


Rīgas Tehniskās  
universitātes  
62. studentu zinātniski  
tehniskā konference

# Būvniecība

## Tēžu krājums

Rīga, Latvija, 2021. gada 26.–30. aprīlis



Būvniecības  
inženierzinātņu  
fakultāte

2021

Rīgas Tehniskā universitāte  
Būvniecības inženierzinātņu fakultāte

**Rīgas Tehniskās universitātes  
62. studentu  
zinātniski tehniskā konference**

**Sekcija “Būvniecība”**

Tēžu krājums

Rīga, Latvija, 2021. gada 26.–30. aprīlis

**Rīgas Tehniskās universitātes 62. studentu zinātniski tehniskā konference. Sekcija “Būvniecība”. Tēžu krājums.** Rīga: RTU Izdevniecība, 2021. 90 lpp.

Tēžu krājumā publicētas Būvniecības inženierzinātņu fakultātes maģistra un bakalaura studiju līmeņu studentu pētījumu tēzes, kas prezentētas 2021. gada aprīlī RTU 62. Studentu zinātniski tehniskās konferences sekcijā “Būvniecība”. Krājumā publicēto tēžu tematika aptver šādas nozares – būvkonstrukcijas, būvmateriāli un būvizstrādājumi, būvražošana, ģeomātika, siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas, transportbūves.

**Redkolēģija:**

Juris Smirnovs  
Mārtiņš Vilnītis  
Dmitrijs Serdjuks  
Aleksandrs Korjamins  
Lauris Goldbergs  
Ainārs Paeglītis  
Aleksandrs Zajacs

**Atbildīgā redaktore** Laura Vītola

**Literārā redaktore** Dzintra Birnbauma

**Datorsalikums** Baiba Puriņa

**Vāka dizains** Paula Lore

# SATURS

## BŪVKONSTRUKCIJAS

Hibrīda koka-betona elementa darbības analīze.....	8
Dita Žviriņa, Dmitrijs Serdjuks, Karīna Buka-Vaivade	
Koka-betona savienojumu parametru analīze.....	10
Jana Dūmiņa, Dmitrijs Serdjuks, Karīna Buka-Vaivade	
Dzelzsbetona pāļu nestspējas aprēķina metodiku salīdzinājums .....	12
Maksims Dāvids Neimonts, Leonīds Pakrastiņš	
Calculation of Structural Steel Fatigue Damage .....	13
Inese Brante, Janis Sliseris, Ivars Radins	
Inovatīvu monolīta dzelzsbetona pārsegumu tipu salīdzinājums .....	15
Emīlija Aleksandra Ērgle, Matīss Apsītis	
Koksnes bojājumu ietekme uz koka konstruktīvo būvelementu nestspēju .....	16
Elžbeta Ščerbakova, Dmitrijs Serdjuks	
Tērauda konstrukciju mezglu kvalitātes analīze ar dinamisko slodzi .....	18
Kirils Topčijs, Dmitrijs Serdjuks, Viktors Kurtenoks	
Ugunsizturības noteikšana 6 stāvu koka mājai .....	19
Igors Trofimovs, Dmitrijs Serdjuks	
Tērauda karkasa darbības analīze .....	20
Igors Potapenko, Dmitrijs Serdjuks, Andrejs Podkoritovs	
Celtnu ceļa siju projektēšanas metodiku salīdzinošā analīze .....	21
Irēna Kononova, Raimonds Ozoliņš	
Determination of Stiffness of Structural Joints by Dynamic Tests.....	23
Andrejs Macevics, Dmitrijs Serdjuks, and Viktors Kurtenoks	
Load-carrying Capacity Analysis of Hybrid Member .....	24
Vjaceslavs Ivanovs, Dmitrijs Serdjuks, and Imants Mierins	

## BŪVMATERIĀLI UN BŪVIZSTRĀDĀJUMI

Pultrūzijas procesa optimizācija plānsienu leņķprofila ražošanai .....	27
Jegors Lazarevs, Jevgenijs Barkanovs	
Ģipša-kaņepju spaļu biokompozītu mehānisko un fizikālo īpašību uzlabošana, bioloģiskā noturība un ugunsreakcija .....	28
Mareks Petrovskis, Ģirts Būmanis	
Uzlabots magnija cements ilgtspējīgām kompozīta plāksnēm.....	30
Jelizaveta Zoriča, Māris Šinka, Aigars Ūdris	
Betona maisījuma sastāva pielāgošana 3D printēšanai un ietekmes uz vidi samazināšanai ...	32
Ella Spuriņa, Māris Šinka	
Koka polimēru kompozītu mehānisko īpašību uzlabošana.....	34
Jānis Akmentiņš, Andrejs Kovaļovs	

## BŪVRAŽOŠANA

Fibrobetona elastīgās darbības skaitliskā modelēšana un eksperimentālie pētījumi.....	36
Līva Luīze Bleive, Vitālijs Lūsis	

Covid-19 ietekme uz būvniecības procesiem un nozari Latvijā .....	38
Pēteris Simažs, Mārtiņš Vilnītis	
Būvuzņēmuma projektu darba plūsmu digitalizācija, izmantojot DALUX programmatūru.....	39
Eva Anna Pernaka, Kārlis Kostjukovs	
Ekonomiskais salīdzinājums daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku nesošo konstrukciju būvniecībai Latvijā.....	41
Toms Robats, Raivo Kalderauskis	
Šķiedrbetona ar tērauda šķiedrām eksperimentālā izpēte un modelēšana .....	42
Toms Zemītis, Vitālijs Lūsis	
Digitālo rīku izmantošana zemes darbu optimizācijā.....	44
Konstantins Gubenko, Kārlis Kostjukovs	
Mūra velvju pastiprināšanas metodes .....	45
Andrejs Bikovskis, Kārlis Kostjukovs	
LR normatīvā regulējuma un BREEAM sistēmas standartizācijai atbilstošs ilgtspējas novērtējums .....	46
Zane Eglīte, Mārtiņš Vilnītis	
Būvniecības izmaksu regulējums Latvijā .....	47
Nadīna Miezīte, Mārtiņš Vilnītis	
Būvniecības procesa “Ēku projektēšana” kvalitātes kontroles sistēmas analīze. Kvalitātes indekss .....	48
Smaida Sunepa, Kārlis Kostjukovs	
Koka karkasa neklasificēto ēku ložu izturība .....	50
Jānis Videmanis, Elīna Barone	
Metālu korozijas teorētiskais aprēķins .....	52
Margarita Čigāne, Mārtiņš Vilnītis	
Būvniecības iepirkumu atlases kritēriji .....	53
Arturs Stangainis, Mārtiņš Vilnītis	
Grunts un nogāzes stieģrošanas tehnoloģijas .....	54
Andris Vasiļevskis, Kārlis Kukemilks	
Metāla šķiedru kontaktzonas izmaiņas betona matricā paaugstinātas temperatūras ietekmē.....	55
Deniss Kazlausks, Vitālijs Lūsis	
<b>Ģeomātika</b>	
Globālās navigācijas satelītu sistēmas (GNSS). Inerciālā slīpuma sensora (IMU) lietojums, uzmērot ADTI vidē .....	57
Uldis Grigorjevs, Mārtiņš Reiniks	
Tūrisma kartogrāfijas pārskats: Latvijas situācija .....	59
Anete Kiopa, Inese Rēriha, Una Krutova	
Pasaules okāna ūdens līmeņa celšanās ietekme uz Papes Ķonu ciemu, lietojot fotogrammetrijas 3D modelēšanas metodes.....	61
Kristaps Sprūģis, Māris Kaļinka	

Atlanti ĢIS laikmetā .....	62
Vita Briška, Una Krutova	
Jūras līmeņa izmaiņas Kurzemes piekrastē .....	63
Dmitrijs Jerohnovičs, Jānis Klīve	
Vietējā ģeodēziskā tīkla iekļaušana LKS-92.....	64
Miķelis Keišs, Mārtiņš Reiniks	
<b>Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas</b>	
Nogulšņu kustības un plūsmas ietekme uz ūdens uzskaites precizitāti .....	66
Dainis Driksņa, Sandis Dejus	
Decentralizēto saules kolektoru integrēšana pilsētas centralizētajā siltumapgādes sistēmā ...	68
Raimonds Bogdanovičs, Aleksandrs Zajacs	
Enerģētiski efektīvas dzesēšanas tehnoloģijas piena produktu ražošanā .....	70
Arnolds Zubovičs, Juris Pomerancevs	
Degšanas gaisa priekšsildīšana un mitrināšana ūdenssildāmā katla efektivitātes paaugstināšanai .....	71
Anastasija Zeiza-Seļežņova, Dmitrijs Rusovs	
Naftas produktu tvaiku reģenerācijas iekārtas darbības efektivitātes paaugstināšana.....	73
Armands Jelinskis, Pāvels Skačkovs	
Dabaszgāzes noplūdes pārtraukšanas metodes iekšējā gāzesvadu sistēmā .....	75
Sandris Puķe, Ināra Laube	
Hidrauliskās balansēšanas ietekme uz apkures sistēmas energoefektivitātes rādītājiem .....	77
Matīss Kempe, Aldis Greķis	
Dabisko aukstumaģentu izmantošana datu centros .....	78
Antons Borisovs, Juris Pomerancevs	
Dzēramā ūdens filtrēšana ar dzelzs hidroksīdu <i>Legionellas pneumophila</i> likvidēšanai .....	79
Arnolds Reinsons, Marta Zemīte	
Attālinātās kontroles un vadības sistēmas ietekme uz energoefektivitātes rādītājiem.....	81
Rihards Bigis, Aldis Greķis	
Gandrīz nulles enerģijas ēku pārkaršanas samazināšana Ziemeļvalstu klimatā.....	83
Arnis Auermanis, Anatolijs Borodiņecs	
Ilgspējīgās lietus ūdens novadišanas infrastruktūras ietekme uz nokrišņu notekūdens kvalitāti .....	85
Aleksandra Vaņkova, Marta Zemīte	
Saimniecisko notekūdeņu pēcattīrīšana ar mikroaļģēm .....	87
Gundars Zagorskis, Ināra Laube	
<b>Transportbūves</b>	
Tilta starpbalstu formas ietekme uz upes izskalojumiem.....	90
Deniss Ždanovs, Ilze Rozentāle	

Studentu zinātniskajām konferencēm RTU ir senas tradīcijas. Šogad varam lepoties ar 62. konferences gadskārtu. Atskatoties uz senākiem laikiem, varam secināt, ka laika gaitā ir mainījušās valodas, kādās ir sarakstīti Latvijā izmantotie tehniskie normatīvi, bet Būvniecības inženierzinātņu fakultātes uzdevums ir palicis nemainīgs – izcilu būvinženieru sagatavošana. Mēs varam lepoties ar mūsu absolventiem, kas Latvijā piedalījušies ikvienā nozīmīgā būvobjektā, kuru būvniecībā bieži vien ir vajadzīgi neordināri risinājumi. Par tiem studenti diskutē arī mūsu konferences sešās sekcijās. Novēlu mums visiem veiksmīgu konferenci un interesantas diskusijas!

