

Zinātniskais pārskats par valsts pētījumu programmas 2. 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 2015. gada 1. janvāra līdz 2015. 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:

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 (otreizējo) 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 2. posma periodā nopublicēti kopumā 25 zinātniskie raksti, no kuriem 14 ievietoti Scopus vai Web of Science datu bāzēs (1. projekta rezultatīvais rādītājs ir 9 pilna teksta zinātniskie raksti, 2. projekta rezultatīvais rādītājs ir 1 raksts, 3.projekta ietvaros publicēti – 10 raksti, 4. 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 32 starptautiskās konferencēs, kur uzstājušies ar ziņojumiem vai stenda referātiem.

Šī perioda laikā kopumā apstiprināta dalība vairākās starptautiskās konferencēs, ko apliecina sagatavotie un publicēšanai apstiprinātie 14 konferenču abstrakti vai pilna teksta zinātniskie raksti.

Programmas ietvaros aizstāvēto maģistru darbu skaits 2. posma periodā ir 13 bet aizstāvēto bakalaura darbu skaits – 18.

Atbilstoši plānotajam, VPP IMATEH ir iesaistīti doktorantūrā studējošie jaunieši un programmas 2. 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 veikspējas 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, aizstāvēšanās 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. E.Labans "Saplākšņa sendviča-konstrukcijas multifunkcionālo īpašību integrācija un optimizācija". Darba vadītājs – K. Kalniņš. Darbs iesniegts Latvijas Zinātņu akadēmijas promocijas padomē un nozīmēts aizstāvēbai 2016. gada pavasarī;
13. M.Ķirpļuks “No atjaunojamām izejvielām iegūtu poliuretāna putuplasta un nano izmēra dabas izcelsmes pildvielu kompozītu īpašības”. Darba vadītājs – U.Cābulis.

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

1. U. Lencis aizstāvēja promocijas darbu „Metodoloģija ultraskaņas impulsu metodes pielietošanai konstrukciju betona stiprības novērtēšanā”, vadītājs A. Korjaks, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu (18.06.2015.).
2. A. Sprince aizstāvēja promocijas darbu “Metodoloģija īpaši smalkgraudainu cementa kompozītu ilglaicīgo īpašību noteikšanai un plaisu attīstības izpētei”, vadītājs A. Korjaks, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu (10.04.2015.).

Iesniegti 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 2. posma laikā izstrādātās metodes (pielikums elektroniski: Nr. NN):

1. Augstas veikspējas īpašību cementa kompozītmateriālu ar mikropildvielām ieguves metodes (1. projekts);
2. Bituminēto kompozītu sastāvu ražošanas metode, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus (1.projekts);

3. Pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju (5 projekts);
4. Pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (5 projekts);
5. Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos (6 projekts).

Papildus tam tika aktīvi strādāts, lai 2015. gadā noorganizētu divas zinātniskās konferences - IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015, 30.09.-02.10.2015, kā arī 56. Studentu Zinātniskā un Tehniskā Konference 28.04.2015 (sīkāku informāciju skatīt <http://imateh.rtu.lv/konferences/>).

Projekta pārstāvji 26.05.2015., 2.07.2015., 9.09.2015 un 02.10.2015 ir piedalījušies VPP IMATEH semināros par projekta norisi un īstenošanu.

Projekta ietvaros 27.01.2015 ir rīkots seminārs studentiem, lai prezentētu viņiem VPP 1.projekta mērķus, uzdevumus un ieguvumus, kas tiks sasniegti, īstenojot VPP projektu.

Papildus ir rīkoti sekojoši semināri: seminārs “Sadarbības iespēja ar vācu uzņēmumu MC Bauchemie” (10.11.2015.), seminārs “Pētījumi un darbības virzieni projekta rezultātu komercializācijai. Informācija LZA pārstāvjiem” (27.11.2015.), seminārs “Saplākšņa ribotu plātņu lieces nestspējas izpētes progress. Diskusija ar industrijas pārstāvjiem” (11.12.2015.).

Sagatavots un publicēts populāri – zinātnisks raksts “Innovative materials and smart technologies for environmental safety, IMATEH” Rīgas Tehniskās universitātes izdotajā žurnālā “Safety and security”, 4. izdevums, lpp. 10-12., kā arī Paeglītis A., Koka tilti Latvijā – vēsture un perspektīvas (Timber bridges in Latvia – history and perspective), Būvinženieris, 2015.gada decembris, Nr.47, lpp. 156-163.

2015. gadā tika noorganizēta divas zinātniskās konferences – IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015, 30.09.-02.10.2015, kā arī studentu zinātnisko konference 28.04.2015.

IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015 konferences 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.

Programmas popularizēšanai studējošo vidū 2015.gada 16.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 2015.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 2.posmā sasniedz 231397.34 Eur.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2015 - 31.12.2015

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8154	A.Korjamins	Apkārtējo ēku monitorings, Kalēju iela 53 kvartāls, kurš ierobežots ar Kalēju, Alksnāja, Mazās Peitavas un Peitavas ielām	SIA ATTOR	4585.90	01.05.15-31.12.15
L8175	A.Korjamins	Jaunā inovatīvā siltumizolācijas materiāla, kas ir GPS un Izoprok savienojums, īpašību pētījumi	SIA THERMEKO	24200.00	27.06.15-01.03.16
L8181	A.Korjamins	Veikt klimata kameras salturības testu sagatavotajiem paraugiem ar pievienotu ALINA additives	SIA Green Industry Innovation center	2940.30	18.05.15-20.06.15
L8201	A.Korjamins	Rīgas Doma, Herdera laukumā 6, Rīgā, LV-1050 monitoringa darbi (Doma baznīca un klostera ansamblis)	Latvijas evaņģēliski luteriskā baznīca	2943.93	01.09.15-30.10.15
L8216	A.Korjamins	Videi draudzīgu granulu tehnoloģiskā ekspertīze, lai būtu faktoloģiski pierādījumi fizikālajām īpašībām	SIA Green Industry Innovation center	943.80	14.10.15-27.10.15
L8223	A.Korjamins	Rīgas Doma velvju plaisu monitorings un ēkas ekspluatācijas drošības novērtēšana	SIA Rīgas Doma pārvalde	10830.71	02.11-31.07.17
L8178	V.Haritonovs	Latvijā pieejamā reciklētā asfalta īpašību analīze un vadlīniju izstrāde, izmantošanai karstajos asfalta maisījumos	VAS Latvijas Valsts ceļi	66977.70	01.06.15-15.05.17
L8193	V.Haritonovs	Pelnu izmantošana meža autoceļos	AS Latvijas Valsts meži	72600.00	10.09.15-01.04.17
				231397.34	

1.8.Programmas 1. posma rezultatīvie rādītāji un to izpilde

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		2015						
		2014. kopā	2015.	t. sk. iepriekšējā periodā uzsākts	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	51	3	25	28				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	17	0	1	1				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	34	3	24	27				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	51	11	33	44				
promocijas darbu skaits	10	0	2	2				
maģistra darbu skaits	41	6	13	19				

bakalauru darbu skaits	0	5	18	23				
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji								
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	86	5	53	58				
konferences	35	1	32	33				
semināri	20	1	7	8				
rīkoti semināri	20	2	10	12				
populārzinātniskas publikācijas	11	1	2	3				
izstādes, demonstrācijas	1	0	1	1				
uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	0				
Betona olimpiāde	3	0	1	1				
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	121	29	14	43				
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	540000	181351	231397	412748				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	295000	24320	0	24320				
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)	0	0	0	0				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	245000	157031	231397	388428				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	7	0	2	2				
Latvijas teritorijā	7	0	2	2				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	19	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	8	0	0	0				

* 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	- 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

projektu īstenošanā un VPP IMATEH programmas īstenošana notiek saskaņā ar aktivitāšu izpildes grafiku (sk. pielikumus). 3. 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. 4. RTU ir radīta laba zinātniskā infrastruktūra, kas nodrošinās VPP izvirzīto uzdevumu sekmīgu izpildi. 5. RTU zinātniskajiem institūtiem ir cieša sadarbība ar ražošanas uzņēmumiem, kuri ir ieinteresēti VPP ietvaros veikto pētījumu ieviešanai ražošanā, vai izmantošanai tautsaimniecisku problēmu risināšanai. 6. RTU ir liela pieredze zinātnisko projektu administrēšanā.	ar izdevumiem pētniecisko uzdevumu veikšanai, apdraudot institūciju darbību kopumā. 3. Finansējuma samazinājums var apdraudēt arī pētnieciskās aparatūras uzturēšanu, materiālas bāzes nodrošinājumu un adaptāciju VPP uzdevumu veikšanai. 4. Var mainīties pētījumu rezultātos ieinteresēto uzņēmumu prioritātes, līdz ar to var rasties grūtības jauno produktu vai tehnoloģiju aprobācijā ražošanas apstākļos. 5. Mainīgā ekonomiskā situācijā var mainīties programmas realizācijai nepieciešamo materiālu, aparatūras un pakalpojumu cenas.
--	--

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. 2. VPP realizācijā tiks iesaistīti dažāda līmeņa un dažādu nozaru studenti un jaunie zinātnieki, kas paaugstinās viņu kvalifikāciju, ļaujot sekmīgāk iekļauties darba tirgū. 3. Atbilstoši VPP tēmai, katrs no paredzētiem pētījumu uzdevumiem dos individuālu rezultātu ar nozīmīgu sinerģētisku sociālo un tautsaimniecības efektu.	1. Finansējuma samazinājums pašreizējā situācijā tieši VPP vai zinātniskajai darbībai un augstākajai izglītībai kopumā var būtiski apdraudēt programmas realizāciju un tās iespējamo pienesumu. 2. Organizatoriskas izmaiņas, kas varētu būtiski mainīt viena vai vairāku izpildītāju statusu (institūtu apvienošana, likvidācija, cita veida reorganizācija). 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 lietisķo 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.). 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.

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.

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 apsteidzošie plānotie pasākumi liecina par iespēju turpināt IMATE programmu atbilstoši sākotnējam pieteikumam.

Līdz ar to 2. posmā plānoto uzdevumu izpilde tika novērtēta kā uzdevuma izpilde ar zemu neizdošanās risku un tāds pats vērtējums tiek dots 3. posmā plānoto uzdevumu izpildei.

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 uzsvāru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos.
- **2.pamatuzdevums:** Veikt pētījumus par ekonomiskiem, ekoloģiskiem un ilgmūžīgiem bitumīnēto 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 uzsvāru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos.

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

2.posma uzdevums: Veikt ilgmūžības pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem (spiedes pretestība >80Mpa) infrastruktūras un sabiedriskām būvēm no vietējām izejvielām.

Augstas veiktspējas betona ilgmūžību būtiski ietekmē mikropiedevas, kas pievienotas betona sastāvā. Tradicionāli betons bez mikropiedevām uzrāda zemākus mehāniskos un ilgmūžības rādītājus, tādējādi, lietojot efektīvas mikropiedevas, iespējams būtiski uzlabot betona kvalitātes rādītājus un iegūt augstas veiktspējas betonus. Mikropiedevu ietekme uz betona īpašībām ļauj optimizēt betona izejvielu kompozīciju, samazinot energoietilpību un

ekonomiski neizdevīgu materiālu patēriņu ražošanas procesā. Betona sastāvā izteikti energoietilpīga izejviela ir portlandcements, kura ražošanā izdalās 0.8-1.0 t CO₂ uz 1t saražotā cementa klinkera un pasaulē cementa ražošanas radītie CO₂ izmeši ir 5-7% no kopējā emitētā izmešu daudzuma. 2015. gadā Latvijas cementa klinkera ražošanas industrijai CO₂ ekvivalentā emisijas sastāda 648 tūkst. t no Latvijā kopēji saražotajām 12820 tūkst. t CO₂ ekvivalenta, kas sastāda 5% no kopējā apjoma.

1.projekta posmā tika izstrādātas ekonomiski pamatotas un tehnoloģiski lietojamas receptūras augstas veiktspējas cementa kompozītiem ar spiedes pretestību virs 80 MPa infrastruktūras un sabiedriskām būvēm no vietējām izejvielām, izmantojot Baltijas reģionā, bet īpaši Latvijā, pieejamās mikropiedevas, kuru apjomi un pieejamība ir atbilstoša ilgtspējīgai būvniecībai.

Mikropiedevu izmantošanas mērķis ir nodrošināt betona vienības izmaksu samazinājumu, aizstājot ar tām noteiktu cementa daudzumu, tajā pašā laikā uzlabojot betona fizikāli-mehāniskās īpašības un paaugstinot ilgmūžības rādītājus. Papildus tam svarīgi ir ieguvumi vides aizsardzības jomā, jo samazināts cementa patēriņš vienas betona vienības saražošanai, veicina CO₂ emisijas apjoma un neatjaunojamo dabas resursu samazinājumu cementa ražošanas procesa laikā.

Pārskata periodā tika izgatavots augstu īpašību betons un noteikta mikropiedevu ietekme uz svaiga un sacietējuša betona īpašībām. Tika izgatavoti betona sastāvi ar metakaolīnu saturošiem atkritumproduktiem, cenosfērām, mikrosilīciju, dezintegrētām kvarca, kvarca un dolomīta smiltīm un šīs mikropiedevas aizstāja cementu betonā 5; 10 un 15% apjomā no cementa masas. Aizstājot cementu ar mikropiedevām, tika noteikts, kā tas ietekmē svaiga betona iestrādājamību. Maisīšanas procesā tika saglabāta pašblīvējoša betona iestrādājamība un konstanta ūdens-cementa attiecība (Ū/C), pievienojot maisījumam papildus plastifikatoru. Sacietējušam betonam tika noteikts spiedes stiprības palielinājums 7, 28 un 180 dienu vecumā un noskaidrota mikropiedevu ietekme uz betona spiedes stiprību. Pārskata periodā ir sāktas un turpinātas betona ilgmūžības pārbaudes – betona pretošanās cikliskai sasalšanas-atkušanas iedarbei (salturība), pretošanās hlora jonu migrācijai betona struktūrā (hlorīdu tests) un novērtētas sārmu-silīcija reakcijas (ASR) betona struktūrā.

Ir publicēti 3 pilna teksta zinātniskie raksti (2 raksti iekļauti 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, Volume 674, 2016, 65-70;
 - a. <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. Bumanis, G., Toropovs, N., Dembovska, L., Bajare, D., Korjamins, A. The Effect of Heat Treatment on the Properties of Ultra High Strength Concrete, Environment. Technology. Resources, Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, Volume 1, 2015, 22-27;
 - a. <http://journals.ru.lv/index.php/ETR/article/view/209>
3. Baronins, J., Setina, J., Sahmenko, G., Lagzdina, S., Shiskin A. Pore Distribution and Water uptake in a Cenosphere – Cement Paste Composite Material, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015;
 - a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012011/pdf>

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 3 konferencēs:

1. Bumanis, G., Bajare, D., Korjamins, A. Durability of High Strength Self Compacting Concrete with Metakaolin Containing Waste, 24th International Baltic Conference Baltmattrib, Tallinn, Estonia, 5.11-6.11.2015 (tikš publicēts Scopus 2016);
2. Bumanis, G., Toropovs, N., Dembovska, L., Bajare, D., Korjamins, A. The Effect of Heat Treatment on the Properties of Ultra High Strength Concrete, 10th International Conference Environment. Technologies. Recourses, Rēzekne, Latvia, 18.-20.06.2015;
3. Baronins, J., Setina, J., Sahmenko, G., Lagzdina, S., Shiskin A. Pore Distribution and Water uptake in a Cenosphere – Cement Paste Composite Material, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015.

Ir sagatavoti un iesniegti 2 abstrakti vai pilna teksta raksti 2 konferencēs, kas notiks 2016. gadā.

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. Janvāris 2016, Stambula, Turcija;
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 – Augusts, 2016, Kopenhāgena, Dānija.

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

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

Palielinoties bitumena saistvielas un minerālmateriālu izmaksas, ir pieaugusi interese izmantot palielinātu reciklētā asfaltbetona (RAP) daudzumu jaunu asfaltbetona (HMA) maisījumu ražošanā. RAP materiāla izmantošanas īpatsvars ir ievērojami palielinājies pēdējos divdesmit gadu laikā.

Ceļu būvniecība, kā nozare, ir ļoti materiālietilpīga un savos būvniecības procesos patērē ievērojamus energoresursus, kā rezultātā atstāj paliekošas sekas apkārtējā vidē. RAP izmantošana jaunu HMA maisījumu ražošanā ir ne tikai ekonomiska un videi draudzīga, bet arī ļauj ietaupīt un saglabāt neatjaunojamās dabas resursus. Finansiālais ieguvums ir tieši redzams, bet nav vienīgais. Pārstrādājot atgūtos asfaltbetona materiālus, tiek samazināts energoresursu patēriņš, kas nepieciešams, lai saražotu, piegādātu un iestrādātu jaunus minerālmateriālus būvniecības laikā, tiešā veidā saudzējot apkārtējo vidi.

Ieguvumi no reciklētā asfaltbetona izmantošanas jaunu asfaltbetonu segumu ražošanā:

- būvniecības izmaksu samazinājums;
- mazāk nelietderīgo materiālu;
- transporta izmaksu samazinājums;
- minerālmateriāla un saistvielas patēriņa samazinājums;
- enerģijas ietaupījums;
- vides saglabāšana (toksisko un gāzu emisiju samazinājums);
- esošā ceļa segas ģeometrijas saglabāšana;

- samazinās ceļu nolietojums, samazinoties materiālu transportēšanai;
- 20 – 50% RAP izmantošana maisījumā, dod 14 – 34% izmaksu ekonomiju uz katru saražoto asfaltbetona tonnu.

Reciklētā asfaltbetona izmantošana jaunu asfaltbetona maisījumu ražošanā Latvijā ir attīstības stadijā, tādēļ darbā tiks apskatītas aktuālās ražošanas, pārstrādes un uzglabāšanas metodes RAP materiālam. Pētījumā tiks izstrādāta asfaltbetonu sastāvu ar augstu RAP saturu receptūra. RAP bitumena atjaunošana tiks veikta ar zemākās viskozitātes bitumenu (B70/100 vai B100/150), savukārt RAP minerālmateriālam tiks pievienotas vietējas dolomīta šķembas. RAP daudzuma optimizācija tiks veikta baltoties uz ekspluatācijas īpašībām (risu noturība, noturība pret noguruma un termoplaису veidošanos).

Ir publicēti 2 pilna teksta zinātniskie raksti (iekļauti datu bāzēs Web of Science vai Scopus)

1. Haritonovs, V., Zaumanis, M., Izaks, R., J. Tihonovs, Hot Mix Asphalt with High RAP Content, Procedia Engineering, Volume 114, 2015, Pages 676-684;
 a. <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84946042865&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=haritonovs&st2=&sid=8C1DC23548743E315805D68F5791B7D8.euC1gMODexYlPkQec4u1Q%3a10&sot=b&sdt=b&sl=23&s=AUTHOR-NAME%28haritonovs%29&relpos=4&citeCnt=0&searchTerm=AUTHOR-NAME%28haritonovs%29>
2. Haritonovs, V., Tihonovs, J., Smirnovs, J. High Modulus Asphalt Concrete with Dolomite Aggregates, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015;
 a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012084/pdf>

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 2 konferencēs:

1. Haritonovs, V., Zaumanis, M., Izaks, R., J. Tihonovs, Hot Mix Asphalt with High RAP Content, Funchal, Portugal, 1.09-4.09.2015;
2. Haritonovs, V., Tihonovs, J., Smirnovs, J. High Modulus Asphalt Concrete with Dolomite Aggregates, 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies” IMST 2015, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015.

Ir sagatavoti un iesniegti pilna teksta raksti 2 konferencēs, kas notiks 2016. gadā:

1. Haritonovs, V., Tihonovs, J., Smirnovs, J. High Modulus Asphalt Concrete With Dolomite Aggregates, Transport Research Arena Conference -TRA 2016, Warsaw, Poland, 18.04-21.04.2016;
2. Haritonovs, V., Tihonovs, J., Smirnovs, J. Use of low quality aggregates in hot mix asphalt concrete, 6th Eurasphalt and Eurobitume Congress, Prague, Czech Republic, 1.06.-3.06.2016.

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.

1.posma uzdevums: *Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei.*

Lai sasniegtu projekta otrajā periodā uzstādīto uzdevumu tika izstrādāta datu apkopošanas sistēma, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei. Tā sastāv no 11 sensoriem (5 temperatūras, 5 mitruma un viena siltuma plūsmas sensora), kas paredzēti iestrādei eksperimentālos ēku norobežojošo konstrukciju blokos vai esošu ēku konstrukcijās, un datu savācējā/uzkrājējā, kas uzkrātos datus ar bezvadu mobilā tīkla palīdzību, noglabā FTP serverī. Izveidotā sistēma tika testēta lauka un laboratorijas apstākļos un tai veikti attiecīgi uzlabojumi, lai nodrošinātu sistēmas pilnvērtīgu darbību. Tās darbība testa režīmā tika salīdzināta ar standarta siltuma plūsmas mērīšanas sistēmu un tika konstatēts, kā rezultāti ir stabili un novirzes nepārsniedz 10%.

Pēc pilnveidošanas un aprobācijas, sistēma tika uzstādīta eksperimentālam sienas panelim, kas iebūvēts esošā sienā loga bloka vietā, lai veiktu datu uzkrāšanu. Sienas panelis izgatavots no laboratorijā pārbaudīta šķiedru un saistvielas maisījuma, kas ļaus laboratorijas rezultātus salīdzināt ar lauka apstākļos iegūtiem rezultātiem. Mērījumu uzkrāšana sāka tūlīt pēc paneļa instalēšanas, tādējādi ļaujot novērtēt un pētīt siltuma plūsmas un mitruma migrācijas procesus, kas rodas ne tikai ārējo apstākļu iedarbības rezultātā, bet arī ražošanas tehnoloģiskā ūdens iztvaikošanas rezultātā.

Papildus tam sistēma izmantota, lai novērtētu šī brīža mitruma migrāciju un siltuma plūsmu esošas ēkas sienas posmam, kas projekta gaitā tiks papildināts ar dabīgo šķiedraugu siltumizolācijas blokiem, tādējādi uzlabojot sienas siltumtehnikos parametrus.

Iepriekšējos pētījumos tika secināts, kā dabisko šķiedru materiālu ražošanai uz kaļķa bāzes Latvijā ir liels potenciāls, bet to izmantošanas ierobežojumi ir saistīti ar nepietiekamu stiprību un klimatiskiem faktoriem. Lai uzlabotu materiāli fizikālās un mehāniskās īpašības, arī otrajā projekta posmā tika izveidoti jauni šķiedru kompozītmateriāla sastāvi un veikta to mehānisko un fizikālo īpašību noteikšana. Paraugi tika izgatavoti no kaņepju spaļiem, kurus piegādāja visi lielākie kaņepju ražotāji. Papildus tam turpināti pētījumi, lai meklētu un novērtētu alternatīvas minerālas saistvielas no vietējām izejvielām, kas spētu uzlabot materiāla mehāniskās īpašības. Viens no perspektīviem risinājumiem ir ģipša cementa pucolāna saistviela, kas dod lielāku stiprību un mitrumizturību nekā kaļķa bāzes saistvielas. Kā alternatīva saistviela kaņepju kompozītam tika izskatīts sapropelis, kas ir atjaunojamais un videi draudzīgs materiāls.

Gan industriāli izgatavotam sienu paneļiem, gan laboratorijā izgatavotiem šķiedru kompozītmateriāliem veikti mehāniskās izturības testi, izmantojot 3-punktu lieces shēmu. Visiem eksperimentāliem sastāviem noteikta siltumvadītspēja un izveidota siltumvadītspējas blīvuma attiecības līkne. Veikts speciāli izgatavotas kaņepju kompozīta plātnes ugunsizturības tests saskaņā ar LVS EN 13823:2010.

Iegūtie pētījuma dati apkopoti un prezentēti konferencēs un konferenču rakstu krājumos. Papildus šajā posmā uzsākts dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķins, sākot no datu ieguve un to apstrāde.

Ir publicēti 4 pilna teksta zinātniskie raksti (2 iekļauti datu bāzēs Web of Science vai Scopus)

1. Sinka, M., Radina, L., Sahmenko, G., Korjamins, A., Bajare, D. Enhancement of lime-hemp concrete properties using different manufacture technologies, Proceedings of 1st International Conference on Bio-based Building Materials (ICBBM), 2015;
2. Sinka, M., Radina, L., Sahmenko, G., Korjamins, A., Bajare, D. Hemp Thermal insulation Concrete with Alternative Binders, Analysis of their Thermal and Mechanical Properties, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015;
 - a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012029/pdf>
3. Pleiksnis, S. Sinka, M., Sahmenko, G. Experimental justification for sapropel and hemp shives use as thermal insulation material in Latvia, Environment. Technology.

Resources, Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, Volume 1, 2015, 175-181;

a. <http://journals.ru.lv/index.php/ETR/article/view/211>

4. Obuka, V., Sinka, M., Klavins, M., Stankevics, K., Korjamins, A. Sapropel as Binder: Properties and Application Possibilities for Composite Materials, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015;

a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012026/pdf>

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 4 konferencēs:

1. Sinka, M., Radina, L., Sahmenko, G., Korjamins, A., Bajare, D. Enhancement of lime-hemp concrete properties using different manufacture technologies, 1st International Conference on Bio-based Building Materials (ICBBM), Clermont-Ferrand, France, 21.06-24.06.2015;
2. Sinka, M., Radina, L., Sahmenko, G., Korjamins, A., Bajare, D. Hemp Thermal insulation Concrete with Alternative Binders, Analysis of their Thermal and Mechanical Properties, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015;
3. Pleiksnis, S. Sinka, M., Sahmenko, G. Experimental justification for sapropel and hemp shives use as thermal insulation material in Latvia, Environment. Technology. Resources, Rezekne, Latvia, 18.06-20.06.2015;
4. Obuka, V., Sinka, M., Klavins, M., Stankevics, K., Korjamins, A. Sapropel as Binder: Properties and Application Possibilities for Composite Materials, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015.

Ir sagatavoti un iesniegti 2 abstrakti vai pilna teksta raksti 2 konferencēs, kas notiks 2016. gadā.

Projekta Nr.1 ietvaros ir vadīti un aizstāvēti 4 maģistra un 13 bakalaura darbi un 2 promocijas darbi.

