

Projekts ir virzīts piesliekšņa fotoelektronu spektroskopijas metodes izstrādāšanai un piemērošanai materiāla sabrukšanas agrīnas noteikšanai.

Mūsdienās ūdensapgādes sistēmu caurules izgatavo no kompozītpolimēru materiāliem (uz polietilēna un polivinilhlorīda pamata). Polimēru materiāliem ir ilgs kalpošanas laiks un tos neskar korozijas problēma. Ir pierādīts, ka gan polietilēns gan polivinilhlorīds, kā arī to izgatavošanas laikā pielietotas tehnoloģiskās piedevas izdala ūdenī biodegradējumus organiskos savienojumus^{2,3}, kas kalpo kā barības vielas baktērijām, un iespējams veido kancerogēnos savienojumus, pasliktina ūdens organoleptiskās īpašības (garšu un smaržu). Mehāniskās slodzes, piemēram, grunts bīdes, sekmē materiāla „nogurumu”, plaisu veidošanos, kā rezultātā organiskās vielas no materiāla var izdalīties vēl straujāk. Šajā pētījuma posmā ir pārbaudīta no polimērcauruļu sienām izdalīto organisko vielu ietekme uz dabisko ūdens baktēriju (pārbaudes tika veiktas ar Evian ūdens baktērijām) un fekālā piesārņojuma indikatora baktēriju *E.coli* vairošanos.

2.uzdevums.

Mikro un nano plaisas, kas veidojas sabrukšanas sākumā, darbojas kā kapilāri, kas var iesūkt šķidrumu ar lielu slapināšanas spēju. Ja šķidrums ir iekrāsots, veidojas iespēja vizuāli atpazīt materiāla sabrukšanas sākumu un tā lokalizāciju. Līdz šim šāda metode nav realizēta kompozītmateriāliem. Projektā tiek izmantotas materiālā iekapsulētas krāsvielas un tās attīstītājs, materiāla sabrukšanas laikā kapsulu sienīgas pārplīst, iekapsulētās vielas izspiežas no kapsulām un savstarpēji reaģē, veidojot reakcijas produktus, kas iekrāso noslogoto vietu.

Par pētījuma rezultātiem tika ziņots 4 starptautiskajās konferencēs:

1. A. Aniskevich, O. Bulderberga, Yu. Dekhtyar, A. Korvena-Kosakovska, I. Kozak, M. Romanova. Electron emission of the carbon nanotube-reinforced epoxy surface nano layer towards detection of its destruction induced by elastic deformation. *International Nanotechnology Conference & Expo (Nanotech-2016)*, April 4-6, 2016, **Baltimore, USA**.
2. D. Zeleniakiene, V. Leisis, P. Griskevicius, O. Bulderberga, A. Aniskevich. A Numerical Simulation of Mechanical Properties of Smart Polymer Composite with Microcapsules for Damage Sensing Applications. Poster No. PO-3-02, *ECCM17 – 17th European Conference on Composite Materials*, June 26-30, 2016, **Munich, Germany**.

¹ Dekhtyar Yu., Kawaguchi Y., Arnautov A. Failure and relaxation of carbon fibre-reinforced plastic tested by exoemission and luminescence methods. *Int. journal Adhesion and Adhesives*. 1997, V.17, N 1., 75-78.

² Brocca D., Arvin E., Mosbaek H. Identification of organic compound migrating from polyethylene pipelines into drinking water. *Water Research*. 2002. pp 3675-3680.

³ Skjevraak I., Due A., Gjerstad K.O., Herikstad H. Volatile organic components migrating from plastic pipes (HDPE, PEX and PVC) into drinking water. *Water Research*. 2003. pp 1912-1920.

3. E. Chimbars, Yu. Dekhtyar, I. Kozaks, A. Aniskevich. Influence of high-frequency radiation on early collapse of composite material with embedded nanotubes. *Riga Technical University 57th International Scientific Conference*, October 17, 2016, Riga, Latvia.
4. J. Dehtjars, A. Aņiskevičs, O. Bulderberga, M. Romanova, K. Gruškeviča, A. Balodis. Material mechanical micro- nano- scaled features and their impact on human safety. *Riga Technical University 57th International Scientific Conference*, October 17, 2016, Riga, Latvia. (prezentēts konferences sekcijā "Inovatīvi materiāli un viedās tehnoloģijas vides drošumam (IMATEH)")

Ir publicēti 3 pilna teksta zinātniskie raksti, iekļauti datu bāzēs Web of Science un Scopus:

1. D.S. Ivanov, Y.M. Le Chain, S. Arafati, A. Dattin, S.G. Ivanov, A. Aniskevich. Novel method for functionalising and patterning textile composites: liquid resin print. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2016, Vol. 84, p.175-185 (SNIP 2015 2.055).
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X16000336>
2. T. Glaskova-Kuzmina, A. Aniskevich, A. Martone, M. Giordano, M. Zarrelli. Effect of moisture on elastic and viscoelastic properties of epoxy and epoxy-based carbon fibre reinforced plastic filled with multiwall carbon nanotubes. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2016, Vol. 90, pp.522-527 (SNIP 2015 2.055).
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X16302822>
3. O. Bulderberga, A. Aniskevich, S. Vidinejevs. A glass-fiber-reinforced composite with a damage indication function. *Mechanics of Composite Materials*, 2016, Vol. 52, pp. 155-162.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11029-016-9568-1>

Konferences izdevumā publicēts 1 pilna teksta zinātniskais raksts:

1. D. Zeleniakiene, V. Leisis, P. Griskevicius, O. Bulderberga, A. Aniskevich. A Numerical Simulation of Mechanical Properties of Smart Polymer Composite with Microcapsules for Damage Sensing Applications. *Proceedings of 17th European Conference on Composite Materials (ECCM17)*, 2016, pp. 1-8, ISBN 978-3-00-053387-7.

Projekta ietvaros tiek izstrādāts 1 promocijas darbs:

1. O. Bulderberga. Polimēru kompozītmateriāls ar mehānisko bojājumu indicēšanas funkciju: izstrāde un tā īpašību izpēte. Vadītājs A. Aniskevičs, priekšizstāvēšana paredzēta 2017.gadā.

Projekta 3.posma ietvaros tika aizstāvēts 1 maģistra darbs:

1. Anda Pujate. Polimērkompozīta ar lādētām mikro- un nanodaļiņām homogenitāte. Vadītājs A. Homko, aizstāvēts 2016.gadā jūnijā.

Projekta 3.posma ietvaros tika aizstāvēts 1 bakalaura darbs:

1. Edgars Čimbars. Augstfrekvenču starojuma ietekme uz kompozītmateriāla ar nanocaurulēm agrīno sabrukšanu. Vadītājs Dr.habil.phys. prof. J. Dehtjars, aizstāvēts 2016.gada jūnijā

Tiek izstrādāti 2 maģistra darbi (aizstāvēšana paredzēta 2017.gada jūnijā):

1. Ēriks Dombrovskis. Uzlādēto mikro-/nanodaļiņu ietekme uz kompozīta agrīno sabrukšanu. Vadītājs A. Homko/ Prof. J. Dehtjars.

2. Dainis Siliņš. Oglekļa nanocauruļu un epoksīda kompozītmateriāla mehānisko īpašību izmaiņas pēc materiāla uzlādēšanas ar elektroniem un alfa daļiņām . Vadītājs Proj. J.Dehtjars/ A. Homko

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta 5. projekta 3. posma laikā izstrādātās metodes (pielikums elektroniski):

1. Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju.
2. Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Par projekta izpildes progresu regulāri tiek ziņots IMATEH programmas mājas lapā <http://imateh.rtu.lv/>.

2016.gadā notika diskusijas:

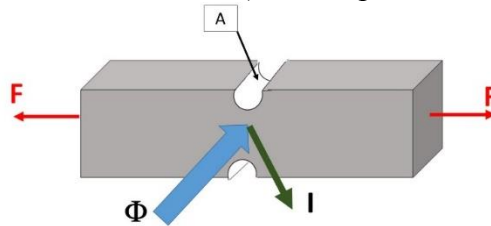
- ar ūdens polimērcauruļu ražotāju SIA “Evopipes” par projektā sasniegtajiem rezultātiem un iespēju tos pielietot ūdens cauruļu ražošanā;
- ar kompozītmateriālu testēšanas kompāniju SIA “Aviatest” par projektā sasniegtajiem rezultātiem un iespēju tos pielietot aviācijā izmantojamiem kompozītiem.

2.3. Projekta Nr.5 uzdevumi

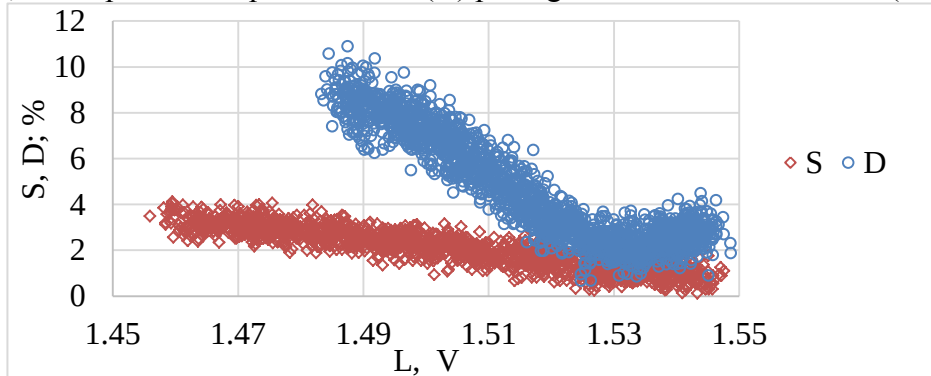
(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus.)

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde: agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju; agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, novērtējot ūdens mikroorganismu ietekmi.	Izmērīts kompozītmateriāla fotoelektronu izejas darbs un izstrādāta kompozītmateriāla agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju gan sabrukšanas analīzei, gan mikroorganismu ietekmei materiāla virsmas bojāšanai slogošanas rezultātā
Atskaides periodā tika sasniegti sekojošie rezultāti: 1. Lai izstrādātu polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metodi, tika izmantota <i>in situ</i> (materiālu slogošanas laikā) piesliekšņa fotoelektronu spektroskopija. Lai noskaidrotu polimeru materiāla molekulāro saišu sabrukšanas ietekmi uz dzeramā ūdens mikrobioloģisko piesārņojumu, tika veikti <i>in vitro</i> eksperimenti. A. Piesliekšņa fotoelektronu emisijas diagnostikas metode Vislielākā fotoemisijas atsauce uz materiāla deformācijas procesiem var būt sasniegta ja: - no deformējama parauga emitē vislielākā elektronu strāva (I); - pielietojama fotonu enerģija atbilst nosacījumam $E \geq \phi$. Elektronu plūsma (ja $\phi = \text{const}$) ir tieši proporcionāla fotoelektronu iznākamam (Y) (elektronu strāva, kas ir attiecināta uz vienu fotonu) un fotonu plūsmai (Φ). Y vērtība, atšķirībā no Φ, ir atkarīga no materiāla fizikālām īpašībām, un tāpēc eksperimentātors to nevar būt regulēt. Φ vērtību ir iespējams palielināt ar gaismas avota jaudu un/vai gaismas stara fokusēšanu uz testēta objekta virsmas. Eksperimentos ir izmantota komerciālā Hg lampa (DRT-220, ražota Krievijā). Stara fokusēšanai tika izveidota optiskā sistēma no optiskā kvarca komponentēm. Fokusētā stara Φ tika izvēlēta, lai parauga lokālā temperatūra	

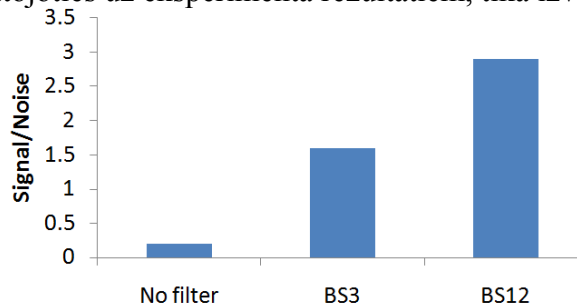
Lai parauga saraušanas vieta sakristu ar Φ lokalizāciju uz parauga virsmas, uz parauga tika izveidots mehānisko spriegumu koncentrators (iegrīzumi, 1.attēlā parādīti ar “A”). Gaismas stars tika fokusēts perpendikulāri uz virsmas (1. attēlā parādīts ar Φ).