Būvniecības inženierzinātņu fakultātes dekāns  
prof. *Juris Smirnovs*

---

# BŪVKONSTRUKCIJAS

---

# 01



# HIBRĪDA KOKA-BETONA ELEMENTA DARBĪBAS ANALĪZE

DITA ŽVIRIŅA, DMITRIJS SERDJUKS, KARĪNA BUKA-VAIVADE

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
dita.zvirina@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** koks; betons; kompozīts.

Hibrīdas koka-betona konstrukcijas tiek veidotas no diviem materiāliem – koka un betona, kas savstarpēji savienoti, izmantojot dažādus savienotājlīdzekļus. Parasti šādās konstrukcijās elementa betona daļu izvieto šķērsgriezuma spiedes zonā, bet koksne – stiepes zonā. Hibrīdu koka-betona konstrukciju izpēte un izmantošana praksē pēdējo gadu laikā kļūst arvien populārāka, tas izskaidrojams gan ar faktu, ka šādu konstrukciju izveide ir efektīvs risinājums, veicot ēku rekonstrukcijas (pastiprinot koka konstrukciju pārsegumus), gan ar pozitīvajām īpašībām, kas iegūtas, apvienojot abus materiālus kopdarbībā. Pārsvārā koka-betona kompozīti strādā pozitīvā liecē, betona slānis uzņem lieces un spiedes radītos spriegumus, kamēr koksnes daļa uzņem spriegumus, kas rodas no lieces un stiepes. Galvenie iepriekš minēto konstrukciju izmantošanas piemēri ir dažāda veida pārsegumi, tipiskākie ir kompozīti T veida siju vai plātņu pārsegumi un tiltu konstrukcijas. Šobrīd eksistē vairāki veidi, kā koka un betona daļu savienot hibrīdā konstrukcijā, divi galvenie savienotājlīdzekļu tipi ir padevīgi un stingri līdzekļi. Izveidot stingu savienojumu starp koksnī un betonu iespējams, izmantojot speciālas limvielas kopdarbībā ar dažādiem elementiem, piemēram, šķembām, kas tiek lietoti, lai papildus nodrošinātu mehānisko savienojumu starp abiem materiāliem. Lai hibrīdajās konstrukcijās īstenotu padevīgu savienojumu starp koka un betona daļām, iespējams izmantot vairāku veidu mehāniskos

savienotājlīdzekļus, piemēram, naglas, skrūves, metāla stiegras. Lai nodrošinātu labāku materiālu kopdarbību, papildus mehāniskajiem savienotājlīdzekļiem koksnē iespējams izveidot dažādas formas izgriezumus.

Darba mērķis: hibrīda koka-betona elementa analīzes izpēte.

Darba uzdevumi:

- 1) izpētīt koka-betona konstruktīvo elementu veidus un to izmantošanas iespējas būvniecībā;
- 2) izpētīt koka-betona konstruktīvo elementu aprēķina metodes un izvēlēties pētījuma metodi analītiskajam aprēķinam;
- 3) veikt hibrīda koka-betona kompozītā elementa analītisko aprēķinu;
- 4) veikt hibrīda koka-betona kompozītā elementa aprēķinu, izmantojot galīgo elementu metodi;
- 5) izveidot un eksperimentāli izpētīt hibrīdo koka-betona kompozīto elementu paraugu darbību trīs punktu liecē;
- 6) salīdzināt eksperimentāli iegūtos rezultātus ar rezultātiem, kas iegūti, veicot analītisko aprēķinu, un rezultātiem, kas iegūti, izmantojot galīgo elementu metodi;
- 7) izanalizēt un savstarpēji salīdzināt, kurš no pētījumā izmantotajiem hibrīdo koka-betona kompozīto elementu veidiem ir visefektīvākais, lūkojoties no materiālu patēriņa viedokļa.

Pēc literatūras izpētes un apkopošanas nolemts pētījuma nolūkiem izgatavot 8 hibrīdus koka-betona kompozītmateriālu paraugus,

kurus vēlāk testēs trīspunktu lieces sloģojumā. Četriem paraugiem koksnes daļā izmantoti koka-saplākšņa paneļi, pārējiem četriem paraugiem – krusteniski līmēti masīvkoka (CLT) paneļi. Koka-saplākšņa paneļi veidoti no diviem slāņiem saplākšņa (biezums 9 mm) un divām C24 stiprības ēvelētām koka brusām (platums 33 mm, augstums 50 mm). Krusteniski līmētie masīvkoka paneļi sastāvēs no 3 slāņiem – katra slāņa biežums 20 mm, paneļa kopējais augstums 60 mm, izmantotās koksnes stiprības klase C24. Visiem paraugiem izmantots C25/30 stiprības klases betons, betona slāņa biežums – 30 mm. Diviem no katriem četriem paraugiem betonam pievienoti 0,5 % sintētiskās fibras *Strux 40/90*. Savienojums starp koksnes un betona slāni visiem elementiem veidots stings, izmantojot epoksīda sveķus *Sikadur 330*, pie koksnes daļas pielīmētas granīta šķembas (frakcija 16–25 mm). Visiem paraugiem kopējais platums paredzēts 300 mm, laidums 1300 mm. Paraugiem, kam izmantots koka-saplākšņa panelis, kopējais parauga augstums būs 98 mm, paraugiem, kam izmantots CLT panelis, kopējais augstums 90 mm. Tā kā paraugiem

veidots stings savienojums starp koksnes un betona daļu, tad analītiskais aprēķins pētījuma ietvaros tiks veikts, izmantojot reducēto šķērsgriezumu metodi. Pēc analītiskā aprēķina paveikšanas paredzēts veikt aprēķinu ar galīgo elementu metodi (GEM). Šim nolūkam tiks izmantota datoraprēķinu programma RFEM.

Tika izpētīts, ka pamatā hibrīdas koka-betona kompozītas konstrukcijas iespējams iedalīt pēc koka un betona slāņa savstarpējā novietojuma vai konstrukciju statistiskās shēmas. Būvniecībā pārsvarā šāda veida konstrukcijas izmanto starpstāvu pārsegumos vai tiltu konstrukcijās. Darba ietvaros teorētiski izpētītas vairākas analītiskās aprēķinu metodes. No tām analītiskajiem aprēķiniem nolemts izmantot reducēto šķērsgriezumu metodi. Veidojot hibrīdas koka-betona kompozītas konstrukcijas no krusteniski līmētiem masīvkoka paneļiem un betona slāņa, iespējams sasniegt augstākus konstrukciju nestspējas radītājus nekā konstrukcijām, kurās izmantoti koka-saplākšņa paneļi. Taču iepriekš minētajām konstrukcijām ir arī ievērojami lielāks materiālu patēriņš.

# KOKA-BETONA SAVIENOJUMU PARAMETRU ANALĪZE

JANA DŪMIŅA, DMITRIJS SERDJUKS, KARĪNA BUKA-VAIVADE

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
jana.dumina8@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** kompozīts koka-betons; līmēts savienojums; bīdes stiprība

Mūsdienu ēku būvniecības uzmanības centrā ir ilgtspējības aspekti, tāpēc liela nozīme ir atjaunojamo resursu izmantošanai būvniecības procesā. Koksnes būvmateriāli ir vieni no videi draudzīgākajiem un to iegūšanai tiek patērēts mazāk enerģijas nekā citu materiālu ražošanai, tāpēc ir svarīgi palielināt koksnes materiālu patēriņu, izmantojot to arī daudzstāvu un publisko ēku būvniecībā. Viena no iespējām, kā to izdarīt, ir apvienot koksni ar betonu un izveidot kompozītu struktūru, kurā tiek izmantotas abu materiālu labākās īpašības. Kompozīts koka un betona pārsegums ir viens no konstrukciju veidiem, kas pēdējos gados kļūst aizvien populārāks kā alternatīva ierastajiem dzelzsbetona pārsegumiem. Kokmateriālu savienošana ar betonu palielina konstrukcijas stingumu un nestspēju, tajā pašā laikā samazinot pārseguma pašsvaru.

Līdz šim ir pētīti un testēti dažādi koka un betona savienošanas veidi – gan padevīgi, gan stingi, un ir pierādīts, ka līmētiem savienojumiem ir vairākas priekšrocības attiecībā pret savienojumiem ar mehāniskiem savienotājlīdzekļiem, kas jau tagad tiek izmantoti būvniecībā. Koka-betona izturēšanos galvenokārt ietekmē bīde savienojumā, tāpēc savienojums ir kritiska sistēmas sastāvdaļa un lielā mērā nosaka visas sistēmas darbu. Jo stingāku savienojumu iespējams izveidot, jo efektīvāk konstrukcija strādās. Tāpēc darba ietvaros tiek pētīts, kā dažādi līmētās šuves veidi ietekmē savienojuma bīdes stiprību un kuri parametri ir noteicošie kvalitatīva savie-

nojuma izveidei.

Darba mērķis ir veikt kompozīta koka un betona līmēta savienojuma izpēti, lai noteiktu bīdes stiprības parametrus, kā arī granīta šķembu un sintētisko fibru ietekmi uz savienojuma stiprību.

Lai sasniegtu mērķi, noteikti šādi uzdevumi:

- 1) izpētīt pieejamo informāciju par koka un betona kompozītu savienojumu veidiem un aprēķina metodikām;
- 2) veikt kompozīta kokbetona elementa aprēķinu, izmantojot analītisko un galīgo elementu metodi;
- 3) sagatavot trīsdesmit sešus dažādus kompozītus paraugus;
- 4) veikt paraugu testēšanu;
- 5) salīdzināt ar visām metodēm iegūtos rezultātus un izdarīt secinājumus par savienojuma bīdes stiprību.

Darba gaitā apskatītas trīs dažādas saliktu konstrukciju aprēķina metodikas, no kurām izvērtēta atbilstošākā kompozītu kokbetona elementu aprēķinu izmantošanai. Balstoties uz izvēlēto aprēķina metodi, veikts kompozītas pārseguma plātnes analītisks aprēķins un galīgo elementu modeļa izstrāde. Aprēķinā apskatīta pārseguma plātne, kas sastāv no 3 kārtu CLT paneļa un betona plātnes, kas savā starpā salīmētas ar epoksīdsveķu līmi.