Maģistra darbi:

1. M.Jaungailis-Gailis „Nanomateriālu un nanosistēmu izmantošana būvmateriālu ražošanā”;
2. R.Latkovska „Dzelzsbetona konstrukciju betona bojājumu agresīvas vides ekspluatācijas rezultātā”;
3. N. Pleiko, „Augstas veiktspējas betons ar dolomīta atsijām”;
4. I. Talanovs „Inovatīvo būvmateriālu attīstība uz nanosistēmu pamata”.

Bakalaura darbi:

1. M.Luriņa „Nanomateriālu attīstība un izmantošana būvmateriālu nozarē”;
2. E.Namsone „Divkomponentu beramā siltumizolācija”;
3. J.Jankovskis “Augstas veiktspējas šūnu betona sastāva un mikrostruktūras ietekme uz materiāla īpašībām”;
4. I.Cikanovičs “Dzelzsbetona konstrukciju pastiprināšana ar oglekļa šķiedras kompozītmateriāliem”;
5. V.Stirāne “Dažādu būvmateriālu masas, tilpummasas un blīvuma vērtību korektums būvprojektēšanā”;
6. M.Šķēle “Armējuma ietekmes novērtējums šķiedru kompozītmateriāliem liecē”;
7. V.Politiko “Betona grīdas ar disperso stiebrojumu”;
8. V.Ignatjevs “Pablīvējošo betona maisījuma ar pārstrādāto betona pildvielu izstrāde”;

9. J.Krauklītis “Ekoloģiskais pašblīvējošais betons ar samazinātu cementa un aizvietoto dabīgo šķembu daudzumu”;
10. J.Umbrovskis “Metodoloģija sienu siltumizolācijas materiālu optimālai izvēlei”.
11. Inna Klasa “Bitumena struktūras un īpašību noteikšana, izmantojot atomspēka mikroskopu”;
12. Artūrs Riekstiņš “Plānkārtas ceļa segas dilumkārtu slāņu (AC-TL) īpašību un pielietojuma izpēte”;
13. Ieva Zaharova “Minerālmateriālu un bitumena mijiedarbības noteikšana un analīze”.

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 veiktspējas betona ugunsturība”, vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2016.gadā.

18.06.2015. U. Lencis aizstāvēja promocijas darbu „Metodoloģija ultraskaņas impulsu metodes pielietošanai konstrukciju betona stiprības novērtēšanā”, vadītājs A. Korjaks, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu.

10.04.2015. A. Sprince aizstāvēja promocijas darbu “Metodoloģija īpaši smalkgraudainu cementa kompozītu ilglaicīgo īpašību noteikšanai un plaisu attīstības izpētei”, vadītājs A. Korjaks, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu.

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta 1 projekta 2. posma laikā izstrādātās metodes (pielikums elektroniski: Nr. NN):

1. Augstas veiktspējas īpašību cementa kompozītmateriālu ar mikropildvielām ieguves metodes (1. pamatuzdevums);
2. Bituminēto kompozītu sastāvu ražošanas metode, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus (2 pamatuzdevums).

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji

Projekta pārstāvji 26.05.2015., 2.07.2015., 9.09.2015 un 02.10.2015 ir piedalījušies VPP IMATEH semināros par projekta norisi un īstenošanu.

Projekta ietvaros 27.01.2015 ir rīkots seminārs studentiem, lai prezentētu viņiem VPP 1.projekta mērķus, uzdevumus un ieguvumus, kas tiks sasniegti, īstenojot VPP projektu.

Sagatavots un publicēts populāri – zinātnisks raksts “Innovative materials and smart technologies for environmental safety, IMATEH” Rīgas Tehniskās universitātes izdotajā žurnālā “Safety and security”, 4 izdevums, lpp. 10-12.

2015. gadā tika noorganizēta divas zinātniskās konferences – IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015, 30.09.-02.10.2015, kā arī studentu zinātnisko konference 28.04.2015.

IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015 konferences 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.

Programmas popularizēšanai studējošo vidū 2015.gada 16.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 2015.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 2.posmā sasniedz 231397.34 Eur.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2015 - 31.12.2015:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8154	A.Korjamins	Apkārtojo ēku monitorings, Kalēju iela 53 kvartāls, kurš ierobežots ar Kalēju, Alksnāja, Mazās Peitavas un Peitavas ielām	SIA ATTOR	4585.90	01.05.15-31.12.15
L8175	A.Korjamins	Jaunā inovatīvā siltumizolācijas materiāla, kas ir GPS un Izoprok savienojums, īpašību pētījumi	SIA THERMEKO	24200.00	27.06.15-01.03.16
L8181	A.Korjamins	Veikt klimata kameras salturības testu sagatavotajiem paraugiem ar pievienotu ALINA additives	SIA Green Industry Innovation center	2940.30	18.05.15-20.06.15
L8201	A.Korjamins	Rīgas Doma, Herdera laukumā 6, Rīgā, LV-1050 monitoringa darbi (Doma baznīca un klostera ansamblis)	Latvijas evaņģēliski luteriskā baznīca	2943.93	01.09.15-30.10.15
L8216	A.Korjamins	Videi draudzīgu granulu tehnoloģiskā ekspertīze, lai būtu faktoloģiski pierādījumi fizikālajām īpašībām	SIA Green Industry Innovation center	943.80	14.10.15-27.10.15
L8223	A.Korjamins	Rīgas Doma velvju plaisu monitorings un ēkas ekspluatācijas drošības novērtēšana	SIA Rīgas Doma pārvalde	10830.71	02.11-31.07.17
L8178	V.Haritonovs	Latvijā pieejamā reciklētā asfalta īpašību analīze un vadlīniju izstrāde, izmantošanai karstajos asfalta maisījumos	VAS Latvijas Valsts ceļi	66977.70	01.06.15-15.05.17
L8193	V.Haritonovs	Pelnu izmantošana meža autoceļos	AS Latvijas Valsts meži	72600.00	10.09.15-01.04.17
				231397.34	

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. Veikt ilgmūžības pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem (spiedes pretestība >80MPa) infrastruktūras un sabiedriskām būvēm no vietējām izejvielām.	Pārskats par augstas veiktspējas cementa kompozītmateriālu ilgmūžību. Iesniegtas 2 publikācijas.
Augstu īpašību betons ar uzlabotiem spiedes stiprības rādītājiem ir loģisks attīstības posms tradicionālajam betonam, ko plaši pielieto mūsdienīgu būvniecībā. Uzlabotie spiedes stiprības un ilgmūžības rādītāji ļauj veidot atvieglota svara konstrukcijas, kuras ir daudz efektīvākas par pašreiz lietotajām, tajā pašā laikā saglabājot visas drošības, ilgmūžības un estētiskās prasības. Tā kā augstu īpašību betona iegūšana tradicionāli saistās ar paaugstinātu cementa patēriņu, samazinātu Ū/C, plastifikatoru un mikropiedevu lietošanu, nepieciešams apzināties efektīvākās mikropiedevas, novērtēt pieejamās piedevas, lai varētu veidot racionālu augstu īpašību betonu sastāvu, ievērojot maksimāli zemu cementa patēriņu. Pārskata periodā noteikta mikropiedevu efektivitāte un ietekme uz betona fizikālajām un mehāniskajām īpašībām, kā arī testēti betona ilgmūžības parametri – salizturība, hlorīdu migrācija, sārnu-silīcija reakcijas. Secināts, ka mikropiedevas (kalcinēti kaolīna māli, mikrosilīcijs, cenosfēras, apvadkanālu putekļi no cementa ražošanas) ir izmantojami kā daļēji cementa aizvietotāji (atsevišķos gadījumos līdz pat 15% no cementa masas), tajā pašā laikā nesamazinot vai pat uzlabojot spiedes stiprības rādītājus. Efektīvākā piedeva no stiprības viedokļa ir mikrosilīcijs, kurš, aizstājot cementu 15% no tā masas, uzrāda ievērojami augstākus mehāniskos rādītājus. Metakaolīnu saturoši atkritumprodukti uzrāda līdzvērtīgus spiedes stiprības rezultātus ar kontroles sastāvu bez mikropiedevām, savukārt sastāvi ar cenosfērām un apvadkanālu putekļiem mehāniskās īpašības neuzlabo un novērojams neliels stiprības samazinājums, kas izskaidrojams ar augsto cenosfēru porainību un apvadkanālu putekļu smalkumu. Otrajā projekta periodā projektētajiem betona sastāviem tiek veiktas ilgmūžības īpašību pārbaudes un tiek novērtēta mikropiedevu ietekme uz materiāla strukturālām izmaiņām. Betona paraugiem ar dažādām mikropiedevām noteikta pretošanās spēja cikliskai sasalšanas-atkušanas iedarbībai. Betona sastāviem ar metakaolīnu saturošiem atkritumproduktiem kā daļēju cementa aizvietotāju salturības pārbaudes uzrāda, ka visefektīvāk ir aizvietot 10% no cementa masas ar šo mikropiedevu, tādējādi iegūtais betons spēj izturēt 500 sasalšanas-atkušanas ciklus saskaņā ar LVS 156-1:2009 ar standartā pieļaujamajiem stiprības zudumiem, pamatsastāvs un sastāvs ar 5 un 15% piedevu neizturēja 500 ciklu pārbaudi no stiprības viedokļa. Tiek pārbaudīta salturība augstu īpašību betonam ar mikrosilīciju un cenosfērām. Mikropiedevu pievienošanai betona sastāvā uzrāda pozitīvu rezultātu tādām ilgmūžības rādītājam kā hlorīdu migrācija. Pamatsastāvs bez mikropiedevām uzrāda līdz pat 3.5 reizes augstāku hlorīdu iespiešanās dziļumu, salīdzinot ar sastāviem, kuros cements aizstāts līdz pat 15% ar metakaolīnu saturošiem atkritumproduktiem. Hlorīdu iespiešanās zema koeficients ir būtisks dzelzsbetona konstrukcijās, kurām ir būtiska tērauda stieģrojuma aizsardzība pret hloru joniem, kas veido agresīvu vidi un veicina stieģrojuma koroziju un sairšanu. Sārnu-silīcija reakcijas tiek ierobežotas, ja betona struktūrā tiek iekļautas mikropiedevas. Pievienojot 15% mikropiedevu, kaitīgās izplešanās deformācijas betona struktūrā, kas izraisa plaisāšanu un padara betonu kaitīgu apstākļu caurlaidīgu, tiek samazinātas pat vairāk kā 2 reizes. Pārskata periodā ir iesāktas un turpinās citas ilgmūžības pārbaudes un veikti ilgmūžības	

eksperimenti ar atšķirīgām mikropiedevām.	
2. Izstrādāt receptūru bituminēto kompozītu sastāviem ar augstam 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.
Pārskata periodā izstrādāta asfaltbetonu sastāvu ar augstu RAP saturu receptūra. RAP bitumena atjaunošana tiks veikta ar zemākās viskozitātes bitumenu (B70/100 un B100/150), savukārt RAP minerālmateriālam tika pievienotas vietējas dolomīta šķembas. RAP daudzuma optimizācija tiks veikta baltoties uz ekspluatācijas īpašībām (risu noturība, noturība pret noguruma un termoplaisu veidošanos). Šajā periodā turpināta High Modulus Asphalt Concrete (HMAC) sastāvu izstrāde izmantojot vietējās grants šķembas. Noteiktas jaunu un RAP izejmateriālu (bitumens un minerālmateriāls) fizikālās un mehāniskās īpašības. Bitumeniem (RAP bitumens un jauns bitumens) noteikta mīkstēšanas temperatūra, adatas penetrācija un trausluma temperatūra. Veikta novecojušā (RAP bitumens) atjaunināšana ar bitumeniem B 70/100 un B 100/150. Noteikta jauna un RAP bitumenu proporcija, lai iegūtu mērķa bitumenu B50/70. Minerālmateriāliem (RAP un jaunam dolomīta šķembām) noteikta granulometrija, forma, virsmas raupjums (tekstūra), drupināšanas izturība (abrazivitāte), salturība un ūdens absorbcija. Izmantojot RAP minerālmateriālu un jaunās dolomīta šķembas, aprēķināts granulometriskais sastāvs. Teorētiski noteikts asfaltbetona sastāvs - bitumena, piedevas un frakcionētu minerālmateriālu daudzums (receptūras izstrāde). Laboratorijas apstākļos veikta eksperimentālo sastāvu izgatavošana. Izmantojot Maršala metodi izgatavotajiem maisījumiem, balstoties uz tilpuma parametru (poras, minerāla karkasa porainība un ar bitumenu pildītās poras) analīzi, veikta sastāva optimizācija. Trešajā pētījumu periodā projektētiem bituminēto kompozītmateriālu sastāviem ar RAP paredzēts veikt deformatīvo īpašību eksperimentālās pārbaudes, lietojot ekspluatācijas īpašību testēšanas metodes – riteņu sliežu veidošanās testu, stinguma un noguruma testus, termoplaisu veidošanās testus, kā arī ūdensjūtību (bitumena un minerālmateriāla adhēziju). Trešajā periodā tiks projektēti siltā asfaltbetona (WMA) sastāvi.	
3. Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei.	Izstrādāta sistēma datu uzkrāšanai, uzsākta datu apstrāde. Iesniegta 1 publikācija.
Lai izpildītu otrajā periodā uzstādīto mērķi tika izstrādāta datu apkopošanas sistēma, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei. Tā tika testēta lauka un laboratorijas apstākļos un tai veikti attiecīgi uzlabojumi: • Lai nodrošinātu atsevišķus mērījumus gan apkārtējās vides relatīvajam mitrumam un temperatūrai, gan noteiktu temperatūru uz konstrukciju virsmas, kas nepieciešama siltumvadītspējas aprēķināšanai, esošā sistēma tika papildināta ar diviem Sensirion SHT75 sensoriem. • Tika veikta sistēmas papildināšana ar atsevišķu zemējuma vadu barošanai, jo testēšana ar dažādiem strāvas avotiem uzrādīja, ka iespējamās siltuma plūsmas mērījumu novirzes ar nesazemētu sistēmu. • Izstrādāta sagatave un metode iegūto datu ērtai apstrādei. • Sistēma testēta un kalibrēta laboratorijas apstākļos izmantojot FOX600 siltumplūsmas mērītāju un lauka apstākļos izmantojot Ahlborn Almeno 8590-9	

datu uzkrājēju.

Pēc sistēmas pilnveidošanas tā tika izmantota, lai noteiktu mitruma migrācijas un siltuma plūsmas procesus sienas blokam tūlīt pēc ražošanas. Bloka izveidē izmantotas dabīgās šķiedras – kaņepju spaļi no vietējiem ražotājiem, kā arī kaļķa bāzes vietējas izcelsmes minerālā saistviela. Sākotnēji iegūtie dati apstiprina laboratorijā noteiktos – siltumvadītspējas koeficients un žūšanas ilgums ir līdzīgs.

Paralēli tam otrajā posmā tika veikta šķiedru kompozītmateriālu mehānisko un fizikālo īpašību noteikšana. Tika izstrādāti sastāvi, izmantojot dažādas vietējas izejvielas – kaļķa, ģipša, u.c. bāzes, kopā ar hidrauliskajām piedevām – metakaolīnu, mikrosilīku, u.c. Tāpat tika izmantoti dažādu veidu un apstrādes pakāpes kaņepju spaļi no visiem lielākajiem vietējiem ražotājiem. Noteiktas mehāniskās un fizikālās īpašības – spiedes un lieces stiprība, siltumvadītspēja, ugunsizturība, salīdzinātas ar līdzīgu materiālu īpašībām.

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 tika plānoti mērķi veikt cementa kompozītmateriālu ilgmūžības pārbaudes, kā arī turpināt iesāktās ilgmūžības pārbaudes esošajiem un no jauna izgatavotajiem augstas veiktspējas betona paraugiem. Pārbaudes pilnībā veiktas augstas veiktspējas cementa kompozītiem ar metakaolīnu saturošu atkritumproduktu mikropiedevām kā daļēju cementa aizvietošanu no 5 līdz 15%. Ir iesāktas un tiek turpinātas ilgmūžības pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītiem ar cenosfēru mikropiedevu, mikrosilīciju, cementa ražošanas apvadkanālu putekļu mikropiedevu, kā arī dezintegrētām smiltīm (īpaša smilšu sasmalcināšanas metode, kas veikta Tallinas Tehniskajā universitātē, Igaunijā). Dezintegrētas tika dolomīta un kvarca smiltis (Saulkalne-S, frakcija 0.3-2.5 un kvarca smiltis (Saulkalne-S, frakcija 0-1mm).

Pētījumos par augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem infrastruktūras un sabiedriskām būvēm, tiek izmantots Latvijā ražots cements un Latvijā iegūtas dolomīta un kvarca pildvielas (2 veidu smiltis un oļi). Lai nodrošinātu augstu stiprību (virs 80 MPa) betona izstrādājumiem, nepieciešams izvēlēties vienu no betona receptūras projektēšanas metodēm: paaugstināt cementa īpatsvaru betona sastāvā, samazināt ūdens-cementa attiecību, pievienot superplastificējošas piedevas, nodrošināt optimālu pildvielu pakojumu, izmantojot ne tikai tradicionālās pildvielas, bet arī mikropildvielas, kas paver iespēju aizstāt arī energoietilpīgo cementu, saglabājot augstvērtīgas (pat uzlabotas) cementa kompozīta (betona) īpašības.

Realizējot pārskata periodā paredzētos uzdevumus secināts, ka mikropiedevu (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. Sārnu-silīcija reakcijas tiek ierobežotas, kā rezultātā samazinās betona plaisāšanas risks, tā caurlaidība un saglabājas struktūras nemainība. Noskaidrots, ka salturību iespējams uzlabot līdz 500 sasalšanas-atkuššanas cikliem, ja betona struktūrā tiek pievienoti 10% metakaolīna saturošu atkritumproduktu kā cementa aizvietošanu.

Rezultātu zinātniskā vērtība ir attiecināma uz zināšanu izpratni par augstu īpašību betona projektēšanu un fizikālo, mehānisko un ilgmūžības īpašību novērtēšanu. Veiktie pētījumi ļauj

izprast mikropiedevu nozīmi, analizēt mikropiedevu īpašības un to mijiedarbību ar cementa minerāliem betona struktūrā. Pasaulē aizvien tiek meklētas jaunas izejvielas betona izgatavošanai, kas spēs efektīvi aizstāt energoietilpīgo cementu, samazināt saražoto atkritumu apjomu, deponēt esošos uzkrātos atkritumus, izmantojot efektīvas apstrādes metodes. Pētnieciskais darbs ļaus novērtēt tādu atkritumproduktu efektivitāti kā metakaolīnu saturoši atkritumprodukti, apvadkanālu putekļi no cementa ražošanas, dolomīta atsiju un smilšu dezintegrēšanas apstrādes ietekmi, kā arī cenosfēras un mikrosilīciju.

Rezultātu praktiskais nozīmīgums ļauj iegūt augstvērtīgu augstu īpašību betonu ar praktisku pielietojumu, jo tas ir kā loģisks tradicionālā betona attīstības posms, kas teorētiski ražotājam ļauj ieviest šādu materiālu ražošanā, minimāli mainot pašreizējās ražošanas tehnoloģijas. Efektīva mikropiedevu izvēle ļauj samazināt cementa patēriņu betona ražošanā, saglabājot un pat uzlabojot betona mehāniskās un ilgmūžības īpašības.

Izgatavojot augstu īpašību betonu ar mikropiedevām, kas daļēji aizstāj cementu, ir sarežģīti nodrošināt betona stiprības rādītājus, jo saistvielas cementa daudzums tiek samazināts. Tikai efektīvas mikropiedevas spēj nodrošināt betona spiedes stiprību sākotnējā līmenī, vai pat nodrošināt spiedes stiprības pieaugumu. Otrs riska faktors, kas rodas, veidojot augstu īpašību betonu ar mikropiedevām, ir saistīts ar betona iestrādes problēmām, jo pievienojot smalkas piedevas, rodas nepieciešamība pēc papildus ūdens daudzuma, kas nepieciešams konsistences saglabāšanai, bet tas var negatīvi atsaukties uz mehāniskajām īpašībām un betona ilgmūžību. Lai novērstu nepieciešamību pēc papildus ūdens daudzuma, vēlamā konsistence tiek panākta ar superplastificējošu piedevu palīdzību. Lai noteiktu nepieciešamo superplastifikatoru daudzumu betonam, šīs pārbaudes jāveic eksperimentāli un pārbaudītajām mikropiedevām ir noteiktas eksperimentāli.

Turpmākais darba virziens saistīts ar mikropiedevu ietekmes novērtēšanu uz betona ilgmūžības īpašībām. Tiks turpinātas eksperimentālās pārbaudes salturībā, hlorīdu migrācijas koeficientu noteikšanā, sārmu-silīcija reakciju noteikšanā un sulfātu iedarbības noteikšanā augstu īpašību betonos ar dažāda veida mikropiedevām.

Tāpat viens no ekonomiskiem un ekoloģiskiem risinājumiem asfaltbetona sastāvu ar augstām ekspluatācijas īpašībām rādīšanai ir reciklētā asfaltbetona (RAP) izmantošana. RAP materiāls ir ļoti vērtīgs resurss asfaltbetona (HMA) maisījumu ražotājiem. Tas satur gan minerālmateriālu, gan bitumena saistvielu. RAP izmantošana HMA maisījumu ražošanā, aizvieto šos vērtīgos resursus, ietaupot naudu un materiālus. Naftas un minerālmateriālu resursu saglabāšana, kā arī izgāztuvju platību nepalielināšana ir galvenie vides aizsardzības un saglabāšanas ieguvumi. Rezultātā, ir mazāk transportlīdzekļu ko izmanto pārvadājumiem, mazāk patērētas enerģijas un sekojoši uzlabota gaisa kvalitāte. Rezultātā samazinās enerģijas patēriņa apjoms, kurš nepieciešams minerālmateriālu un bitumena saistvielas ražošanai. Projekta ietvaros, vidēji un smagi noslogotiem ceļiem, izstrādāti asfaltbetona sastāvi ar augstu RAP saturu pielietojot Latvijā iegūtus minerālmateriālus. Apkopota un analizēta literatūra par ārvalstīs gūto pieredzi attiecībā uz asfaltbetona segumu pārstrādi. Balstoties uz "Superpave" maisījuma projektēšanas metodi izpētīta asfaltbetona sastāvu projektēšana ar augstu RAP saturu. Noteikta RAP bitumena un jaunā bitumena īpašības atbilstoši LVS EN 12591 standartam, kā arī RAP un jaunā minerālmateriāla īpašības atbilstoši LVS EN 13043, kā arī šo izejmateriālu atbilstība Ceļu specifikācijas 2015 prasībām. Laboratorijā projektēti un izgatavoti asfaltbetona maisījumi ar augstu (30-50%) RAP saturu un noteiktas to fizikālās un mehāniskās īpašības.

Balstoties uz iegūtiem rezultātiem, tiks izstrādāta asfaltbetona sastāva ar augstu RAP saturu recepte, kā arī sagatavots ekonomiskais novērtējums un rekomendācijas projekta ietvaros radīta bituminēta kompozīta projektēšanai.

Trešā projekta mērķa sasniegšanai ir izstrādāta un izveidota datu apkopošanas sistēma, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukcijas siltuma un mitruma migrācijas kontrolei. Projekta pirmajā posmā iegādātajai sistēmai ir veikti nepieciešamie uzlabojumi, lai to varētu

lietot konkrētā mērķa izpildei, novērsti iespējamie traucējumi rezultātiem, sistēma pārbaudīta un kalibrēta gan lauka, gan laboratorijas apstākļos.

Iegūtie sākotnējie rezultāti no eksperimentālā sienas paneļa ļauj secināt, ka žūšanas ilgums noteikts pie līdzīgiem apstākļiem lauka un laboratorijas testos atšķiras par 20%. Šāda sakarība starp laboratorijas un lauka žūšanas apstākļiem jāpēta padziļināti, jo šāda sakarība par dabīgo šķiedru kompozītu žūšanas ilgumu ir nozīmīgs faktors šādu izstrādājumu potenciālajiem un esošajiem ražotājiem un pircējiem.

Otrkārt ir veikta šķiedru kompozītmateriāla sastāvu izstrāde un mehānisko un fizikālo īpašību noteikšana. Sastāvu izstrādes pamatā tika variēts ar trīs iespējamajiem mainīgajiem – saistvielas īpašībām, spaļu īpašībām un tehnoloģiskajiem apstākļiem. Tehnoloģiskie apstākļi bija žūšanas ilgums un faktori un maisītāju izvēle. Saistvielas tika izvēlētas kaļķu un ģipša bāzes ar hidrauliskām piedevām, spaļu īpašības tika variētas pārbaudot dažādas pārstrādes un tīrības pakāpes kaņepju spaļus no lielākajiem vietējiem kaņepju ražotājiem.

Sastāviem tika noteiktas mehāniskās un fizikālās īpašības. Kā optimālākā kaļķa bāzes saistviela tika atzīta dolomītkaļķa-metakaolīna maisījums, sasniedzot 0,33 MPa spiedes stiprību. Ģipša-cementa-pucolāna maisījums līdzīgu stiprību uzrāda pie mazāka materiāla patēriņa, kā arī uzrāda labāku agro stiprību un pretošanos negatīvi stiprību ietekmējošo cukur iedarbībai, taču tā izdalītais CO₂ daudzums ir ievērojami lielāks, kas negatīvi ietekmēs dzīvas cikla analīzi. Iegūtos rezultātus var izmantot materiālu ražotāji izvēloties savam produktam nepieciešamos apstākļus un īpašības.

Tika veikti arī mehāniskās izturības testi, izmantojot 3-punktu lieces shēmu, industriāli izgatavotam 200 mm biežam sienas izmēģinājuma elementam (SIA Escobūve), kas sastāv no koka rāmja 1250 x 500 mm un iestrādātas kaņepju kaļķa kompozīta izolācijas, Paraugam, kas izzāģēts no industriāla sienas paneļa, tika konstatēts blīvums 317 kg/m³ un siltumvadāmības koeficients 0.069 W/mK.

Kā alternatīva saistviela kaņepju kompozītam tika izskatīts sapropelis, kas ir atjaunojamais un videi draudzīgs materiāls. Ir iegūts kaņepju sapropeļa efektīvs kompozītmateriāls ar blīvumu no 100 līdz 200 kg/m³ un siltumvadītspējas koeficientu 0.052 – 0.061 W/mK. Materiāla galvenais trūkums ir zema ugunsizturība, kas jāņem vērā turpmākos pētījumos.