Koncentratora izmēri un forma tika optimizēti, lai neietekmētu parauga deformāciju raksturojošus parametrus (spēks, deformācija (L)). Rezultātā koncentratoram tika izveidota loka forma ar rādiusu 0.5 mm. Reģistrētie spēki paraugiem ar koncentratoru un bez tā atšķiras par $S \leq 4\%$, kas nepārsniedz spēku izkliedi (D) paraugiem bez koncentratoriem (2. attēls).

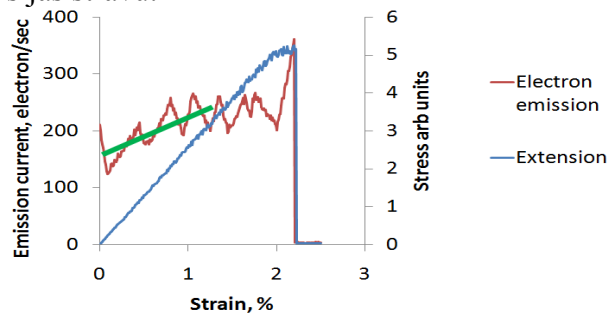


Fotonu enerģijas izvēlei epoksīda sveķu kompozītmateriālam ar oglekļa nanocaurulēm tika izmērīts fotoelektronu izejas darbs, kas bija vienāds ar 4.8 eV. Tas tika izmantots gaismas filtra piemeklēšanai nosacījuma $E \geq \phi$ nodrošināšanai, izgriežot attiecīgo viļņa garumu no gaismas avota starojuma spektra. Tika izmantots kritērijs Signal/Noise, kas tika novērtēts kā vislielākās detektētās emisijas strāvas kvazielastīgas deformācijas laikā attiecība pret strāvu, kad deformācija ir vienāda ar nulli. Kritērija vērtības atkarībā no izmantotā gaismas filtra ir parādītas 3.attēlā. Pamatojoties uz eksperimenta rezultātiem, tika izvēlēts filtrs BS-12.



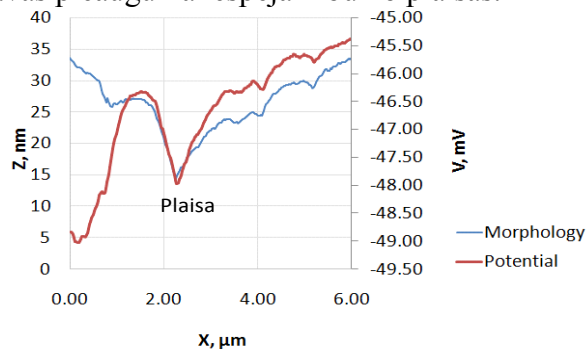
Elektronu emisijas detektēšanas rezultātā tika noteikts, ka emisijas strāvai ir tendence palielināties (skat. lūdzu 4.attēlu, zaļa līnija), materiālu stiepjot. Vienlaikus tika novērotas emisijas strāvas zāģveida svārstības, kas varētu būt saistītas ar atomu/molekulāru saišu

saraušanu/restrukturizāciju deformācijas laikā. Rezultātā uz materiāla virsmas var veidoties mikro/nano plaisas. Ja izejas darbs no plaisām atšķiras no nesagrautā materiāla izejas darba, tas varētu ietekmēt emisijas strāvu.



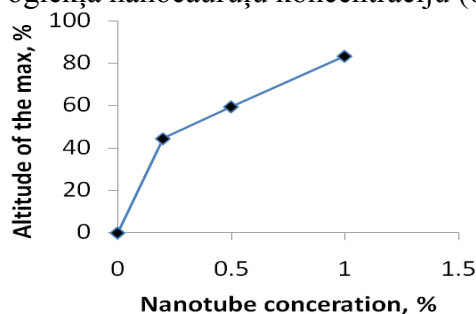
4. attēls. Sprieguma atkarība no relatīvās deformācijas un elektronu emisijas atkarība no relatīvās deformācijas epoksīda sveķu kompozītmateriālam ar oglekļa nanocaurulēm

Hipotēzes apstiprināšanai, izmantojot Kelvina zondes spēka mikroskopijas metodi, tika noteikti plaisas un materiāla apkārt plaisai virsmas elektriskie potenciāli. Plaisas virsmas elektriskais potenciāls ir samazināts salīdzinājumā ar materiālu apkārt (5.attēls), kas liecina par lokālās emisijas strāvas pieauguma iespējamību no plaisas.



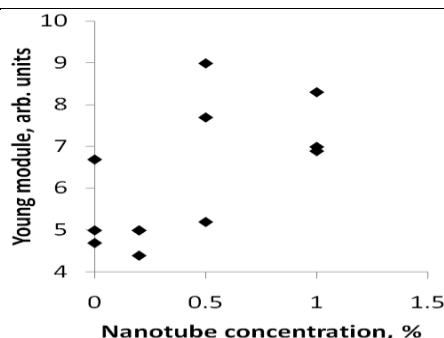
5. attēls. Virsmas morfoloģija un elektriskais potenciāls epoksīda sveķu kompozītmateriālam ar oglekļa nanocaurulēm

Tika novērots, ka strāvas zāģveida svārstības maksimuma vērtības attiecība pret minimuma vērtību korelē ar oglekļa nanocauruļu koncentrāciju (6. attēls).



6. attēls. Emisijas strāvas zāģveida svārstības maksimuma vērtības attiecība pret minimuma vērtību atkarībā no oglekļa nanocauruļu koncentrācijas epoksīda sveķu kompozītmateriālā

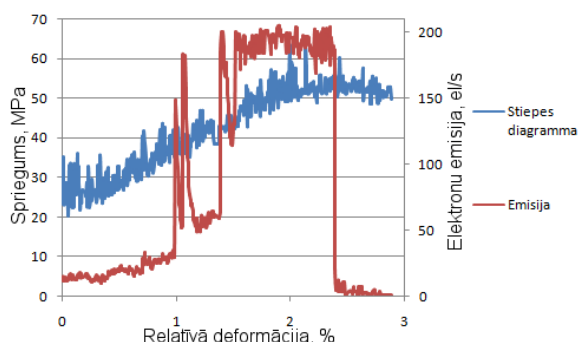
Kompozītmateriāla elastības modulis arī korelē ar nanocauruļu koncentrāciju (7.attēls).



7. attēls. Elastības modulis atkarībā no oglekļa nanocauruļu koncentrācijas epoksīda sveķu kompozītmateriālā

Notika mēģinājums analizēt izstrādātās metodes pielietojamību jauno kompozītmateriālu sabrukšanas analīzei, proti, epoksīda sveķu kompozītmateriālam ar uzlādētām SiO₂ mikro (~20 μm) daļiņām. Tomēr pagaidām neizdevās iegūt viendabīgu daļiņu sadalījumu materiālā. Līdz ar to nebija iespējams izveidot viendabīgus paraugus pētījumiem. Eksperimenti tiks turpināti, izmantojot citas daļiņu un epoksīda sajaukšanas metodes.

Metode arī tika aprobēta, pētot stiklašķiedras un epoksīda sveķu kompozītmateriālu. Elastīgās deformācijas sākumā (8. attēls) emisija vienmērīgi pieaug, bet pie deformācijas 0.25% notiek emisijas palielinājums (parādās emisijas strāvas zāgveida svārstības), kas liecina, ka materiālā parādījās strukturālās izmaiņas. Deformējot materiālu tālāk, strukturālās izmaiņas uzkrājas, tā kā aiz pirmā emisijas lēciena seko vēl strāvas lēcieni un kopējā strāva pieaug.



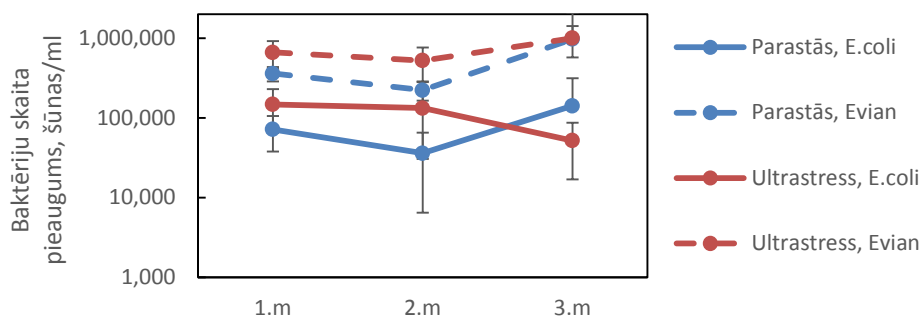
8. attēls. Sprieguma un fotoelektronu emisijas atkarība no deformācijas stiklašķiedras un epoksīda sveķu kompozītmateriālam

Uzrādītie rezultāti liecina par izstrādātās metodes piemērotību polimeru materiālu virsmas slāņa sabrukšanas agrīnai detektēšanai.

B. Polimeru materiāla molekulāro saišu sabrukšanas ietekme uz dzeramo ūdens mikrobioloģisko piesārņojumu.

Tika parādīts, ka polimēra caurules izdala ūdenī organiskās vielas, kas sekmē baktēriju vairošanos. HDPE (high-density polyethylene) caurules (parastās un īpaši izturīgas – Ultrastress – no iekšpuses un ārpusē pārklātas ar pastiprinošu papildus aizsardzības kārtu) tika izturētas filtrētā (caur 0,22 μm filtru) Evian ūdenī 24 stundas pie 60°C (migrācijas tests). Pēc tam ūdens ar izdalītām no caurulēm organiskām vielām tika savākts, un procedūra tika atkārtota ar to pašu cauruli vēl divas reizes. Katrā eksperimentā savāktiem ūdens paraugiem tika pievienotas *E.coli* vai Evian ūdens dabīgās baktērijas, un paraugi tiks izturēti 72 stundas pie 30°C ar mērķi noteikt baktēriju skaita pieaugumu, kas tika noteikts ar plūsmas citometrijas metodi. Eksperimentu rezultāti gan ar parastām gan ar Ultrastress caurulēm parādīja, ka baktēriju skaits pieaug (9.attēls). Tas liecina, ka baktērijas vairojas, patērējot organiskās vielas, kas no polimēra izšķīst ūdenī (molekulāro saišu sabrukšanas rezultātā). Tomēr, Evian baktēriju pieaugums ir lielāks. Šī parādība var būt saistīta ar to, ka Evian ūdens baktērijas ir pieradušas dzīvot pie nelielas organisko vielu koncentrācijas, savukārt *E.coli*

pirms tam ir audzētas laboratorijas apstākļos uz barojošā agara.