Laboratorijas apstākļos izgatavoti trīsdesmit seši līmēti paraugi, kas veidoti no diviem koka dēļiem ar betona slāni starp tiem. Paraugos izmantota C24 stiprības klases koksne un divu veidu betons – gatavs maisījums SAKRET BAM C20 un SAKRET BAM C20

ar pievienotām sintētiskajām fibrām. Paraugu limētais savienojums veidots ar līmi *Sika-Dur 30*, kur daļā paraugu tiek ievietotas granīta šķembas ar frakciju 5–8 un 16–25 mm. Šie paraugi tiks slogoti ar vienmērīgu statisku slodzi līdz sabrukumam, fiksējot graužošu slodzi un elementu nobīdi savienojumā. Eksperimenta veikšanas plāns balstīts uz analītiski iegūtajiem maksimālās noslodzes lielumiem, pēc kuriem tiks veikta paraugu testē-

šana. Eksperimenta gaitā tiks novērtēts, kā granīta šķembas un sintētiskās fibras ietekmē savienojuma bīdes stiprību un līdz ar to kopējo kompozīta darbu. Sagaidāms, ka savienojums ar ielīmētām granīta šķembām spēs uzņemt lielāku slodzi par teorētiski noteikto, bet elementu savstarpējā nobīde būs salīdzinoši maza. Šobrīd paraugi ir izstrādes stadijā, to testēšanu plānots veikt maija beigās.

# DZELZSBETONA PĀĻU NESTSPĒJAS APRĒĶINA METODIKU SALĪDZINĀJUMS

MAKSIMS DĀVIDS NEIMONTS, LEONĪDS PAKRASTIŅŠ

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
maksimavl@gmail.com*

Mūsdienās arvien biežāk nākas saskarties ar ēku sagrūšanas gadījumiem inženieru nolaidības dēļ. Neskatoties uz to, ka notiek strauja tehnoloģiju attīstība, tiek izstrādātas jaunas projektēšanas un konstrukciju pārbaudes programmas, lai novērstu kļūdas projektēšanas stadijā, taču tās tiek un tiks pieļautas. Tajā skaitā tādēļ, ka cilvēku drošība tiek upurēta ekonomiskā izdevīguma iegūšanai, taču tas var novest pie vēl lielākiem zaudējumiem.

Galvenā un atbildīgākā ikvienas būves daļa ir ēkas pamati. Tā kā šajā darbā apskatīta 3. grupas ēka, tiks pētīti pāļu pamati. Izvēle pamatota, ar to, ka tieši pāļi visbiežāk izmantoti šīs grupas ēku pamatu izbūvei. Šajā pētnieciskajā darbā tiks salīdzināti dažādi dzelzsbetona pāļu izbūves aprēķinu paņēmieni.

Mērķis: veicot visu aspektu izpēti dažādām aprēķinu metodēm, noteikt racionālāko metodi praktiskai lietošanai.

Uzdevums: atbildēt uz jautājumu, vai vismaz viena teorētiskā risinājuma metode var būt tik tuva eksperimentāli iegūtajiem rezultātiem,

ka eksperimentāls aprēķins vispār nebūs vajadzīgs?

Hipotēze: ne ar vienu aprēķina metodiku nevar sasniegt absolūti precīzus datus salīdzinājumā ar to, kas notiek dabā. Līdz ar to eksperimentālā pārbaude ir neatņemama pāļu projektēšanas sastāvdaļa.

Hipotēze apstiprinājās. Ne ar vienu aprēķina metodiku nevar sasniegt absolūti precīzus datus.

Salīdzinājumā ar to, kas notiek dabā. Līdz ar to eksperimentālā pārbaude ir neatņemama pāļu projektēšanas sastāvdaļa. Rezultāti, kas iegūti ar holandiešu metodi un LBN 207-15 metodi atšķiras no vispārīgā grunts raksturlieluma metodikas rezultātiem, tas norāda uz tās nelietderību. Programmai LIRA ir nozīmīgi trūkumi, saistoši ar GE 57, grunšu parametru atrašanu un aprēķinu izveidošanu pēc Eirokodeksa. Salīdzinot pāļu sēšanās aprēķinus, var secināt, ka ne ar vienu aprēķina metodiku nevar sasniegt absolūti precīzus datus.

# CALCULATION OF STRUCTURAL STEEL FATIGUE DAMAGE

INESE BRANTE, JANIS SLISERIS, IVARS RADINS

*Institute of Structural Engineering and Reconstruction  
inesebrante@inbox.lv*

**Keywords:** structural steel fatigue, fatigue assessment, detail category.

The fatigue failure of the structural steel component is often a brittle fracture, often occurs unexpected and could lead to dramatic consequences. Therefore it is crucial to assess fatigue strength of the steel component which serve under cyclic loading conditions, for instance, steel components of the wind turbines.

Three main analytical fatigue life design approaches are:

- strain-life method ( $\epsilon$ -N);
- stress-life method (S-N or Wöhler diagram);
- linear-elastic fracture mechanics (fatigue crack growth) method ( $da/dN-\Delta K$ ).

Fatigue strength assessment method in the Eurocode standard for steel structures: EN 1993-1-9 Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue, is based on S-N approach.  $\Delta\sigma$ -N curves are given for certain detail categories. According to standard requirements given assessment method is applicable to all grades of structural steel which conform to the toughness requirements of EN 1993-1-10. Thus fatigue strength assessment may be done according with details category but it does not take into account difference among steel grades. Moreover, the Eurocode standard does not indicate how the fatigue strength determined by  $\Delta\sigma$ -N curves may be modified to take into account steel grade. Steel standard allows to use fatigue test data to determine the appropriate detail category for a certain construction detail and for statistical

analysis, refer to EN 1990 Annex D. However, EN 1990 does not specify how to construct the design S-N curve from tests (Maljaars et. al., (2013)). Thus, guidelines for statistical analysis from literature and ASTM Standard E739 “Statistical Analysis of Linear or Linearized Stress-Life (S-N) and Strain-Life ( $\epsilon$ -N) Fatigue Data” may be used.

The scope of this Thesis covers structural steel fatigue and the aim is to find out if there is a noteworthy difference among the fatigue strength of the various structural steel grades. To clarify it, literature review about the fatigue strength of the various structural steel grades are summarized in theoretical part of the Thesis.

Based on literature review there is not enough available experimental fatigue test data of S355NL steel, which is widely used for production of steel components for the wind turbines. Therefore experimental fatigue tests of S355NL steel small-scale specimens are scheduled. Tests have been supported by PEIKKO in collaboration with Riga Technical University.

The small-scale specimens will be tested under uniaxial tensile loading. Test series will be done at different applied stress ranges with fixed mean stress. The specimen's surface is with special preparation – Sa 2½, zinc spray (as it intends to be in real life) to take directly into account the effect of surface treatment on fatigue strength during the tests.

REFERENCES:

EN 1993-1-9: 2005 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue. CEN: Brussels, 2005.

Maljaars J., Lukić M., Soetens F. Comparison between the Eurocode for fatigue of steel struc-

tures, EN 1993-1-9, and the Eurocode for fatigue of aluminium structures, EN 1999-1-3. 5th Fatigue Design Conference, Fatigue Design 2013. Procedia Engineering 66 (2013) pp. 34–48

# INOVATĪVU MONOLĪTA DZELZSBETONA PĀRSEGUMU TIPU SALĪDZINĀJUMS

EMĪLIJA ALEKSANDRA ĒRGLE, MATĪSS APSĪTIS

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
emilija@ergle.lv*

**Atslēgvārdi:** monolīta dzelzsbetona pārsegumi; pēcsaspriegti pārsegumi; *BubbleDeck*; stiprības un ekonomiskais salīdzinājums.

Pārseguma izvēle, projektējot dzelzsbetona ēkas, atkarīga no projektētāja kompetences, pieredzes un informētības par pārsegumu veidu priekšrocībām un trūkumiem. Projektētāji bieži izvēlas risinājumus, kuri pašu pieredzē izrādījušies veiksmīgi, un nelabprāt vēlas lietot jaunus – inovatīvus, iespējams piemērotākus risinājumus.

Pētījuma mērķis ir noteikt tehnoloģiski un ekonomiski efektīvāko pārseguma tipu dažādām konstruktīvajām shēmām. Pētījumā iekļauti trīs pārsegumu tipi – monolīta dzelzsbetona, pēcsaspriegti un ražotāja *BubbleDeck* pārsegumi.

Sākotnēji tika veikta apjomīga literatūras, normu un vispārteorētiskā pētīšana par attiecīgo pārsegumu tipiem, to tehnoloģiskajām īpašībām. Aprēķinu programmatūrā *AxisVM* tika veidotas vairākas biroju ēkām piemērojamas aprēķinu modeļu versijas, modelējot tos ar vienāda pārsegumu biezuma vai vienā-

das nestspējas, vai ar vienādu betona patēriņa daudzumu. Iegūtie šķērsriezumu spriegumi tika analizēti atbilstoši LVS EN 1992-1-1, ņemot vērā katra pārseguma nestspēju, iegūta to noslodze. Iegūtie dati tika skaitliski apstrādāti un savstarpēji salīdzināti, rezultātā iegūstot uzskatāmus datus un grafikus par pārsegumu stiprību un efektivitāti. Ekonomisko faktoru analizē iekļauts gan izmantoto materiālu patēriņš, gan būvniecības izmaksas, gan globālais efekts no daudzstāvu ēkas kopumā – samazinot pārsegumu pašvaru daudzstāvu ēkām, iespējams projektēt mazāk apjomīgus pamatu un vertikālo konstrukciju risinājumus, kas ievērojami samazina ēkas kopējās būvniecības izmaksas.

Pētījuma gaitā noteikti tehnoloģiski un ekonomiski efektīvākie pārseguma tipi dažādām konstruktīvajām shēmām, kas apmierina būtiskākās prasības – drošību, funkcionalitāti un izmaksas.



# KOKSNES BOJĀJUMU IETEKME UZ KOKA KONSTRUKTĪVO BŪVELEMENTU NESTSPĒJU

ELŽBETA ŠČERBAKOVA, DMITRIJS SERDJUKS

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
haielja@list.ru*

**Atslēgvārdi:** koka pārsegumi; spāres, sijas, statņi, koka klājs.

Mūsdienu pilsētu attīstības problēma ir esošo ēku rekonstrukcija un remonts, kā arī veidi, kā palielināt to ekspluatācijas nosacījumus būvniecības stadijās. Koks, kā būvmateriāls, vienmēr ir plaši izmantots ēku un būvju celtniecībā atbalsta un norobežojošo konstrukciju veidā. Nozīmīgas koka konstrukcijas daļas darbības termiņš pārsniedz 60 gadus.

Koka konstrukciju pietiekamas celtspējas nodrošināšana visā noteiktajā ekspluatācijas periodā ir paredzēta spēkā esošajos normatīvajos un tehniskajos dokumentos. Tajos ņemta vērā koksnes kā konstrukcijas materiāla specifika, tās fizikālo un mehānisko īpašību anizotropija, izturības izmaiņas atkarībā no temperatūras un mitruma apstākļiem un slozdes ilguma, kā arī citi faktori.