Lai sasniegtu projekta mērķi, projekta 3.posmā paredzēts:

1. Turpināt ilgmūžības pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem (spiedes pretestība >100Mpa) infrastruktūras un sabiedriskām būvēm no vietējām izejvielām.
2. Izstrādāt receptūru bituminēto kompozītu sastāviem ar augstam ekspluatācijas īpašībām, izmantojot reciklēto asfaltbetonu (RAP) (rezultāts - receptūras, metode. Iesniegta 1 publikācija.)
3. Iegūt un analizēt datus no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kā arī veikt dabīgo šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinu.

Trešā pētījumu perioda ietvaros paredzēts turpināt augstas veiktspējas cementa kompozītmateriālu ilgmūžības pārbaudes - noteikt noturību pret sārnu silīcija reakcijām, sulfātnoturību, salturību, noturību pret hlorīdu destruktīvu iedarbību u.tml.

Turpināt vai sākt pārbaudīt izstrādāto betona paraugu salturību atbilstoši LVS 206 standarta un RILEM TC 117-FDC rekomendācijām (CDF tests). Pētījumos tiks pārbaudīts betons, kas ir izturējis standarta 500 sasalšanas-atkuššanas ciklus, pārbaudot tos 5% NaCl šķīdumā un tas tiek raksturots kā augstvērtīgs betons, kas spēj pretoties mainīgai temperatūras ietekmei, kas ir raksturīgi Latvijas klimatiskajos apstākļos ziemas periodā, kā arī virsmas pārbaudes tests (CDF tests) 3% NaCl šķīdumā.

Hlorīdu penetrācijas (iespiešanās) dziļuma noteikšana saskaņā ar NT BUILD 492 metodiku. Turpinās noteikt betona spēju pretoties hlorīdu iekļūšanai betona struktūrā, kas ir

svarīgi Latvijas klimatiskajos apstākļos, īpaši vietās, kur ziemā notiek pret apledojuma sastāvu kaisīšana un sāls šķīdumi kontaktējas ar betona virsmu, tādējādi veicinot stiegrojuma koroziju, betona nodrupumus un nesošo konstrukciju nestspējas zudumus. Betona pretestība hlora jonu migrācijai tiks raksturota ar hlorīdu migrācijas koeficientu.

Betona sastāviem turpinās noteikt sārnu-silīcija reakciju ietekme saskaņā ar standartu RILEM AAR-2 – ultra paātrinātā javas prizmu testa metode.

Betona paraugiem tiks noteikta sulfātu noturība atbilstoši standartam SIA 262/1 pielikumam D: Sulfātu noturība.

Balstoties uz iegūtajiem ilgmūžības pārbaužu rezultātiem izstrādāt rekomendāciju betona korozijas un salturības paaugstināšanai (nodevums).

Lai realizētu pētījumus par bitumena kompozītiem, projekta trešajā posmā paredzēts veikt bituminēto kompozītmateriālu (HMAC un RAP) sastāvu deformatīvo īpašību eksperimentālās pārbaudes, lietojot ekspluatācijas īpašību testēšanas metodes – riteņu sliežu veidošanās testus, stinguma un noguruma testus, termoplaisu veidošanas testus, kā arī ūdensjūtību (bitumen un minerālmateriāla adhēziju). Papildus tam paredzēts izstrādāt inovatīvus bituminētā kompozītmateriāla sastāvus, izmantojot vietējas grants šķembas, kā arī citu karjeru dolomīta šķembas, un salīdzināt to īpašības ar tradicionālajiem asfaltbetona veidiem;

Izstrādājot bituminētā kompozītmateriāla sastāvus, vienlaicīgi izmantojot dažādu veidu vietējos minerālmateriālus un importētos tradicionālos minerālmateriālus, būs iespējams salīdzināt to īpašības ar tradicionālajiem asfaltbetona veidiem un izstrādāt bituminēto kompozītmateriālu sastāvus (receptes) izmantot polimērmodificētu bitumenu.

Balstoties uz laboratorijā iepriekš iegūtajiem datiem, paredzēt izgatavot augstas stiprības bituminētus maisījumus ar augstu RAP (recycled asphalt pavement) saturu (ar RAP daļēji aizvietojo Latvijā apstākļiem tradicionālo pildvielu). Tapāt, izmantojot silto asfaltbetonu (WMA), tehnoloģijas paredzēts radīt siltā asfaltbetona sastāvu receptes, kuru ražošanas un ieklāšanas temperatūra (viegliestrādājamība) ir par 15 - 25°C zemākā nekā tradicionāliem asfaltbetona sastāviem.

Apkopojot iegūtos rezultātus, projekta otrā posma beigās paredzēts sagatavot ekonomisku novērtējumu un rekomendācijas projekta ietvaros radītu bituminēto kompozītu projektēšanai, ražošanai un ieklāšanai, kā arī šo recepšu specifikācijas.

Projekta 3. posma trešais uzdevums ir iegūt un analizēt datus no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kā arī veikt dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinu.

Atbilstoši plānotajam uzdevumam ir paredzēts iegūt un uzkrāt siltuma un mitruma migrācijas datus no dabīgo šķiedru kompozītmateriāliem, kā arī sākt modeļa izstrādi, balstoties uz iegūtajiem datiem. Dati tiks vākti no materiāliem, kas iestrādāti dažādos apstākļos. Sākotnēji tiks veikta eksperimentāla sienas paneļa siltuma un mitruma datu uzkrāšana, lai novērtētu procesus, kas noris pie vienmērīga iekšējā mikroklimata.

Tiks veikta arī sensoru iestrāde jaunuzceltā ēkā, kur izmantoti dabīgo šķiedru kompozītmateriāli, lai novērtētu to darbību fāzē pēc iestrādes, kā arī reālos ekspluatācijas apstākļos. Iegūstamie dati, kalpos par pamatu energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontroles modelim, kas verificēs, ka iegūtie kompozītmateriāli ir paredzēti energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekšējo klimatu.

Šajā posmā plānots arī veikt dabīgo šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinu. Tiks izveidots produkta dzīves cikla modelis, iegūti dati no literatūras un datubāzēm par materiāliem, energoresursiem un emisijas faktoriem, veikts aprēķins un ietekmes novērtējums. Paredzēts, ka izstrādājamā metode dos iespēju vieglāk novērtēt vai piedāvātais materiāls ir CO₂ neitrāls, kas ir viens no projekta pamatzdevumiem.

Projekta 3. posma ietvaros ir paredzēts arī izstrādāt metodi ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām. Metodes izstrādē tiks apkopota

iepriekš iegūtā informācija, kas gūta šķiedru kompozītmateriāla sastāvu izstrādes laikā un no mehānisko un fizikālo īpašību noteikšanas. Metode ļaus esošajiem un potenciālajiem dabisko šķiedru kompozītmateriālu ražotājiem izvēlēties parametrus (dažādas saistvielas, ražošanas tehnoloģijas, u.c.), kas visprecīzāk ļaus nonākt pie vēlamajām gatava materiāla īpašībām.

2.6. Projekta Nr. 1 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		gads						
		2014	2015	t. sk. iepriek- šējā periodā uzsākts.	2016.	2017.	2018.	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	17	0	9	9				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	3	0	0	0				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	14	0	9	9				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	26	7	19	26				
promocijas darbu skaits	4	0	2	2				
maģistra darbu skaits	22	5	4	9				
bakalaura darbu skaits	0	2	13	15				
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji								
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	33	1	18	19				
konferences	14	0	9	9				
semināri	8	0	2	2				
rīkoti semināri un konferences	4	1	5	6				
populārzinātniskas publikācijas	4	0	1	1				
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0				
Betona olimpiāde	3	0	1	1				
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	12	5	17				
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	421000	163526	231397	372602				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	180000	22321	0	0				
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)	0	0	0	0				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas	241000	141205	231397	372602				

balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības								
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	3	0	0	0				
Latvijas teritorijā	3	0	0	0				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	2	0	0	0				

* 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 Nr.2 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/triecienu slāpēšanas īpašības.

Projekta Nr.2 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.

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

Galvenie rezultātīvie rādītāji:

Zinātniskā publikācija ar atsauci uz Valsts Pētījumu Programmu:

1. E. Labans, G. Jekabsons, K. Kalnins, K. Zudrags, S.Rudzite, M. Kirpluks, U. Cabulis, Evaluation of plywood sandwich panels with rigid PU foam-cores and various configurations of stiffeners, Proceedings of 3th International Conference – Optimization and Analysis of Structures, 2015, pp 45-52, ISSN 2461-2677
a. <file:///C:/Users/Diana/Downloads/Edgars.pdf>

Pētījumu rezultāti prezentēti sekojošās konferencēs:

1. U.Cabulis, M.Kirpluks, A.Paberza, A.Fridrihsone-Girone, I.Vitkauskiene. Balance between renewable and recyclable feedstock for rigid polyurethane foams. 6th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, July 2015, Braganca, Portugal
2. M.Kirpluks, D.Kalnbunde, U.Cabulis. High functionality polyols from rapeseed oil as raw material for polyurethane thermal insulation. Baltic Polymer Symposium, September 16-18, 2015, Sigulda, Latvia

3. E. Labans, G. Jekabsons, K. Kalnins, K. Zudrags, S. Rudzite, M. Kirpluks, U. Cabulis, Evaluation of plywood sandwich panels with rigid PU foam-cores and various configurations of stiffeners, 3d International Conference – Optimization and Analysis of Structures, August 23-25, 2015, Tartu, Estonia

Pētījumu rezultātu stenda referātu prezentācijas zinātniskos un populārzinātniskos semināros un konferencēs:

1. K. Kalniņš K., E. Labans, U. Cābulis, M. Ķirpluks, Sinerģija starp 7-IP un VPP – sendviča paneļu izstrādē. WIRE 2015. June 3-5, Riga, Latvia
2. K. Kalnins, A. Čate - Innovative and Multifunctional Composite Materials for Sustainable Buildings, *Innovative Materials for the Development of the Baltic Region National Economy*, Dec. 16, Rīga <http://conference.birti.eu/agenda>.
3. E. Labans, K. Kalniņš., Japins, G, Zudrags., K., Rudzite, S. Smart sandwich structures of plywood and GF/PP. EuroNanoForum 2015, June 10-12, Riga, Latvia

Promocijas darbs izstrādes stadijā:

1. E. Labans "Saplākšņa sendviča-konstrukcijas multifunkcionālo īpašību integrācija un optimizācija". Darba vadītājs – K. Kalniņš. Darbs iesniegts Latvijas Zinātņu akadēmijas promocijas padomē un nozīmēts aizstāvībai 2016. gada pavasarī.
2. M. Ķirpluks "No atjaunojamām izejvielām iegūtu poliuretāna putuplasta un nano izmēra dabas izcelsmes pildvielu kompozītu īpašības". Darba vadītājs – U. Cābulis

Aizstāvētie maģistra darbi:

1. D. Kalnbunde. Augsti funkcionālu polioliu sintēze no epoksidētas rapšu eļļas cieto poliuretānu putu izstrādāšanai. Darba vadītājs – U. Cābulis

Rezultātu izplatīšana un komunikācija ar sabiedrību un nozares speciālistiem:

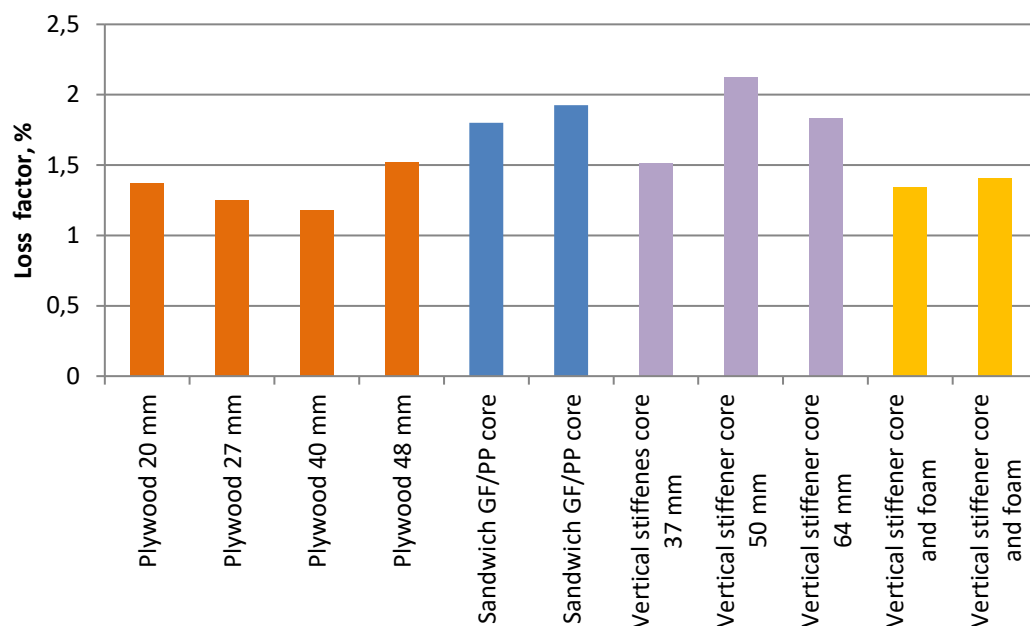
IMATEH mājaslapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par projekta aktivitātēm gan vizuālais materiāls no eksperimentālām pārbaudēm.

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.	Veikti sendvičpaneļu ar saplākšņa virsmām un ribām un PU serdi vibrāciju slāpēšanas un triecienizturības eksperimentālās pārbaudes.
Darba mērķis bija izvērtēt PU putu kā saplākšņa sendviča serdes slāņa ietekmi uz vibrāciju un trieciena īpašībām. Šim mērķim specifiski references saplākšņa paneļi bez putu pildījumu un sendviča paneļi ar dažādu korķa, polistirola, poliuretāna un gumijas pildījumu tika sagatavoti un pārbaudīti. Paraugu prototipu izstrāde sadarbībā ar AS Latvijas Finieris un SIA Meža Nozares Kompetences Centrs. Vibrāciju slāpējošo īpašību noteikšanai sendvičpaneļiem ar atšķirīgu serdes un virsmu konfigurāciju tika pielietota svārstību dzišanas analīze ar POLYTECH PSV 400 virsmas lāzer-skenēšanas aprīkojumu. Testēšanas pārbaudēs paraugs tiek iekārtāts un iesvārstīts ar skaļruni pilnā frekvenču diapazonā, lai noteiktu atbildes rezonansi katrai pašsvārstību frekvencei. Datu apstrādājot ļauj izveidot frekvenču/atbildes līknes un vizuāli iegūt svārstību-modas formas. Izmantojot šo, metodi tika svārstību enerģijas zuduma faktors, kas raksturo materiāla svārstību slāpējošās īpašības. Jo lielāks ir zuduma faktors, jo vairāk enerģijas tiek noslāpēts. Matemātiski šis raksturlielums tiek aprēķināts kā integrāls lielums, pašsvārstību	

frekvenču un laika maksimumiem, pie nosacījuma, ka ekstrēma funkcija atbilst standarta prasībām. Rezultātu apkopojums references paneļiem un saplākšņa virskārtu sendviča paneļiem ar dažādiem serdes tiptiem pirmajai pašsvārstību frekvencei ir dots 1. attēlā.



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

Papildus paneļu trieciena izturība tika pārbaudīta izmantojot trieciena torņa INSTRON Dynatup uzstādījumu atbilstoši NF B51-327 standartam, kas paredz parauga plaisāšanas un penetrācijas enerģijas noteikšanu izmantojot krītošu svaru ar 25 mm diametra uzgali. Paraugs ar malu garumu 315x315 mm tiek ievietots nostiprināšanas rāmī un novietots tā, lai trieciens trāpītu tieši parauga centrā.

Lielā biezuma saplākšņa sendvičpaneļiem nav novērojama aizmugurējās virsmas plaisāšana attiecīgi trieciena enerģija R_1 nav nosakāma. Savukārt to penetrācijas enerģija R_2 ir ievērojami zemāka nekā viendabīgam references saplākšnim - galvenokārt neliela biezuma virsmu dēļ. Zīmīgi, ka penetrācijas enerģija sendvičpanelim ir tieši atkarīga no trieciena lokācijas. Trieciens virs ribas ļauj uzņemt būtiski lielāku enerģiju nekā trieciens starp ribām. Putu klātbūtne paneļa iekšpusē uzlabo trieciena izturību un neļauj virsmām trausli atdalīties, līdz ar to ir vērojams gandrīz divkārtšs uzlabojums trieciena pretestībai starp ribām.

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

Veikta GEM termiskā aprēķina modeļa un lieces stiprības eksperimentāla verifikācija.

Darba mērķis bija veikt sākotnējas virtuālas simulācijas, lai teorētiski novērtētu poliuretāna putu serviča paneļu siltumpretestības un stinguma priekšrocības salīdzinājumā ar bērsa saplākšni.

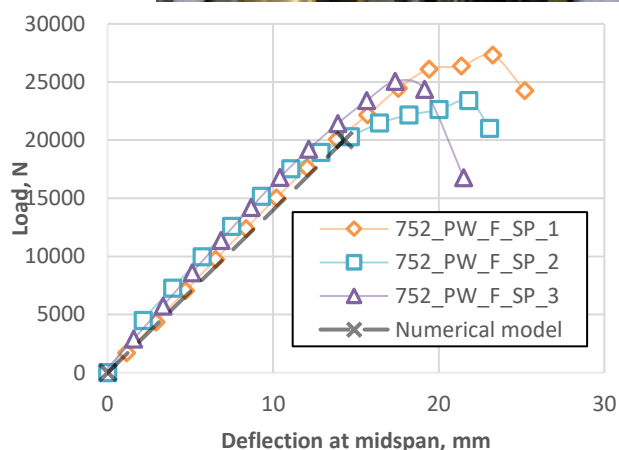
Termisko īpašību modelēšanai tika izveidots vienkāršots šķērsriezuma plaknes galīgo elementu modelis, izmantojot ANSYS datorprogrammu un 4-mezglu elementus PLANE 55. Temperatūra ar atšķirīgām vērtībām tika pielikta pie apakšējās un augšējās šķērsriezuma šķēlumam, līdzīgi kā eksperimentāla procedūrā atbilstoši EN-12667 standartam. Siltumvadītspējas koeficients tika noteikts tikai termiskā līdzsvara gadījumā. Pateicoties

lineārai sakarībai starp putu blīvumu, elastības moduli un siltumvadītspējas koeficientu ir iespēja izmantot šīs vērtības kā nepārtrauktus lielumus parametriskajā optimizācijā. Skaitliskā modeļa verifikācija ir dota 1. tabulā.

1. Tabula. Eksperimentāli un skaitliski noteikto īpašību salīdzinājums

Stinguma ribu skaits paraugā	Efektīvais siltumvadītspējas koef., $\text{mW/m}\cdot\text{K}$		$\Delta, \%$
	Eksperimentāli	Skaitliskais rezultāts	
3	68.3(0.4)	56.5	17.3
4	73.5(2.1)	58.4	20.5

Papildus veikti lieces testi atbilstoši EN789 uz INSTRON 8802 iekārtas, apstiprināja skaitliskā (ANSYS) modeļa spēju precīzi un paļāvīgi prognozēt paneļu mehānisko darbību. Iegūtās slodzes/deformācijas līknes ir dotas 2. attēlā.



2. Attēls. Lieces testa uzstādījums un slodzes/deformācijas līknes

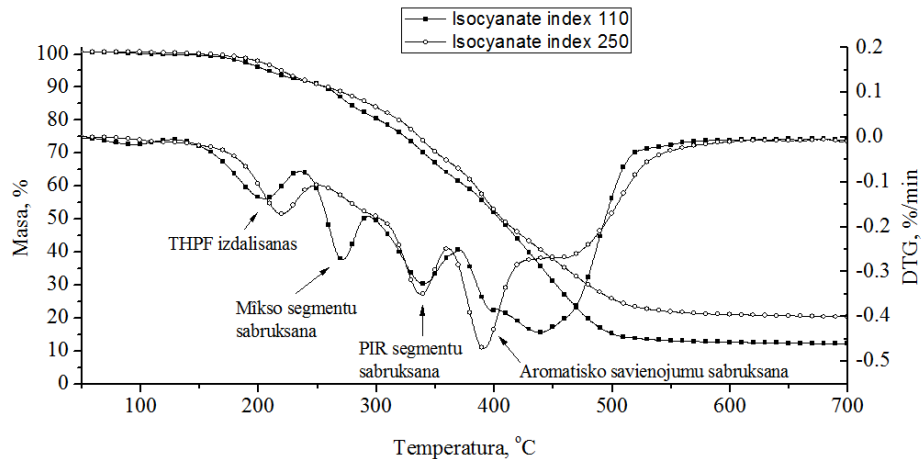
5. *Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai*

Veikta sākotnēju laboratorijas mēroga prototipu izgatavošanas mēģinājumi iepildot dažādos PU putu maisījumus saplākšņa sendviča paneļu serdē.

Darba mērķis bija novērtēt adekvātāko poliuretāna putu receptūru, kā arī apsvērt esošo laboratorijas iekārtu pilnveidošanu un modifikāciju tālākai pētījuma gaitai.

Īpaša uzmanība tika veltīta, lai iegūtu augsta blīvuma PU putas, izmantoja poliolus, kas ir iegūti no celulozes pārstrādes blakusproduktiem – tallu eļļas. Tika izstrādātas divas kompozīcijas ar atšķirīgiem izocianāta indeksiem (110 un 250), lai novērtētu izocianāta

indeksa ietekmi uz PU putuplasta termisko stabilitāti. PU putuplastu kompozīcijā bija iekļauts aditīvs antipirēns – trihlorpropilfosfāts, kas izdalījās no putu materiāla pirmajā masas samazināšanās posmā pie ~ 190 °C. Nākamajā posmā (260 °C) no PU putām ar izocianāta indeksu 110 izdalījās gaistošās vielas no mīksto segmentu sabrukšanas. Tāpēc, ka PU putuplasts ar izocianāta indeksu 250 satur maz mīksto segmentu šāds masas samazināšanās posms netika novērots. Pie 335 °C novēroja izocianāta un cieto segmentu sadalīšanās produktu izdalīšanos, bet pie 390-470 °C sadalījās PU putuplasta koksēšanās produkti. PU putuplasts ar lielāku izocianāta indeksu ir termiski stabilāks, un šāds materiāls būtu jāizmanto paneļos, kas paredzēti izmantošanai vietās, kur pastāv uguns bīstamības riski.



3. attēls Termogavimetrijas līkne paraugiem ar dažādu izocianāta proporciju

Pirmie laboratorijas mēroga paneļu prototipi ar putu serdi tika izveidoti, ņemot par pamatu paneli ar vertikālām ribām garenvirzienā. Dažādu ķīmisko sastāvu poliuretāna putu ievade panelī ar Koksnes ķīmijas institūtā pieejamo infūzijas iekārtu tika veikta gan kupona izmēra paraugiem, gan laboratorijas mēroga komponentei atbilstoši EN-789 ģeometriskām prasībām. Šim uzdevumam tika pielāgota gan putu receptūra - pagarinot maisījuma reakcijas laiku, gan iestrādes diapazonu. Svarīgākais izaicinājums iepildīšanas procesā ir nodrošināt virsmu nekustīgumu putām izplešoties ķīmiskās reakcijas rezultātā, kā arī putu aizpildījuma vienmērīgumu. Iegūtie sākotnējie prototipēšanas rezultāti parāda, ka putas var tikt efektīvi izmantotas kā adhēzijas līdzeklis ribu pielīmēšanai, tomēr turpmāk putu viendabīgums ir jāuzlabo, lai samazinātu poru skaitu 4. attēlā.



4. attēls. Ribots saplākšņa panelis ar un bez putu komponentes.

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)

2. posma izpildes rezultāti

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

Galvenie sasniegtie rezultāti 1. uzdevumā:

- Izveidota datubāze no triecienizturības pārbažu rezultātiem references bērza saplākšņa paneļiem.
- Izveidota datubāze no triecienizturības pārbažu rezultātiem ribotam saplākšņa sendvičpanelim ar un bez putām.
- Izveidota datubāze no vibrāciju slāpējošo īpašību rezultātiem references saplākšni.
- Izveidota datubāze no vibrāciju slāpējošo īpašību rezultātiem saplākšņa sendvičpaneļiem ar un bez putu serdēm.

Turpmākās darbības virzieni:

- Atšķirīgu putu blīvuma adhēzijas un termisko īpašību datu bāzes izveidošana.

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

Galvenie sasniegtie rezultāti 2. uzdevumā:

- Veikta eksperimentāla validācija izgatavotajiem paneļu prototipiem ar GEM aprēķina modeli.
- Novērtēts paneļu ar un bez putām īpatnējais stingums
- Veikta termiskā modeļa eksperimentālā validācija salīdzinot efektīvo siltumvadītspējas koeficientu

Turpmākās darbības virzieni:

- Turpmāka galīgo elementu skaitliskā modeļa uzlabošana, iekļaujot materiāla sabrukuma kritērijus.
- Ievaddatu precizēšana un skaitliskā modeļa pilnveidošana ar nolūku panākt labāku rezultātu sakritību

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

Galvenie sasniegtie rezultāti 3. apakš uzdevumā:

- Izgatavotas vairākas paneļu sērijas ar atšķirīgu saplākšņa sendvičpaneļu virsmu un ribu biežumiem. Demonstrācijas filma atrodama IMATEH mājaslapā.
- veikta PU putu kušanas temperatūras analīze

Turpmākās darbības virzieni:

- uzlabot putu iestrādes tehnoloģiju;
- izstrādāt augsta blīvuma PU putuplasta sistēmu ar atvērtu poru struktūru;

- pārbaudīt efektīvāko PU putuplasta adhēzijas stiprību pret finiera plāksnēm;
- 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 var kalpot kā lieliska saistviela sendviča paneļiem.

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

Dažādu sloģošanas ātrumu ietekmes uz putu paraugiem novērtējums sniedz iespēju precīzāk modelēt paneļu mehānisko darbību trieciena ietekmē.

Pirmie laboratorijas mēroga prototipu izveides mēģinājumi apstiprina ražošanas metodes iespējamību, tomēr arī norāda uz dažām procesa nepilnībām, kuras turpmāk jānovērš.