9.attēls. E.Coli baktēriju un Evian ūdens dabīgo baktēriju skaita pieaugums parastās HDPE caurulēs un HDPE Ultrastress caurulēs atkarībā no migrācijas testa („m”) skaita

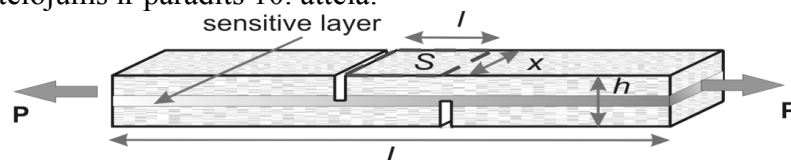
Veiktie eksperimenti ļauj paredzēt, ka polimēra slogošana, kas inducē agrīno sabrukšanu un ar to saistīto organisko vielu izšķīšanu no polimēra, var sekmēt baktēriju vairošanos ūdenī. Eksperimenti tiks turpināti, lai pārbaudītu arī šo hipotēzi.

2. *Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde: agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.*

Izstrādāta metode kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.

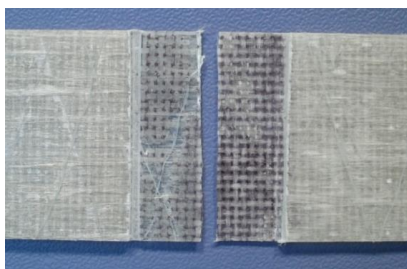
Atskaides periodā tika sasniegti sekojošie rezultāti:

Lai izstrādātu polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metodi, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu, tika veikti sekojošie eksperimenti. Kompozītmateriālā tā izgatavošanas laikā tika integrēts uz mehānisko slodzi jutīgais slānis ar vizuālās indikācijas iespējām. Jutīgais slānis bija izgatavots no stikla šķiedru auduma. Uz auduma virsmas tika izvietotas mikrokapsulas ar iekapsulētu krāsvielu un krāsas attīstītāju. Sagatavotie paraugi tika izmēģināti stiepes un spiedes testos. Parauga ar integrēto jutīgo slāni shematiskais attēlojums ir parādīts 10. attēlā.

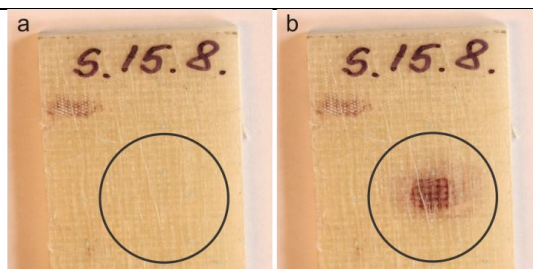


10.attēls. Kompozītmateriāla parauga ar integrēto jutīgo slāni shematiskais attēlojums stiepes mērījumiem.

Veicot stiepes eksperimentus, materiāla sabrukšanas vietā tika novērota krāsas izmaiņa laikā (11. attēls). Spiedes slogošanā, kas neizraisīja kompozīta sabrukšanu, arī tika novērota vizuālā atsauksme (12. attēls).



11. attēls. Kompozītmateriāls ar integrēto jutīgo slāni pēc sabrukšanas stiepē.



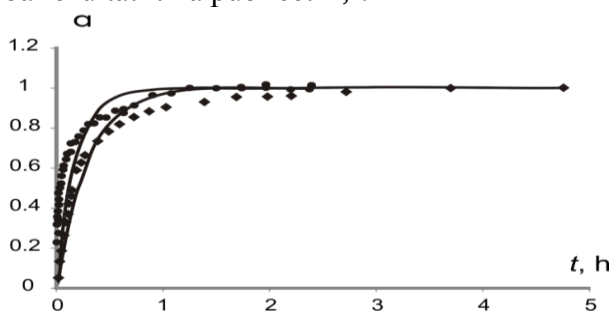
12. attēls. Kompozītmateriāls ar integrēto jutīgo slāni (a) pirms pieliktas slodzes un (b) pēc spiedes.

Pēc abiem sloģošanas testiem tika veikta vizuālās atsauksmes izmaiņu fotoreģistrācija laikā. Gan pēc stiepes gan pēc spiedes eksperimentiem pirmās minūtes laikā paraugi tika fotografēti ar laika intervālu 5 s, bet turpmāk ik pēc 10 min. Tika noteikta sakarība starp vizuālās atsauksmes spilgtumu α un laiku t pēc noslogošanas:

$$\alpha = 1 - \exp(-k_1 t) \quad (1)$$

k_1 - konstante, kuru nosaka no eksperimenta.

Pēc eksperimenta datiem tika noteikts, ka maksimālo vizuālo atsauksmi uz pielikto slodzi var novērot 2-3 stundu laikā pēc noslogošanas, atkarībā no iedarbības veida uz materiālu (13. attēls). Ir noteiktas konstantas k_1 , kas ļauj prognozēt vizuālas atsauksmes izmaiņu pie istabas temperatūras. Darba rezultāti tika publicēti ^{4,5}.

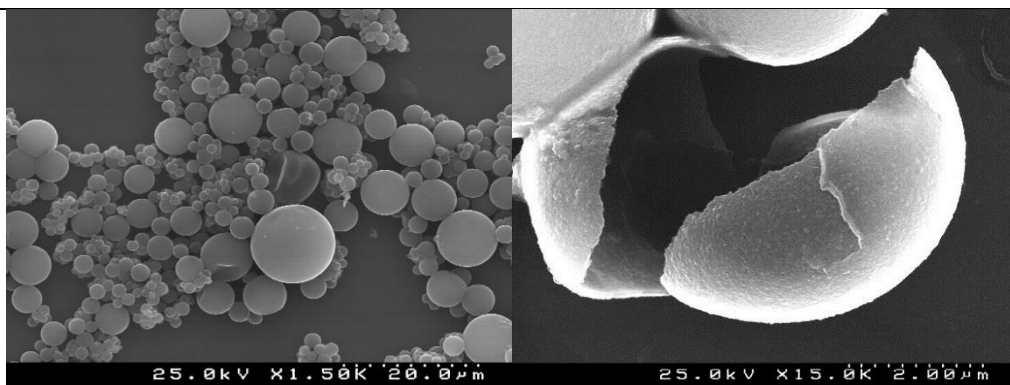


13.attēls. Vizuālā spilgtuma izmaiņa α atkarībā no reakcijas laika t (♦) pēc stiepes eksperimentiem, paraugu sloģojot līdz sagraušanai; (●) pēc spiedes eksperimentiem, paraugu sloģojot, nesasniedzot sagraušanu; (♦,●) – eksperimentālie punkti, (—) – aproksimācija ar vienādojumu (1).

Lai noteiktu kompozītmateriāla ar jutīgo slāni īpašības ir nepieciešams novērtēt mikrokapsulu īpašības – izmēru, apvalka materiāla biezumu, mehāniskas īpašības. Ar SEM metodi noteiktais mikrokapsulu diametrs sastādīja no 0.7 līdz 12 μm , mikrokapsulas apvalka biezums – 0.1 μm (14. attēls). AFM eksperimentos tika veikts mikrokapsulu stingruma novērtējums - 36 ± 3 GPa.

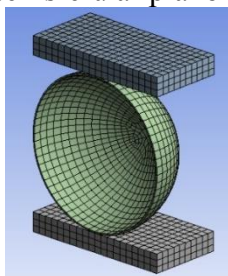
⁴O. Bulderberga, A. Aniskevich, S. Vidinejevs. A glass-fiber-reinforced composite with a damage indication function. Mechanics of Composite Materials, 2016, Vol. 52, pp.155-162.

⁵D. Zeleniakiene, V. Leisis, P. Griskevicius, O. Bulderberga, A. Aniskevich. A Numerical Simulation of Mechanical Properties of Smart Polymer Composite with Microcapsules for Damage Sensing Applications. Proceedings of 17th European Conference on Composite Materials (ECCM17), 2016, pp. 1-8, ISBN 978-3-00-053387-7.



14. attēls. Mikroapsulu skenējošās elektronu mikroskopijas attēli.

Pielietojot galīgo elementu metodi, uzsākta mikroapsulu mehānisko īpašību modelēšana, pieņemot par paraugmodeļi sfēru ar plāno čaulu (15. attēls).

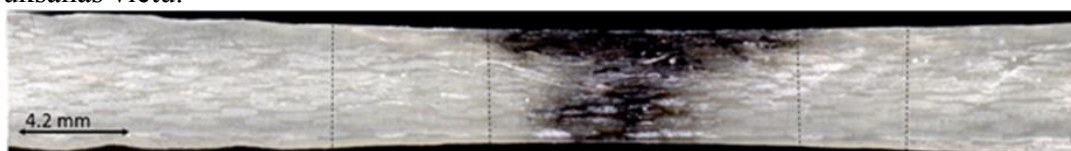


15. attēls. Paraugmodelis starp divām plaknēm pirms spiedes eksperimenta.

Matemātiskā modeļa tālāka izstrāde un tā verifikācija ir plānotā nākamajā darba posmā.

Kompozīta materiāla agrīnās sabrukšanas diagnostikai, sevišķi sabrukšanas lokalizācijas atpazīšanai, tika arī izmēģināta elektrovadāmības kontrole⁶, integrējot materiālā elektrovadošās oglekļa nanocaurules. Tāda kompozīta virsmas sabrukšanas agrīnas diagnostikas iespēja tika demonstrēta 1. uzdevumā.

Kompozīts tika izgatavots uz stikla šķiedru auduma un ar oglekļa nanocaurulēm modificētā polimēra saistvielas pamata. Darba gaitā tika izstrādāta jauna metode saistvielas ievadīšanai nepārtrauktā audumā. Metode realizējas ar šķidro sveķu orientēto iespiešanu tekstila sagatavēs. Sveķu orientēto injekciju kopums pēc sacietēšanas izveido cietu nepārtrauktu apgabalu visā sagataves biezumā (16. attēls). Ievadot sveķos elektrovadošus elementus, ir iespējams izveidot nepieciešama izmēra apgabalus ar papildus funkcionālām iespējām – ar iespiešanu radītās vadošās zonas kompozītā izveido sensoru tīklu. Eksploataācijas laikā būs iespējams kontrolēt katra sensora elektrovadāmību. Kompozīta sabrukšanas vietā elektrovadāmība būs izjaukta, tādā veidā būs iespējams lokalizēt materiāla sabrukšanas vietu.



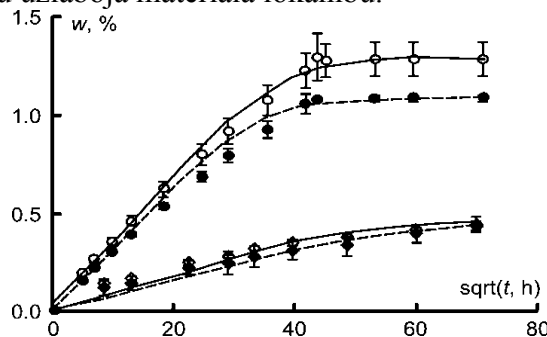
16. attēls. Stikla šķiedru kompozīta šķēsgriezuma skenējums nanomodificētās saistvielas injekcijas.