Galvenie rādītāji, kas nosaka konstrukciju nestspējas izmaiņas ekspluatācijas laikā, ir koksnes sākotnējā un ilgtermiņa izturība.

Konstrukcijas nestspēju kopumā nosaka galveno nesošo elementu nestspēja.

Tomēr praksē ir piemēri gan par koka konstrukciju ātru bojāeju ekspluatācijas laikā, gan par kalpošanu vairākus gadsimtus. To iemesli ir labi izpētīti – ja konstrukcijas tiek ekspluatētas, saglabājot to sākotnējo stāvokli, ēkas nestspēja tiek saglabāta visā darbības laikā. Pretējā gadījumā tā samazinās tajās radušos bojājumu dēļ, galvenokārt mehānisku (plaisas) un bioloģisku (sabrukšanas) iemeslu dēļ. Līdz ar to sākotnējo īpašību saglabāšana ir viens no galvenajiem faktoriem, kas ietekmē konstrukciju nestspēju. Tas ir ļoti aktuāls

jautājums, jo būves ekspluatācijas ilgums ietekmē finansiālo stabilitāti attiecībā uz būvi, piemēram remontu veikšanas biežums un to izmaksas.

Ņemot vērā iepriekš minēto, darba mērķis ir koka elementu bojājumu ietekmes analīze.

Izpētes objektu atlase tika veikta, vispirms ņemot vērā ekspluatācijas laiku, bija apskatīti objekti vecumā no 30 līdz 100 gadiem, lai varētu redzēt ar novecošanos saistītas izmaiņas. Objektu atlasī ietekmēja arī iespēja apsekot ēku, jo vajadzēja saņemt apsekošanas atļauju. Darbā ir aplūkoti galvenie nesošie elementi:

- 1) jumtu pārsegumi: spāres, vertikāli slogotie elementi (statņi);
- 2) starpstāvu pārsegumi: galvenās sijas, grīdas segumi (palīgsijas un klājs).

Pilsabiedrība „BOSSlex un partneri” veica remontdarbus, līdz ar to bija iespēja apskatīt ēku bēniņus un veikt nepieciešamās koka konstrukciju analīzes.

Ekspluatācijas laikā mainās koksnes fizikālās un mehāniskās īpašības.

Galvenie bojājumi, kas rodas konstrukciju ekspluatācijas laikā, ir bojājumi, kas nodarīti koksnes sēņu un plaisu rezultātā. Tomēr kaitējuma ietekmes uz struktūru darbības raksturlielumiem novērtējumam parasti bija kvalitatīvs raksturs. Turklāt kaitējums tika novērtēts relatīvi ierobežota skaita struktūrām. Praktiski nav tādu darbu, kas ņemtu vērā kaitējuma izpausmes pamatlikumus, un, pats galvenais, nav konstatēta kaitējuma un izmaiņu kvantitatīvā saistība.

Attiecīgi nav īpašu ieteikumu par kaitējumu novēršanu un to negatīvo ietekmi uz konstrukcijām to ekspluatācijas laikā.

Maģistra darba nozīmīgums ir saistīts ar koka konstrukciju bojājumu analīzi un klasifikāciju, kā arī ar to ietekmi uz koka elementa darbu. Pamatojoties uz konstatēto bojājumu izskatu un attīstības modeļiem, to ietekmes uz koka konstrukcijām izpēti un atklāto kok-

snas izturības atkarību no ilgstošas spriedzes stāvokļa veida, būtu jāizstrādā priekšlikumi, lai novērstu būvkonstrukcijās izmantotās koksnes īpašību samazināšanos vai to atjaunošanu. Tas palielinās koka konstrukciju kalpošanas laiku un ļaus efektīvi izmantot koksnes resursu struktūras. Tāpēc izvirzītais uzdevums ir nozīmīgs.

# TĒRAUDA KONSTRUKCIJU MEZGLU KVALITĀTES ANALĪZE AR DINAMISKO SLODZI

KIRILS TOPČIJS, DMITRIJS SERDJUKS, VIKTORS KURTENOKS

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
kirils.topcijs@inbox.lv*

Tērauda konstrukcijas sastopamas lielākajā daļā no šobrīd jau pastāvošām un būvējamām ēkām. Pastāv vairāki tērauda konstrukciju savienojuma tipi un tos izmanto, lai pārnestu slodzi starp konstrukcijas elementiem, lai savienotu elementus sava starpā, kā arī konstrukcijas norobežošanas nolūkos.

Tērauda konstrukcijas mezgli kalpošanas laikā ir pakļauti dažādām iedarbībām, kas var izraisīt mezgla bojājumus, piemēram, agresīvas vides izraisīti bojājumi vai slodzes iedarbības bojājumi. Var rasties situācija, kad savienojums vairs nedarbojas, kā tika paredzēts projektā, proti, mainījies tā stingums, tāpēc nepieciešams laikus fiksēt savienojumā radušās izmaiņas, kas rodas, mainoties tā stingumam mezgla bojājumu dēļ.

Maģistra darba ietvaros tiek veikta teorētiska izpēte par tērauda savienojuma mezglu būtību, to klasifikāciju, apskatīti populārākie savienojumu tipi, savienojumu bojājumu veidi un to pārbaužu metodes. Tiek izvirzīta hipotēze: ar vibrācijas iedarbēm uz tērauda konstrukciju ir iespējams noteikt tērauda savienojuma mezgla stingumu. Uz tā pamata tiek izvirzīts darba mērķis: noteikt sakarību starp

tērauda konstrukciju savienojuma mezgla stingumu un kopējo konstrukcijas vibrācijas frekvenču parametriem.

Kā pētāmo objektu izmanto divu HEA100 siju savienojumus ar iespēju mainīt mezgla tipu. Lai maksimāli precīzi realizētu savienojumu, tika izveidots aprēķinu modelis un pēc tā datiem definēti mezgla iekšējie spēki, ko eksperimenta laikā nodrošina, veicot statisko slodzes. Salīdzinot statistikas slodzes laikā iegūtos rezultātus ar aprēķina modeļa rezultātiem, var droši apgalvot, ka eksperimentālās iekārtas savienojums ir stingrs, šarnīra tipa vai brīvi balstīts.

Kā vibrācijas slodzes avotu lieto skaļruni, kas raida noteiktas frekvences skaņas viļņus. Praktiski tiek noteiktas vispiemērotākās skaņas frekvences, lai izraisītu maksimālas konstrukcijas vibrācijas frekvences. Konstrukcijas vibrācijas frekvenču fiksācijai savienojuma mezglā izvieta vairākas datu fiksācijas iekārtas, kas reģistrē izmaiņas.

Eksperimentālo daļu plānots veikt 2021. gada maijā, sekojoši tiks veikta rezultātu statistiskā analīze, apkopojums un secinājumu izvirzīšana.

# UGUNSIKTURĪBAS NOTEIKŠANA 6 STĀVU KOKA MĀJAI

IGORS TROFIMOVS, DMITRIJS SERDJUKS

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
trofimovs.igors@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** koka māja, ugunsizturība, ugunsdrošība, CLT, GLT.

Koka ugunsaizsardzība ir ļoti aktuāls mūsdienu temats, īpaši prasības, kas ir noteiktas nacionālajos standartos un pielikumos. Koks ir dabīgs materiāls, kura izmantošana būvniecībā atstāj labu iespaidu uz apkārtējo vidi un cilvēkiem, kuri vēlāk izmantos šo ēku. Ja apskatām sabiedriskās ēkas, t. s. dzīvojamās ēkas, diemžēl tirgū joprojām dominē dzelzsbetona un tērauda konstrukcijas. Viens no iemesliem ir, ka tā vienkārši ir pierasts. Taču mūsdienu tehnoloģijas ļauj projektēt un būvēt tikpat labas un drošas koka ēkas. Darba mērķis ir pierādīt, ka 6 stāvu koka māja ir tikpat droša un izturīga kā līdzīgas ēkas no alternatīviem materiāliem. Noteikt 6 stāvu koka mājas ugunsizturību jeb uguns reakciju. Ir kāds cits aspekts, kas attur plaši būvēt koka ēkas – ugunsdrošība vai ugunsaizsardzība. Īpaši koka ēkām ugunsdrošības jautājumam jāpievērš vislielākā uzmanība. Balstoties uz likumdošanu un projektēšanas atskaiti, mēs varam redzēt ugunsdrošības prasības, kas ir viens. Otrs ir Ministru kabineta noteikumi, kuru regulā ir minimālas prasības koka ugunsdrošībai. Darba ietvaros tiks apskatītas daudzas koka ēku būvniecības tehnoloģijas no visas pasaules, sākot no Norvēģijas un līdz pat ASV.

Var redzēt, ka katrai valstij ir savas prasības un noteikumi. Taču jau pirms 10 gadiem pasaulē sāka parādīties iespaidīgi projekti, pat līdz 18. stāviem. Pēc apskatītā materiāla var secināt, ka katrai ēkai ir bijis individuāls projektēšanas process un atbilstoši izvēlēts kons-

trukciju tips. Ir daudz un dažādi būvniecības veidi, tos visus var apvienot 3 galvenajās grupās: karkasa ēkas, paneļu ēkas, hibrida konstrukciju ēkas. Katrai grupai var definēt apakšgrupas, kas saistītas ar nesošo elementu ražošanas tehnoloģiju.

Darba gaitā ir apskatīti daži varianti un to izbūves tehnoloģija, montāžas principi, ugunsdrošības prasības un to realizācija. Iegūtā informācija, kas attiecas uz ugunsdrošību, tiks salīdzināta ar Latvijas standartu prasībām. Turpinājumā tiks apskatīts 6 stāvu koka mājas projekts un aprēķināti galvenie nesošie elementi (kolonnas, sijas, paneļi). Pirmajā variantā ēka tiks uztverta kā CLT paneļu māja, otrajā variantā – kā karkasa koka ēka. Aprēķinot galvenos nesošos elementus, var salīdzināt materiāla patēriņu, gan ievērojot ugunsaizsardzības prasības, gan bez tām. Normatīvos ir noteikts, cik lielam jābūt ēkas šķērsgriezumam, lai ugunsgrēka laikā tās noturība saglabātos 60 min (R60), kā arī apskatīti koka pasargāšanas varianti un metodes, lai to nodrošinātu. Salīdzinājumā ar prasībām Ministru kabineta noteikumos, manuprāt, minētie noteikumi ir ļoti stingri, lai nodrošinātu visas minētas prasības, ēkas būves kopējās izmaksas strauji pieaug un padara tās būvniecību neizdevīgu.