2.6. Projekta Nr. 2 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		gads						
		2014	2015	t. sk. iepriekšējā periodā uzsāks	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	4	1	1	2				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	1	0	0	0				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	3	1	1	2				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
...								
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	1	1				
promocijas darbu skaits	1	0	0	0				
maģistra darbu skaits	3	0	1	1				
bakalaura darbu skaits	0	0	0	0				
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji								
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	5	2	7	9				
konferences	0	1	3	3				
semināri	3	0	3	3				
rīkoti semināri	0	0	0	0				
populārzinātniskas publikācijas	2	0	0	0				
izstādes, demonstrācijas	0	1	1	2				
uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	0				
Betona olimpiāde	0	0	0	0				

2. Interneta mājaslapu populārie ziņojumi	30	8	5	13				
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	Nav plānoti	0	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	Nav plānoti	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)	Nav plānoti	0	0	0				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	Nav plānoti	0	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	Nav plānoti	0	0	0				
Latvijas teritorijā	0	0	0	0				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	1	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	0	0	0				
5. ...								

* 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 Druviete

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
Kontakts

Ainārs Paeglītis	
Dr.sc.ing.	
Rīgas Tehniskā universitāte	
Profesors	
<i>Tālrunis</i>	+371 29269448
<i>E-pasts</i>	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)

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

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

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

2. posma 2.1. uzdevums: Transportlīdzekļa un brauktuves konstrukcijas mijiedarbības izpēte.

Pētījumā ir apskatīti dažādi tiltu veidi Latvijā, kuriem ir veiktas dinamiskās pārbaudes. Pētījuma rezultāti parāda, ka tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums. Modelējot uz seguma negludumus vai bedres, dinamiskuma koeficients konstrukcijai var pieaugt pat 2 reizes., kā arī iesniegt 1 publikācija

2.posma 2.2. uzdevums: Satiksmes slodzes iedarbības uz tiltu konstrukcijām analīze.

Pētījumiem izmantoti svēršanas gaitā, angļu valodā weigh-in-motion, turpmāk tekstā WIM, sistēmu dati no četrām VAS "Latvijas Valsts ceļi" (LVC) īpašumā esošām WIM stacijām. Šie dati, to tīrīšana un apstrāde plašāk aprakstīta otrajā nodaļā "Satiksmes dati". Tā kā īsu un vidēju laidumu tiltu slodzes ir dotas "1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām 2. daļa: Satiksmes slodzes tiltiem:", tad aprēķinājām slodzes gara laiduma (garāki par 200 m) tiltiem. Pieņēmumi, izmantotā aprēķinu metode un tās dotie rezultāti apskatīti trešajā nodaļā "Slodžu aprēķini". Pēc slodžu aprēķina secinājām, ka ierobežoto izejas datu dēļ, ir nepieciešams datus simulēt, tāpēc pētījuma otrajā daļā apskatījām vai satiksmes intensitāte gada griezumā ir līdzīga uz visiem autoceļiem. Ja tā būtu, tad varētu veikt īsus, piemēram, divas nedēļas garus, mērījumus uz interesējošā autoceļa un pārējā gada intensitāti iegūt pieņemot, ka tā mainās tāpat kā uz citur. Konstatējām, ka trijās no četrām mērījumu vietā satiksmes intensitāte mainās pietiekami līdzīgi, lai to varētu vispārināt kā standarta gadījumu visiem Latvijas autoceļiem.

Pētījumu rezultāti prezentēti sekojošās starptautiskās konferencēs:

1. Paeglite I., Traffic load on bridge dynamic response, 2nd International Conference

- Innovative Materials, Structures and Technologies, 30.09. - 02.10.2015, Riga, Latvia.
2. Paeglīte I., Smirnovs J. Dynamic effects caused by vehicle – Bridge interaction, 5th International Scientific Conference of Civil Engineering, Architecture, Land management and Environment, 14-15 May 2015, Jelgava, Latvia.
 3. Paeglītis A., Freimanis A. Modeling of traffic loads for bridge spans from 200 to 600 meters, 5th International Scientific Conference of Civil Engineering, Architecture, Land management and Environment, 14-15 May 2015, Jelgava, Latvia.
 4. Freimanis A., Analysis of yearly traffic fluctuation on Latvian highways, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, 30.09. - 02.10.2015, Riga, Latvia.

Sagatavoti sekojošie pilna teksta zinātniskie raksti, kas pieejami Scopus vai Web of Science datu bāzē:

1. Freimanis A., Paeglītis A., Analysis of yearly traffic fluctuation on Latvian highways, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 96 (2015)
a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012064/pdf>

Sagatavoti sekojošie pilna teksta zinātniskie raksti, kas publicēti konferenču izdevumā:

1. Paeglīte I., Smirnovs J. Dynamic effects caused by vehicle – Bridge interaction. In. 5th International Scientific Conference Proceedings, Vol. 5, 2015, 11-14, ISSN 2255-7776
2. Paeglītis A., Freimanis A. Modeling of traffic loads for bridge spans from 200 to 600 meters. In. 5th International Scientific Conference Proceedings, Vol. 5, 15-23, ISSN 2255-7776

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

1. M.Cepurnieks “Satiksmes organizācijas un drošības analīze un iespējamie uzlabojumi Limbažu pilsētā”, inženierprojekts “Rostokas ielas pārbūve Rīgā”, vad. J.Smirnovs.

Populārzinātniskas publikācijas:

1. Paeglītis, A. (2015) Koka tilti Latvijā – vēsture un perspektīvas (Timber bridges in Latvia – history and perspective). // Būvinženieris, 2015.gada decembris, Nr.47, 156-163.lpp. ISSN 1691-9262.

Projektā strādā 2.kursa doktorants Andris Freimanis un 3. kursa doktorante Ilze Paeglīte. Ilzes Paeglītes promocijas darba tēma ir “ Kustīgās slodzes iedarbība uz tiltu dinamiskajā īpašībām”, zinātniskais vadītājs – profesors Dr.sc.ing. Juris Smirnovs, aizstāvēšana paredzēta 2017. gadā. 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 projekta 2. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-B

3. projekta 2. uzdevums: izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu bojājumu 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

2. posma 1. uzdevums: Konstrukciju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanas metožu izpēte.

Pārskata periodā tika veikti pētījumi gan sijas, gan plātnes tipa konstrukciju dinamisko

parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam. Iegūtie dinamiskie raksturlielumi, izmantojot atbilstošas signāla apstrādes metodes, tika izmantoti konstruktīvo elementu bojājumu raksturlielumu (vietas lokalizācija, zonas lielums) identifikācijai. Izstrādāto metožu efektivitātes novērtēšanai tika veikti skaitliski eksperimenti, analizējot metodes veikspēju gan ierobežota skaita, gan trokšņainu dinamisko parametru datu pieejamības gadījumos, kā arī variējot bojājuma intensitātes pakāpi. Metodes validācijai tika veikti eksperimentāli gan sijas, gan plātnes tipa konstrukciju testi. Eksperimentālās konstrukciju pašsvārstību frekvences un atbilstošās šo frekvenču svārstību formas tiks iegūtas, izmantojot POLYTEC bez-kontakta lāzera vibrometrijas iekārtu.

Pētījumu rezultāti tika ziņoti sekojošās konferencēs:

1. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage identification in beam structure using spatial continuous wavelet transform*, IMST 2015 - 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija;
2. M. Wesolowski, S. Ručevskis, R. Janeliukstis, M. Polanski, *Damping Properties of Sandwich Truss Core Structures by Strain Energy Method*, IMST 2015 - 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija;
3. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage identification in beam structure using mode shape data: from spatial continuous wavelet transform to mode shape curvature methods*, ICoEV 2015 - IFTOMM International Conference on Engineering Vibration 2015, 7.-10. septembris, Ļubļana, Slovēnija;
4. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage identification in polymer composite beams using spatial continuous wavelet transform*, BPS 2015 – Baltic Polymer Symposium 2015, 16.-18. Septembris, Sigulda, Latvija.

Pētījumu rezultāti ir apkopoti šādās publikācijās, kas publicētas Scopus vai Web of Science datu bāzēs:

1. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage Identification in Beam Structure Using Spatial Continuous Wavelet Transform*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015, 96(1), pp. 1-12.
a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012058/pdf>
2. M. Wesolowski, S. Ručevskis, R. Janeliukstis, M. Polanski, *Damping Properties of Sandwich Truss Core Structures by Strain Energy Method*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015, 96(1), pp. 1-8.
a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012022/pdf>
3. Mironov, A., Doronkin, P., Priklonsky, A., Chate, A., *Effectiveness of Application of Modal Analysis for the Monitoring of Stressed or Operated Structures*, Aviation, 2015, 19(3), pp. 112-122.
a. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/16487788.2015.1104860>

Pētījumu rezultāti ir apkopoti tēzes, kas iesniegtas dalībai sekojošās konferencēs:

1. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Chate, *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. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, P. Akishin, A. Chate, *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. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Chate, *Multiple Damage Identification in Beam structure Using Wavelet Transform Technique*, MBMST 16 – 12th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques”, 26.–27. maijs, Viļņa, Lietuva.

Projektā strādā 2. kursa doktorants Rims Janeliukstis. Viņa 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.

3 projekta 3. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-C

3. projekta 3. uzdevums: Izstrādāt inovatīvas viedas konstrukcijas ar uzsvāru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērstas uz būvniecības un infrastruktūras objektiem.

2.posma 3.uzdevums: Konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.

Otrā projekta posmā turpināti reducēto šķērsgriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statistiskās shēmas. Apskatāmās metodikas pamatā ir LVS EN 1995-1-1.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas piekārts četros punktos un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statistiski pielikto slodzi. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām REFM 5.0. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsgriezuma metodi un rezultātiem, kas ir iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 20 %.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas brīvi balstas uz divām malām un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statistiski pieliktu slodzi, kā arī aksiālo spēku. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām ANSYS v15. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsgriezuma metodi un rezultātiem, kas iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 10 %.

Otrā projekta posmā uzsākts pētījums par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Kā pētījumu objekts apskatīts sedlveida vanšu pārsegums ar izmēriem 60x60m un augstumu 12m. Parādīts, kā vanšu tīkla sadalījums 18 grupās, kas atšķiras ar iepriekšējo sasprieguma līmeni, ļauj samazināt vanšu tīkla materiālu patēriņu par 19.2%.

Pētījumu rezultāti ir apkopoti šādos rakstos, kas ir publicēti 2. posmā gaitā:

1. A.Vilguts, D.Serdjuks, L.Pakrastins, Design Methods of Elements from Cross-Laminated Timber Subjected to Flexure, Procedia Engineering, Volume 117, Issue 1, 2015, 10-19
 - a. <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84941059644&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Serdjuks&st2=&sid=825680C2EBD50EF96A423542C8B86583.Vdktg6RVtMfaQJ4pNTCQ%3a210&sot=b&sdt=b&sl=21&s=AUTHOR-NAME%28Serdjuks%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

2. Stuklis A., Serdjuks D., Goremikins V., Materials Consumption Decrease for Long-span Prestressed Cable Roof, Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources, 2015, 209-215 .ISSN 1691-5402, DOI:
a. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2015voll.231>,
3. Vilguts A., Serdjuks D., Goremikins V., Design Methods for Load-bearing Elements from Cross-Laminated Timber, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015
a. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815017713>
4. Hirkovskis A., Serdjuks D., Goremikins V., Pakrastins L., and Vatin N., Behaviour Analyze of Load-bearing Members from Aluminium Alloys, „Инженерно-строительный журнал”, ISSN: 2071-0305, 2071-4726, Sanktpēterburgs, Krievija, doi: 10.5862/MCE.57.8, pp. 86-96.

Pētījumu rezultātiem ziņots sekojošās starptautiskās konferencēs:

1. A.Vilguts, D.Serdjuks, L.Pakrastins, Design Methods of Elements from Cross-Laminated Timber Subjected to Flexure, International Scientific Conference - Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, 2015, 18.03.15. – 20.03.15., Sanktpēterburga, Krievija;
2. Stuklis A., Serdjuks D., Goremikins V., Materials Consumption Decrease for Long-span Prestressed Cable Roof, 10th International Scientific and Practical Conference „Environment. Technology. Resources”, Rezekne, Latvia, 2015
5. Vilguts A., Serdjuks D., Goremikins V., Design Methods for Load-bearing Elements from Cross-Laminated Timber, IMST 2015 - 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija.

Otrā projekta posmā izstrādāti un aizstāvēti sekojoši maģistra darbi:

1. Kristaps FREIMANIS, „Nesošo elementu no Z profiliem darbības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).
2. Jāna JURĪČUKA, „Krustiski līmētas koksnes nesošo elementu darbības analīzē” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).
3. Jānis MŪRNIEKS, „Koka pārseguma nestspējas palielinājuma analīze” (vadītāji Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks, M. sc.ing. asist. A. Kukule)
4. Tatjana SAKNITE, „Lokveida koka pārseguma ugunsizturības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).

Otrā projekta posmā izstrādāts un aizstāvēts sekojošais bakalaura darbs:

1. Karina BUKA-VAIVADE „Aprēķina metodiku pārbaude šķērsvirzienā kārtaini līmētam koka elementam. Veselības aprūpes centrs” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks)

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
2.1. Transportlīdzekļa un brauktuves konstrukcijas mijiedarbības izpēte.	Analizēta dinamiskuma koeficienta vērtība atkarība no tilta veida, garuma, braucošās automašīnas ātruma, tilta seguma kvalitātes un tilta sistēmas.

2.2. Satiksmes slodzes iedarbības uz tiltu konstrukcijām analīze.	<i>Izstrādātā pieeja ļauj aprēķināt satiksmes intensitāti katrā gada nedēļā no tsa perioda un ar pārvietojamām iekārtām mērītiem datiem uz viena autoceļa par piemēru ņemot cita autoceļa intensitātes sadalījumu.</i>
Viens no lielākajiem ārējiem spēkiem, kas iedarbojas uz tilta konstrukciju, ir kustīga transportlīdzekļa slodze. Slodzes lielums ir atkarīgs no transportlīdzekļa veida, asus skaita un masas. Šāda veida slodzes ir laikā mainīgas, un to lielumu parasti nosaka ar varbūtību teorijas palīdzību. Reālo transportlīdzekļu svaru un asu skaitu var noteikt ar Automašīna parametru mērīšanu kustībā, jeb Weight-in-motion sistēmu. Šādas iekārtas tiek iestrādātas ceļa segumā un tās reģistrē automašīnas svaru tai, pārbraucot pār sensoriem.[1] Ir noteikts, ka tilta dinamiskie raksturlielumi ir atkarīgi no tilta veida, automašīnas pārvietošanās ātruma, brauktuves seguma, tilta veida un citiem faktoriem. Ir divi tilta – automašīnas mijiedarbības pētījuma veidi: eksperimentāla vai analītiska pieeja. Eksperimentālā pieeja ir laukietilpīga, tai nepieciešamas speciālas iekārtas, lai noteiktu nepieciešamos raksturlielumus un tā ir salīdzinoši dārga. Savukārt analītiskā metode ir veids kā novērtēt tilta – automašīnas mijiedarbību, ja aprēķiniem pielietotā metode ir eksperimentāli pārbaudīta. [2] Mijiedarbības modeļi, kuros tiek apskatīta enerģijas apmaiņa starp automašīnu un tilta konstrukciju, ietver sekojošus elementus: • Konstrukcijas laiduma konstrukcijas modeli; • Automašīnas ritošās daļas modeli; • Automašīnas – tilta mijiedarbības modeli; • Ceļa seguma stāvokļa aprakstu; • Katra modeļa matemātiskā risinājuma algoritmu. Automašīnas modeļi, kas apskatīti literatūrā var tikt iedalīti 3 grupās ar pieaugošu sarežģītību: • Viendimensionāli (1D) modeļi, kur tiek ņemta vērā masa un asu vertikālais pārvietojums; • Divdimensionāli (2D) modeļi, kur tiek modelēta auto projekcija vertikālā garenvirziena plaknē un kustība apskatīta tajā pašā plaknē. • Trīsdimensionāli (3D) modeļi, kur tiek modelēts visas automašīnas kustības un asis. Šāda metode ļauj ievērtēt automašīnas riteņu nevienādu saskari ar tilta konstrukciju. Visbiežāk pielietotā metode, lai simulētu automašīnas-tilta mijiedarbību, ir – atsevišķi matemātiski aprakstīt tiltu un automašīnu, bet mijiedarbība tiek aprēķināta caur iteratīvu procedūru, kurā spēka pārvede un izlieces tiek noteiktas katram ritenim atsevišķi. Visbiežāk automašīnas vienādojumam tiek izmantota tiešā integrēšana laikā, bet tilta konstrukcijai - modālā superpozīcijas metode. Otra metode ir - uzreiz apskatīt pilnībā savienotu sistēmu, bet šādas metodes pielietošana prasa lielus aprēķinu resursus. Apvienotās konstrukcijas matricā tiek ievietota tilta un automašīnas masa, rimšanas koeficients un stingums. Šāda aprēķinu sistēma neļauj ievērtēt tilta konstrukcijas nelinearitātes un šāda metode neievērtē jebkādu automašīnas tilta nesaskaršanos, t.i., riteņi vienmēr pilnā saskarē ar segumu. Tilta seguma nelīdzenums ir galvenais dinamiskā ierosinājuma avots konstrukcijā. Ir metodes, kas ļauj noteikt seguma raupjumu un tas tiek iekļauts aprēķina modelī. Ja nav iespējams precīzi noteikt seguma raupjumu, tad tiek izmantota varbūtību teorija un pieņemts raupjuma profils balstoties uz iepriekš veiktajiem mērījumiem. Lai arī ir iespējams matemātiski modelēt tilta-automašīnas mijiedarbību, tas nedod nepieciešamo informāciju, lai novērtētu konstrukcijas darbību slodzes ietekmē. Daudz vairāk par konstrukciju ir iespējams pateikt veicot dinamiskās pārbaudes, kurās, automašīnai pārbraucot tiltam, ir iespējams noteikt svārstību dinamiskuma koeficientu (Dynamic	

amplification factor), pašsvārstību frekvences un rimšanas koeficientu. Šādi raksturlielumi visprecīzāk apraksta kustīgās slodzes, jeb automašīnas ietekmi uz tilta konstrukcijas dinamiskajām īpašībām.

Lai arī pašsvārstību frekvence un rimšanas koeficients var tikt salīdzināts ar galīgo elementu aprēķina modeļa iegūtajiem dinamiskajiem raksturlielumiem, visprecīzāk dinamisko ietekmi uz tilta konstrukciju parāda tieši dinamiskuma koeficients. Dinamiskuma koeficients tiek aprēķināts kā attiecība starp dinamisko un statisko konstrukcijas atbildes reakciju uz pielikto slodzi (izsaka kā izlieci vai spriegumu), un tas parāda par cik palielinās slodze uz konstrukciju, ja tiek ievērtēta arī dinamiskā ietekme. Šāds dinamiskās slodzes ievērtējums tiek izmantots tiltu aprēķina slodzes normatīvā LVS 1991-2 "Satiksmes slodzes tiltiem".

Pētījumā ir apskatīti dažādi tiltu veidi Latvijā, kuriem ir veiktas dinamiskās pārbaudes. Pētījuma rezultāti parāda, ka tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums. Modelējot uz seguma negludumus vai bedres, dinamiskuma koeficients konstrukcijai var pieaugt pat 2 reizes.

3.3.2. uzdevuma ietvaros 2014. un 2015. gadā laika grafikā paredzēts, ka tiks analizētas satiksmes slodzes iedarbība uz tiltu konstrukcijām.

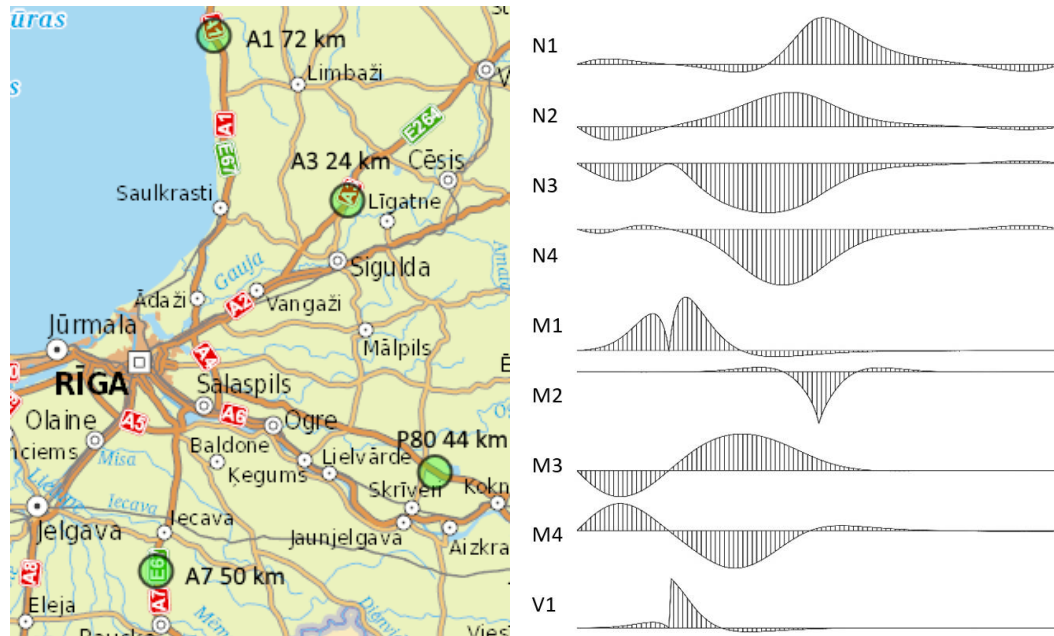
Pētījumiem izmantoti svēršanas gaitā, angļu valodā weigh-in-motion, turpmāk tekstā WIM, sistēmu dati no četrām VAS "Latvijas Valsts ceļi" (LVC) īpašumā esošām WIM stacijām. Šie dati, to tīrīšana un apstrāde plašāk aprakstīta otrajā nodaļā "Satiksmes dati". Tā kā īsu un vidēju laidumu tiltu slodzes ir dotas "1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām 2. daļa: Satiksmes slodzes tiltiem:", tad aprēķinājām slodzes gara laiduma (garāki par 200 m) tiltiem. Pieņemumi, izmantotā aprēķinu metode un tās dotie rezultāti apskatīti trešajā nodaļā "Slodžu aprēķini". Pēc slodžu aprēķina secinājām, ka ierobežoto izejas datu dēļ, ir nepieciešams datus simulēt, tāpēc pētījuma otrajā daļā apskatījām vai satiksmes intensitāte gada griezumā ir līdzīga uz visiem autoceļiem. Ja tā būtu, tad varētu veikt īsus, piemēram, divas nedēļas garus, mērījumus uz interesējošā autoceļa un pārējā gada intensitāti iegūt pieņemot, ka tā mainās tāpat kā uz citur. Konstatējām, ka trijās no četrām mērījumu vietā satiksmes intensitāte mainās pietiekami līdzīgi, lai to varētu vispārināt kā standarta gadījumu visiem Latvijas autoceļiem. Šī daļa aprakstīta ceturtajā nodaļā "Satiksmes intensitātes mainīgums".

Saistībā ar uzdevumu publicēti trīs raksti, kuri citēti piektajā nodaļā "Publicētie raksti". Trešais raksts "Load calculation methods for long-span bridges" pašlaik nodots atkārtotai recenzēšanai.

Sākotnēji pētījumiem bija pieejami dati no WIM stacijām autoceļu A1 72. km un A3 24. km, kopā 2'670'344 transportlīdzekļu, tāpēc slodzes tiltiem aprēķinātas no tiem. Pēcāk no LVC saņēmām papildu datus no iekārtām uz autoceļiem A1 un A3, kā arī jaunus no A7 un P80. Dati no četrām sistēmām tika izmantoti satiksmes intensitātes mainīguma novērtēšanai. Visu WIM sistēmu atrašanās vietas parādītas 1. attēlā. Kopā bija pieejami 8'186'871 transportlīdzekļu mērījumi laika periodā no 2012. gada 14. jūlija līdz 2015. gada 31. martam (dažādiem autoceļiem periodi atšķīrās). Kā katri mērījumi arī šie saturēja kļūdas, tādēļ izmantojām divas tīrīšanas metodes. Slodžu aprēķinam – tā fokusējās uz patiesā automašīnu svara iegūšanu, ziedojot daļu automašīnu skaita, savukārt intensitāšu salīdzināšanai, kur transportlīdzekļu skaits ir svarīgāks, uz maksimālu to saglabāšanu.

Tiltu slodžu aprēķinam, vispirms datus iztīrīja balstoties uz atbilstības kodiem, angļu valodā – validity codes. Šos kodus mēriekārtas pievienoja transportlīdzekļiem, ja to svēršanas laikā tika konstatētas kādas neatbilstības. Starp 18 dažādiem kodiem atlasījām trīs, kuri noteikti liecināja par kļūdainiem mērījumiem, un izdzēsām tos saturošās automašīnas. Atšķirīgo sensoru un asfalta seguma termiskās izplešanās koeficientu dēļ, apkārtējās

temperatūras svārstības ietekmē svara mērījumus, tāpēc izmantojām metodi šīs ietekmes ievērtēšanai. Šī metode deva labus rezultātus, jo tika samazināts transportlīdzekļu svara variāciju koeficients. Pēc tam lietojām vispārīgus filtrus un specifiskus filtrus atsevišķi vieglajām un kravas automašīnām, kas izdzēsa tikai tās automašīnas, kurām konstatētas rupjas mērījumu kļūdas. Šī tīrīšana palielināja transportlīdzekļu grupu vidējo svaru, tādējādi radot papildus drošumu.



1. attēls. WIM sistēmu atrašanās vietas. 2. attēls. Jēkabpils tilta ietekmes līnijas

- N1 – ass spēks centrālā laiduma garākajā vanti;
- N2 – ass spēks malējā laiduma garākajā vanti;
- N3 – ass spēks pilona apakšā;
- N4 – ass spēks pilona vidū;
- M1 – lieces moments klājā uz pilona;
- M2 – lieces moments centrālā laiduma vidū;
- M3 – lieces moments pilona apakšdaļā;
- M4 – lieces moments pilona vidū;
- V1 – šķērsspēks klājā pie pilona.