Tika izpētīta ar elektrovadošām oglekļa nanocaurulēm modificētās epoksīda saistvielas un oglekļa šķiedru kompozīta izturība pret mitruma ietekmi⁷. Jo tieši mitrums ir apkārtējas

⁶D.S. Ivanov, Y.M. Le Chain, S. Arafati, A. Dattin, S.G. Ivanov, A. Anishevich. Novel method for functionalising and patterning textile composites: liquid resin print. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2016, Vol. 84, p.175-185(SNIP 2015 2.055).

⁷T. Glaskova-Kuzmina, A. Anishevich, A. Martone, M. Giordano, M. Zarrelli. Effect of moisture on elastic and viscoelastic properties of epoxy and epoxy-based carbon fibre reinforced plastic filled with multiwall carbon

vides agresīvais faktors pret polimēriem. 17. attēlā ir ilustrēts mitruma sorbcijas process. Grafikā ir parādīts pētīto materiālu relatīvais mitrumsaturs (w , %) atkarībā no kvadrātsaknes no laika (t), stundās. Mitrumsaturs mērīts ar sorbcijas metodi atmosfērā ar relatīvo mitrumu 98%. Tika konstatēts, ka pievienotās mitruma necaurlaidīgas nanocaurules palēnina mitruma difūziju gan epoksīda sveķos gan oglekļa šķiedru kompozītā (13. attēls). Nanocaurules ar augsto stingumu un stiprību uzlaboja materiāla lokanību.



17. attēls. Dažādu materiālu spēja uzņemt mitrumu: (○) epoksīda sveķi, (●) epoksīda sveķi ar nanocaurulēm; (◇) ar oglekļa šķiedru pastiprināts kompozīts; (♦) ar oglekļa šķiedru pastiprināts kompozīts ar nanocaurulēm modificēto epoksīda sveķi.

Pirmoreiz tika konstatēts, kā pievienojot materiālā mitruma necaurlaidīgas stingras nanocaurules, tika samazināta mitruma absorbcija materiālā. Nanocauruļu ievadīšana kompozīta saistvielā samazina mitruma sorbciju materiālā, līdz ar to materiālam uzlabojas mehāniskās īpašības un pieaug ilgizturība.

2.4. Projekta Nr. 5 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)

Projekta posma plānotie uzdevumi tika sasniegti, ir sasniegta tehnoloģiskā un metodoloģiskā gatavība 4. posma pētījumiem.

Sasniegto rezultātu zinātniskā nozīmība:

- **Pirmoreiz** tika izstrādāta polimēru kompozītu materiālu virsmas agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums). Metode balstās uz pieslēkšņa elektronu emisijas detektēšanu materiāla slogošanas laikā. Metodes izmantošana ļaus kontrolēt materiāla virsmas noslāņa sabrukšanas sākumu, kad sāk veidoties mikro/nano plaisas.
- Izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopijas metodi, **pirmoreiz**:
 - tika noteikts, ka nanoobjektu (oglekļa nanocauruļu) pievienošana epoksīda kompozītmateriālam maina kompozītmateriāla pieslēkšņa fotoemisijas elektronu strāvas kinētiku, saistītu ar slogošanu;
 - tika novērotas smalkas elektronu emisijas zāģveida svarstības, kas ir saistītas ar atomu/molekulāro saišu sabrukšanu/restrukturizāciju kompozītmateriāla virsmas slānī ar biezumu <100 nm. Smalkā strāvas kinētikas struktūra sāk parādīties, ja materiāla deformācija ir ~0.1 %, kas sastāda ≤10 % no kvazielastīgās deformācijas.
 - tika noteikts, ka emisijas strāvas kinētika atspoguļo kompozītmateriāla elastības moduli;
- Strādājot *in vitro* eksperimentus, **pirmoreiz** tika parādīts, ka dzeramā ūdens

polimērcauruļu sienīņu („high-density polyethelene”) molekulāro saišu sabrukšanas rezultātā ūdenī vairojas E. coli baktērijas. Veiktie eksperimenti ļauj paredzēt, ka polimēra agrīna sabrukšana var sekmēt baktēriju vairošanos ūdenī.

- Tika izstrādāta polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (nodevums). Metode **pirmoreiz** apliecina iespēju vizualizēt pārslogotus apgabalus uz kompozīta virsmas. Metodes sasniegšanai **pirmoreiz**:
 - tika izstrādāti jutīgie slāņi, kuros notiek ar sabrukšanu inducētā nokrāsošana;
 - tika veikta jutīgā slāņa integrēšana kompozītmateriālā un/vai pievienošana materiāla virsmai;
 - tika veikta jutīga slāņa eksperimentālā aprobācija pie dažādiem noslogošanas veidiem (stiepē, spiedē);
 - tika pārbaudīta jutīga slāņa ietekme uz kompozītmateriāla mehāniskām īpašībām (salīdzinātās mehāniskās īpašībās kompozītam bez/ar integrētu jutīgo slāni);
 - tika parādīta iespēja izveidot kompozītā sensoru tīklu, ievadot elektrovadošas nanocaurules, kas kalpo par jutīgiem elementiem sabrukšanas lokalizācijas detektēšanai.

Sasniegto rezultātu praktiskā nozīmība:

- Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju, dod iespēju bezkontakta veidā analizēt *in situ* polimēru kompozītu materiālu sabrukšanas sākumu nano virsmas slānī. Tas ir nepieciešams materiālu sabrukšanas prognozēšanai un materiālu kvalitātes (drošums, bioloģiskā aktivitāte un tml) novērtēšanai.
- Tika izstrādāta polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, kas ļauj izveidot kompozītu ar integrēto funkciju vizuāli detektēt materiāla mehānisko bojājumu virs noteiktas slodzes, atbilstoši ekspluatācijas prasībām. Metode ir principiāli jauns risinājums polimēru kompozītu drošības kontrolē un ļaus paaugstināt konstrukcijas drošību ekspluatācijas laikā, vienkāršot konstrukcijas tehniskā stāvokļa kontroli un samazinās laiku, kas nepieciešams lielo platību pārbaudei.

Sasniegtie 3. posma rezultāti ļaus veikt polimēru un polimeru kompozītmateriālu virsmas agrīnas sabrukšanas diagnostiku, kas ir paredzēts projekta 4. posmā. Rezultāti tiks prezentēti un apspriesti ar potenciāliem rūpniecības partneriem ar praktiskas izmantošanas nolūkiem mašīnu un konstrukciju ražošanā, tehnoloģiskās kontroles nodrošināšanā un jaunu materiālu ražošanā.

4. posma uzdevumi:

1.uzdevums. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos – mašīnu un konstrukciju ražošanā.

- Tiks izstrādātas rekomendācijas par diagnostikas metožu pielietojumu mašīnu un konstrukciju ražošanā (Nodevums).

2.uzdevums. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos – dzeramā ūdens cauruļu ražošanā.

- Tiks izstrādātas rekomendācijas par diagnostikas metožu pielietojumu dzeramā ūdens cauruļu ražošanā (Nodevums).

Turpmākā darba virzieni:

- Izstrādātās agrīnās diagnostikas metodes tiks aprobētās, ņemot vērā uzņēmumu, kas

- nodarbojas ar kompozītmateriālu testēšanu un polimērcauruļu ražošanu, mērķus.
- Elektronu spektroskopijas agrīnas diagnostikas metode papildus tiks aprobēta:
 - o izmantojot kompozītmateriālus ar uzlādētam SiO₂ daļiņām,
 - o izmantojot stiklašķiedras un epoksīda sveķu kompozītmateriālu.
 - Tiks noskaidrota ugunsapgādes tīklā esošo baktēriju un hlora ietekme uz polimērcauruļu agrīno sabrukšanu.
 - Tiks izveidots un verificēts mikrokapsulu mehāniskās uzvedības matemātiskais modelis.

2.5. Projekta Nr.5 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	129062.00	20580.88	20380.00	21382.00	
1000	Atlīdzība	85559.00	6132.72	17005.28	18775.32	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	35653.00	8657.36	3374.72	2606.63	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	11663.00	1385.00	1177.02	573	
2200	Pakalpojumi	15231.00	2798.61	1878.90	1955.46	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	8759.00	4473.75	318.80	78.17	
5000	Pamatkapitāla veidošana	7850.00	5790.80	0	0	

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 5 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.			gads		
		2014	2015	2016	T.sk. iepriekšējais periods	2017
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	5	0	0	4	4	
oriģinālo zinātnisko rakstu	2	0	0	2	2	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	3	0	0	2	2	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju	0	0	0	0	0	

skaitis						
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	3	0	5	2	7	
promocijas darbu skaits	1	0	0	0	0	
maģistra darbu skaits	2	0	2	1	3	
bakalauru darbu skaits	0	0	3	1	4	
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	10	0	9	4	13	
konferences	3	0	4	4	8	
semināri	3	0	1	0	1	
rīkotie semināri	3	0	4	1	5	
populārzinātniskas publikācijas	1	0	0	0	0	
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	
betona olimpiāde	0	0	0	0	0	
2. Internēta mājas lapu populārie ziņojumi	3	0	3	1	4	
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	0	0	0	0	
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	0	0	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	0	
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātības	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	0	0	0	0	
Latvijas teritorijā	1	0	0	0	0	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	2	0	0	2	2	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0	0	

5. Programmas ietvaros izstrādāto jauno rekomendāciju skaits (komplekts)	0	0	0	0	0	

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr.5 vadītājs _____ /Jurijs Dehtjars/
(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

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr. 6

Nosaukums

Metāla virsmas apstrāde berzes un nodiluma samazināšanai

vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
Institūcija
ieņemamais amats
Kontakts

Kārlis Agris Gross	
PhD	
Rīgas Tehniskā universitāte	
Asoc. profesors un vadošais pētnieks	
Tālrunis	+371 2020 8554
E-pasts	kgross@rtu.lv

2.2. Projekta Nr.6 mērķi

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

Projekta mērķis: *Izstrādāt metodoloģiju un optimizēšanas kritērijus metālisku materiālu īpašību uzlabošanai, virsmas apstrādei un pārklāšanai, lai samazinātu berzi un nodilumu berzes pāros t.sk. mijiedarbībā metālam ar ledus virsmu.*

Papildus tam katrā projekta realizācijas posmā, kas atbilsts kalendārajam gadam, tiek definēti atsevišķi, konkrētajā posmā veicamie uzdevumi.

3. posma uzdevumi:

- 1. uzdevums:** *Modificēt metāla virsmas, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām.*
- 2. uzdevums:** *Izstrādāt metodes slīdamības uzlabošanai lielākai virsmai reālos apstākļos.*

6. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 6-A

Šis projekts ir pavēris jaunu pētniecības virzienu RTU, kā rezultātā nepieciešams attīstīt jaunas pārbaudes metodes – kvalitātes kontroles nolūkos jāatrod labākās virsmas izpētes metodes, jāattīsta raupju virsmu raksturošanas parametri, jāattīsta metode raupjuma ietekmes uz slīdamību novērtēšanai, kā arī jāizstrādā jauna metode slīdamības pārbaudei. Salīdzinot ar IMATEH programmas projektiem Nr. 1 – 4, šī projekta progress ir lēnāks, jo šajā jaunajā virzienā neeksistē ne studentu apmācības programmas, ne arī jau esoši pētniecības projekti.