Pēdējais darba etaps ir veikt materiāla patēriņa optimizācijas aprēķinu, lai novērtētu, kuram variantam koka patēriņš būs mazāks, bet ugunsdrošības pakāpe paliks nemainīga.

# TĒRAUDA KARKASA DARBĪBAS ANALĪZE

IGORS POTAPENKO, DMITRIJS SERDJUKS, ANDREJS PODKORITOVS

Būvniecības inženierzinātņu fakultāte  
E-pasta adrese: igorspotapenko91@gmail.com

**Atslēgvārdi:** tērauda karkass; saišu sistēma; norobežojošās konstrukcijas; kopnes.

Karkasam jābūt stabilam jebkurā virzienā, pieļaujamas tikai nelielas, pārsvarā elastīgas deformācijas, tāpēc nepieciešams izveidot stinguma disku. Šādam diskam var pieskaitīt arī karkasa rāmju sistēmu. Karkasa elementi var vienlaikus pildīt gan nesošās, gan norobežojošās funkcijas. Modernās ēkās ar metāla karkasiem galvenokārt lieto vieglas norobežojošās konstrukcijas, kuru pamatā ir plānsienu profilētas tērauda vai alumīnija loksnes. Visizplatītākās ir nesošās profilloksnes, kasešu profili, sendvičpaneļi ar dažādiem siltinātājiem. Šīm norobežojošajām konstrukcijām ir augsta nestspēja, kas spēj uzņemt sniega un vēja slodzes. Šo konstrukciju izmantošanas priekšrocība ir tas, ka tās var iekļaut karkasa darbībā gan kā karkasa saišu sistēmu, gan kā lokālas saites, kas sastiprina atsevišķus karkasa elementus un pasargā tos pret noturības zudumu, savērpšanu, nobīdi utt.

Darba mērķis ir konkrētas ražošanas ēkas tērauda karkasa darbības analīze. Izpētīt iespēju samazināt saišu elementu daudzumu salīdzinājumā ar klasiskiem risinājumiem konkrētai ražošanas ēkai ar tērauda karkasu ar norobežojošo konstrukciju (profilloksnes). Tiek izvirzīti šādi darba uzdevumi:

- 1) apskatīt dažādus variantus un salīdzināt tos, izvēloties visekonomiskāko no materiāla patēriņa viedokļa;
- 2) veikt salīdzinošo analīzi iespējamiem konstruktīviem risinājumiem;
- 3) izveidot aprēķina modeli dažādiem variantiem, izmantojot GEM programmatūru;

4) izvēlēties vislabāko risinājumu un, izmantojot iegūto rezultātu, novērtēt konstruktīvā risinājuma izvēles racionalitāti no ēkas vispārējās noturības un materiāla patēriņa viedokļa.

Pētījumam tiek izvēlēts konkrēts objekts: vienstāvu ražošanas ēka ar gabarītmēriem 30,63 m × 48,4 m, lietderīgais augstums 5 m un pilnais ēkas augstums 9,679 m. Ražošanas ēkas konstruktīvā shēma – nesošais tērauda karkass ar šķērsrāmja soli 6 m un laidumu 30 m. Rāmi veido dubulta T profila kolonnas un vienslīpes jumta konstrukcija no trapeceveida kopnēm. Ar GEM programmatūru FEM-Design izveido dažādus analītiskā aprēķina modeļus, kur kopnes, sijas un kolonnas tiek veidotas kā stieņu elementi, savukārt nesošās profilloksnes tiek definētas kā plātņu elementi ar raksturīgiem materiālu un profilu raksturlielumiem, kas atbilst Latvijas tirgū piedāvātiem. Ēkas modelis tiek pārbaudīts ar dažādu kombināciju slodzēm, lai noteiktu ēkas karkasa elementu pārvietojumus un spriegumus.

Rezultātā noskaidrots, ka nesošās profilloksnes, kas atbilstoši savienotas ar kopnes elementiem, var uzskatīt par efektīvu risinājumu pret kopnes augšējās joslas un dažos gadījumos apakšējās joslas izliekšanos horizontālā plaknē. Nesošās profilloksnes var pilnībā vai daļēji aizvietot tradicionālās horizontālās saites ēkas tērauda karkasā, kas savukārt var samazināt ēkas kopējās izmaksas gan materiālu patēriņa ziņā, gan darbaspēka ziņā.

# CELTŅU CEĻA SIJU PROJEKTĒŠANAS METODIKU SALĪDZINOŠĀ ANALĪZE

IRĒNA KONONOVA, RAIMONDS OZOLIŅŠ

*Būvniecības un rekonstrukcijas institūts  
kononova.irena@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** skaitliskā analīze; vienlaiduma brīvi balstītas sijas; nestspēja.

Ražošanas ēku normālas ekspluatācijas nodrošināšanai kā neatņemama struktūra kalpo celšanas iekārtas – visbiežāk tilta celtņi. Savukārt šiem celtņiem nepieciešami īpaši celtņu ceļi, kas ietilpst ražošanas ēku karkasa sastāvā, un šo ceļu pamatelements ir celtņu ceļa sijas, kas kombinētas ar bremzēšanas sijām.

Celtņu ceļa konstrukcijas kopumā un celtņu ceļa sijas atsevišķi uzskatāmas par visai atbildīgām konstrukcijām, kas strādā pie lielām vairākvirzienu (vertikāla un horizontāla virziena) slodzēm, tās vienlaikus būtiski ietekmē arī ēkas karkasa darbības apstākļus, līdz ar to šo konstrukciju projektēšanai jāvelta pienācīga uzmanība.

Darba ietvaros analizētas tērauda celtņu ceļu siju projektēšanas metodikas – agrāk (atbilstoša SNIp normām) un pašreiz lietojamā (EN), kas bāzēta uz LVS EN 1991-3 “Celtņu un mehānismu izraisītās iedarbes” un LVS EN 1993-6 “Celtņu atbalstkonstrukcijas”. Darba mērķis orientēts uz iespējamu atšķirību diagnosticēšanu, lai tādējādi sekmētu minēto celtņu siju projektēšanas un vajadzības gadījumā arī rekonstrukcijas procesu.

Analīze veikta gan tīri teorētiskā plāknē, izvērtējot minētajos normatīvos fiksētās prasības attiecībā uz celtņu ceļa sijām pielikto slodžu noteikšanu un siju stiprības, izturības, noturības un stinguma pārbaudēm, gan arī skaitliski uz konkrētu piemēru bāzes. Skaitliskai analīzei izvēlētas vienlaiduma brīvi balstītas sijas ar ražošanas ēkām raksturīgiem

laidumiem (6 m un 12 m), kuras paredzētas celtņiem ar celtspeju 20, 100 un 200 tf. Veiktās analīzes rezultātā konstatēts, ka vispārīgie projektēšanas principi ir līdzīgi, taču tai pat laikā konstatēta arī virkne būtisku atšķirību gan pašā metodiku būtībā, gan arī praktisko aprēķinu, kas veikti pēc šīm metodikām, rezultātos. Galvenie momenti šajā sakarībā:

- 1) aprēķinos ievērtējamo slodžu vērtības pēc EN ir lielākas – vertikāla virziena slodzēm atšķirība iekļaujas 20 % robežās, savukārt horizontāla virziena slodzēm atšķirība var sasniegt pat 80 %. Šis apstāklis līdzīgā apmērā ietekmē arī attiecīgās piepūļu vērtības;
- 2) EN normatīvi paredz izvērtēt skaitā vairāk slodžu veidu un to kombināciju;
- 3) EN atšķirībā no SNIp attiecībā uz celtņu ceļa sijām pieļauj tērauda darbību arī elastīgi plastiskajā stadijā gadījumos, kad nav nepieciešama izturības pārbaude;
- 4) EN šķērsgriezuma atsevišķām pārbaudēm paredzēts ievērtēt vairāk parametru – piem., stiprības pārbaudē vienlaikus ar lieces momentu tiek ņemts vērā arī ass spēks, kas SNIp metodikā nav paredzēts;
- 5) attiecībā uz siju stingumu EN paredzēts vienots kritērijs, bet saskaņā ar SNIp reglamentējošais robežlielums ir atkarīgs no celtņu darba režīma.

Kopumā, izvērtējot abas analizējamās metodikas, konstatēts, ka atbilstoši EN fiksētajiem kritērijiem celtņu ceļa sijām izvirzītas stin-

grākas prasības attiecībā uz to nestspēju, un līdz ar to tiek nodrošināts arī šo siju augstāks ekspluatācijas drošuma līmenis. Taču līdz ar to konstrukciju pašsvars ir lielāks.

Abu apskatīto metodiku praktiskas lietošanas kontekstā var atzīmēt, ka SNIp ietvertie kritēriji ir konkrētāki un celtnu ceļa siju projektēšanas pamatā īpaši izstrādāti. Savukārt

EN šim nolūkam bieži vien paredzēti visai vispārīgi apsvērumi, kurus projektētājs pats pieskaņo konkrētās ēkas īpatnībām. Šī metodika kopumā, kā arī norādes uz konkrētām pārbaudēm satur daudz parametru, kas bieži vien nav precīzi definēti, un projektēšanas procesā šis apstāklis būtiski apgrūtina EN lietošanu.

# DETERMINATION OF STIFFNESS OF STRUCTURAL JOINTS BY DYNAMIC TESTS

ANDREJS MACEVICS, DMITRIJS SERDJUKS, AND VIKTORS KURTENOKS

*Institute of Structural Engineering and Reconstruction  
macevic.andrej@gmail.com*

**Keywords:** correlation of coaxial accelerations, quality assessment, oscillation meters.

The aim of the work is to study the possible research of structural nodes with 3-D oscillation meters, and using their readings, to try to evaluate the quality of the structural joints. The research method is based on the correlation of co-axial oscillations in a 3-D environment. The results are obtained by means of mathematical analysis of oscillations in three directions (aX, aY, aZ – linear oscillations) using high-sensitivity 3-D vibration meters.

The sensors detect self-oscillations, but later force oscillations are applied. Analysing their differences will also determine the quality of the node.

Preliminary tests have already been performed on 602 series buildings in Riga. It has been established that there is a correlation between the position of the panel panels and the oscillation measurements. In nodes with corrosion damage to the reinforcement, the meters showed much lower peak amplitude values than in intact nodes.

Three variants of joint of two timber beams

were considered as objects of investigation. The variants are moment joint, hinge and absence of the connections between the beams (Fig. 1).

The mentioned variants of the joint were provided by the adding or delating screws in the nodes. Properties of the nodes and corresponding static schemes of the timber beams were tested by the static experiment (Fig. 1b)). Then the beams were subjected by the action of vibration and the dependences of the parameters of the beam's oscillations in the considered nodes on the type of the nodes were stated. The obtained dependences enable to make the conclusions regarding the type of the node of considered timber beams.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Latvian Council of Science funded project "Method of correlation of coaxial accelerations in 6-D space for quality assessment of structural joints (COACCEL)" (Nr. lzp-2020/1-0240).