Intensitātes izmaiņām svarīgs ir katrs transportlīdzeklis, bet absolūti nenožīmīgs ir to svars. Tāpēc šim gadījumam pārbaudījām, lai faili nesatur vairāku dienu datus, bet netika veikta nekāda transportlīdzekļu dzēšana. Tā kā garas kravas automašīnas kā vilcēji ar puspiekabēm (“fūres”) vai autobusi var tikt nepareizi sadalīti divās daļās, tad satiksmes intensitāte neveicot tīrīšanu palielinās. Dalītie transportlīdzekļi parasti nesastāda vairāk kā 1% no kopējā skaita un to ietekme ir nenožīmīga.

Lai simulētu dažādas satiksmes plūsmas tika sagatavoti seši dažādi satiksmes scenāriji un katrā no tiem tika apskatīta visnoslogotākā tilta josla. Pirmais sastāvēja tikai no kravas automašīnām, katrā nākamajā scenārijā plūsmā iekļāvām no 10% līdz 50% vieglo automašīnu. Transportlīdzekļi katra scenārijā tika nostādīti rindā ar konstantu 5m attālumu starp priekšā esošā transportlīdzekļa pēdējo un aizmugurē esošā pirmo asi.

Apskatījām divus dažādas pieejas gara laiduma tiltu slodžu aprēķiniem. Pirmajā katras dienas transportlīdzekļu rinda tika bīdīta pāri konstanta garuma laidumam. Slodzi aprēķinājām visu uz laiduma esošo transportlīdzekļu kopējo masu dalot ar laiduma garumu, tādējādi iegūstot slodzi uz metru. Ar šo pieeju apskatījām laidumus no 200 līdz 600 metriem.

Otrā bija tuvināta reāliem apstākļiem dabā. Tiltam pār Daugavu Jēkabpilī, kuram pabeigts skiču projekts izvēlējamies deviņus raksturīgos šķēlumus, kuriem uzzīmējam ietekmes līnijas, kas rādīja slodzes iedarbību uz šķēlumu atkarībā no tās novietojuma, tās parādītas 2. attēlā. Tādas pat rindas kā konstanta laiduma gadījumā tika bīdītas pāri šīm ietekmes līnijām. Slodzes aprēķinājam atbilstoši vienādojumam (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.

Abos gadījumos atradām katras dienas maksimālo slodzi. Izvērtējot vairākus varbūtību sadalījumus izvēlējamies Gumbela sadalījumu, kuram tika atrasti vispiemērotākie koeficienti, lai aprakstītu dienu maksimumus. Pēc tam slodzes tika ekstrapolētas līdz pārsniegšanas varbūtībai 5% 50 gadu periodā. Varējām secināt, ka ietekmes līnijas dod lielākas slodzes, kā konstantā laiduma pieeja, taču tās būtu jāuzskata par precīzākām konkrētam tiltam. Ekstrapolētās slodzes tika salīdzinātas ar 1. Eirokodeksā dotajām un secinājām, ka tās ir lielākas. Tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka transportlīdzekļu svārs ir pieaudzis kopš 1987.gada, kad tika mērīta satiksme no, kuras iegūtas Eirokodeksa slodzes, taču to nevar viennozīmīgi apgalvot. Pieļaujams, ka mūsu pieņēmumi par satiksmes plūsmu, sevišķi par attālumu strap automašīnām, bija par konservatīvu, taču mums nebija pieejami dati par patiesiem attālumiem sastrēgumu gadījumos.

Tā kā arī ekstrapolēšana rezultātiem dod zināmu neprecizitāti, to būtu jānovērš ar maksimāli lielu datu vākšanas periodu, vai ar simulētiem datiem garam laika periodam. Lai noskaidrotu, vai ir iespējams izmantot satiksmes intensitātes sadalījumu no viena autoceļa, datu simulēšanai uz cita autoceļa, apskatījām intensitātes sadalījumu uz četriem autoceļiem. Katras nedēļas vidējā intensitāte tika izdalīta ar visa gada vidējo, šādi varējām salīdzināt autoceļus pat, ja to patiesā intensitāte atšķīrās un ieguvām katras nedēļas intensitātes atšķirību no gada vidējās. Šī pieeja ļauj aprēķināt satiksmes intensitāti katrā gada nedēļā no īsa perioda un ar pārvietojamām iekārtām mērītiem datiem uz viena autoceļa par piemēru ņemot cita autoceļa intensitātes sadalījumu. Proti, ja uz autoceļa X divas nedēļas pirms Jāņiem ir mērīta intensitāte un citiem autoceļiem šajā laika periodā tā ir 60% no gada vidējās, tad palielinot nomērīto intensitāti par 40 procentpunktiem iegūst gada vidējo intensitāti (GVI). GVI, savukārt, var pēc tam atbilstoši citu autoceļiem, palielināt vai samazināt iegūstot intensitāti citās nedēļās.

Salīdzinājums rādīja, ka uz autoceļiem A7, A3 un P80 satiksme gada laikā mainās ļoti līdzīgi. Izņēmums bija autoceļš A1 uz kura tā vasara laikā ievērojami pieauga, bet tas izskaidrojams ar dažādiem Salacgrīvā un tās apkārtnē notiekošajiem mūzikas festivāliem (Positivus, Klasiskās mūzikas festivāls, Jūras svētki). No tā varējām secināt, ka intensitāte aprēķināma no īslaicīgiem mērījumiem, bet jāpārbauda vai nav kādi lokāli apstākļi, kas intensitāti neraksturīgi palielina vai samazina.

2. Konstrukciju elementu bojājuma zonas vietas lokalizācijas noteikšanas metožu izpēte	Metode sijas tipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu lokalizācijai. Sagatavota publikācija iesniegšanai konferencei
---	---

Pārskata periodā tika veikti pētījumi gan sijas, gan plātnes tipa konstrukciju dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam. Iegūtie sijas tipa konstrukciju dinamiskie raksturlielumi, izmantojot atbilstošas signāla apstrādes metodes, tika izmantoti konstruktīvo elementu bojājumu raksturlielumu (vietas lokalizācija, zonas lielums) identifikācijai. Šīs problēmas risinājumam tiek piedāvāts izmantot veivletu transformācijas (VT) metodi. Tas ir matemātisks pārveidojums, ar kuru tiek noteikta korelācija starp pētāmo signālu un, tā saukto, veivletu funkciju. Korelācijas rezultātā tiek iegūti lielas vērtības transformācijas koeficienti. Lielākie pīķi veivletu transformācijas atkarības grafikā no konstrukcijas koordinātes norāda vietu, kur ir lokalizēts bojājums. Lielākai rezultātu ticamībai tika izvērtēts liels daudzums dažādu veivletu funkciju pie dažādās vērtības mēroga parametriem.

Bojājuma identifikācija tika raksturota ar bojājuma indeksu, kas VT gadījumā ir vienāds ar VT koeficientu vērtību. Katrai svārstību formai aprēķinātās bojājuma indeksa vērtības tika normētas un saskaitītas pa visām svārstību formām. Tika aprēķināts standartizētais bojājuma indekss, pamatojoties uz statistikas hipotēzes koncepciju, saskaņā, ar kuru konstrukcijas bojājums tiek lokalizēts, izmantojot kādu noteiktu ticamības vērtību. Tika ieviests parametrs, nosaukts par „bojājuma noteikšanas paļāvību”, kas procentuāli raksturo ticamību, ar kādu tiek noteikta bojājuma lokalizācija, izmantojot konkrētu veivleta funkciju. Izmantojot VT metodi, tika veikta visu apskatāmo veivleta funkciju mēroga parametru analīze, tas ir, tika noteikts, pie kura mēroga parametra iegūstami vislabākie bojājuma noteikšanas rezultāti. Piedevām, tika apskatīts, kā bojājuma noteikšanas paļāvība mainās atkarībā no tā, cik daudz izmērīto svārstību formu datu punktu tiek izmantots aprēķinā ar mērķi aptuveni novērtēt blīvumu sensoriem, kurus varētu integrēt konstrukcijā reālā situācijā.

Metodes veikspējas novērtēšanai tika veiktas skaitliskās simulācijas, kurās svārstību formām mākslīgi tika pielikti dažādi trokšņa līmeņi, lai pārbaudītu metodes jutību attiecībā pret eksperimentālajiem svārstību formu datiem, kas jau dabiski satur kādu troksni. Veivletu transformācijas 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,

Bojātas konstrukcijas svārstību formu skaitliskā simulācija tika veikta, izmantojot galīgo elementu programmu ANSYS, ar kuru tika ievērtēti siju ģeometriskie izmēri, materiālu īpašības. Bojājums tika simulēts, samazinot sijas biezumu bojājumam paredzētajā vietā. Visi aprēķini, tajā skaitā, bojājuma indekss, tā standartizācija, bojājuma noteikšanas paļāvība u.c. abām metodēm tika aprēķināti, izmantojot MATLAB programmatūru.

Pārskata periodā paralēli sākts arī darbs pie bojājumu noteikšanai metodes plātnes tipa konstrukcijās. Piedāvātās metodes priekšrocība ir tāda, ka atšķirībā no pieejamajām metodēm plātnes tipa konstrukcijām, dotai metodei nepieciešami dinamisko parametru dati tikai no ekspluatācijā jau esošas konstrukcijas. Metodes pamatideja ir tāda, ka konstrukcijām nebojātā stāvoklī pašsvārstību formas liekumu virsmas ir gludas, un tās ir iespējams aproksimēt, izmantojot polinomu. Tādejādi, pašsvārstību formas liekumu virsmas konstrukcijai nebojātā stāvoklī tiek iegūtas, aproksimējot konstrukcijas bojātā stāvokļa pašsvārstību formas liekumu virsmas. Bojājuma noteikšanas indekss tiek definēts kā absolūtā starpība starp bojātas konstrukcijas formas liekuma virsmas kvadrātu un aproksimētās bojātas konstrukcijas formas liekuma virsmas kvadrātu, kas dotajā gadījumā reprezentē konstrukcijas nebojāto stāvokli. Maksimālā bojājuma noteikšanas indeksa vērtība norāda uz bojājuma atrašanās vietu un izmēru. Izstrādātās metodes efektivitātes novērtēšanai, tika veikti skaitliski eksperimenti, analizējot metodes veikspēju gan ierobežota skaita, gan trokšņainu dinamisko parametru datu pieejamības gadījumos, kā arī variējot bojājuma intensitātes pakāpi. Metodes validācijai

tika veikti alumīnija plātnes ar iepriekš ieviestu bojājuma zonu eksperimentāli testi. Eksperimentālās konstrukciju pašsvārstību frekvences un atbilstošās šo frekvenču svārstību formas tiks iegūtas, izmantojot POLYTEC bez-kontakta lāzera vibrometrijas 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. Rezultāti apstiprina pieņēmumu, ka izstrādā metode, to attīstot tālāk, būs pielietojama ne tikai laboratorijas apstākļos, bet arī praktiskos, tādu liela izmēra konstrukciju kā mašīnbūves un avio būves konstruktīvie elementi, bojājumu identifikācijas testos, izmantojot atbilstošu eksperimentālu aparāturu.

Pētījumu rezultāti ir publicēti 3 WoS un Scopus datu bāzēs indeksētās publikācijās un ziņoti 3 starptautiskās zinātniskās konferencēs 2015. gadā.

3. Konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.

Paveikts reducēto šķērsgriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka konstruktīvo elementu aprēķiniem. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri. Publicēti trīs raksti konferenču raksta krājumus, publicēts raksts žurnālā.

Lai realizētu 3. projekta 2. posma 3. uzdevumu paveikts reducēto šķērsgriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka konstruktīvo elementu aprēķiniem. Tika paveikti divi eksperimenti. Pirmā eksperimenta gaitā tika apskatīti astoņi šķērsvirzienā kārtaini līmēti koka paneļi ar izmēriem 2×0.35 m un kopējo biezumu 60 mm. Ārējo un vidējo dēļu šķērsgriezumi ir 20×110 mm. Ārējos slāņos šķiedras virziens sakrīt ar paneļa garumu. Vidējā slāņa šķiedras tiek orientētas zem 90° pret ārējo slāņu šķiedru virziena. Slāņi tiek salīmēti kopā ar putupolouretāna līmi zem spiediena 600 kg/m^2 . Paneļu materiāls – stiprības klases C24 priedes koks. Paneļu statiskās shēma – brīvi balstīta sija ar laidumu 1.9 m. Paneļi tiek statistiski noslogoti ar diviem koncentrētiem spēkiem ar kopējo intensitāti, kas mainās robežās no 1 līdz 7 kN. Otrā eksperimenta gaitā tika apskatīti divi šķērsvirzienā kārtaini līmēti koka paneļi ar izmēriem 2×1 m un kopējo biezumu 95 mm. Ārējo un vidējo dēļu šķērsgriezumi ir 25×50 un 45×195 mm. Ārējos slāņos šķiedras virziens sakrīt ar paneļa garumu. Vidējā slāņa šķiedras tiek orientētas zem 90° pret ārējo slāņu šķiedru virziena. Slāņi tiek salīmēti kopā ar putupolouretāna līmi zem spiediena 400 kg/m^2 . Paneļu materiāls – stiprības klases C18 priedes koks. Paneļu statiskās shēma – panelis, kas ir piekarināts četros punktos. Paneļi tiek statistiski noslogoti ar vienmērīgi izkliedētu pa tā virsmas slodzi ar intensitāti no 0.46 līdz 5.09 kN/m^2 . Apskatītie paneļi no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināti izmantojot reducēto šķērsgriezuma metode, gamma metode, kompozītu metode, bīdes analogiju metode un GEM ar programmām RFEM 5.0 un ANSYS v15.

Otrā projekta posmā uzsākts pētījums par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Kā pētījumu objekts apskatīts sedlveida vanšu pārsegums ar izmēriem 60×60 m un augstumu 12 m, vanšu solis ir vienāds ar 2.828 m. Vanšu materiāls – tērauda troses ar elastības moduli $1.5 \cdot 10^5 \text{ MPa}$. Tērauda stieples robežstiprība stiepē 1770 MPa. Vanšu pārsegums statistiski noslogots ar pašsvaru un sniega slodzi, kas kopā sasniedz 3.039 kPa. Pārsegums sastāv no diviem koksnes slāņiem ar kopējo biezumu 66 mm vai šķērsvirzienā kārtaini līmēta koka paneļiem. Paneļu materiāls – stiprības klases C24 priedes koks. Apskatītais vanšu tikls no tērauda troses tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām ANSYS v14.

Rezultāti:

1. Parādīts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti liektiem šķērsvirzienā kārtaini līmētam koka paneļiem ar reducēto šķērsriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi, GEM un eksperimentāli atrodas robežās no 0.1 līdz 17.9 %.
2. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas ir iegūti liektiem un spiesti liektiem šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka paneļiem ar reducēto šķērsriezuma metodi un rezultātiem, kas ir iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 10 %.
3. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Parādīts, kā vanšu tīkla sadalījums 18 grupās, kas atšķiras ar iepriekšējo sasprieguma līmeni, ļauj samazināt vanšu tīkla materiālu patēriņu par 19.2% sedlveida vanšu pārsegumam ar izmēriem 60x60m un augstumu 12m statistiska slogojuma gadījumā.
4. Trešā pētījumu posmā paredzēts:
5. turpināt reducēto šķērsriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statistikas shēmas; piedāvāt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķina metodiku.
6. Turpināt pētījumu par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Uzsākt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģijas optimizāciju un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšanu. Uzsākt nesošas konstrukcijas izstrādi, kas sastāv no galveniem stieptiem nesošiem elementiem un sekundāriem elementiem no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes.

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 iespējamus risinājumus, turpmākā darba virzienus. **Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas**)*

Atbilstoši 3. Projekta 2.posma uzdevumam 2.1. tika pētīta transportlīdzekļu ietekme uz tilta laiduma konstrukcijām, noteikti dinamiskuma koeficienti. Pētījumā ir apskatīti dažādi tiltu veidi Latvijā, kuriem ir veiktas dinamiskās pārbaudes. Pētījuma rezultāti parāda, ka tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums. Modelējot uz seguma negludumus vai bedres, dinamiskuma koeficients konstrukcijai var pieaugt pat 2 reizes.

Uzdevuma 2.2. ietvaros pētīta satiksmes slodzes iedarbība uz tiltu konstrukcijām, kuru laidums lielāks par 200 m, jo Eirokodeksā paredzētās slodzes attiecas uz laidumiem līdz 200 m. Tā kā drīzumā paredzēts būvēt vanšu tiltu pār Daugavu Jēkabpilī, kura centrālais laidums būs ap 320 m, tad veiktais pētījums attiecas uz slodzes noteikšanu drošai tilta ekspluatācijai. Izmantojot datus par Latvijas satiksmi, aprēķinātas slodzes tiltu laidumiem no 200 līdz 600 m. Konstatēts, ka pat visnelabvēlīgākajiem satiksmes scenārijiem, aprēķinātas slodzes ir zemākas par standartos dotajām un palielinoties slogotajam garumam tās vēl vairāk samazinās. Uzsākta pētniecība par Weigh-in-motion sistēmu datu tīrīšanu, lai iegūtu maksimāli precīzus datus tālākiem aprēķiniem.

Trešajā posmā (2016.gadā), lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir paredzēts veikt divus uzdevumus:

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

3.2.apakšuzdevums – Būvmateriālu fizikālo nenoteiktību ietekmes uz nestspēju matemātiskā modeļa izstrāde.

Atbilstoši 3. Projekta 2.posma izvirzītajam 2. uzdevumam: „Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu bojātu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas)

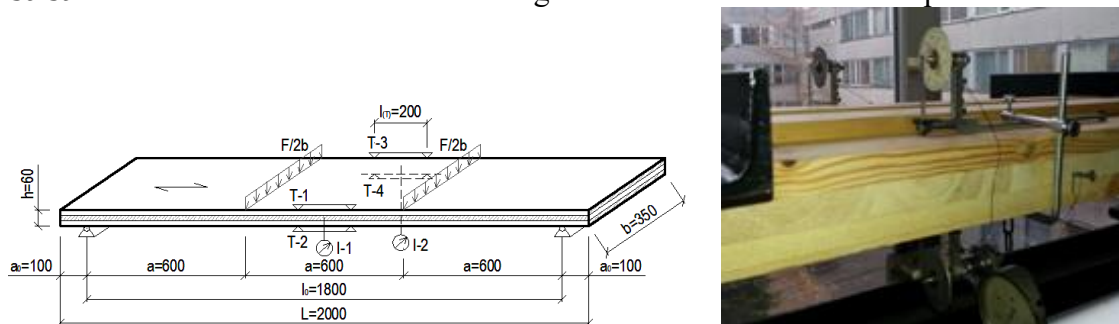
dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam” atskaites periodā plānotie mērķi ir sasniegti pilnībā. Pētījumu rezultāti ir publicēti 3 WoS un Scopus datu bāzēs indeksētās publikācijās un ziņoti 3 starptautiskās zinātniskās konferencēs 2015. gadā.

Projekta īstenošanas 2. posma ietvaros tika tālāk attīstīta uz svārstībām balstīta bojājumu identifikācijas metode, kas paredzēta praktiskiem pielietojumiem. Ar izstrādāto metodiku ir iespējams noteikt bojājuma vietu, kas nav redzama no ārpusē, gan homogēniem materiāliem, gan kompozītmateriāliem. Bojājumu noteikšanas indeksi tika izstrādāti gan vienas dimensijas, gan divu dimensiju telpās, tādējādi nodrošinot bojājumu noteikšanu gan sijas tipa, gan plātnes tipa konstrukcijās, un, izmantojot atbilstošu eksperimentālu aparāturu, metodi ir iespējams paplašināt arī uz tādu liela izmēra konstrukciju kā mašīnbūves un avio būves konstruktīvie elementi, utt. bojājumu identifikāciju.

Trešajā posmā (2016.gadā), lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir paredzēts veikt sekojošus uzdevumus:

1. Iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitliskā modelēšana un simulācijas iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai.
2. Plātne un sendvičtipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācijas metodikas izstrāde.

Atbilstoši 3. Projekta 2. posma 3. uzdevumam paveikts reducēto šķēsgriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka konstruktīvo elementu aprēķiniem. Apskatīti astoņi paneli no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas brīvi balstās uz divām malām un statiski noslogoti ar diviem koncentrētiem spēkiem.



1. attēls. CLT paneļa slogošanas shēma un mēraparātu izvietojums.

Apskatītie paneli no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināti izmantojot reducēto šķēsgriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi un GEM ar programmām RFEM 5.0.

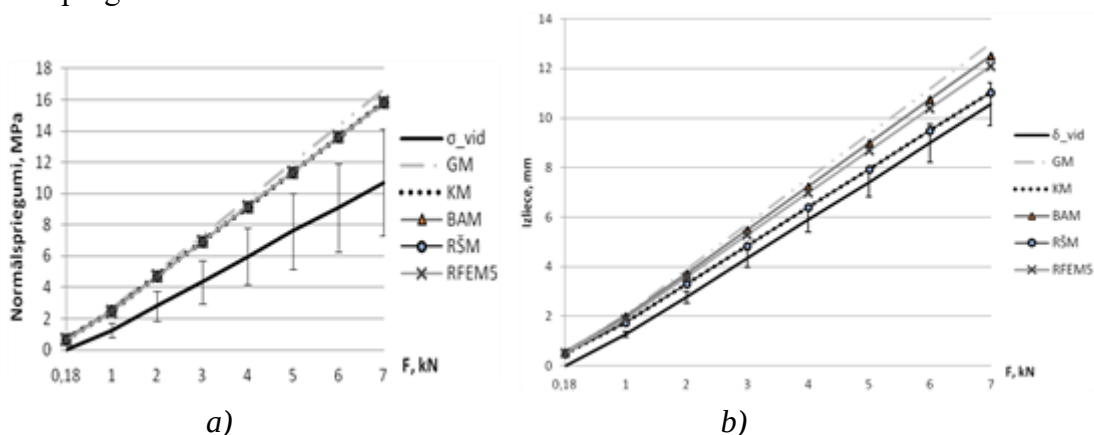
Parādīs, ka atšķirība starp maksimāliem normālsprīegumiem un maksimāliem vertikāliem pārvietojumiem, kas ir iegūti liektiem šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka paneliem ar reducēto šķēsgriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi, GEM un eksperimentāli noteiktiem atrodas robežās no 0.1 līdz 17.9 %.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas piekārts četros punktos un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statiski pielikto slodzi. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām RFEM 5.0. Konstatēts, ka atšķirība starp maksimāliem normālsprīegumiem un maksimāliem vertikāliem pārvietojumiem, kas ir iegūti ar reducēto šķēsgriezuma metodi un rezultātiem, kas ir iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 20 %.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas brīvi balstās uz divām malām un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statiski pielikto slodzi, ka arī aksiālo spēku. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām ANSYS v15. Konstatēts, ka atšķirība starp maksimāliem

normālspriegumiem, kas iegūti ar reducēto šķērsriezuma metodi un rezultātiem, kas iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 10 %.

GEM ar programmām RFEM 5.0



2. attēls. Sakarības starp teorētiski un eksperimentāli noteiktam maksimāliem normālspriegumiem a) un maksimāliem vertikāliem pārvietojumiem: vid – vidējas vērtības; GM – rezultāti, kas ir iegūti ar gamma metodi; KM– rezultāti, kas ir iegūti ar kompozītu metodi; BAM – rezultāti, kas ir iegūti ar bīdes analogiju metodi; RŠM rezultāti, kas ir iegūti ar reducēto šķērsriezuma metodi; RFEM5– rezultāti, kas ir iegūti ar programmu RFEM 5.0.

Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Kā pētījumu objekts apskatīts sedlveida vanšu pārsegums ar izmēriem 60x60m un augstumu 12m. Parādīts, ka vanšu tīkla sadalījums uz 18 grupās, kas atšķiras ar iepriekšējo sasprieguma līmeni, ļauj samazināt vanšu tīkla materiālu patēriņu par 19.2%.

Turpmākos pētījumus paredzēts veikt atbilstoši aktivitāšu izpildes laika grafikam. (Pielikums 3-C) 3. posmā paredzēts turpināt reducēto šķērsriezuma metodes eksperimentālas un analītiskas pārbaudes liektiem un spiesti-liektiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Paredzēts analizēt darbību šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka paneļiem, kas piekārti četros punktos, kā arī balstās uz divām malām ar vienmērīgi izkliedētu statiski pielikto slodzi un aksiālo slodzi. Paredzēts piedāvāt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķina metodiku liektiem un spiesti-liektiem elementiem.

3. posmā paredzēts turpināt pētījumu par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Uzsākt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģijas optimizāciju un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšanu, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Uzsākt nesošas konstrukcijas izstrādi, kas sastāv no galveniem stieptiem nesošiem elementiem un sekundāriem elementiem no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes.

3. projekta 3. uzdevuma dalībnieku atalgojums pirmajos divos posmos sastāda eiro 3408 (bruto algas – 2797 EUR + VSAOI – 611 EUR)

2.6. Projekta Nr. 3 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		gads						
		2014	2015	t.sk. iepriekšējā periodā	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	15	1	10	11				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP> 1) skaits	6	0	0	0				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	9	1	10	11				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
...								
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	12	4	6	10				
promocijas darbu skaits	3	0	0	0				
maģistra darbu skaits	9	1	4	5				
bakalaura darbu skaits	0	3	2	5				
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	21	1	15	16				
konferences	9	0	11	11				
semināri	0	0	0	0				
rīkotie semināri	9	0	3	3				
populārzinātniskas publikācijas	3	1	1	2				
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0				
uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	0				
Betona olimpiāde	0	0	0	0				
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	9	5	14				
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	99000	17000	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	95000	15000	0	0				
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)	0	0	0	0				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	4000	2000	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	0	0	0	0				
Latvijas teritorijā	0	0	0	0				

ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	12	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	0	0	0				
5. ...								

* 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,

zinātniskais grāds

Institūcija

ieņemamais amats

Kontakti

Kārlis Rocēns

Dr. habil. sc. ing.

RTU Būvniecības un rekonstrukcijas institūts

Vadošais pētnieks

Tālrunis

22023321

E-pasts

rocensk@latnet.lv

2.2. Projekta Nr. 4 mērķi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ribojuma virzienam. Gadījumos, kad nodrošināts stings savienojums starp ribām un apšuvumu, rezultāti praktiski neatšķiras no eksperimentāli iegūtajiem.