6.projekta trešā posma darba uzdevumi ir izpildīti pilnībā:

1. Veikta nerūsējošā tērauda virsmas modificēšana, izmantojot dažādu graudu izmēru smilšpapīrus. Veikta raupjuma mērīšanas metodikas pilnveidošana, kura iekļauj raupjuma negluduma soļa noteikšanu kustības virzienā. To veic no virsmas 3D attēla izdalot atsevišķus profilus, kuri vilkti pa negludumu virsotnēm. Šī jaunā metodika ziņota konferencē un iesniegta žurnālā *Measurement*.
2. Sagatavoti nerūsējošā tērauda paraugi ar termiski nocietinātu virskārtu. Pārbaudīta to 3D topogrāfija, slīdamība un hidrofobitāte. Izstrādāta metodika cietības palielināšanai lielāka mēroga virsmām.
3. Veikta izpēte virsmas hidrofobitātes ietekmei uz paraugu slīdamību. Tērauda paraugi pārklāti ar hidrofobisku slāni, pārbaudīts to kontakta leņķis un slīdamība. Sešiem paraugiem ar dažādiem kontakta leņķiem pārbaudīta slīdamība. Veikta izpēte virsmas

hidrofobitātes ietekmei uz paraugu slīdamību. Tērauda paraugi pārklāti ar hidrofobisku slāni. Pārbaudīti seši dažādi paraugi ar atšķirīgiem kontakta leņķiem.

4. Izstrādāta metodika modificētu lielāka mēroga virsmu slīdamības noteikšanai pa garāku ledus trasi. Veikti izmēģinājuma eksperimenti, lai pārbaudītu vai laboratorijas apstākļos iegūtie rezultāti sakrīt ar rezultātiem, kas iegūti lielāka mēroga virsmām.

Pētījumu rezultāti tika ziņoti 3 konferencēs:

1. Jansons E., Lungevics J., Gross K.A., Surface roughness measure that best correlates to ease of sliding, 15th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. 25-27.maijs 2016, Jelgava, Latvija. Mutiskā prezentācija.
2. Lungevics J., Jansons E., Rudzītis J., Gross K.A., Use of an inclined plane with additional time measurements to investigate surface slidability on ice, 12th International Conf. Mechatronic Systems & Matls. 3-8.jūlijs 2016. Bialostok, Polija. Mutiskā prezentācija.
3. Lungevics J., Gross K.A., Modification of metal surfaces for achieving a lower friction and wear, Rīgas Tehniskās universitātes 57. starptautiskās zinātniskās konferences sekcija Valsts pētījumu programma "Inovatīvi materiāli un viedās tehnoloģijas vides drošumam, "IMATEH". 17.oktobris 2016. Rīga, Latvija. Mutiskā prezentācija

Dalība 1 zinātniskajā seminārā:

1. Apmeklēta Baltijas reģiona lielākās triboloģijas nozares konferences Baltmattrib 2016 sekcija "Hardening, Coatings, Surface Engineering and Tribology". 3.-4.11.2016. Rīga, Latvija.

Ir publicēts 1 pilna teksta zinātniskais raksts:

1. Jansons E., Lungevics J., Gross K.A., A surface roughness measure that best correlates to ease of sliding. Engineering for Rural Development, January 2016, pages 687– 695. (Pieejams SCOPUS datubāzē).

Ir iesniegti publicēšanai 2 pilna teksta zinātniskie raksti:

1. Lungevics J., Jansons E., Gross K.A., Rudzītis J., A measurement method for surface slidability on ice using an inclined plane equipped with motion detection sensors. (iesniegts publicēšanai žurnālā Measurement, Impact factor:1.159).
2. Gross K.A., Zavickis J., Pluduma L., Lungevics J., Evaluation of visual examination methods for the quality control of polished surfaces. (iesniegts publicēšanai žurnālā Measurement, Impact factor:1.159).

Ir publicēta 1 populārzinātniska publikācija:

1. Gross K.A., Lungevičs J., Plūduma L., Stiprais K., Jansons E. (redaktore: D.Bēma). Jauna metode palīdzēs uzlabot drošību uz ledus. Ilustrētā zinātne, decembris, 2016 (133), 12.lpp.

Projekta ietvaros tiek izstrādāti sekojoši promocijas darbi:

1. J. Lungevičs, Mašīnbūves detaļu triboloģisko īpašību prognozēšanas metode, vadītājs Prof. J. Rudzītis (plānots aizstāvēt 2019. gadā)
2. E. Jansons, Kritērija izstrādāšana berzes pāra metāls-ledus slīdamības noteikšanai, vadītājs Prof. J. Rudzītis (plānots aizstāvēt 2019. gadā)

Projekta ietvaros ir aizstāvēti 2 maģistra darbi:

1. J. Lungevičs, Berzi un dilumu samazinošu virsmas apstrādes metožu triboloģisko

- īpašību novērtēšanas metodika, vadītāji Prof. J.Rudzītis, A/Prof. K.A.Gross
2. E. Jansons, Virsmas raupjuma ietekme uz slīdes pāra metāls – ledus slīdamību, vadītāji Prof. J.Rudzītis, A/Prof. K.A.Gross

Projekta ietvaros tiek izstrādāts sekojošs bakalaura darbs:

1. K. Stiprais, Metāla ķīmiskā apstrāde berzes mazināšanai, vadītājs A/Prof. K.A.Gross. (plānots aizstāvēt 2017. gada jūnijā).

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Balstoties uz Projekta Nr.6 rezultātiem un sadarbības aktivitātēm 2016. gadā projekta realizētāji iesniedza ERAF (Eiropas Reģionālā attīstības fonda) projekta pieteikumu pirmajā projektu iesniegumu atlases kārtā, kuru specifiskais atbalsta mērķis bija „Palielināt Latvijas zinātnisko institūciju pētniecisko un inovatīvo kapacitāti un spēju piesaistīt ārējo finansējumu, ieguldot cilvēkresursos un infrastruktūrā” (aktivitāte „Praktiskas ievirzes pētījumi”). Pēc starptautiskā zinātniskā izvērtējuma, tika apstiprināts sekojošs projekta pieteikums, kas saistīts ar Projekta Nr.6 mērķiem:

1. The quest for disclosing how surface characteristics affect slideability (2017-2020) kopējā projekta summa **594 054,28 Euro**.

Projekta ietvaros izstrādātās jaunās metodes, kas aprobētas uzņēmumos:

1. “Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos”, aprobēta Latvijas bobsleja un skeleto federācijas izmēģinājuma poligonā, apliecinājums datēts ar 5.10.2016.

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Projekta trešā posma ietvaros 11.01., 01.04., 28.06., 16.09., 27.09., 05.10., 27.10., 23.11. organizētas sanāksmes projektā iesaistītajiem darbiniekiem un nozares pārstāvjiem, kurās tika diskutēts par projekta uzdevumiem un sasniegtajiem rezultātiem. Regulāri (vismaz reizi divās nedēļās) tiek noturētas iekšējās sanāksmes, kurās projekta vadītājs ar projektā tieši iesaistītajiem darbiniekiem pārrunā darbu progresu.

IMATEH mājas lapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par 6. projekta gan VPP IMATEH aktivitātēm un aktualitātēm.

2.3. Projekta Nr. 6 uzdevumi

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

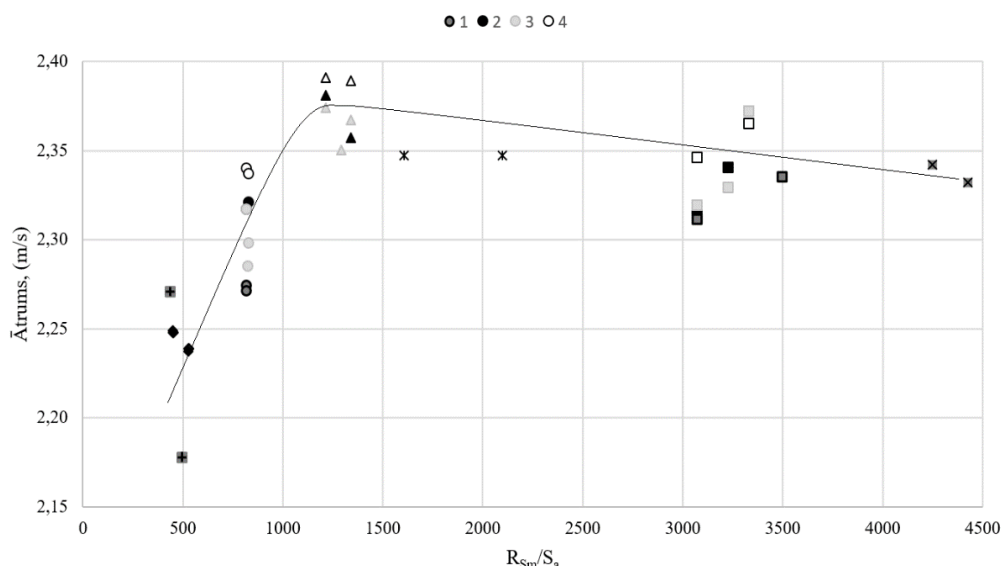
Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. uzdevums: Modificēt metāla virsmas, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām.	Iesākta rekomendāciju izstrāde par virsmas modifikācijām, kas visvairāk palielina slīdamību metālam pa ledu. Dalība konferencē, publikācija.

Veikta padziļināta izpēte dažādu virsmas modifikāciju ietekmei uz slīdamību pa ledu. Apskatīti trīs modifikācijas veidi: raupjuma variēšana, cietības palielināšana un hidrofobitātes maiņa. Līdzšinējie pētījumi par virsmas raupjumu apskatījuši tikai tā ietekmi uz berzes koeficientu apstrādes pēdu virzienā, kā arī atspoguļota informācija tikai par izteikti raupjām virsmām (Kietzig u.c., J. Appl. Phys. 106, 2009, Raksts 024303). Saskaņā ar Skovakla u.c. (Tribol. Int., 49, 2013, 44-52) apskatīto virsmas kontakta nozīmīgumu berzes procesā, šajā atskaitē tiks atspoguļota kustības virzienā orientēta raupjuma ietekme uz slīdamību.

Vislielākais uzsvars likts uz virsmas raupjuma ietekmes pētījumiem, jo šī ir vienkārša, lēta un ātra modifikācijas metode. Tika analizēti standartā ISO 25178 reglamentētie virsmu raupjuma parametri un apskatīta to korelācija ar paraugu slīdamību. Izmantojot raupjuma

negludumu vidējā soļa (R_{Sm}) un virsmas aritmētiskā augstuma (S_a) attiecību, tiek raksturots negludumu slīpums (lielāka R_{Sm}/S_a attiecība norāda uz gludāku virsmu), kuram palielinoties pieaugs paraugu slīdēšanas ātrums (skat. 1.att.). Raupjuma ietekme pārbaudīta paraugiem, kuru virsmas apstrādātas ar 400, 600, 1500, 2000 un 3000 marku smilšpapīriem. Eksperimenti, kuri veikti četrās nesaistītās dienās (grafikā apzīmēti ar indeksiem 1 līdz 4) uzrāda, ka raupjākas virsmas (mazs R_{Sm}/S_a) būtiski samazina paraugu kustības ātrumu, bet R_{Sm}/S_a palielinoties virs 1000 paraugu ātrums nostabilizējas. Šī kritiskā robežpunkta atrašanai ir praktiska un ekonomiska nozīme, jo pierādīts, ka nav vajadzība apstrādāt virsmas ar smilšpapīru, kurš ir ar mazāku graudu izmēru par 600.