Fig. 1. Timber beams a) and its joint b).



# LOAD-CARRYING CAPACITY ANALYSIS OF HYBRID MEMBER

VJACESLAVS IVANOVŠ, DMITRIJS SERDJUKS, AND IMANTS MIERINS

*Institute of Structural Engineering and Reconstruction  
brotax@gmail.com*

**Keywords:** timber-concrete composite panels, semi-rigid timber to concrete connection, static loading.

Modern buildings impress with their dimensions and architectural solution, which is why there is a market demand for lighter construction components. As floor panels make up one of the largest parts of the total weight of a multi-storey building, reducing it is a big step to reduce the total weight of the building structures. This is usually done using hollow reinforced concrete slabs or other types of concrete solutions.

The object of this study is a timber-concrete composite solution, which can be either a prefabricated and prefabricated structure or a semi-prefabricated permanent formwork that works with a concrete layer. This work focuses on an alternative solution. Timber-concrete composite panels reduce weight several times compared to standard concrete panels without compromising bending stiff-

ness. Additional advantages are architectural and interior design considerations, greater spans and more free space between the timber members.

In order to evaluate different solutions of timber and concrete composites, an extensive literature review was performed. The main structural details of the buildings and timber-concrete composite solutions for the current time were studied. The samples were modelled and calculated by the finite element method. Finally, timber-concrete composite panels have been tested. Three timber-concrete composite panels with length and span of 2 and 1.8 m, correspondingly, were tested till the failure by the static load applied by the scheme of three-point bending (Fig. 1).

Behaviour of the timber-concrete composite panels with the semi-rigid timber to concrete



Fig. 1. Laboratory test of timber-concrete composite panels: a) placement of the timber-concrete composite panels in the testing machine; b) failure mode of the timber-concrete composite panels.

connections were compared with the behaviour of the same members made by the adhesive joint. It was stated that timber-concrete composite panels with the adhesive timber to concrete connection are characterized by the increased load-carrying capacity and stiffness in bending.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Latvian Council of Science funded project “Method of correlation of coaxial accelerations in 6-D space for quality assessment of structural joints (COACCEL)” (Nr. lzp-2020/1-0240).

---

# BŪVMATERIĀLI UN BŪVIZSTRĀDĀJUMI

---

## 02

Apakšsekcija rīkota ar ERAF projekta "Jaunas koncepcijas izstrāde zema energopatēriņa būvniecībai no ekoloģiskiem būvmateriāliem" (proj. līguma nr. 1.1.1.1/19/A/017) atbalstu

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA  
Eiropas Reģionālais  
attīstības fonds

---

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

# PULTRŪZIJAS PROCESA OPTIMIZĀCIJA PLĀNSIENU LEŅĶPROFILA RAŽOŠANAI

JEGORS LAZAREVS, JEVGENIJS BARKANOVŠ

*Materiālu un konstrukciju institūts  
jegors.lazarevs@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** pultrūzija; optimizācija; galīgo elementu metode; atbildes virsmas.

Termoreaktīvos ar šķiedrām armētus kompozītus, ko tagad plaši izmanto dažādās vieglās konstrukcijās, var ražot ar dažādām metodēm, piemēram, pultrūziju, roku formēšanu, šķiedru formēšanas mašīnām u.c. Starp šiem tehnoloģiskajiem procesiem pultrūzija ir efektīvākais process ar zemām ekspluatācijas izmaksām. Pultrūzijas laikā šķiedras, kas piesūcinātas ar sveķiem, pārvietojas pa sakarsētu filjeru un sacietē, pārvēršoties kompozīta profilā ar nemainīgu šķērsgrīzumu. Lai gan pultrūzijas nozare tagad demonstrē strauju izaugsmi, tomēr nepārtraukts elektroenerģijas izmaksu pieaugums varētu ievērojami kavēt tās attīstību vai pat apturēt to. Lai uzlabotu tradicionālā pultrūzijas procesa efektivitāti, saglabājot pultrudēto profilu kvalitāti, un lai samazinātu to izmaksas, ir jāveic pultrūzijas procesa parametru optimizācija. Maģistra darba mērķis ir pultrūzijas procesa optimizācija plānsienu leņķprofila ražošanai. Lai sasniegtu mērķi, ir izvirzīti šādi darba uzdevumi:

- 1) izpētīt pieejamo literatūru un pētījumus par pultrūzijas procesu un tā optimizāciju;
- 2) izstrādāt efektīvu tradicionālā pultrūzijas procesa optimizācijas metodiku, ņemot

vērā visus nepieciešamos rūpnieciskās ražošanas parametrus;

- 3) noteikt optimālos ražošanas parametrus plānsienu leņķprofila ražošanai.

Darba gaitā tika izstrādāta optimizācijas metodoloģija, kas ietver vairākus posmus: eksperimentu plānošana, GEM simulācija, atbildes virsmas veidošana un optimizācija.

Optimizācijas metodoloģijas ietvaros tika izvirzītas divas mērķa funkcijas:

- 1) energoresursu mazināšana profila ražošanai;
- 2) vilkšanas ātruma palielināšana.

Kā arī tika noteikti ražošanas procesa mainīgie parametri: vilkšanas ātrums, istabas un sveķu temperatūra, kontroles temperatūra uz termopāriem un sildītāju izvietojums.

Kā rezultātā ir izstrādāta jauna efektīva optimizācijas metodika un iegūti optimālie ražošanas parametri, ņemot vērā nepieciešamos rūpnieciskā pultrūzijas procesa prasības un apkārtējās vides temperatūru, izmantojot eksperimentu plānošanas metodi un atbildes virsmas tehniku. Precīzāka un reālistiskāka procesa optimizācija tiek panākta ar temperatūras kontroli, ko veic sildītāju ieslēgšanas un izslēgšanas stratēģija.

# ĢĪPŠA-KAŅEPJU SPAĻU BIOKOMPOZĪTU MEHĀNISKO UN FIZIKĀLO ĪPAŠĪBU UZLABOŠANA, BIOĻĒGISKĀ NOTURĪBA UN UGUNŠREAKCIJA

MAREKS PETROVSKIS, ĢIRTS BŪMANIS

*Materiālu un konstrukciju institūts  
petrovskismareks@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** biokompozīti, ģipsis, sārmainas piedevas, ugunsreakcija, bioloģiskā noturība

Videi draudzīgu būvmateriālu lietošana ēku būvniecībā ir viens no šī brīža aktuālajiem jautājumiem, kas saistīts ar starptautiskajām tendencēm būvniecībā un to ietekmi uz Zemes resursiem un klimatu. Viena no šādām perspektīvām materiālu grupām ir biokompozīti, kuru sastāvā ir atjaunojamas un organiskas izcelsmes izejvielas. Biokompozītu gadījumā pastāv plašs klāsts ar izmantojamiem izejmateriāliem un to kombinācijām, kas vēl nav padziļināti pētīts, taču ir ar potenciāli augstvērtīgām īpašībām, kā, piemēram, kaņepju spaļi ar ģipša saistvielu.

Maģistra darba mērķis ir noteikt ģipša-kaņepju spaļu vieglsvara biokompozīta mehānisko stiprību, siltumvadītspēju, bioloģiskās noturības un ugunsreakcijas īpašības, mainot materiāla sastāvā sārmaino piedevu veidu un daudzumu. Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, tiek noteikti galvenie veicamie uzdevumi:

- 1) izstrādāt ģipša-kaņepju spaļu sastāvdaļu proporcijas materiālam ar mērķa tilpumsvaru  $400 \text{ kg/m}^3$ , iepriekš nosakot piedevu – hidratēta kaļķa un nātrija silikāta jeb šķidrā stikla – ietekmi uz saistvielu – būvģipsi;
- 2) izgatavot ģipša-kaņepju spaļu būvmateriāla paraugu saskaņā ar noteiktajiem sastāviem, pārbaudīt materiāla mehāniskās īpašības, siltumvadītspēju, bioloģisko noturību un ugunsreakciju.

Izgatavotas sešas  $350 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  biokompozīta plātnes, kurām no-

teikta siltumvadāmība un mehāniskās īpašības, tās sazāģējot. Biokompozīta bioloģiskās noturības novērtēšanai lietota kontrolētā vidē esošu paraugu novērošanas metodika. Savukārt materiāla ugunsreakcijas īpašības noteiktas ar koniskā kalorimetra testa palīdzību, katra sastāva paraugus pakļaujot vienādi siltuma starojuma intensitātei un ilgumam.

Iegūtie rezultāti liecina, ka sārmainas piedevas būtiski izmaina ģipša saistvielas īpašības. Novērots būtisks pH līmeņa pieaugums – no pH 7,5 tīram ģipsim, līdz pH 12,1 ģipsim ar kaļķa piedevu. Savukārt biokompozītu mehāniskās īpašības piedevas būtiski neietekmē – iegūti biokompozīti ar vidējo lieces stiprību  $0,07\text{--}0,17 \text{ MPa}$  un spiedes stiprību –  $0,44\text{--}0,54 \text{ MPa}$ . Pārbaudīto paraugu siltumvadītspējas koeficients –  $0,082\text{--}0,091 \text{ W/(mK)}$ . Konstatēts, ka sēņu veidošanās pie 30–80 % mitruma piesātinājuma uz visiem paraugiem sākas pēc 5 dienām, bet ar acīm novērojami veidojumi konstatēti pēc 11 – 26 dienām. Ugunsreakcijas testos noteikts, ka biokompozīti pie konstanta  $50 \text{ kW/m}^2$  siltuma starojuma uzliesmo pēc 12–25 sekundēm no testa sākuma un strauji sasniedz pīķa siltuma izdalīšanās jaudu –  $\text{HRR}_{\text{peak}} 7,23\text{--}98,05 \text{ kW/m}^2$ .

Maģistra darba pētījuma rezultātā iegūts pašnesošs, ar rokas instrumentiem apstrādājams zema blīvuma materiāls ar labām siltumvadītspējas un ugunsreakcijas īpašībām (skatīt attēlu). Ar sārmainu piedevu iespējams būtiski uzlabot biokompozītu ugunsreakcijas īpa-

šības, sasniedzot rezultātus, kas ir pietuvināti grūti degošiem (B klases) un atsevišķos gadījumos nedegošiem (A2 klases) materiāliem. Bioloģiskās noturības īpašības saglabājas kā

būtiskākais biokompozītu trūkums, kur pētījumā lietotais piedevu daudzums tikai palēnināja sēņu izplatības ātrumu.



a)



b)

1. attēls. Ģipša-kaņepju spaļu biokompozītu struktūra: a) pēc ugunsreakcijas testa; b) pēc bioloģiskās noturības testa.