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

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

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

Publicēti raksti starptautiski zinātniskos žurnālos:

1. J. Sliseris, H. Andrae, M. Kabel, O. Wirjadi, B. Dix, B. Plinke. "Estimation of Fiber Orientation and Fiber Bundles of MDF". Materials and Structures, 2015, ISSN 1359-5997, 1-10 lpp.

a. <http://link.springer.com/article/10.1617%2Fs11527-015-0769-1>

Publicēti raksti starptautiski zinātnisko konferenču rakstu krājumos:

1. G. Frolovs, K. Rocens, J. Sliseris, Comparison of a Load Bearing Capacity for Composite Sandwich Plywood Plates, Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources, 2015, 39-45 .ISSN 1691-5402, DOI:

a. <http://journals.ru.lv/index.php/ETR/article/view/633/609>

2. G. Frolovs, K. Rocens, J. Sliseris, Glued Joint Behavior of Composite Plywood Plates with Cell Type Core, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015

a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012048>

3. Kukule, K. Rocens, Prediction of Moisture Distribution in Closed Ribbed Panel for Roof, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015

a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012034>

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

1. G. Frolovs, K. Rocens, J. Sliseris, Comparison of a Load Bearing Capacity for Composite Sandwich Plywood Plates, 10th International Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources, Rezekne, Latvia 18.06. – 20.06.2015.
2. G. Frolovs, K. Rocens, J. Sliseris, Glued Joint Behavior of Composite Plywood Plates with Cell Type Core, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015.
3. Kukule, K. Rocens, Prediction of Moisture Distribution in Closed Ribbed Panel for Roof, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015.

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
 a. <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.
 a. <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20151220.pdf>

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

1. Apstiprinājums dalībai ar 3 referātiem 12th international conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques” in Vilnius, Lithuania, on 26–27 May, 2016
 - a. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Shear and tensile strength of narrow glued joint depending on orientation of plywood plys
 - b. Kukule A., Rocens K., Lukasenoks A., Frolovs G. Change of Moisture Distribution in Ribbed Plate with Different Opposite Surface Temperatures
 - c. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Deformation process numerical analysis of T-stub flanges with pre-loaded bolts.
2. Apstiprinājums dalībai ar 3 referātiem International Conference “Advanced Construction” in Kaunas, Lithuania on 6-7 October, 2016
 - a. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Stress state analysis of plates with cell type ribs under loading.
 - b. Kukule A., Rocens K. Determination of Moisture Distribution in Ribbed Plates Induced by the Temperature Gradient
 - c. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Non-linear buckling analysis of steel frames

Vadītie promocijas darbi:

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

Aizstāvētie maģistra darbi:

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

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

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

industrijas pārstāvjiem” (11.12.2015.). IMATEH mājaslapā ir ievietota detalizēta informācija par 4. projekta norisi (http://imateh.rtu.lv/slanains-koksnes-kompozitmaterials-ar-palielinatu-ipatnejo-lieces-nestspeju/).
--

2.3. Projekta Nr. 4 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izstrādāt lieces nestspējas aprēķinu metodiku un veikt konceptuālas eksperimentālās pārbaudes plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām (uzdevuma beigās 2016. g. 2. ceturksnī).	Aprēķinu metodika lieces nestspējas noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un balstījumu perpendikulāri ribojuma virzienam, līmes šuves bīdes un stiepes robežstiprība šaurai šuvei starp saplākšņa virsmu un malu. Konceptuālie plātņu lieces nestspējas analītiskie un eksperimentu rezultāti (balstījums perpendikulāri ribojuma virzienam).
MATLAB vidē izstrādāta programma, kura automātiski ģenerē ievades faila kodus ANSYS ADPL programmēšanas valodā, lai varētu modelēt saplākšņa plātnes ar šūnu tipa dobām ribām uzvedību (darbu) lieces gadījumā. Lai nodrošinātu iespēju adekvāti modelēt plātnes struktūru un uzvedību lieces gadījumā atkarībā no nepieciešamās nestspējas, ir noteikti šauras līmes šuves stiepes un bīdes robežstiprības un robeždeformāciju lielumi trim dažādiem saplākšņa biezumiem un divām loksnes ārējo lobskaidu šķiedru orientācijām. Parādīts, ka līmes šuves platumam praktiski nav ietekme uz tās robežstiprību, un iegūtie rezultāti pakļaujas normālā sadalījuma likumam (kopā pārbaudīti vairāk kā 300 paraugi). Parādīts, ka līmes slāņa bīdes un stiepes stiprības vērtību izkliedi ietekmē saplākšņa lobskaidu šķiedru orientācija. Līmēšanas spiediens atkarīgs no attiecības starp lobskaidu slāņiem, kuru šķiedras orientētas perpendikulāri līmes šuvei, un slāņiem, kuru šķiedras orientētas paralēli līmes šuvei – jo lielāka šī attiecība, jo lielāks ieteicamais līmēšanas spiediens. Noteikti līmes šuves robežstiprības bīdē un stiepē raksturlielumi gadījumiem, kad ārējo lobskaidu šķiedru orientācijas virziens atbilst ribojuma novietojuma tehnoloģiski izdevīgākajam gadījumam. Noteikts līmēšanas spiediens – $0,5 \pm a$ MPa (a – starpība starp vidējo aritmētisko un vidējā aritmētiskā ticamības intervāla augšējo un apakšējo robežu, kas ir atkarīga no izvēlētas varbūtības jeb ticamības līmeņa vērtības). Līmes slāņa vidējais bīdes robežstiprības lielums ir $7,18 \pm a$ MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – $0,63 \pm a$ mm. Līmes slāņa vidējais stiepes robežstiprības lielums – $3,53 \pm a$ MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – $0,14 \pm a$ mm. Veicot konceptuālas pārbaudes plātnēm četru punktu liecē (EN 789), tika pārbaudītas vairāk kā 10 plātnes ar šūnu tipa dobām ribām (biezumi 25; 50 un 100 mm). Noskaidrots, ka plātnes īslaicīgā slogojuma gadījumā plātņu izlieces ir proporcionālas pieliktās slodzes lielumam un skaitlisko aprēķinu rezultāti praktiski sakrīt ar eksperimentāli iegūtajiem (balstījums perpendikulārs ribu virzienam). Slogojot vienāda biezuma plātnes ir novērojama maza rezultātu izkliede, slodzes-izlieces līknes praktiski sakrīt.	
2. Izstrādāt īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodiku plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un noteikt īpatnējās nestspējas vērtības ribojumam ar tipiskākajām ģeometrisku	Aprēķinu metodika īpatnējās lieces nestspējas (nestspējas uz masas vienību) noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, ja plātne

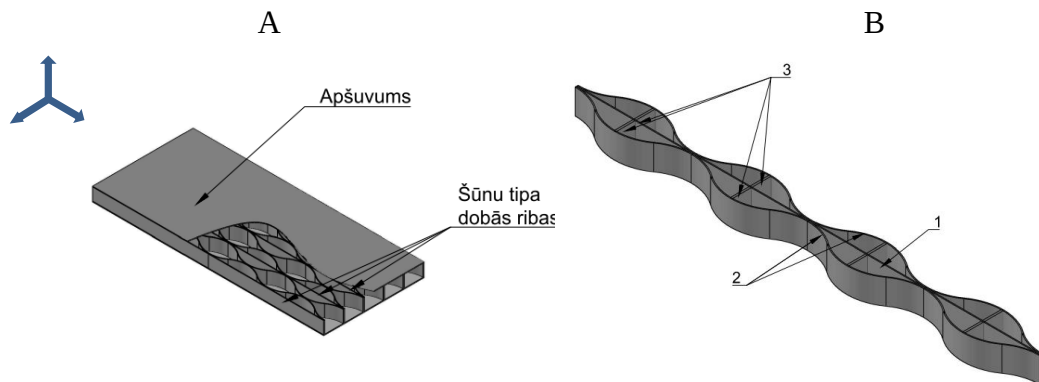
<i>parametru vērtībām (uzdevuma beigās 2016. g. 3. ceturksnī).</i>	<i>balstīta perpendikulāri ribām).</i>
Īpatnējā lieces nestspēja skaitliski noteikta plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, atkarībā no plātnes biezuma un dobās ribas ģeometriskajiem parametriem. Salīdzinātas plātņu ar šūnu tipa dobām ribām, kas sastāv no a) ribu taisno daļu veidojošās sloksnes un viļņoto daļu veidojošām sloksnēm, b) tikai ribu viļņoto daļu veidojošajām sloksnēm vai c) tikai taisnām ribām, un ekvivalenta biezuma masīvā saplākšņa īpatnējās nestspējas. Ribotajām plātnēm salīdzināts arī dažāds biezums ribu taisno daļu veidojošajām sloksnēm. Konstatēts, ka ribu viļņoto daļu veidojošās sloksnes ārējo lobskaidu šķiedru orientāciju un ģeometrisko parametru ietekme uz plātnes stingumu gadījumam, kad plātne balstīta perpendikulāri ribu garenvirzienam, ir nebūtiska. Ja riboto plātņu biezums mazāks par $1/20$ no plātnes laiduma (plātnes balstītas perpendikulāri ribas garenvirzienam), īpatnējā nestspēja praktiski sakrīt visām aplūkotajām ribotajām plātnēm, savukārt palielinot plātņu biezumu virs $1/20$ no plātnes laiduma, vislielākā īpatnējā nestspēja ir plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām. Izstrādātā aprēķinu metodika paver iespēju salīdzināt dažādu ribojumu efektivitāti uzdotās nestspējas nodrošināšanai un noteikt īpatnējo lieces nestspēju, kas raksturo materiāla patēriņu atbilstošam ribojuma veidam.	
3. Izgatavot plātņu modeļus ar tipiskākajām šūnu tipa dobām ribām un tos eksperimentāli pārbaudīt liecē, un noteikt īpatnējo lieces nestspēju, materiālu un enerģijas izmaksas (uzdevuma beigās 2017. g. 2. ceturksnī).	Uztaisīta iekārta plātņu un ribojuma sagatavju izgatavošanai. Izgatavotas un eksperimentāli pārbaudītas vairāk kā 10 plātnes.
Uztaisīta iekārta ribojuma un plātņu izgatavošanai. Slogošanai izmantots hidrauliskais domkrats (50 kN). Pieliktā spēka mērīšanai izmanto dinamometru, kas dod iespēju izmērīt līmēšanas spiedienu ar precizitāti $\pm 0,01$ MPa. Iekārtas kustīgā plakne nodrošina vienmērīgu spiediena sadalījumu pa iekārtas nekustīgo plakni. Iekārtā var izgatavot plātnes ar izmēriem 1500×850 mm, biezums līdz 250 mm. Izmantojot izgatavoto iekārtu, salīmētas dobā ribojuma sagataves, kā arī pirmā eksperimentālā partija (vairāk kā 10 plātnes) ar trīs dažādiem plātņu biezumiem (25; 50 un 100 mm). Veicot izgatavoto plātņu novērtējumu pēc līmes sacietēšanas, plātņu samešanās nav konstatēta. Uztaisītā iekārta ļauj vienkārši izgatavot dažāda biezuma (līdz 250 mm) plātnes, un novērtēt izgatavošanas tehnoloģisko īpatnību ietekmi uz formas stabilitāti un plātnes lieces uzvedību uzņemot slodzes, tādējādi paverot iespējas piedāvātā konstruktīvā koksnes materiāla izmantošanas efektivitātes vispārīgai izvērtēšanai.	

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**)

Turpināta 1. posmā uzsāktā lieces nestspējas aprēķinu metodikas izstrāde. Plātnes lieces nestspējas aprēķinu metodikas pamatā ir šī projekta ietvaros speciāli MATLAB vidē izstrādāta programma, kura automātiski ģenerē ievades faila kodus ANSYS ADPL programmēšanas valodā, kurā tiek parametriskā veidā definēta plātnes ģeometrija, robežnosacījumi un mehānisko īpašību raksturlielumi. ANSYS galīgo elementu aprēķinu modulis, izmantojot šo kodu, izskaitļo plātnes stingumu un spriegumu-deformāciju lauku, tādējādi tiek uzģenerēta datubāze ar rezultātiem par plātņu stingumu un stiprību atkarība no plātņu ģeometrijas. Šo iegūto datubāzi tālāk izmanto, trenējot mākslīgo neironu tīklu, kurš savukārt ir sastāvdaļa optimizācijai, kas veikta ar ģenētisko algoritmu.
--

ANSYS ADPL programmā tiek izšķirti divi gadījumi – plātnes uzvedība, kad balstījums perpendikulārs ribu virzienam un kad paralēls ribu virzienam. Kā rāda lieces eksperimenti, pirmajā gadījumā plātnes deformējas lineāri elastīgi līdz pat sagrūšanai, bet otrajā gadījumā lineāri elastīgā stadija beidzas pie aptuveni 30% no graužošanas slodzes, līdz ar to rēķinot plātnes stingumu nepieciešams ievērtēt nelineārās līmes šuves un saplākšņa materiāla mehāniskās īpašības, kuras saistītas ar plaisu veidošanos līmes šuvēs un to apkārtnē. Nelineārās uzvedības aprēķinu modelis var tikt izmantots arī projektējot racionālas enerģiju-vibrāciju slāpējošas konstrukcijas.



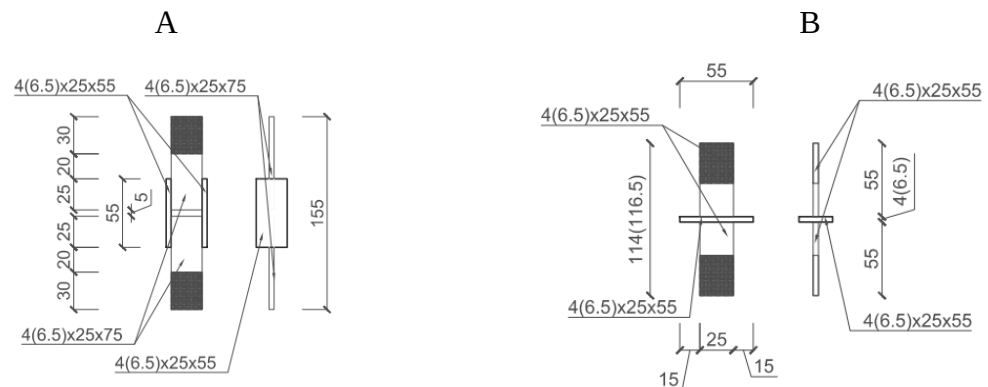
1. attēls. Plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūra. A - plātnes struktūra; B - Vienas šūnu tipa dobās ribas ar ielīmētām koksnes šķērsslīstēm struktūra. 1 – Dobās ribas taisno daļu veidojošā sloksne; 2 – Dobās ribas viļņoto daļu veidojošā sloksne; 3 – šķērsribu veidojošās līstes.

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

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

Tika veiktas eksperimentālās pārbaudes aprēķinu modelim nepieciešamo konstanšu noteikšanai. Abos gadījumos (stiepes un bīdes īpašību noteikšanai) tikai izveidot speciāli

paraugi, kuri apraksta šauras saplākšņa šuves savienojumu ar saplākšņa virsmu. Abi paraugu veidi veidoti tā, lai būtu iespējams izmantot stiepes slogošanas iekārtu. Paraugiem, tos slogojot, reģistrēti mērījumi slodzei un stiepes iekārtas žokļu pārvietojumam, reģistrējot datus saglabājamā formātā. Lai noteiktu bīdes stiprību izveidots paraugs ar dubultu pārlaidumu. (2. att. A) Starp abiem ribu veidojošajiem elementiem izveidota 5 mm sprauga. Pārlaidumu veidojošais saplākšnis pielīmēts simetriski ar vienādu pārlaidumu uz abām pusēm. Izgatavošanai izmantota polivinilacetāta “Vincent Polyline” ražotā ūdensizturīgā PVA D3 līme, kas nodrošina ūdens izturīgu savienojumu saskaņā ar D3 klasifikāciju pēc EN 204.

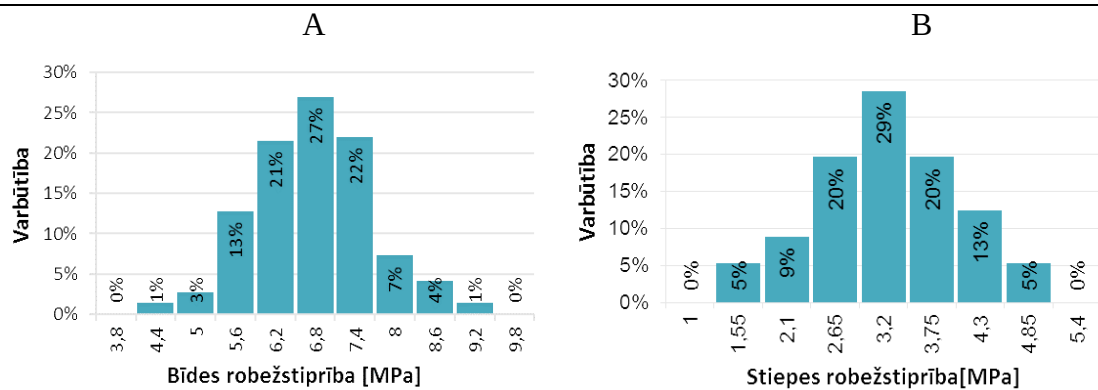


2. attēls. Speciāli izveidotie paraugi šaura līmētā savienojuma robežstiprības noteikšanai: līmes slāņa bīdes robežstiprības noteikšanas paraugs; B – stiepes robežstiprības noteikšanas paraugs.

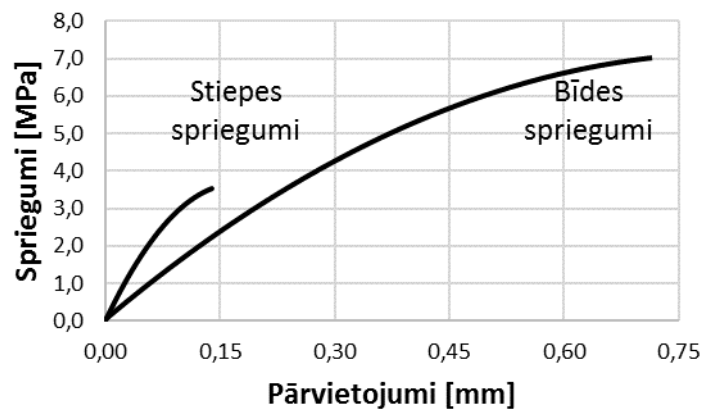
Izgatavoto un pārbaudīto paraugu sērijas atšķiras viena no otras ar ribu veidojošā kā arī apšuvumu veidojošā saplākšņa biezumiem (4,0; 6,5; 9,0 mm) un ārējo šķiedru orientācija (0° vai 90°). Kopumā pārbaudīti vairāk kā 300 paraugi. Vidējā bīdes robežstiprība – $7,18 \pm a$ MPa (a – starpība starp vidējo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

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

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



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



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

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

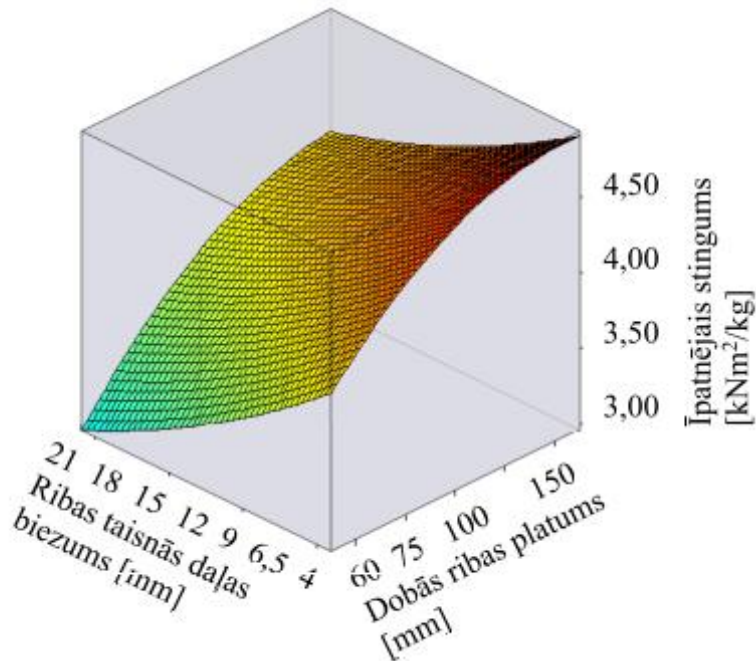
Veicot konceptuālas pārbaudes plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām plātnes īslaicīgā slogojuma gadījumā, plātņu izlieces ir proporcionālas pieliktās slodzes lielumam un skaitlisko aprēķinu rezultāti praktiski sakrīt ar eksperimentāli iegūtajiem. Eksperimentāli noteiktas plātņu izlieces gadījumam, kad plātnes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

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

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

Noteikta plātnes ģeometriskos parametru ietekme uz plātnes īpatnējo lieces nestspēju.

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



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

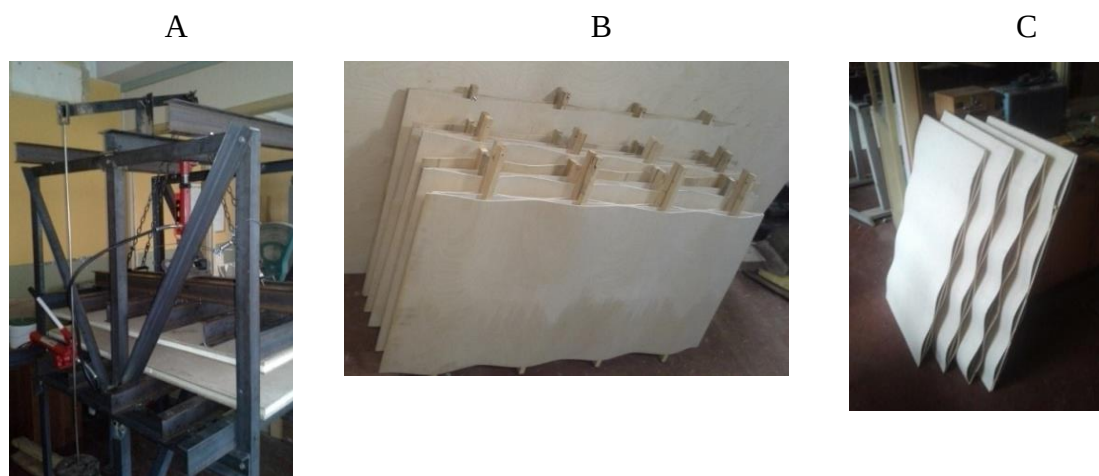
Aprēķināta un iegūta īpatnējā lieces nestspēja plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un salīdzināta ar standarta saplāksni un plātnēm ar taisnām ribām. Rezultāti rāda, ka, pieaugot plātnes biezumam ieguvums no šūnu tipa dobām ribām palielinās. Iegūtie rezultāti aprakstīti publikācijā – <http://journals.ru.lv/index.php/ETR/article/download/633/609>,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

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

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

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

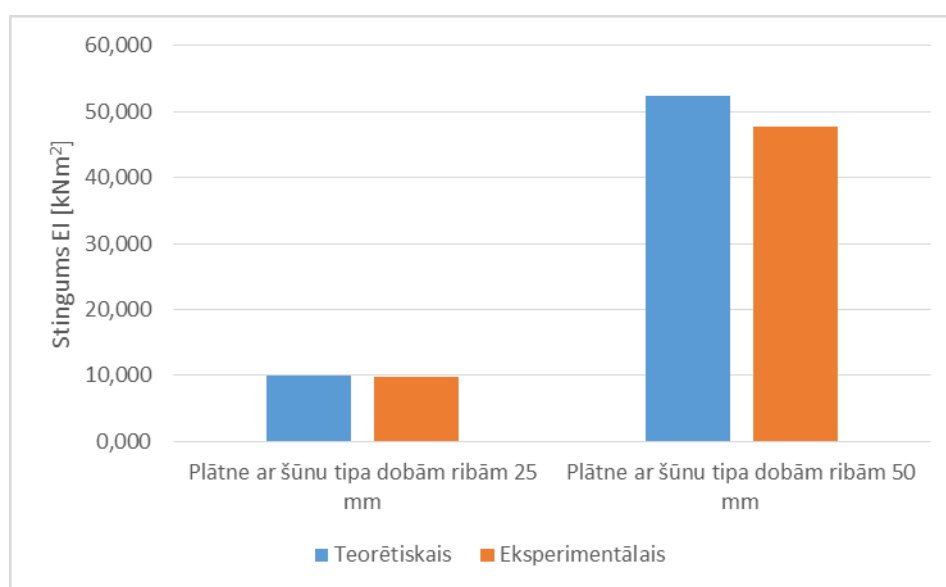
Izgatavota iekārta (6. att. A), ar kura palīdzību tiek gatavotas ribotās plātnes ar šūnu tipa dobām ribām. Ar domkrata palīdzību tiek nodrošināts nepieciešamais spiediens uz plātnēm, kas tiek kontrolēts ar dinamometru. Papildus pielāgojot iekārtu (piestiprinot vadīklas), ir iespējams to izmantot projekta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



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

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

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



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

dobo ribu viļņoto daļu veidojošās sloksnes biezums- 4,0mm).

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

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

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

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

2.6. Projekta Nr. 4 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	Plānots	Sasniegts						
		Gads						
	2014.– 2017. g.	2014	2015	t.sk. iepriekšējā periodā	201 6.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1.Zinātnisko publikāciju skaits:	6	0	4	4				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	2	0	1	1				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH (A un B) datubāzē iekļautos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	4	0	3	3				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
...								
2.Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	2	2				
promocijas darbu skaits	1	0	0	0				
maģistra darbu skaits	3	0	2	2				
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji								
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī	14	2	8	10				

izglītojamie, skaits:								
konferences	6	0	3	3				
semināri	4	1	4	5				
rīkoti semināri	4	1	1	2				
populārzinātniskas publikācijas	0	0	0	0				
izstādes	0	0	0	0				
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	20000	4621	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	20000	0	0	0				
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)	0	0	0	0				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	4621	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	1	2	3				
Latvijas teritorijā	1	1	2	3				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	0	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0				
5. ...								