No rezultātiem var secināt, ka virsmas kontakta laukumam ir būtiska nozīme tikai, ja raupjums ir zem kritiskās robežas. Virsmām, kuru raupjums atrodas virs kritiskās R_{Sm}/S_a attiecības tiks veikta padziļināta izpēte, kur apskatīs to miera stāvokļa berzes koeficienta sasaisti ar slīdēšanu. Virsmu raksturošanai tiks izmantots lielāks mērogs, t.i. apskatīts ne tikai atdalītais raupjums, bet arī viļņainība un forma. Šāda raksturošanas pieeja līdz šim nav apskatīta, jo visi līdzšinējie pētījumi akcentēti tikai uz mikrona līmeņa raupjumu kur, pie tam, minēta tikai tā skaitliskā vērtība, neanalizējot procesus, ar kādiem šim raupjumam jāsaskaras (Stamboulis u.c. Trib. Int. 55 (2012) 59-67).

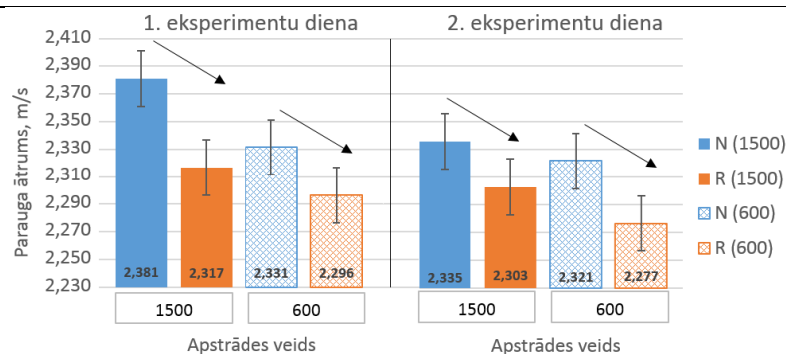


1.att. Virsmas raupjuma (izteikts kā R_{Sm}/S_a attiecība) ietekme uz slīdēšanas ātrumu.

Kā otrā modifikācija tika apskatīta virsmu nocietināšana. Tā izvēlēta, jo raupjuma izpēte uzrāda, ka virsmas saskrāpēšanās negatīvi ietekmē kustības ātrumu, līdz ar to, virsmas nocietināšana šo ietekmi varētu mazināt. Paraugu nocietināšanai izmantota vienkāršākā no metodēm – rūdīšana. Termiskās apstrādes rezultātā paraugiem izmainīta Brinela cietība no 340 uz 440. Rūdītie un nerūdītie (atskaites sistēma) paraugi, tika identiski nopulēti un pēc tam apstrādāti ar 600 un 1500 markas smilšpapīriem, kam seko slīdamības mērījumi.

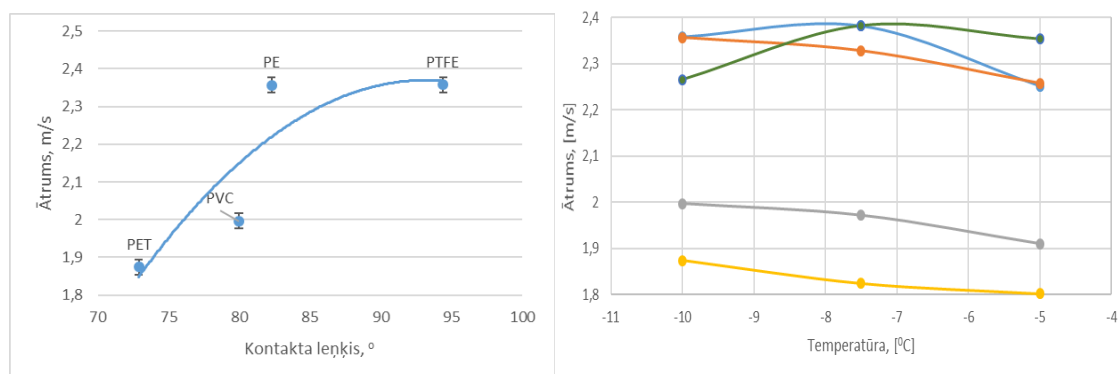
Rūdītajiem paraugiem tiek iegūta labāka noturība pret skrāpējumiem, bet to gludās virsmas uzrāda pretēju efektu cerētajam, t.i. tie slīd lēnāk kā vairāk saskrāpētie nerūdītie paraugi (skat. 2.att.). Novērotā sakarība pārbaudīta atkārtoti un iegūta identiska tendence, kas apstiprina primāros rezultātus.

Tā kā termiskā apstrāde izsauc virkni izmaiņu materiālā, tika pārbaudīta rūdīto paraugu aktīvā enerģija un noskaidrots, ka to virsmas ir hidrofilākas, kas izsauc novēroto ātruma samazinājumu. Šī likumsakarība tiks apskatīta detalizētāk, izgatavojot paraugus ar citu rūdīšanas līmeni. Tiks apskatīta arī citu nocietināšanas metožu (piemēram, apstrāde ar ložu strūklu) ietekme uz procesu, lai iegūtu pilnīgāku skatījumu.



2.att. Rūdītu (R) un nerūdītu (N) paraugu slīdēšanas ātrumi.

Kā trešā virsmas modifikācija tika apskatīta hidrofobicitāte. Sešiem dažādiem polimēriem tika noteikti kontakta leņķi un slīdamība pa ledu – polipropilēns (PP), polietilēns (PE), polivinilhlorīds (PVC), polietilēntereftalāts (PET), politetrafluoretilēns (PTFE) un polioksimetilēns (POM). Zemāka kontakta leņķa polimēra virsmas samazināja slīdēšanas ātrumu, bet vairāk hidrofobiskas virsmas (PE un PTFE) palielināja slīdēšanas ātrumu, 3. attēls. Lielākas hidrofobicitātes virsmas tiek meklētas, lai saprastu slīdēšanas ātrumu pie augstākiem kontakta leņķiem.



3.att. Kontakta leņķa ietekme uz slīdamību pa ledu.

Sagatavots pilna teksta zinātniskais raksts: E. Jansons, J. Lungevics, K. A. Gross. Surface roughness measure that best correlates to ease of sliding., kas prezentēts konferencē 15th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. 25.-27.05.2016. Jelgava, Latvija (pieejams Scopus).

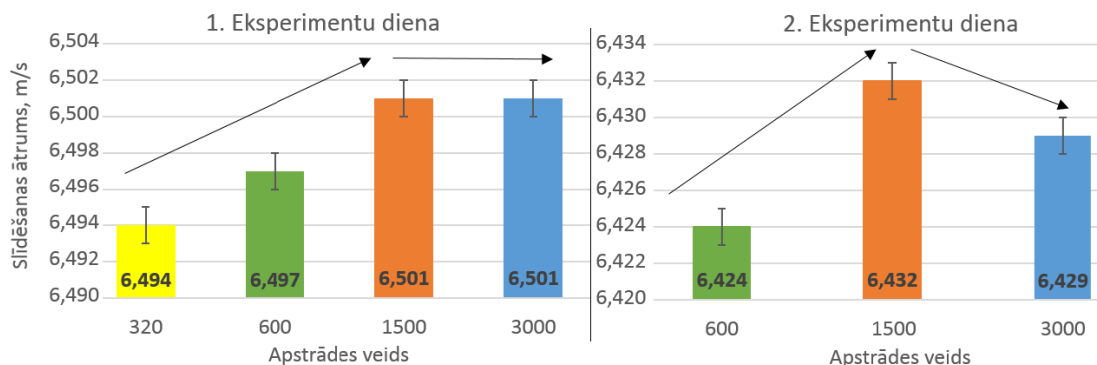
Sagatavots pilna teksta zinātniskais raksts: J. Lungevics, E. Jansons, K. A. Gross, J. Rudzītis. A Measurement Method for Surface Slidability on Ice Using an Inclined Plane Equipped with Motion Detection Sensors. (iesniegts publicēšanai žurnālā "Measurement").

2. uzdevums: Izstrādāt metodes slīdamības uzlabošanai lielākai virsmai reālos apstākļos

Datu ieguve, apkopošana, analīze. Uzsākta metodes izstrāde liela metāla parauga virsmas modifikēšanai

Laboratorijas pētījumiem ir nozīme tikai tad, ja iespējams tajos noskaidrotās likumsakarības pārbaudīt reālos apstākļos, t.i. ārējā vidē, garākā slīdēšanas distancē un izmantojot lielāka izmēra modificētās virsmas. Šādus apstākļus iespējams realizēt kamaniņu treniņa estakādē, kur iespējams mainīt ledus temperatūru, bet nav iespējas ietekmēt, mitrumu, UV starojumu un vēju, kas var radīt būtisku ietekmi uz ledus temperatūru un vispārīgo kvalitāti. Estakādē eksperimentus iespējams realizēt uz divām dažādu slīpumu plaknēm. Slīdēšanas laiks tiek mērīts tā pat kā laboratorijas apstākļos, t.i. izmantojot optiskos sensorus.

Kā modificējamās virsmas tiek izmantotas skeletoņa slieces, jo tās ir īsākās no šāda tipa ziemas sporta veidu sliecēm, kas atvieglo modifikāciju realizēšanu, to ģeometrija pielāgota ledū iestrādātajai renei, pa kuru tiek slidināts skeletoņš, un uz skeletoņa viegli novietot papildus svaru, kas ļauj izpētīt piespiešanas spēka ietekmi uz procesu. Slieces, kuras saskrāpētas ar 3000, 1500, 600 un 320 markas smilšpapīriem uzrāda līdzīgas tendences kā laboratorijas apstākļos pētītajiem paraugiem (skat. 4.att.). Līdzīga tendence novērota divās eksperimentu dienās.



4.att. Raupjuma ietekme uz slīdēšanas ātrumu divās eksperimentu dienās.

2.4. Projekta Nr. 6 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**)

Ledus berzes izpētei ir daudz lietderīgāk izmantot paraugu slīdēšanas ātrumu, nevis berzes koeficientu, kā tas darīts līdz šim, jo koeficienta izmaiņas ir niecīgas un mērīšanas procesu ietekmē virkne faktoru, kas izsauc rezultātu pārkļāšanos. Pie tam, līdz šim pētāmās virsmas nav bijušas pietiekami labi raksturotas, lai izskaidrotu, kuri varētu būt procesu visietekmējošākie faktori. Šajā projektā pielietotas jaunas metodes virsmu tekstūras raksturošanā, kā arī izmantota jauna metode slīdēšanas īpašību noteikšanai – slīpā plakne, kura aprīkota ar optiskajiem sensoriem, kuri ļauj noteikt paraugu slīdēšanas ātrumu. Slīdēšanas ātruma mērījumus ietekmē ne tikai virsmas īpašību izmaiņa, bet arī aerodinamika, vibrācijas u.t.t., kas kopumā nosaka objekta slīdēšanu tuvāk reālām dzīves situācijām.

Atrasts optimālais virsmas raupjuma līmenis un noskaidrots, ka virsmu pulēšana gludāk par šo līmeni nedod būtisku uzlabojumu slīdēšanas procesā. Pētījuma turpinājumā virsmu tekstūras tiks raksturotas vairākos līmeņos (raupjums, viļņainība, forma), kas sniegs kopīgo ainu par paraugu tekstūru un ļaus noteikt, kurš līmenis spēlē būtiskāko lomu.

Pārbaudīts, ka paraugu rūdīšana ļauj uzlabot to noturību pret skrāpējumiem, taču termiskās apstrādes rezultātā izmainītā virsmas enerģija spēlē būtiskāku lomu nekā raupjuma samazinājums. Papildus eksperimentālo paraugu izveide ļaus detalizētāk izprast aktīvās enerģijas ietekmi uz virsmu slīdamību.