# UZLABOTS MAGNIJA CEMENTS ILGTSPĒJĪGĀM KOMPOZĪTA PLĀKSNĒM

JELIZAVETA ZORIČA, MĀRIS ŠINKA, AIGARS ŪDRIS

*Materiālu un konstrukciju institūts  
jelizaveta.zorica@rtu.lv*

**Atslēgvārdi:** kaņepju betons, ilgtspējība, magnija oksihlorīda cements, nanosilika.

Kaņepju betons ir salīdzinoši jauns būvmateriāls, kam pamatā ir bioloģiskas izcelsmes pildviela, taču salīdzinoši zemās spiedes stiprības dēļ to galvenokārt izmanto kā siltumizolācijas materiālu kopā ar slodzi nesošu koka rāmi. Pastāv iespējas paplašināt kaņepju betona lietojumu būvniecībā, aizstājot tradicionāli izmantoto kaļķa saistvielu ar magnija cementu. Magnija oksihlorīda cements (MOC) ir materiāls, kas zināms jau vairāk nekā simts gadus un mūsdienās tiek izmantots celtniecības plāksņu ražošanā. Stiprība, zems blīvums un lietošanas ērtums ir priekšrocības, kas izceļ salīdzinoši jaunās magnija oksihlorīda tipa plāksnes salīdzinājumā ar tradicionālajiem lokšņu materiāliem, piemēram, saplāksni, ģipskartonu un šķiedru ce-

menta plāksnēm. Taču nepietiekama ūdensizturība ir galvenais MOC trūkums.

Šajā darbā tika pētīta magnija cementa ūdensizturība un izpētītas iespējas to uzlabot, pievienojot pelnus un nanosiliku.

Pētījuma pirmajā daļā tika sagatavoti vairāki saistvielu maisījumi. Tika izmantotas trīs MOC piedevas: vieglie pelni (FL) un divu veidu koloidālās silīcija dioksīda dispersijas (nanosilika). Katrai saistvielas pastai tika pārbaudīta iestrādājamība un saistišanās laiks. Lai noteiktu saistvielas spiedes stiprību, tika izgatavoti paraugi ar izmēriem 20 mm × 20 mm × 20 mm. Daļa paraugu tika cietināta laboratorijas apstākļos un pēc 1, 7 un 28 dienām pārbaudīta sausā stāvoklī, citi paraugi tika iegremdēti ūdenī 7. cietēšanas dienā un



1. attēls. Biokompozītu izgatavošana tērauda veidņos.

mitri testēti pēc 28 dienām pēc izgatavošanas. Pētījuma otrajā daļā tika izgatavoti kaņepju biokompozīti, saistvielām pievienojot kaņepju spaļus. Biokompozītu paraugus izgatavoja, izmantojot tērauda veidņus ar izmēriem 50 mm × 50 mm × 50 mm, tos var redzēt 1. attēlā. Gaissausu paraugu spiedes stiprība tika pārbaudīta pēc 2, 7 un 28 dienām pēc izgatavošanas. Daļu paraugu 21. dienā iegremdēja ūdenī un 28. dienā testēja mitrus, lai noteiktu ūdensizturību.

Kopumā šajā darbā tika izstrādātas un pārbaudītas 13 saistvielas un 4 biokompozītu sastāvi.

Rezultāti rāda, ka pievienotā nanosilikas piedeva gaissausajiem paraugiem nedaudz samazināja magnija cementa spiedes stiprību, bet tajā pašā laikā ievērojami palielināja tā ūdensizturību. Tika izgatavoti kaņepju magnija oksihlorīda cementa plākšņu prototipi, kas demonstrē daudzsoļus rezultātus kaņepju kompozīto plātņu turpmākai ražošanai.



# BETONA MAISIJUMA SASTĀVA PIELĀGOŠANA 3D PRINTĒŠANAI UN IETEKMES UZ VIDI SAMAZINĀŠANAI

ELLA SPURIŅA, MĀRIS ŠINKA

*Materiālu un konstrukciju institūts  
ella.spurina@rtu.edu.lv*

**Atslēgvārdi:** betona 3D printēšana; degslānekļa pelni; betona maisījums.

Betona 3D printēšana ir salīdzinoši jauna metode, kas tiek izmantota būvniecības nozarē visā pasaulē. Latvijā šī joma ir savas attīstības pirmsākumos, tāpēc reālā būvniecībā pagaidām tā netiek plaši lietota, taču vērtējot citu valstu pieredzi, kā arī pieaugošās darbaspēka izmaksas, ir skaidrs, ka tuvākajā nākotnē būvniecības procesā tiks ieviesta zināma līmeņa automatizācija, ko varētu daļēji nodrošināt ar 3D printēšanu. Vēl jāmin arī strauji pieaugošās industrijas prasības samazināt CO<sub>2</sub> izmešus, kas rodas būvniecības procesā – cementa ražošana sastāda lielu daļu no šīs pozīcijas, tādēļ tā aizvietošana ar dabai draudzīgākiem/otrrreizēji pārstrādātiem materiāliem ir viens no iespējamiem problēmas risinājumiem. Šis maģistra darbs ir balstīts uz abu iepriekš minēto aktualitāšu risināšanu, izstrādājot 3D printēšanai pielāgotu betona maisījumu, kas atbilstu nākotnes būvniecības industrijas vajadzībām gan Latvijā, gan pasaulē.

Veiktā pētījuma mērķis ir eksperimentālā gaitā izstrādāt perspektīvu betona maisījuma sastāvu, kuru varētu izmantot betona konstrukciju/elementu 3D printēšanā, kā arī ļautu samazināt betona ietekmi uz apkārtējo vidi, aizvietojojot daļu sastāvā esošā cementa ar degslānekļa pelniem.

Galvenie uzdevumi: eksperimentāli noteikt optimālo maisījumā izmantojamo ūdens/cementa attiecību, lai vienlaikus tiktu nodrošināta gan nepieciešamā betona konsistence izmantošanai 3D printēšanā, kā arī iestrādātā betona stiprība – gan agrīnā, gan ilgla-

cīgā. Noteikt optimālo cementa daudzumu, ko iespējams aizstāt ar degslānekļa pelniem, vienlaikus saglabājot nepieciešamo stiprību un maisījuma plūstamību. Veikt konkrēta ģeometriskā objekta/būvniecībā izmantojama elementa modeļa 3D printēšanu RTU laboratorijā, lai pārliecinātos par izstrādātā maisījuma piemērotību izvēlētajam mērķim – 3D printēšanai, kā arī veikt izprintētā modeļa slogošanu ar pieejamajām testēšanas iekārtām, pārliecinoties par tā lietojamību reālā būvniecības procesā.

Eksperimenti tiek veikti, izmantojot RTU Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedras rīcībā esošo laboratorijas aprīkojumu, ka arī betona maisījuma ražotāja piegādātu sauso sastāvu, kas tiek izmantots eksperimentos un modificēts. Sākotnēji veikts eksperiments, kura ietvaros tika izgatavoti 6 dažādi betona sastāvi, mainot tiem pievienoto ūdens daudzumu – kopā no katra sastāva tika izgatavoti 18 kubveida paraugi ar izmēriem 20x20x20 mm. Puse no katras sērijas paraugiem cietēja gaissausos apstākļos, otra puse – ūdenī. Tika noteikta katra parauga 24 h, 7 un 28 dienu spiedes stiprība. Veikta arī katra sastāva izplūdes konusa noteikšana, kā arī 3D printēšana ar sastāvu, kas pēc plūstamības un stiprības rādītājiem teorētiski vislabāk atbilda printēšanas vajadzībām. Printēšanas gaitā tika koriģēts nepieciešamais ūdens apjoms maisījumam, ņemot vērā tehnoloģiskos apstākļus. Nākamā eksperimenta gaitā tika izgatavoti 6 dažādi betona sastāvi, mainot tiem pievienoto

cementa daudzumu – aizstājot to ar ražotāja piegādātajiem degslānekļa pelniem. Pelnu apjoms variē no 0 līdz 68 % no kopēja saistvielu daudzuma Tika izmantots iepriekš noteiktais optimālais ūdens daudzums. Kopā no katra sastāva tika izgatavoti 18 kubveida paraugi ar izmēriem 20 mm × 20 mm × 20 mm. un noteikta katra parauga 24 h un 7 dienu spiedes stiprība –noteiktajā laikā paredzēts veikt arī 28 dienu spiedes stiprības testu.

Līdz šim ir noteikts optimālais ūdens daudzums, kas pievienojams betona sastāvam – 135 ml uz 1 kg sausā maisījuma. Pēc veiktajiem paraugu spiedes testiem secināms, ka pēc 24 h cietēšanas, aptuveni 23 % cementa aizstājot ar degslānekļa pelniem, betona spiedes stiprība bija par aptuveni 42 % zemāka nekā betonam bez pelniem, savukārt, pēc 7 dienu cietēšanas 23 % cementa aizstāšana ar degslānekļa pelniem vidēji samazināja paraugu spiedes stiprību par 22 %. Sagaidāms, ka pēc 28 dienām pelnu ietekme uz betona spiedes stiprību turpinās samazināties.

Veiktajam darbam ir plašas turpmāko pētījumu iespējas – sīkāks betona ietekmes uz vidi izvērtējums (CO<sub>2</sub> izmešu apjoma samazinājuma aplēses), jaunu piedevu lietošana printējamā betona maisījumā, maisījuma iestrādes tehnoloģijas uzlabošana u. c.

#### ATSAUCES

1. Berber, Hakan, Kadriann Tamm, and Mari-liis Leinus. 2019. "Aggregate Production from Burnt Oil Shale and CO<sub>2</sub> – an Estonian Perspective" 36 (3): 431–47.
2. Buswell, R A, W R Leal de Silva, S Z Jones, and J Dirrenberger. 2018. "Cement and Concrete Research 3D Printing Using Concrete Extrusion : A Roadmap for Research." Cement and Concrete Research 112 (October 2017): 37–49.
3. Hossain, Aslam, Altynay Zhumabekova, Suvash Chandra Paul, and Jong Ryeol Kim. 2020. "A Review of 3D Printing in Construction and Its Impact on the Labor Market," 1–21.
4. Hou, Shaodan, Zhenhua Duan, Jianzhuang Xiao, and Jun Ye. 2021. "A Review of 3D Printed Concrete : Performance Requirements , Testing Measurements and Mix Design." Construction and Building Materials 273: 121745.
5. Li, Zhanzhao, Maryam Hojati, Zhengyu Wu, Jonathon Piasente, and Negar Ashrafi. n.d. "Fresh and Hardened Properties of Extrusion-Based 3D-Printed Cementitious Materials : A Review," 1–33. - Materials, Cementitious, Jolien van der Putten, Maxim Deprez, Veerle Cnudde, and Geert de Schutter. 2019. "Microstructural Characterization of 3D Printed Concrete."
6. Skibicki, Szymon. 2020. "3D Concrete Printing for Sustainable Construction." - Struct, J Concr, Jun Ho Jo, Byung Wan Jo, Woohyun Cho, and Jung Hoon Kim. 2020.