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

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

Zinātniskās institūcijas vadītājs _____

(paraksts¹)

(vārds, uzvārds)

(datums¹)

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

Izglītības un zinātnes ministre

Ina Druvieta

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr. 5

Nosaukums

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

projekta vadītājs:
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
zinātniskā institūcija

Jurijs Dehtjars

Dr. hab. fiz

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.

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

2. posma 1. uzdevums: Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: ūdens mikroorganismu ietekmes uz materiālu agrīno sabrukšanu pētījumu metode.

Uzdevuma sasniegšanai tika plānots:

- Veikt TOC (*total organic carbon*) izdalīšanas un mikroorganismu skaita mērīšanas eksperimentus, izmantojot caurules novecināšanas paātrināšanu (60 °C temperatūrā).
- Izstrādāt pētījumu metodi polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei: *in situ* elektronu emisijas spektroskopijas metode (Nodevums).

2. posma 2. uzdevums: Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.

Uzdevuma sasniegšanai tika plānots:

- Veikt eksperimentālus mērījumus un modelēšanu un noskaidrot mikrokapsulu, ieslēgto elastīgā matricā, mehāniskās īpašības.
- Izstrādāt pētījumu metodi polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (Nodevums).

5. projekta 2. posma plānotais mērķis un uzdevumi tika sasniegti pilnā mērā:

- Tika testētas polietilēna caurules attiecībā uz to potenciālu izdalīt dzeramajā ūdenī organiskās vielas (izdalīšanu sekmējošos apstākļos – pie 60°C), kas, savukārt var kalpot barības vielām mikroorganismiem un sekmēt mikroorganismu vairošanās. Tika parādīts, kā cauruļu izdalītās organiskās vielas ietekmē ūdens mikroorganismu (uz Evian ūdens mikroorganismu konsorcijs piemēra) un fekālā piesārņojuma indikatoru baktēriju *E.coli* vairošanās.

- Izmantojot fotoelektronu emisijas spektroskopijas metodi, tika noteikts, ka strukturālas izmaiņas polimēru kompozītu materiālu virsmā notiek jau elastīgas deformācijas apgabalā.
- Tika izgatavoti 2 veidu materiālu paraugi, kas satur mikrokapsulas ar krāsvielu un attīstītāju. Tika veikti mehāniskie testi, kā rezultātā tika iegūti paraugu pamatraksturlielumi. Pielietojot maisījuma likumu pēc Voigt un Reuss modeļiem, netiešā veidā tika novērtēts efektīvais elastības modulis paraugos esošām mikrokapsulām.
- Bija izgatavots elektropasīvs, vienvirzienā stiegrots kompozīts uz nanomodificētas epoksīdsveķu saistvielas bāzes. Eksperimentāli noteikta materiāla vadāmības anizotropija: longitudinālā un transversālā vadāmība atšķiras aptuveni 10 reizes.
- Noskaidrots, ka palielinot nanocauruļu koncentrāciju epoksīdsveķu saistvielā līdz 1.5%, izmainās materiāla elektrovadāmība (no izolatora līdz vadītājam), un īpatnējā pretestība samazinās aptuveni 100 reizes.
- Uzsākts literatūras apskats par mikrokapsulu testēšanas metodēm, kas tiek izmantotas polimēru kompozītmateriālā ar sabrukšanas diagnostikas iespējam.
- Tika izstrādāta pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums).
- Tika izstrādāta pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (nodevums).

Piedalīšanās konferencēs 2015.gadā:

1. Aniskevich, A., Bulderberga, O., Dekhtyar, Yu., Denisova, V., Gruskevica, K., Juhna, T., Kozak, I., Romanova, M. Coloured Reactions and Emission of Electrons towards Early Diagnostics of Polymer Materials Overloading. *2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies (IMST 2015)*, September 30 – October 2, 2015, Riga, Latvia,
2. Ē. Dombrovskis, I. Kozaks, K. Gruškeviča, J. Dehtjars. Polimēra cauruļu agrīnās sabrukšanas diagnostikas metode mehāniskā noslogojumā. *Rīgas Tehniskās universitātes 56. starptautiskā zinātniskā konference*, 2015. gada 14.-16. oktobris, Rīga, Latvija
3. Aniskevich, A., Kulakov, V. Express procedure for evaluation of durability of complex shape pultruded composite profiles. *Baltic Polymer Symposium 2015*, September 16-18, 2015, Sigulda, Latvia,
4. Zeleniakiene, D., Leisis, V., Griskevicius, P., Bulderberga, O., Aniskevich, A. A numerical study to analyse mechanical properties of polymer composites with smart microcapsules for high performing sensing applications. *Baltic Polymer Symposium 2015*, September 16-18, 2015, Sigulda, Latvia.

Sagatavotie raksti vai tēzes 2016. gadam:

1. Ivanov, D. S., Le Cahain, Y. M., Surush Arafati, Dattin, A., Ivanov, S. G., Aniskevich, A. Novel method for functionalising and patterning textile composites: liquid resin print. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* (SNIP 2.518, raksts pieņemts publicēšanai);
2. Aniskevich A., Bulderberga O., Dekhtyar Yu., Korvena-Kosakovska A., Kozak I., Romanova M. Electron emission of the carbon nanotube-reinforced epoxy surface nano layer towards detection of its destruction induced by elastic deformation. *International Nanotechnology Conference & Expo*, April 4-6, 2016 Baltimore, USA (tēzes pieņemtas publicēšanai)

a. <http://nanotech.madridge.com/programs.php?day=1>

Projekta ietvaros tika aizstāvēti 2 maģistra darbi:

1. Inguna Krista Anspoka, Kompozītmateriāla sagraušanas ietekme uz kompozītmateriāla virsmas elektronu emisiju, vadītājs prof. A.Balodis;
2. Irina Golovko. Plastikāta ūdensvada materiāla ietekmē uz dzeramā ūdens kvalitāti. vadītājs asoc. prof. vad. pētnieks, K. Tihomirova.

Projekta ietvaros tika aizstāvēti 3 bakalaura darbi:

1. Anna Korvena-Kosakovska, Kompozītmateriāla agrīna sabrukšana mehāniskā noslogojumā, vadītājs prof. A. Balodis;
2. Ēriks Dombrovskis, Polimēra cauruļu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode mehāniskā noslogojumā, vadītājs prof. J.Dehtjars;
3. Toms Vāvere, Polimēru matricas sfēriskas pildvielas mehānisko īpašību noteikšana netiešā veidā, vadītāji Dr. Sc. Ing. Andrejs Aņiskevičs, MSc. Olga Bulderberga.

Tiek izstrādāts promocijas darbs:

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

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta 5.projekta 2. posma laikā izstrādātās metodes (pielikums elektroniski: Nr. NN):

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

Rezultātu izplatīšana:

Projekta dalībniekiem notika 4 sanāksmes projekta rezultātu apspriešanai (13.04.2015, 13.05.2015, 10.09.2015, 21.12.2015). Apmeklēt sanāksmes tika aicināti projektā iesaistītu struktūrvienību darbinieki, kā arī studenti, kuri piedalījās pētījumos.

2015. gada 26. maijā projekta rezultāti tika prezentēti seminārā par IMATEH programmas zinātniskās izpētes virzību un sasniegtajiem rezultātiem, kas notika RTU Būvniecības inženierzinātņu fakultātē.

2015. gadā 2. oktobrī projekta rezultatīvie rādītāji tika prezentēti IMST 2015 konferences atsevišķā sekcijā, kas tika veltīta IMATEH programmai: J.Dehtjars "Material mechanical micro- nano- scaled features and their impact on human safety".

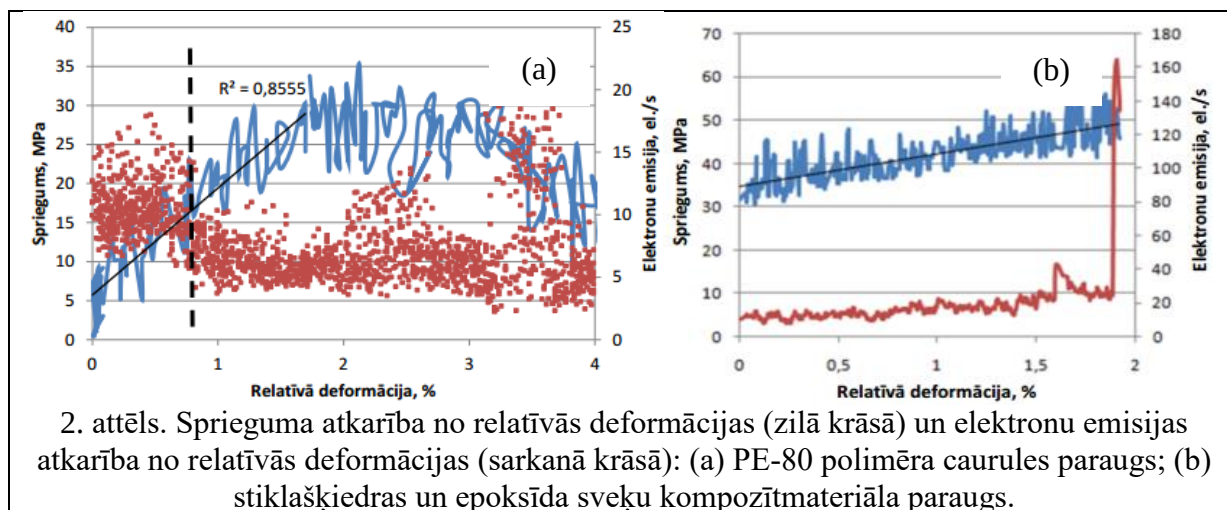
2016. gada 3. martā SIA "Aviatest" telpās, Rīgā, Rēzeknes ielā 1 tika rīkots seminārs, kura mērķis bija iepazīstināt uzņēmējus ar projekta rezultātiem un pārrunāt turpmākās sadarbības iespējas.

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

2.3. Projekta Nr. 5 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti		
1. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: ūdens mikroorganismu ietekmes uz materiālu agrīno sabrukšanu pētījumu metode.	Izstrādāta metode.		
Atskaites periodā tika sasniegti sekojošie rezultāti:			
Tika testētas polietilēna ūdens caurules attiecībā uz organisku ogļūdeņražu izdalīšanu ūdenī. Tika uzmantots Evian ūdens, filtrēts caur 0.1μm filtru. Katru dienu ūdens caurulēs tika mainīts uz jaunu. Pēc 72 stundām ūdenī ar cauruļu izdalītām organiskām vielām tika inokulēti mikroorganismi (Evian ūdens konsorcijs un <i>Escherichia Coli</i> baktērijas). Rezultāti parādīja, ka testētās polimēru caurules izdala ūdenī organiskas vielas, kas sekmē baktēriju vairošanās. Turklāt, ūdenī pēc kontakta ar caurulēm vairojās gan Evian konsorcijs ūdens baktērijas (kas ir normāla parādība, jo tā ir ūdens baktērijām ierasta vide), gan <i>E.coli</i> baktērijas. Savukārt <i>E.coli</i> šūnu vairošanās norāda uz to, ka polimēra caurules var sekmēt fekālo baktēriju vairošanās tīkla netīša (vai tīša) piesārņojuma gadījumā.			
Baktēriju skaits pieaugums ūdenī 1 2 3 Dienas E.Coli Evian <table><tr><td>1. attēls. Baktēriju skaita pieaugums ūdenī, kas 24 stundas tika turēts polietilēna ūdens caurulē.</td></tr><tr><td>Tika izstrādāta pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums) – lai pētītu, kad notiek agrīnas izmaiņas materiālu virsmā, vienlaicīgi ar parauga slogošanu jāreģistrē fotoelektronu emisija, kuru ierosina, apgaismojot paraugu ar ultravioleto starojumu. Jāseko emisijas izmaiņām (samazinājumam vai pieaugumam), kas notiek elastīgas deformācijas apgabalā. 2. (a) attēlā parādīta polimērcaurules PE-80 uzvedība deformācijas laikā. Spriegums ir lineāri atkarīgs no relatīvās deformācijas, līdz tā sasniedz 1,6 %. Varētu secināt, ka relatīvās deformācijas vērtību apgabalā 0–1,6 % PE-80 paraugs uzvedas kā elastīgs materiāls, tomēr, sekojot līdzī elektronu emisijas izmaiņām, redzams, ka paraugam elastīgajā apgabalā pie relatīvās deformācijas 0,8 % ir straujš kritums (attēlā atzīmēts ar melnu raustītu vertikālu līniju). Šis kritums ir izskaidrojams ar polimēra cauruļu strukturālām izmaiņām, kas maina elektronu emisijas intensitāti. 2. (b) attēlā ir parādītas emisijas izmaiņas, slogojot stiklašķiedras un epoksīda sveķu kompozītmateriāla paraugu. Šim paraugam emisija strauji pieaug pie relatīvās deformācijas 1,8 %, kas nozīmē, ka parauga virsmā ir notikušās strukturālās izmaiņas.</td></tr></table>		1. attēls. Baktēriju skaita pieaugums ūdenī, kas 24 stundas tika turēts polietilēna ūdens caurulē.	Tika izstrādāta pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums) – lai pētītu, kad notiek agrīnas izmaiņas materiālu virsmā, vienlaicīgi ar parauga slogošanu jāreģistrē fotoelektronu emisija, kuru ierosina, apgaismojot paraugu ar ultravioleto starojumu. Jāseko emisijas izmaiņām (samazinājumam vai pieaugumam), kas notiek elastīgas deformācijas apgabalā. 2. (a) attēlā parādīta polimērcaurules PE-80 uzvedība deformācijas laikā. Spriegums ir lineāri atkarīgs no relatīvās deformācijas, līdz tā sasniedz 1,6 %. Varētu secināt, ka relatīvās deformācijas vērtību apgabalā 0–1,6 % PE-80 paraugs uzvedas kā elastīgs materiāls, tomēr, sekojot līdzī elektronu emisijas izmaiņām, redzams, ka paraugam elastīgajā apgabalā pie relatīvās deformācijas 0,8 % ir straujš kritums (attēlā atzīmēts ar melnu raustītu vertikālu līniju). Šis kritums ir izskaidrojams ar polimēra cauruļu strukturālām izmaiņām, kas maina elektronu emisijas intensitāti. 2. (b) attēlā ir parādītas emisijas izmaiņas, slogojot stiklašķiedras un epoksīda sveķu kompozītmateriāla paraugu. Šim paraugam emisija strauji pieaug pie relatīvās deformācijas 1,8 %, kas nozīmē, ka parauga virsmā ir notikušās strukturālās izmaiņas.
1. attēls. Baktēriju skaita pieaugums ūdenī, kas 24 stundas tika turēts polietilēna ūdens caurulē.			
Tika izstrādāta pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums) – lai pētītu, kad notiek agrīnas izmaiņas materiālu virsmā, vienlaicīgi ar parauga slogošanu jāreģistrē fotoelektronu emisija, kuru ierosina, apgaismojot paraugu ar ultravioleto starojumu. Jāseko emisijas izmaiņām (samazinājumam vai pieaugumam), kas notiek elastīgas deformācijas apgabalā. 2. (a) attēlā parādīta polimērcaurules PE-80 uzvedība deformācijas laikā. Spriegums ir lineāri atkarīgs no relatīvās deformācijas, līdz tā sasniedz 1,6 %. Varētu secināt, ka relatīvās deformācijas vērtību apgabalā 0–1,6 % PE-80 paraugs uzvedas kā elastīgs materiāls, tomēr, sekojot līdzī elektronu emisijas izmaiņām, redzams, ka paraugam elastīgajā apgabalā pie relatīvās deformācijas 0,8 % ir straujš kritums (attēlā atzīmēts ar melnu raustītu vertikālu līniju). Šis kritums ir izskaidrojams ar polimēra cauruļu strukturālām izmaiņām, kas maina elektronu emisijas intensitāti. 2. (b) attēlā ir parādītas emisijas izmaiņas, slogojot stiklašķiedras un epoksīda sveķu kompozītmateriāla paraugu. Šim paraugam emisija strauji pieaug pie relatīvās deformācijas 1,8 %, kas nozīmē, ka parauga virsmā ir notikušās strukturālās izmaiņas.			

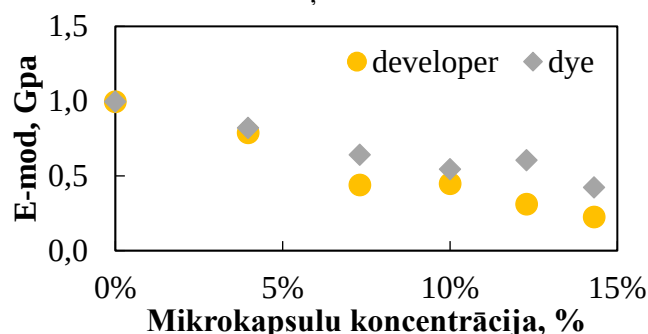
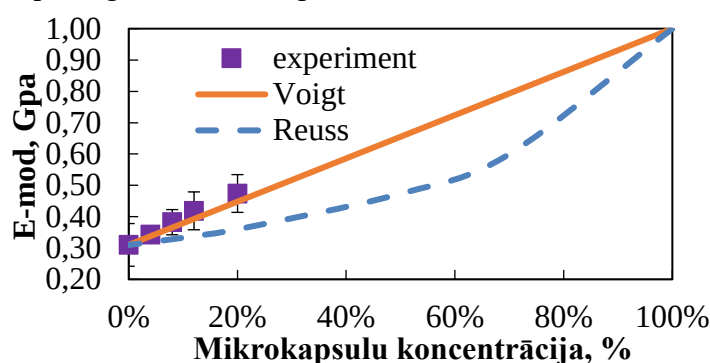


2. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.

Izstrādātā metode.

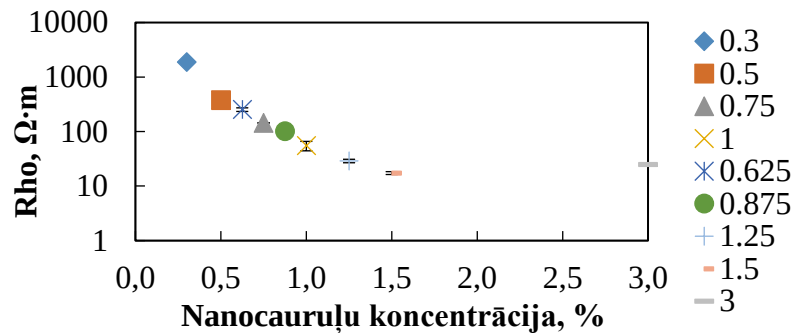
Atskaides periodā tika sasniegti sekojošie rezultāti:

Tika izgatavoti 2 veidu parauga materiāli, kas satur mikrokapsulas ar krāsvielu un attīstītāju: 1) mikrokapsulas matricā no PVA līmes; 2) mikrokapsulas matricā no epoksīda sveķiem. Abiem paraugu veidiem bija izgatavoti paraugu sērijas ar dažādām mikrokapsulu koncentrācijām. Visi paraugi notestēti stiepē.



Ir izgatavots elektropasīvs, vienvirzienā stiegrots kompozīts uz nanomodificētas epoksīdsveķu saistvielas bāzes. Eksperimentāli noteikta materiāla vadāmības anizotropija: longitudinālā un transversālā vadāmība atšķiras aptuveni 10 reizes.

Palielinot nanocauruļu koncentrāciju epoksīdsveķu saistvielā Araldite LY 1564 + Aradur 3486 līdz 1.5%, izmainījās materiāla elektrovadāmība (no izolatora līdz vadītājam), un samazinājās īpatnējā pretestība aptuveni 100 reizes (līdz 20 $\Omega \cdot m$).



5.attēls. Epoksīdsveķu saistvielas Araldite LY 1564 + Aradur 3486 elektrovadāmība atkarībā no nanocauruļu koncentrācijas.

Uzsākts literatūras apskats par mikrokapsulu testēšanas metodēm. Izanalizēti zinātniskie raksti par mikrokapsulu testēšanu ar mikro manipulēšanas metodi un AFM (atomspēka mikroskopija).

Tika izstrādāta pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (nodevums)

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 plānotie mērķi un uzdevumi tika sasniegti pilnā mērā, ir sasniegta tehnoloģiskā un metodoloģiskā gatavība 3. posma pētījumiem.

Sasniegto rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība:

- Sasniegtie rezultāti pierāda, ka, prognozējot materiālu sabrukšanu, ir svarīgi ņemt vērā mikro un nanomēroga izmaiņas materiālu struktūrā, kas notiek jau elastīgās deformācijas apgalā.
- Šobrīd ūdens apgādes sistēmas plaši tiek izmantotas polimērcaurules, bet pastāv diezgan maz informācijas par to, kā organiskās vielas, kas izdalās no polimērcauruļu sienām ietekmē cilvēku veselību. Līdz ar to projektā iegūtie rezultāti pievērš uzmanību šai problēmai.

Sasniegtie 2. posma rezultāti veicinās materiālu virsmas agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrādi projekta 3. posmā un ļaus turpināt projektu atbilstoši sākotnējam pieteikumam.

3. posma uzdevumi:

1. 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.

- Tiks izstrādāta polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju (Nodevums).

2. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde:

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

- Tiks izstrādāta polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (Nodevums).

Turpmākā darba virzieni:

1. Tiks izpētīts, ka ūdens mikroorganismi ietekmē polimērcauruļu mehāniskās īpašības. Ūdenim tiks pievienoti tipiskie ūdenī esošie mikroorganismi un *E.coli* baktērijas, un, izmantojot fotoelektronu emisijas mērījumus mehāniskās sloģošanas laikā, tiks salīdzinātas caurules, kuru iekšējās sienas tika pakļautas ūdens mikroorganismu iedarbībai, ar jaunām, iepriekš nelietotām, caurulēm.
2. Izmantojot fotoelektronu emisijas mērījumus mehāniskās sloģošanas laikā, tiks pārbaudīts, kā kompozītmateriālu mehāniskās īpašības ietekmē mikro un nanodaļiņu pievienošana. Tiks izmantotas SiO₂ mikro un nanodaļiņas.
3. Projekta 2. posmā iegūtie dati par mikrokapsulu mehāniskām īpašībām tiks izmantoti teorētiskā modeļa izveidei, lai modelētu polimēra matricas ar ieslēgtām mikrokapsulām mehānisko uzvedību.

2.6. Projekta Nr. 5 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		gads						
		2014	2015	t. sk. iepriekšējā periodā uzsākts	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	5	0	0	0				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	2	0	0	0				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	3	0	0	0				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	3	0	5	5				
promocijas darbu skaits	1	0	0	0				
maģistra darbu skaits	2	0	2	2				
bakalauru darbu skaits	0	0	3	3				
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	10	0	9	9				
konferences	3	0	4	4				
semināri	3	0	1	1				
rīkotie semināri	3	0	4	4				
populārzinātniskas publikācijas	1	0	0	0				
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0				
2.Internēta mājas lapu populārie	3	0	1	1				

ziņojumi								
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	0	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	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				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	0	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	0	0	0				
Latvijas teritorijā	1	0	0	0				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	2	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0				
5. Programmas ietvaros izstrādāto jauno rekomendāciju skaits (komplekts)	2	0	0	0				
6. Ieviešanai nodoto jauno rekomendāciju skaits (komplekts)	0	0	0	0				

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 5. vadītājs
(paraksts¹)

/Jurijs Dehtjars/
(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

projekta vadītāja
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
Institūcija
ieņemamais amats
Kontakti

Kārlis Agris Gross

PhD

Rīgas Tehniskā universitāte

Asoc. profesors un vadošais pētnieks

Tālrunis

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)

6. 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.

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

2.posma 1.uzdevums: Raksturot metāla virsmas un noteikt vislabākās testēšanas metodes.

Uzdevuma sasniegšanai tika plānots: (1) izstrādāt paraugu pulēšanas metodi, (2) veikt paraugu virsmas analīzi ar skenējošo elektronmikroskopiju, divu veidu optiskajiem mikroskopiem, atomspēku mikroskopu un profilometriju, (3) salīdzināt iegūtos rezultātus, novērtējot katru no izmantotajām metodēm, (4) sagatavot zinātnisko publikāciju.

2.posma 2.uzdevums: Modificēt iekārtu slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos, sagatavot klimata simulatoru atbilstoši darbam zemās temperatūrās.

Uzdevuma sasniegšanai tika plānots: (1) tehniski sagatavot klimata stimulatoru darbībai pie temperatūras 0°C līdz -10°C, (2) pielāgot laboratorijas iekārtu atbilstoši klimata stimulatora dimensijām, (3) noteikt sensoru mērīšanas vietu, lai iegūtu datus ar lielāku nozīmīgumu, (4) veikt testa mērījumus, nepieciešamības gadījumā veikt uzlabojumus iekārtai un/vai klimata stimulatoram, (5) izstrādāt metodi slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos (nodevums).

2.posma 3.uzdevums: Modificēt metāla virsmu, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām

Uzdevuma sasniegšanai tika plānots: (1) izgatavot metāla paraugus ar dažādas pakāpes virsmas raupjumu, (2) izgatavot metāla paraugus ar dažādu virsmas cietību, (3) noteikt slīdamības mērīšanas rezultātu atkārtojamību, (4) raksturot slīdamības maiņu ar temperatūru, (5) iesniegt abstraktu un piedalīties European Materials Research Society konferencē.

6.projekta otrā posma darba uzdevumi ir izpildīti pilnībā:

1. Veikta pulēta metāla virsmas detalizēta analīze ar dažādām metodēm, secinot, ka atomspēku mikroskopija sniedz vislabāko kvantitatīvo un kvalitatīvo informāciju un ļauj detektēt skrāpējumus sākot ar 4 nm izmēru. Savukārt optiskā mikroskopija ir

piemērota ātrai skrāpējumu detektēšanai (redzami ~72% no skrāpējumiem, kas detektējami ar atomspēku mikroskopiju). Metožu spējas un kvalitāte metāla virsmas skrāpējumu detektēšanai uzlabojas šādā kārtībā: profilometrija, skenējošā elektronmikroskopija, optiskā mikroskopija, atomspēku mikroskopija.