Hidrofobitātes pētījumi uzrāda būtisku ietekmi uz paraugu slīdamību, tāpēc jāizgatavo papildus paraugi ar vēl hidrofobākām virsmām, ko var panākt kombinējot virsmu ķīmiskos un tekstūras parametrus. No tekstūras viedokļa līdz šim plaši pētīts lotusa lapas efekts, taču tas nekad nav pārbaudīts ledus berzes procesā.

Izstrādāta un pārbaudīta metodika lielāka mēroga virsmu pārbaudīšanai. Eksperimenti realizēti pēc identiska principa kā laboratorijā, izmantojot kamaniņu trases starta treniņu estakādi un tie ļauj novērtēt vai laboratorijas rezultāti aprobējami lielākā mērogā.

R.E. Gagnor savā šī gada publikācijā (Cold Regions Science and Technology, 131, 2016, 1-9) uzsver, ka neskatoties uz to, ka ledus berze pētīta jau dekadēm ilgi, joprojām nav izdevies izprast šo sarežģīto procesu, tādēļ nepieciešams veikt padziļinātāku izpēti, uz ko orientēts šis projekts.

Laboratorijas trases sagatavošana prasa trīs pilnas dienas, bet paši eksperimenti realizējami ceturtajā dienā. Diemžēl, dotā brīža tehniskais nodrošinājums pēc eksperimentu realizēšanas pieprasa izslēgt aukstuma kameru, jo kondicionieris, kurš nodrošina zemās temperatūras darba procesā aizsalst, līdz ar to, eksperimentu skaits limitēts uz 1 pilnu dienu nedēļā, kas būtiski kavē datu iegūšanu.

Lai kontrolētu eksperimentālo vidi, tiek izstrādāts multifunkcionāls sensors, kurš būs vienlīdz labi izmantojams gan laboratorijā, gan āra apstākļos estakādē.

Eksperimenti estakādē var tikt realizēti tikai laika periodā no novembra līdz martam, kas būtiski samazina iespējamo eksperimentu skaitu. Ņemot vērā šo aspektu, minētajā laika periodā lielākais akcents likts tieši uz eksperimentiem estakādē, lai projekta ietvaros sasniegtu izvirzītos mērķus.

Šim konkrētajam projektam nav iespējas izmantot iepriekšējus studentu pētījumus par līdzīgu tēmu, jo šādi pētījumi vienkārši nav veikti, līdz ar to var maldīgi šķist, ka sasniegti maz rezultāti. Šī lēnā procesa attīstība skaidrojama ar nepieciešamību no jauna radīt un pārbaudīt katru izpētes etapu, lai nodrošinātu, ka tas sniedz vēlamus rezultātus. Neskatoties uz to, projekta trešais gads ir devis pozitīvus rezultātus un pienesumu zinātnei. Tagad, kad attīstītas jauni veidotās izpētes metodes, projekta pēdējo gadu var pilnībā fokusēt tieši uz dažādu virsmas modifikāciju pārbaudi, kuras tiks atspoguļotas zinātniskajās publikācijās. Papildus darbības, kuras nav norādītas projekta pieteikumā un netiek finansētas no VVP līdzekļiem, ļaus iegūt multifunkcionālu sensoru, kurš ļaus detalizēti raksturot procesa klimatiskos apstākļus.

Projekta ietvaros attīstītās metodes un gūtās zināšanas ļāvušas izpildīt vienu no VPP galvenajiem mērķiem, t.i. ir izdevies piesaistīt papildus finansējumu pētījumu turpinājumam (ERAF projekts), kas ļaus daudz detalizētāk apskatīt procesu un veikt plašāku spektru ar virsmu modifikācijām, kas ļaus ne tikai uzlabot virsmu slīdamību pa ledu, bet arī sniegs pretējo efektu, tādējādi padarot kustību pa apledojušām virsmām drošāku.

Lai sasniegtu projekta mērķi, projekta 4.posmā paredzēts:

1. Izpētīt kā dažādu līmeņu virsmas negludumi ietekmē slīdamību. Tiks apskatīti trīs līmeņi sākot ar zem mikrona līmeni, tad mikrona līmeni 10-100µm un, visbeidzot, makro līmeni 1-10mm. Tiks sagatavota publikācija, kurā atspoguļota pareiza mērīšanas metodika un tas, kā katrs no līmeņiem korelē ar paraugu slīdēšanu.
2. Padziļināti izpētīt kā cietība, tekstūra un hidrofobitāte ietekmē virsmu slīdamību pa ledu, un noskaidrot kurai no šīm modifikācijām ir lielākā ietekme.
3. Apskatīt laboratorijas un estakādē iegūto rezultātu savstarpējo korelāciju. Šajā uzdevumā ietilpst detalizēts apraksts eksperimentu realizēšanai estakādē, kurš noslēdzas ar abu metožu salīdzinājumu.
4. Noskaidrot virsmas modifikāciju, kura visvairāk uzlabo virsmu slīdamību. Rezultāts tiks atspoguļots kā rekomendācija tam, kā sagatavot liela mēroga virsmas, lai tās būtu praktiski pielietojamas gan slīdamības uzlabošanai, gan samazināšanai.

2.5. Projekta Nr.6 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	108818.00	17565.00	25495.00	20364.00	
1000	Atlīdzība	73637.80	8990.52	18340.69	16510.44	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	30172.20	5966.81	5685.94	3853.56	
2100	Mācību, darba un dienesta	7243.20	593.15	1783.9	166.00	

	komandējumi, dienesta, darba braucieni					
2200	Pakalpojumi	19745.00	1637.53	3399.72	1852.00	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	3184.00	3736.13	502.32	246.34	
5000	Pamatkapitāla veidošana	5008.00	2607.67	1468.37	0.00	

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 6 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
		gads				
		2014.– 2017. g.	2014	2015	2016.	t. sk. iepriekšējā periodā uzsākts
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	3	1	1	1	3	
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	3	0	0	0	0	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	0	1	1	1	3	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	2	0	0	2	2	
promocijas darbu skaits	0	0	0	0	0	
maģistra darbu skaits	2	0	0	2	2	
bakalaura darbu skaits	0	0	0	0	0	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	6	0	3	5	8	
konferences	3	0	2	3	5	
semināri	3	0	1	1	2	
rīkoti semināri un konferences	0	0	0	0	0	
populārzinātniskas publikācijas	1	0	0	1	1	
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	
....						
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	8	4	8	20	
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	0	0	0	0	
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	0	0	0	0	0	
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros	0	0	0	0	0	

radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)						
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	0	0	0	0	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	0	0	0	0	
Latvijas teritorijā	1	0	0	0	0	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	1	0	0	1	1	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0	0	
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	594 054	594 054	

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 6 vadītājs
(paraksts¹)

/ K.A. Gross/
(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 Druviete

1.projekta 1. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Augstas veiktspējas īpašību cementa kompozītmateriālu (spiedes pretestība >100MPa) infrastruktūras un sabiedriskām būvēm ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar vietējām mikropildvielām	X	X	X	X	X									
1.1.1. augstas stiprības betona sastāvu izstrāde	X	X	X	X	X									
1.2. mehāniskoun fizikālo īpašību noteikšana	X	X	X	X	X									
1.3.augstu ekspluatācijas īpašību cementa kompozītmateriālu ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar mikropildvielas (nodevums)					X									
2. Rekomendācijas no Latvijas cementa ražotā betona korozijas un salturības paaugstināšanai			X	X	X	X	X	X	X	X				
2.1. izstrādāto betona sastāvu sulfātzūrība novērtējums			X	X	X	X	X	X						
2.2. izstrādāto betona sastāvu pretestības sārumsilīcija reakcijai noteikšana							X	X	X	X				
2.3. izstrādāto betona sastāvu noturība pret karbonizāciju			X	X	X	X	X	X	X	X				
2.4. izstrādāto betona sastāvu noturība pret hlorīdu iedarbību					X	X	X	X						
2.5. izstrādāto betona sastāvu noturībasalturības noteikšana			X	X	X	X	X	X	X					
2.6. rekomendācija betona korozijas un salturības paaugstināšanai (nodevums)										X				
3. Inovatīvu stiegrotu cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm											X	X	X	X
3.1. betona kompozītu sastāvu izstrāde ar stiklašķiedras stiegrojumu											X			
3.2. izstrādāto kompozītu fizikālo un mehānisko											X	X	X	

Īpašību noteikšana														
3.3. sārmu-silīcija reakcijas novēršana, izmantojot pucolāna tipa piedevas, betona kompozītos, kas satur stiklašķiedras stieģrojumu												X	X	
3.4. Inovatīvu un uzlabotu cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm (nodevums)														X
4. Cementa kompozītu maisīšanas procesa parametrus optimizēšana											X	X		
2.1. rekomendācija cementa kompozītu maisīšanas procesa parametrus optimizēšana (nodevums)												X		
4. Publikācijas, Scopus										1				
5. Konferences				2	1			1				1		
6.Promocijasun maģistrdarbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1.projekta 2. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Ekonomisku, ekoloģisku un ilgmūžīgu bituminēto kompozītu sastāvu ražošanas metodes izstrāde, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus.	X	X	X	X	X	X								
1.1. izejmateriālu izvēle, piegāde, īpašību noteikšana	X	X	X	X	X	X								
1.2. bitumena kompozītu ar augstām ekspluatācijas īpašībām sastāvu projektēšana izmantojot vietējās dolomīta šķembas un bitumenu B20/30			X	X	X	X								
1.3. Augstu ekspluatācijas īpašību asfaltbetona sastāvu ražošanas metodes no zemas kvalitātes minerālmateriāliem (nodevums)						X								
2.Rekomendācijas izstrāde bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai					X	X	X	X	X	X				
2.1. bituminēto kompozītu ar augstām ekspluatācijas īpašībām sastāvu projektēšana izmantojot vietējās grants šķembas un bitumenu B20/30					X	X	X	X						
2.2. bituminēto kompozītu ar augstām ekspluatācijas īpašībām sastāvu projektēšana izmantojot vietējās grants un dolomīta šķembas ar polimērmodificētu bitumenu PMB							X	X	X	X				
2.3. rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai (nodevums)										X				
3. Bituminēto kompozītu maisījuma transportēšanas un iestrādes rekomendācijas izstrāde											X	X		
3.1.Rekomendācija bituminēto kompozītu maisījuma transportēšanai												X		

un iestrādei (nodevums)														
4. Metodikas izstrāde reciklēta asfalta izmantošanai									X	X	X	X	X	X
4.1. izejmateriālu izvēle, piegāde, īpašību noteikšana									X	X				
4.2. asfaltbetona sastāvu ar reciklētu materiālu projektēšana un ekspluatācijas īpašību noteikšana									X	X	X			
4.2.1 no reciklēta materiāla atgūta bitumena īpašību atjaunošana ar zemākas viskozitātes tradicionālo bitumenu									X	X				
4.2.2 no reciklēta materiāla atgūta bitumena īpašību atjaunošana izmantojot siltā asfaltbetona ražošanas piedevas											X	X		
4.3. metodika reciklēta asfalta izmantošanai (nodevums)														X
4.4. rekomendācija par augstas viskozitātes bitumena izmantošanu, izmantojot siltā asfalta ražošanas piedevas														X
5. Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējuma izstrāde											X	X	X	X
5.1.ārējo faktoru- transporta slodzes un temperatūras novērtējums											X	X		
5.2.prognozēšanas modeļa (balstoties uz laboratorijas eksperimentu rezultātiem) izvēle un modeļa funkciju parametru noteikšana												X	X	
5.3. augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējums (nodevums)														X
6. Priekšlikumi ceļu tehnisko noteikumu pilnveidošanai													X	X
4. Publikācijas, Scopus										1				
5. Konferences					2			2				1		
6.Promocijas un maģistru darbu vadīšana					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1. projekta 3. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Metodes izstrāde ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām		X	X	X	X	X	X							
1.1. šķiedru kompozītmateriāla sastāvu izstrāde		X	X	X										
1.2. mehānisko un fizikālo īpašību noteikšana		X	X	X	X	X								
1.3. metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (nodevums)							X							
2. Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei; vadlīnijas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.1. sensoru iebūves shēmas izstrāde reālā stendā (sadarbībā ar ražotāju)	X	X												
2.2. sensoru iestrāde		X	X											
2.3. datu (mitruma, temperatūras u.c.) uzkrāšana			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.4. modeļa izstrāde, balstoties uz iegūtajiem datiem								X	X	X	X	X	X	X
2.5. datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas (nodevums)														X
3. Dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķins						X	X	X	X	X				
3.1. datu ieguve un apstrāde						X	X	X	X	X				
3.2. metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam (nodevums)										X				
4. Priekšlikumu izstrāde LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskām īpašībām											X	X	X	X
4.1. priekšlikumi LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskām īpašībām (nodevums)														X
4. Publikācijas, Scopus													1	
5. Konferences				2	1							1		
6. Promocijas un maģistru	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

darbu vadīšana														
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Pielikums 2-A

2.projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014. gads	2015. gads				2016. gads				2017.gads			
	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.	X	X	X	X	X	X	X						
1.1 Materiālu meh.īpašību identifikācija	X	X	X										
1.2. Materiālu termisko īpašību identifikācija	X	X	X	X	X	X							
1.3. Materiālu vibrāciju slāpējošo īpašību identifikācija		X	X	X	X								
1.4. Materiālu trieciena slāpējošo īpašību identifikācija					X	X	X						
2. Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veiktspējas optimizācijai.Projektēšanas metodikas izstrāde izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2.1 Galīgo elementu modeļu pilnveidošana	X	X	X	X	X	X	X						
2.2 Produkta/procesa optimizācija				X	X	X	X	X	X				
2.3 Skaitlisko modeļu eksperimentāla validācija					X	X	X	X	X	X			
2.4 Projektēšanas metodikas un vadlīniju izstrāde									X	X	X	X	
3. Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.1. Putu receptūru pilnveidošana	X	X	X	X	X								
3.2. Laboratorijas mēroga prototipēšana				X	X	X	X	X	X	X			
3.3 Ražošanas procesa mērogošana								X	X	X	X	X	X
4. Rezultātu diseminācija	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.projekta 1. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Matemātiskas metodes izstrāde tilta dinamisko raksturojumu pētīšanai.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
a. Pētījums par transportlīdzekļu svara un pārvietošanās ātruma ietekmi uz konstrukciju dinamiskajiem raksturlielumiem.			X	X	X	X	X	X	X	X				
b. Metodes izstrāde smago un ļoti smago transportlīdzekļu dinamisko ietekmju izvērtēšanai.							X	X	X	X				
c. Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana un pamatošana, izmantojot izstrādātās metodikas dinamisko raksturlielumu novērtēšanai											X	X	X	X
2. Analīze satiksmes slodžu iedarbībai uz tiltu konstrukcijām, izmantojot teorētiskos varbūtību sadalījuma modeļus.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
2.1. Metode ārējo iedarbju savstarpējās kombinēšanās prognozēšanai.	X	X	X	X	X	X	X							
1.1. Pētījums par tiltu būvniecībā izmantoto būvmateriālu īpašību izkliedi.	X	X	X	X	X	X	X							
1.2. Modeļu izstrāde būvniecībā izmantoto būvmateriālu īpašību izkriežu teorētiskā varbūtību sadalījumam.				X	X	X	X	X	X					
1.3. Analīze par novecošanās procesu ietekmi uz būvmateriālu īpašībām un to izkliedi ekspluatācijā esošām būvēm.			X	X	X	X	X	X	X	X				
1.4. Varbūtību modeļa izstrāde būvniecības precizitātes u.c. „cilvēcisko faktoru” izraisīto būvju īpašību izkrieses aprakstīšanai un to ietekmei uz nestspēju.							X	X	X	X				

1.5. Iegūto iedarbju un materiālu pretestību aprakstošo varbūtību modeļu salīdzinājums, izmantojot inženierbūvju drošuma teorijā definēto robežstāvokļu metodi, kas ļaus noteikt ekspluatācijā esošo tiltu drošumu un robustumu (ar atbilstošiem drošuma indeksiem).									X	X	X	X	X	X
4. Publikācijas, Scopus		1				3				2				2
5. Konferences		1				3				2				2
6.Promocijas un maģistru darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.projekta 2. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Konstruktiju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanas metodes, izmantojot eksperimentāli iegūto dinamisko parametru izmaiņu modeļus un atbilstošas signāla apstrādes metodes.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1. sijas tipa konstruktīvo elementu eksploataācijas laikā radušos bojājumu identifikācija	X	X	X	X	X									
1.2. plātnes tipa konstruktīvo elementu eksploataācijas laikā radušos bojājumu identifikācija				X	X	X	X	X	X					
1.3. sendvič tipa konstruktīvo elementu eksploataācijas laikā radušos bojājumu identifikācija							X	X	X	X	X	X		
1.4. metodoloģija konstruktīvo elementu eksploataācijas laikā radušos bojājumu identifikācijai											X	X	X	X
2. Jaunas tehnoloģijas aviācijas dzinēju un spēka turbomašīnu, to reduktoru un atsevišķu agregātu monitoringam un diagnostikai.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2.1. aviācijas konstruktīvo elementu monitoringa un diagnostikas metožu izpēte			X	X	X									
2.2. aviācijas konstruktīvo elementu dinamisko parametru eksperimentālā noteikšana				X	X	X	X	X						
2.3. aviācijas konstruktīvo elementu eksploataācijas laikā radušos bojājumu identifikācija						X	X	X	X	X				
2.4. rekomendācija aviācijas konstruktīvo elementu monitoringam un diagnostikai.										X	X	X		
3. Metode iepriekš saspiiegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā saspiieguma zuduma novērtēšanai, kas pielietojama praksē atsevišķiem konstruktīviem							X	X	X	X	X	X	X	X

elementiem.														
3.1. iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanas metožu izpēte							X	X	X	X				
3.2. iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitliskā modelēšana un simulācijas									X	X	X	X	X	
3.3. iepriekš saspriegto dzelzsbetona dinamisko parametru eksperimentālā noteikšana											X	X	X	
3.4. metode iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai												X	X	X
4. Publikācijas, Scopus						2	1	1				1	1	
5. Konferences					3				1			1	1	
6.Promocijas un maģistru darbu vadišana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.projekta 3. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016			
	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.1. Datu apkopojums nesošo elementu no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes metodikas izstrādei.	x	x	x							
1.2. Nesošo elementu no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.			x	x	x	x	x	x		
1.3. Nesošo elementu no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas eksperimentālas pārbaudes				x	x	x	x	x	x	x
2. Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģiju optimizācija un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšana							x	x	x	x
2.1. Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes darbības modeļi.							x	x	x	x
2.2. Optimizācijas algoritma izstrāde.							x	x	x	x
2.3. Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes racionālo parametru noteikšana							x	x	x	x
3. Konferences, publikācijas		1	2							
4. Promocijas un maģistru darbu vadīšana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

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							x	x	x	x	x	x	x	X

plātņu demonstrācijas modeļu izgatavošana														
6. Publikācijas, Scopus										1			1	
7. Konferences				1		1		1	1			1	1	
8.Promocijas un maģistru darbu vadišana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

5. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai	X	X	X	X	X	X								
1.1. ūdens mikroorganismu ietekmes uz materiālu agrīno sabrukšanu pētījumu metode	X	X	X	X	X	X								
1.2. agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu	X	X	X	X	X	X								
1.3. pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums)						X								
1.4. pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (nodevums)						X								
2. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde							X	X	X	X				
2.1. agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju							X	X	X	X				
2.2. agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, novērtējot ūdens mikroorganismu ietekmi							X	X	X	X				
2.3. agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu							X	X	X	X				
2.4. polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums)										X				
2.5. polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (nodevums)										X				

3. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos											X	X	X	X
3.1. Diagnostikas metožu pielietojums mašīnu un konstrukciju ražošanā											X	X	X	X
3.2. Diagnostikas metožu pielietojums dzeramā ūdens cauruļu ražošanā											X	X	X	X
3.3. rekomendācijas par diagnostikas metožu pielietojumu mašīnu un konstrukciju ražošanā (nodevums)														X
3.4. rekomendācijas par diagnostikas metožu pielietojumu dzeramā ūdens cauruļu ražošanā (nodevums)														X
4. Zinātniskās publikācijas						1				2				2
4.1. Scopus										1				1
4.2. Konferenču rakstu krājumi						1				1				1
5. Konferences						1				1				1
6. Promocijas un maģistru darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7. Reģistrētais Latvijas patents														1

6. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Raksturot metāla virsmas un noteikt vislabākās testēšanas metodes	X	X	X	X	X	X								
1.1. metodes izstrāde metāla paraugu virsmas sagatavošanai – griešana, raupjā pulēšana, smalkā pulēšana	X	X		X	X									
1.2. metodikas izstrāde pilnvērtīgai paraugu virsmas analīzei (optiskā mikroskopija, atomspēku mikroskopija, skenējošā elektronmikroskopija, profilometrija)			X	X	X	X								
2. Izstrādāt stendu un sagatavot klimata simulatoru metāla virsmas berzes un nodiluma samazināšanas pārbaudēm	X	X	X	X	X	X								
2.1. laboratorijas iekārtas (stenda) un datorprogrammas, kas detektē parauga kustību noteiktā leņķī, izstrāde	X	X												
2.2. klimata stimulatora pielāgošana darbam zemās temperatūrās		X	X	X	X									
2.3. metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos (nodevums)	X	X	X	X	X	1								
3. Modificēt metāla virsmas, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām					X	X	X	X	X	X	X	X		
3.1. metodikas izstrāde metāla virsmu modificēšanai slīdamības palielināšanai (virsmas raupjums, cietība, ķīmiskās modifikācijas)					X	X	X	X	X	X	X			
3.2. rekomendāciju izstrāde par virsmas modifikācijām, kas visvairāk palielina slīdamību metālam pa ledu (nodevums)										X	X	1		
4. Aprakstīt likumsakarību slīdamībai starp metāla virsmām un ledu (nodevums)											X	X	1	
5. Izstrādāt metodes slīdamības uzlabošanai lielākai virsmai reālos apstākļos						X	X		X	X	X	X	X	X
5.1. metode slīdamības noteikšanai pa garāku ledus virsmu reālos apstākļos, salīdzinājums ar laboratorijas iekārtu (nodevums)						X	X			X	X	1		
5.2. metode liela metāla parauga virsmas modificēšanai									X	X	X	X		
5.3. rekomendācija metāla virsmas modificēšanai, lai uzlabotu slīdamību reālos apstākļos, modificētā materiāla pielietojums													X	1

(nodevums)														
6. Publikācijas, Scopus						1				1				1
7. Konferences					1				1				1	
8. Populārzinātniskas rpublicācijas									1					
179. Semināris										X				X
10.Maģistra darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11. Patents Latvijas teritorijā														1
12. Ieviešanai nodotas jaunas metodes														1