2. Pielāgota ēku energoefektivitātes simulatora mikroklimata kamera, uzstādot dzesēšanas moduli, kas spēj nodrošināt gaisa temperatūru kamerā diapazonā no +0°C līdz -20°C ar precizitāti $\pm 2^\circ\text{C}$ (vēlamā darba temperatūra vidēji - 10°C). Izveidots slīdes stends metālisku materiālu slīdamības pārbaudei pa ledu (pielāgots darbam klimata stimulatorā). Optimizēts ledus trases sasaldēšanas un apstrādes process, noteikts nepieciešamais plaknes slīpuma leņķis.
3. Optimizēta paraugu automātiskās pulēšanas metode, izgatavojot speciālu paraugu turētāju. Veikti eksperimenti dažāda virsmas raupjuma iegūšanai, izmantojot atšķirīgus smilšpapīrus. Izstrādāta metode vienmērīgas un atkārtojamas skrāpējumu tekstūras iegūšanai. Veikti pirmie eksperimenti, lai noteiktu skrāpējumu ietekmi uz parauga slīdamību. Noteikta paraugu un apkārtējās vides temperatūras ietekme uz slīdamību. Veikti pirmie eksperimenti ar rūdītiem paraugiem.

Iesniegta un apstiprināta tēze:

1. J.Lungevics, J.Zavickis, L.Pluduma, K.A.Gross. "Finding the best qualitative and quantitative assessment method for highly polished low-friction surfaces". EMSR Fall meeting 2016", Varšava, Polija, 15.-18.09.2016.

Dalība konferencēs (stenda referātu elektroniskās kopijas pievienotas atskaitei):

1. J.Lungevics, J.Zavickis, L.Pluduma, K.A.Gross, Finding the best qualitative and quantitative assessment method for highly polished low-friction surfaces, *European Material Research Society (EMRS)* conference "EMSR Fall meeting 2015", Warsaw, Poland, 15.-18.09.2015
2. Z.Butāns, K.A.Gross, A.Gridnevs, E.Karzubova, Road safety barriers, the need and influence on road traffic accidents, IMST 2015 - 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija.

Dalība zinātniskā seminārā:

1. "Meeting of s-SNOM practioners", Garmisch, Vācija, 9.-11.06.2015. Galvenie secinājumi: Seminārā pulcējās optisko mikroskopu lietotāji materiālu raksturošanai. Liela interese ir sakombinēt ķīmisko un struktūras analīzi, sniedzot daudz lielāku ieskatu par materiāla virsmu. Kopā ar semināra apmeklētājiem tika apskatītas infrasarkanā stara spējas analizēt dažādos dziļumos, un, izmantojot atomspēka mikroskopa galu, izpētīt topogrāfiju nanolielumā. Tika prezentēti pētījumi, kur šādas spējas jau tiek izmantotas, lai raksturotu nanolieluma zonas materiālā, kas piešķir funkcionalitāti. Pēc sanāksmes tika apmeklēts uzņēmums Neaspec, kur tika prezentētas SNOM instrumenta spējas materiālu raksturošanā. Iegūtā informācija parādīja jaunu instrumentu, kas nestu lielu labumu materiāla virsmas raksturošanai.

Pilna teksta zinātniskais raksts (pievienots atskaitei elektroniskā formā):

1. Z.Butāns, K.A.Gross, A.Gridnevs, E.Karzubova, Road safety barriers, the need and influence on road traffic accidents, IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015;
 - a. <http://iopscience.iop.org/resursi.rtu.lv/article/10.1088/1757-899X/96/1/012063/pdf>

Projekta ietvaros uzsākts bakalaura darbs (plānots aizstāvēt 2017.gada jūnijā):

1. Klāvs Stiprais, Metāla ķīmiskā apstrāde berzes mazināšanai, vadītājs A/Prof. K.A.Gross.

Projekta ietvaros uzsākti maģistra darbi (plānots aizstāvēt 2016.gada jūnijā):

1. Jānis Lungevičs, Berzi un dīlumu samazinošu virsmas apstrādes metožu triboloģisko īpašību novērtēšanas metodika, vadītājs Prof. J.Rudzītis.
2. Ernests Jansons, Virsmas raupjuma ietekme uz slīdes pāra metāls - ledus slīdamību, vadītājs Prof. J.Rudzītis.

Tiek izstrādāts promocijas darbs (plānots aizstāvēt 2017.gadā):

1. Žans Butāns, Ceļa drošības barjeras virsmas mehānisko īpašību ietekme uz ceļu satiksmes negadījuma mehānismu un pasažieru drošību, vadītājs A/Prof K.A.Gross

Sagatavots dokuments, kas apraksta 6.projekta 2. posma laikā izstrādāto metodi (pielikums elektroniski: Nr. NN):

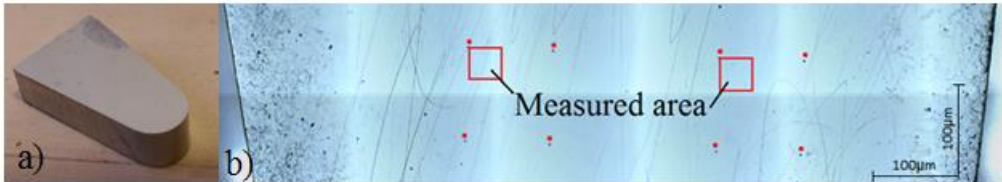
1. Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos (6 projekts).

Rezultātu izplatīšana:

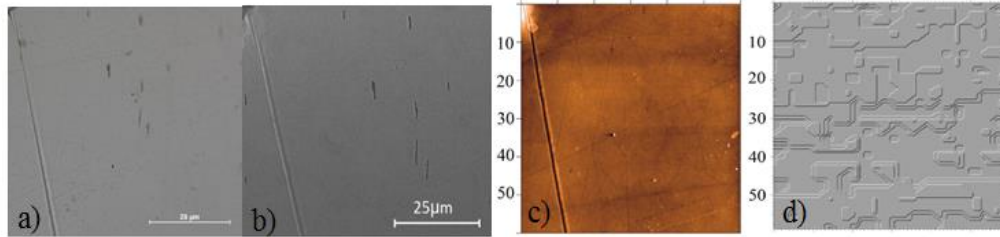
Projekta otrā posma ietvaros (17.04.2015. un 14.10.2015.) organizētas 2 sanāksmes projektā iesaistītajiem darbiniekiem un nozares pārstāvjiem, kurās tika diskutēts par projekta uzdevumiem un sasniegtajiem rezultātiem. Regulāri (vismaz reizi mēnesī) tiek noturētas iekšējās sanāksmes, kurās projekta vadītājs ar projektā tieši iesaistītajiem darbiniekiem pārrunā darbu progresu.

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. Raksturot metāla virsmas un noteikt vislabākās testēšanas metodes	Izstrādāta zinātniskā publikācija un iesniegta publicēšanai žurnālā
Lai noteiktu piemērotāko testēšanas metodi precīzai metāla virsmas raksturošanai, projekta ietvaros tika savstarpēji salīdzinātas šādu analīzes metožu iespējas: optiskā mikroskopija, skenējošā elektronu mikroskopija, atomspēku mikroskopija un profilometrija. Metodes salīdzinātas analizējot vienu pulētu tērauda paraugu (skat. 1.a att.). Tika uzņemti attēli no precīzi vienas un tās pašas pētāmās virsmas daļas, kas iezīmēta ar nanoindentācijas iespaidumiem (skat. sarkanos punktus 1b att.). No noskenētās virsmas daļas tika apskatīti divi virsmas laukumi ar izmēru 50x50 μm, no kuriem noskaidrotas katras metodes kvalitatīvās un kvantitatīvās virsmas raksturošanas iespējas.	
 1.att. a) Pētījumā izmantotais paraugs, b) Apskatītās zonas.	
Datu kvalitatīvā analīze tika izdarīta vizuāli novērtējot iegūtos attēlus (skat. 2.att.). Tika izvērtēti tādi faktori kā to asums un detalizētības līmenis. Lai objektīvāk salīdzinātu katras metodes sniegtās iespējas, tika veikta attēlos redzamo skrāpējumu skaitīšana un procentuālā salīdzināšana pret metodi, kura sniedz vislabāko izšķiršanas spēju, kas konkrētajā gadījumā	

bija atomspēku mikroskopija. Kvantitatīvā analīze tika izdarīta, salīdzinot atomspēku mikroskopa un profilometra iegūto attēlu spēju noteikt skrāpējumu profilu šķēsgriezumu, izmantojot speciālu programnodrošinājumu.



2.att. Ar dažādām metodēm iegūtā virsmas attēla piemērs: a) optiskā mikroskopija; b) skenējošā elektronu mikroskopija; c) atomspēku mikroskopija; d) profilometrija.

No iegūtajiem datiem tika secināts:

2. Atomspēku mikroskopija sniedz labākos kvalitatīvos un kvantitatīvos rādītājus par apskatāmo virsmu, taču tā ir dārga un ir ļoti limitēti pētāmo paraugu izmēri;
3. Skrāpējumu noteikšanas iespējas starp apskatītajām metodēm uzlabojas sekojošā kārtībā: profilometrija, skenējošā elektronu mikroskopija, optiskā mikroskopija, atomspēku mikroskopija;
4. Optiskā mikroskopija visātrākajā veidā iegūst pietiekami labu kvalitatīvo informācijas daudzumu par pētāmo virsmu, t.i., šī metode ļauj iegūt attēlus, kuri satur aptuveni 70% no tās informācijas, kura iegūstama ar atomspēku mikroskopiju;
5. Atomspēku mikroskopija ļauj noteikt līdz pat 4nm sekus skrāpējumus;
6. Profilometrijas metode nav efektīvi pielietojama tik mazu virsmas laukumu izpētei.

Sagatavots pilna teksta zinātniskais raksts: Ž.Butāns, K.A.Gross, A.Gridnevs, E.Karzubova. Road safety barriers, the need and influence on road traffic accidents un publicēts žurnālā Materials Science and Engineering (pieejams Scopus).

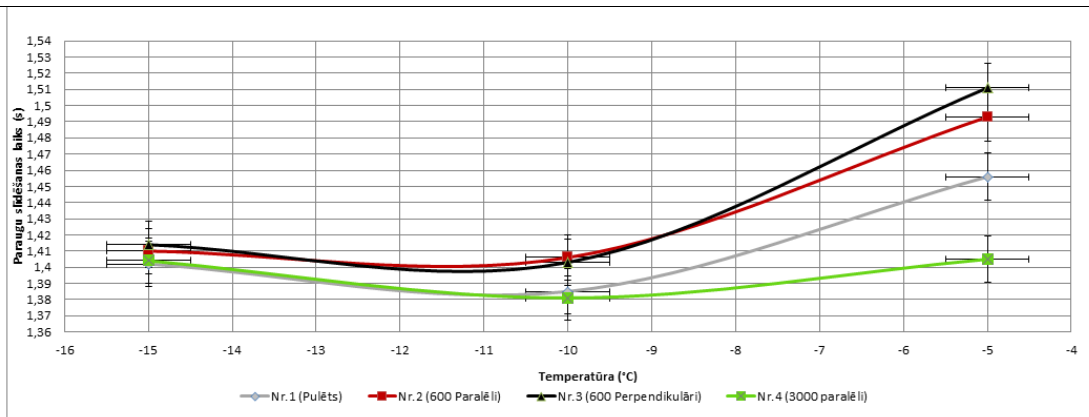
2. Modificēt iekārtu slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos, sagatavot klimata simulatoru atbilstoši darbam zemās temperatūrās	Slīdamības mērīšanas iekārta, kas piemērota darbam pielāgotā aukstuma kamerā Sagatavots ziņojums (nodevums): “Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos”
Projekta ietvaros izgatavota speciāla iekārta (slīdes stends), ar kuras palīdzību iespējams izmērīt dažādi modificētu metāla paraugu slīdamību pa ledu pie maināmiem eksperimenta uzstādījumiem. Lai izpildītu uzdevumu tika veiktas sekojošas aktivitātes: 1. Izprojektēts stenda koncepts un izgatavots tā prototips; 2. Modificēta klimata simulācijas kamera; 3. Veikta slīdes stenda pielāgošana eksperimentiem klimata simulācijas kamerā; 4. Veikti piloteksperimenti. Veikto aktivitāšu rezultātā ir izveidots specializēts slīdes stends, kurš ļauj novērtēt dažādu metāla virsmas apstrādes veidu ietekmi uz paraugu slīdamību pa ledu, un vajadzības gadījumā, arī pa citiem materiāliem, piemēram, metālu vai plastmasu. Stenda darbības princips balstīts uz slīpās plaknes izmantošanu, kura papildināta ar optiskajiem sensoriem, kuri ļauj mērīt laiku, kāds paraugiem nepieciešams, lai noslidētu no slīpās plaknes augšas līdz apakšai. Minētais slīdēšanas laiks tiek izmantots kā raksturojošais parametrs slīdamības īpašību skaitliskai novērtēšanai. Stends atrodas specializētā klimata simulācijas kamerā un tā konstrukcija ir ērti pielāgojama dažādu ģeometriju paraugiem, kas paver plašas eksperimentu variācijas iespējas, tādejādi sniedzot pilnvērtīgāku ainu pētāmā procesa izprašanai. Veiksmīgi izstrādāta korekta laboratorijas ledus trases izveidošanas metodika, kura satur informāciju par procesa ilgumu, saldēšanas režīmiem, kā arī ledus pēcapstrādi ar speciāli pielāgotu ēveli. Ievērojot izstrādāto metodiku, tiek panākti nepieciešamie eksperimenta	

apstākļi.

Izdarīta plaša piloteksperimentu sērija, kura ļāvusi noskaidrot dažādu procesu ietekmējošo faktoru iespaidu uz rezultātiem, t.i. noskaidrota paraugu svāra, ledus temperatūras un plaknes slīpuma leņķa ietekme uz iegūto rezultātu absolūto vērtību un izkliedi, tādējādi ļaujot izprast pie kādiem eksperimenta apstākļiem vislabāk novērojama virsmas modificēšanas ietekme. Ņemot vērā iegūtos eksperimentālos datus, tika izveidota metodika turpmāko eksperimentu veikšanai.

2.posma 2.uzdevuma rezultātā pabeigts darbs pie iekārtas slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos izstrādes, klimata stimulators pielāgots darbam zemās temperatūrās un izstrādāts nodevums "Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos", kas pievienots atskaitei elektroniskā formā. Nodevums sagatavots latviešu valodā uz 16 A4 lapām, tajā iekļautas sekojošas nodaļas: (1) Slīdes stenda prototipa izveide, (2) Klimata simulācijas kameras modificēšana, (3) Slīdes stenda pielāgošana eksperimentiem klimata simulācijas kamerā, (4) Piloteksperimenti klimata simulācijas kamerā, (4.1) Ledus trases sagatavošana eksperimentam, (4.2) Optimālais plaknes slīpuma leņķis, (4.3) Klimata kameras un pētāmo paraugu temperatūras ietekme uz paraugu slīdamību un ledus kvalitāti.

3. Modificēt metāla virsmu, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām	Sagatavots ziņojums, iesniegts abstrakts un dalība European Materials Research Society konferencē
Ņemot vērā izgatavotā slīdes stenda iespējas un parametrus, tika izfrēzēti 42 metāla paraugi ar vienādiem parametriem. Paraugi tika pulēti līdz spoguļvirsmai ar autopulētāju, tādējādi iegūstot pulētu darba virsmu visiem paraugiem. Lai iegūtu metāla paraugus ar dažādas pakāpes virsmas raupjumu, tie tika skrāpēti ar smilšpapīru. Tā kā smilšpapīru ražotāju klāsts ir plašs, tika salīdzināti dažādu firmu vienas markas smilšpapīri, paraugus vienādi apstrādājot (ar vienādu piespiešanas svāru, skrāpēšanas reižu skaitu un skrāpēšanas garumu). Apstrādātajiem paraugiem tika veikta vizuālā struktūras salīdzināšana ar mikroskopu, kā arī 3D mikrotopogrāfijas mērījumi. Rezultātā tika izdarīti secinājumi, kādus smilšpapīrus izmantot, lai paraugu virsmas tekstūra būtu maksimāli līdzīga visiem apstrādājamiem paraugiem, tādējādi nodrošinot, ka mainās tikai virsmas raupjums. Lai noskaidrotu kāda ir eksperimentu datu ticamība, tika veikti atkārtotības eksperimenti. Tika salīdzināti paraugu ar dažādas pakāpes virsmas raupjumu savstarpējie slīdēšanas laiki vienas un vairāku eksperimentu dienu ietvaros. Rezultātā tika iegūti dati par nepieciešamo paraugu skaitu, nepieciešamo eksperimentu daudzumu un dienu skaitu, lai būtu iespējams apgalvot, ka eksperimentu rezultāti ir ticami. Lai noteiktu pie kādas temperatūras un apstākļiem veikt eksperimentus, kā arī iegūtu rezultātus metāla paraugu slīdēšanas laika atkarībai no temperatūras, tika veikti eksperimenti pie dažādām temperatūrām. Rezultātā tika iegūti dati, pēc kuriem var noteikt optimālo temperatūru eksperimentu veikšanai, lai rezultātu izkliede būtu pēc iespējas lielāka, taču saglabātos ledus kvalitāte un tā būtiski neietekmētu paraugu raupjuma izpēti. Dažādi apstrādātu paraugu slīdēšanas laika atkarība no temperatūras redzama 2.attēlā.	



2.att. Paraugu slīdēšanas laika atkarība no temperatūras

Tika arī veikti eksperimenti, lai iegūtu informāciju par pieliktā svara ietekmi uz paraugu slīdēšanas laiku, ar mērķi noskaidrot, kādu parauga svaru izvēlēties, veicot eksperimentus. Tādējādi arī tika izvēlēti optimālie apstākļi eksperimentu veikšanai, lai virsmas raupjums būtu vienīgais rezultātus ietekmējošais faktors.

Projekta ietvaros tika izstrādāta arī metodika nerūsējošā tērauda rūdīšanai un iegūtās cietības mērīšanai. Pēc detalizētas iepazīšanās ar izmantoto materiālu, tika veikta eksperimentālo paraugu termiskā apstrāde, izmantojot rūdīšanas krāsni. Termiskās apstrādes process ietver 3 etapus: atkvēlināšana, rūdīšana un dubultā atlaidināšana. Pēc termiskās apstrādes procesa uz eksperimentālo paraugu virskārtas veidojas liels oksīdu slānis, kas tiek daļēji noberzts, tādējādi sagatavojot parauga darba virsmu ar raupjumu $Ra \leq 2 \mu m$, kas ir nepieciešams korekti cietības mērījumiem. Sākotnējie rezultāti rāda, ka rūdīšanas rezultātā materiāla cietība palielinās par $\sim 30\%$.

Projekta ietvaros sagatavots abstrakts un ņemta dalība konferencē European Material Research Society (EMRS) Conference “EMSR Fall meeting 2015”, Warsaw, Poland, 15.-18.09.2015 ar stenda referātu “Finding the best qualitative and quantitative assessment method for highly polished low-friction surfaces” (J.Lungevics, J.Zavickis, L.Pluduma, K.A.Gross). Konferences apmeklējuma laikā gūtie secinājumi: Prezentētā pētījuma ietvaros tika meklēta labākā un racionālākā metode pulētu metālisko virsmu kvalitatīvai un kvantitatīvai novērtēšanai. Šī pētījuma lielākais guvums ir pilnvērtīgs priekšstats par to, cik patiesībā efektīvas un lietderīgas ir dažādas virsmas novērtēšanas iekārtas, kas projekta turpmākajā virzībā ļaus racionāli pieņemt lēmumus par optimālāko iekārtu izvēli. No citu pētnieku ziņojumiem tika gūtas idejas par dažādām virsmu modificēšanas metodēm, kā rezultātā tiek uzlabotas to termiskās noturības, slīdamības un nodilumizturības īpašības. Šī iegūtā informācija ļauj racionālāk plānot projekta turpmāko virzību un metodes, kā sasniegt izvirzīto mērķi.

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**)

Sasniegto rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība:

Projekta pirmajos divos posmos ir pilnībā pabeigts darbs pie slīdamības mērīšanas iekārtas (laboratorijas trases) izstrādes un aukstuma kameras pielāgošanas. Ieguldīts liels darbs precīzai metodoloģijas izstrādei, novērtējot dažādu parametru iespaidu uz mērīšanas rezultātiem. Rezultātā sasniegta mērījumu atkārtojamība un rezultātu ticamība. Tāpat arī detalizēti izpētītas dažādu metāla paraugu virsmas analīzes metožu priekšrocības un trūkumi, kas ļauj katrai situācijai ātri piemeklēt atbilstošāko testa metodi.

Sasniegtie rezultāti un izstrādātās metodes ir pamats visu turpmāko eksperimentu

veikšanai, kuru laikā tiks novērtēta dažādu metāla virsmas modifikāciju ietekme uz tā slīdamību.

Projekta 3.posmā tiks turpināts darbs pie metāla virsmas modificēšanas ar dažādām metodēm:

- raupjums - pirmie eksperimenti veikti jau 2.posmā, turpmāk plānots izvērtēt dažāda virsmas raupjuma ietekmi uz metāla virsmas slīdamību, novērtēt nepieciešamo virsmas raupjuma pakāpi un tekstūru.
- cietība - 2.posmā attīstīta mērīšanas un karsēšanas metodika un pirmie eksperimenti rāda, ka rūdītie paraugi ir uzrādījuši nedaudz labāku slīdēšanas laiku, nekā nerūdītais paraugs. Lai pilnvērtīgi spriestu par termālās apstrādes ietekmi uz paraugu slīdamību, projekta ietvaros tiks izdarīti daudz padziļinātāki pētījumi, kuros tiks veikti statistiski ticamāki mērījumi, t.i. izmantots lielāks paraugu skaits, salīdzināta rūdīto un nerūdīto paraugu pretestība pret saskrāpēšanos, kā arī izpētīts kā mainās šo paraugu slīdamība pie dažādām gaisa temperatūrām.
- ķīmiskā modificēšana – tiks modificēta un mērīta metāla paraugu virsmas hidrofitāte un tās saistība ar slīdamību.

Kā arī tiks uzsākts darbs pie metodes izstrādes liela metāla paraugu virsmas modificēšanai.

3. posma uzdevumi:

3. Modificēt metāla virsmas, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām

- Sasniedzamais rezultāts: Iesākta rekomendāciju izstrāde par virsmas modifikācijām, kas visvairāk palielina slīdamību metālam pa ledu. Dalība konferencē, publikācija.

4. Izstrādāt metodes slīdamības uzlabošanai lielākai virsmai reālos apstākļos

- Sasniedzamais rezultāts: Datu ieguve, apkopošana, analīze. Uzsākta metodes izstrāde liela metāla parauga virsmas modificēšanai.

Otrā posma izpildē viena no nozīmīgākajām problēmām bija projektā nodarbinātā personāla maiņas, kas galvenokārt radās projektā ierobežoto finanšu dēļ. Vadošais pētnieks J.Zavickis, saņemot izdevīgāku darba piedāvājumu, pārtrauca darbu projektā, kā rezultātā projekta vadītājam nācās pārņemt viņa darba pienākumus un aktīvāk iesaistīties eksperimentu plānošanā.

Arī projekta 3.posmā nelielā finansējuma dēļ ir iespējamās personāla maiņas, taču visi projektā nodarbinātie aktīvi iesaistās visu eksperimentu plānošanā un diskusijās, kā arī nodrošināta visu eksperimentālo rezultātu saglabāšana Dropbox mapē, kā rezultātā ir pēc iespējas mazināta personāla maiņas ietekme uz projekta rezultātu sasniegšanu.

2.6. Projekta Nr. 6 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		gads						
		2014	2015	t. sk. iepriek šējā periodā uzsākts	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	3	1	1	2				
oriģinālo zinātnisko rakstu	3	0	0	0				

(SCOPUS) (SNIP > 1) skaits								
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	0	1	1	2				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
...								
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	2	0	0	0				
promocijas darbu skaits	0	0	0	0				
maģistra darbu skaits	2	0	0	0				
bakalauru darbu skaits	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	3				
konferences	3	0	2	2				
semināri	3	0	1	1				
rīkoti semināri	0	0	0	0				
Populārzinātniskās publikācijas	1	0	0	0				
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0				
uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	0				
Betona olimpiāde	0	0	0	0				
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	8	4	12				
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	0	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	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				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	0	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	0	0	0				
Latvijas teritorijā	1	0	0	0				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	1	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0				
5. ...								

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 6 vadītājs _____/K.A. Gross/
(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

1.projekta 1. pamatzdevuma 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. augstas veiktspējas īpašību cementa kompozītmateriālu ar mikropildvielām ieguves metodes (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 sulfātzturība novērtējums			X	X	X	X	X	X						
2.2. izstrādāto betona sastāvu pretestības sārmsilīcija 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			

[illegible]

1.projekta 2. pamatzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

[illegible]

[illegible]

1. projekta 3. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

[illegible]

[illegible]

2.projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

[illegible]

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				
1.1.Pētījums par transportlīdzekļu svara un pārvietošanās ātruma ietekmi uz konstrukciju dinamiskajiem raksturlielumiem.			X	X	X	X	X	X	X	X				
1.2.Metodes izstrāde smago un ļoti smago transportlīdzekļu dinamisko ietekmju izvērtēšanai.							X	X	X	X				
1.3.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							
2.2.Pētījums par tiltu būvniecībā izmantoto būvmateriālu īpašību izkliedi.	X	X	X	X	X	X	X							
2.3.Modeļu izstrāde būvniecībā izmantoto būvmateriālu īpašību izkliežu teorētiskā varbūtību sadalījumam.				X	X	X	X	X	X					
2.4.Analīze par novecošanās procesu ietekmi uz būvmateriālu īpašībām un to izkliedi ekspluatācijā esošām būvēm.			X	X	X	X	X	X	X	X				
2.5.Varbūtību modeļa izstrāde būvniecības precizitātes u.c. „cilvēcisko faktoru” izraisīto būvju īpašību izklandes aprakstīšanai un to ietekmei uz nestspēju.							X	X	X	X				

[illegible]

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. Konstrukciju 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 saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai, kas pielietojama praksē atsevišķiem konstruktīviem							X	X	X	X	X	X	X	X

[illegible]

3.projekta 3. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

[illegible]

4. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

[illegible]

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											X	X	X	X

ražošanā														
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. Apraksīt 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													X	1

virsmas modificēšanai, lai uzlabotu slīdamību reālos apstākļos, modificētā materiāla pielietojums (nodevums)														
6. Publikācijas, Scopus						1				1				1
7. Konferences					1				1				1	
8. Populārzinātniskas publikācijas									1					
179. Semināri										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