# KOKA POLIMĒRU KOMPOZĪTU MEHĀNISKO ĪPAŠĪBU UZLABOŠANA

JĀNIS AKMENTIŅŠ, ANDREJS KOVAĻOVŠ

*Materiālu un konstrukciju institūts  
akmentins1@gmail.com*

Koka-plastmasas kompozītmateriāli (KPK) ir dabisko šķiedru kompozītmateriālu apakš-grupa jeb bioplastmasa. Koka-plastmasas kompozītmateriāli tiek ražoti no maisījumiem, kuru sastāvā ir līdz 80 % smalcinātas koksnes, kas papildināta ar sintētiskiem polimēriem – polietilēnu (PE), polipropilēnu (PP), saistvielu, UV aizsargvielu un krāsu pigmentiem. Šodienas galvenā KPK priekšrocība ir koka un polimēra sinerģija – daudzi KPK parametri pārspēj tīra koka vai plastmasas rādītājus. Pašreiz tiek izstrādāti jaunākās paaudzes KPK produkti, izmantojot pildvielas, lai paaugstinātu materiālu īpašības.

Pētījuma mērķis ir izpētīt celulozes šķiedras piedevu ietekmi uz koka polimēra kompozītmateriāla mehāniskajām īpašībām: stiepes un lieces stiprību un elastības moduli stiepē un liecē. Ir zināms, ka kompozītu mehāniskās īpašības galvenokārt ir atkarīgas no šķiedru daudzuma, no katra komponenta (šķiedru un matrices) individuālajām īpatnībām, kā arī no šķiedru un matrices saistīšanās stipruma. Darbs veltīts KPK uz polipropilēna bāzes ar mainīgu kompozītu šķiedras sastāvu īpaši-

bu izpētei. Tiek izmantotas koksnes šķiedras un celulozes šķiedras dažādās proporcijās ar mērķi paaugstināt kompozīta stiprību.

KPK paraugi ar dažādām koksnes un celulozes šķiedru proporcijām tika izgatavoti un eksperimentāli izpētīti. Lieces un stiepes pārbaudes (EN ISO 178 un EN ISO 527) tika veiktas ar standarta izmēra paraugiem, kas iegūti ar spiedliešanas metodi. Kā polimēra matrica tika izmantots polipropilēns HP400R. Izgatavoti paraugi ar koksnes šķiedru saturu polimēra matricā 10, 20, 30 un 40 mas.%. Celulozes šķiedru pildvielu saturs KPK bija 0, 10, 20, 30 un 40 mas.%.

Pievienojot celulozes šķiedras koka polimēru kompozītam, tā stiepes un lieces elastības modulis paaugstinājās. Bet tika konstatēts, ka stiepes un lieces stiprība sāk samazināties, ja stiepes un lieces stiprība sāk samazināties, ja celulozes šķiedru saturs ir lielāks par 30 vai 40 mas.% atkarībā no koksnes šķiedru koncentrācijas kompozītā. Iegūtie rezultāti parādīja, ka augstākās stiepes un lieces stiprības iegūšanai optimālā koksnes un celulozes šķiedru koncentrācija kompozītā ir attiecīgi 20 un 30 mas.%.

---

BŪVRAŽOŠANA

---

03

# FIBROBETONA ELASTĪGĀS DARBĪBAS SKAITLISKĀ MODELĒŠANA UN EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI

LĪVA LUĪZE BLEIVE, VITĀLIJS LŪSIS

*Būvražošanas institūts  
liva.bleive@inbox.lv*

**Atslēgvārdi:** fibrobetons; galīgo elementu metode (GEM); ANSYS.

Betons neapšaubāmi ir kļuvis par vienu no galvenajiem būvniecības materiāliem un šodien betona konstrukcijas ir liela daļa no mūsdienu celtniecības infrastruktūras [1, 2]. Mūsdienās betona pastiprināšana iespējama ar daudz un dažādiem izstrādājumiem, paņēmieniem un materiāliem [3]. Izšķir stiegrojumu ar stiegrojuma karkasiem un sietiem, iepriekš vai pēc spriegotu stiegrojumu un stiegrošanu ar fibrām jeb šķiedrām [4]. Ar šķiedrām stiegrots betons jeb fibrobetons satur haotiski izvietotas vai orientētas fibras [5]. Šāds kompozītmateriāls dod betona konstrukcijas lieces stiprības pieaugumu, palielina betona triecienizturību, kā arī pastiprina betona matricas viengabalainību un struktūras elementu sasaisti [6]. Materiālu zinātne un inženierija lielā mērā nosaka un veido galvenās tendences materiālu inovāciju jomā, taču viens no galvenajiem inženiertehniskajiem izaicinājumiem ir inovatīvu materiālu ieviešana masveida ražošanā. Lai to panāktu, nepieciešams veikt pētījumus, kas apstiprinātu šādu materiālu pilnvērtīgu izmantošanu. Tā kā eksperimentālie pētījumi prasa lielu laiku un naudas resursu izmantošanu, tad ir racionālāk šos pētījumus veikt ar skaitliskās modelēšanas palīdzību, izmantojot datoraprēķinu programmas.

Pētījuma galvenais mērķis ir izstrādāt skaitlisko modeli ar tērauda šķiedrām stiegrota betona elementam lieces stinguma prognozēšanai, izmantojot eksperimentālajā testēšanā iegūtos rezultātus.

Lai sasniegtu darba mērķi, tiek izvirzīti šādi darba uzdevumi:

- 1) iepazīties un analizēt literatūru un izstrādātos pētījumus par fibrobetonu;
- 2) veikt tērauda šķiedrām stiegrota un nestiegrota betona paraugu spiedes un lieces stiprības testus;
- 3) analizēt un apstrādāt testos iegūtos rezultātus;
- 4) izstrādāt skaitlisko modeli tērauda fibrobetona galīgo elementu aprēķinu datorprogrammā ANSYS materiāla nestspējas novērtēšanai plaisāšanas un plaisu atvēršanās stadijā, modelējot stresa sadalījumu elementos ar mērķi prognozēt lūzumu procesu;
- 5) salīdzināt testos iegūtos rezultātus ar iegūtajiem rezultātiem pēc skaitliskā modeļa izstrādes.

Šajā pētījumā tika izmantots viena veida betona matricas sastāvs, no kura tika izgatavoti betona kubi un sijas gan ar pievienotām fibrām (60 mm), gan bez tām. Kubi (100 mm × 100 mm × 100 mm) tika testēti spiedē, bet sijas (100 mm × 100 mm × 400 mm prizmas) tika pārbaudītas četru punktu liecē. Izmantojot eksperimentu datus un rezultātus, tika veikta skaitliskā modelēšana galīgo elementu aprēķinu programmā ANSYS. Pēc skaitlisko modeļu izstrādes ar programmu iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar eksperimentālajiem rezultātiem.

Skaitliskā modelēšana mūsdienās paātrina jaunu materiālu projektēšanas laiku, vien-

laikus uzlabojot izpildījuma kvalitāti, kā arī samazina projektēšanas izmaksas, kas būtu jāpatērē reālu objektu izstrādē un testēšanā. Iegūtie skaitliskās modelēšanas rezultāti uzrāda labu saderību ar eksperimentālajos testos iegūtajiem rezultātiem.

#### ATSAUCES

1. Best, R. *Construction Materials Industry – Statistics & Facts* [tiešsaiste]. 2020 [skatīts 2021. gada 30. janvārī]. Pieejams: <https://www.statista.com/topics/2983/construction-materials-industry/>.
2. Gagg, C. R. Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis. No: *Engineering Failure Analysis*. 40. sēj. 2014, 114.–140. lpp. Pieejams: doi: 10.1016/j.engfailanal.2014.02.004.
3. Kara, P. *Lekciju konspekts priekšmetā "Būvmateriāli, pamatkurss BMT251"*. Rīga: RTU, 2012. 183 lpp.
4. Löfgren, I. *Fibre-reinforced Concrete for Industrial Construction - a fracture mechanics approach to material testing and structural analysis*. Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2005. 162 lpp. ISBN 91-7291-696-6.
5. ACI Committee. *Report on Fiber Reinforced Concrete*. 544. sēj. American Concrete Institute, 2001. 66 lpp.
6. Skadiņš, U. *Tērauda īsšķiedru betona deformatīvo īpašību izpēte un prognozēšana*. Promocijas darba kopsavilkums. Jelgava: LLU, 2013. 61 lpp. ISBN 9789984480992. eISBN 9789984861418.

# COVID-19 IETEKME UZ BŪVNICĪBAS PROCESIEM UN NOZARI LATVIJĀ

PĒTERIS SIMAŽS, MĀRTIŅŠ VILNĪTIS

*Būvražošanas institūts  
psimazs@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** Covid-19; digitalizācija; produktivitāte.

Covid-19 pandēmija ir ieviesusi pārmaiņas būvniecības nozares ikdienas procesos. Būvniecības jomai ir jāpielāgojas izaicinājumiem, lai turpinātu uzsāktos un plānotos procesus ar minimālu iespaidu uz atbilstības kontroli, procesuālo darbību un termiņiem, vienlaikus nepasliktinot produktivitāti.

Pētījuma mērķis ir izzināt, kā Covid-19 ietekmē būvniecības procesus Latvijā, un veikt nozares izpēti, lai noskaidrotu izaicinājumus, ar kuriem nozare sastopas, dalībnieku ietekmi, gatavību un vēlmi uzlabot iekšējos procesus un produktivitāti.

Pētījuma uzdevumi ir:

- 1) izzināt Covid-19 ietekmi uz būvniecības nozari;
- 2) noskaidrot izaicinājumus, ar kuriem sašaras būvniecības nozares dalībnieki;
- 3) izpētīt citu valstu pieredzi;
- 4) veikt Latvijas būvniecības nozares dalībnieku aptauju;

5) definēt procesus, kuri jāuzlabo, un piedāvāt iespējamus risinājumus.

Pētnieciskajā darbā veikts literatūras apskats ar materiālu kopumu, ko izraisa Covid-19 ierobežojumi Latvijā. Veikta Vācijas būvniecības nozares ierobežojumu izpēte un pārskats par aktuālo situāciju nozarē Vācijā un Šveicē saistībā ar Covid-19. Detalizētāk izpētīta Šveices pieredze, tur veikto aptauju un nākotnes prognožu un redzējumu analīze būvniecības nozarē. Veikta Latvijas būvniecības nozares būvniecības, projektēšanas un kvalitātes kontroles jomas dalībnieku aptauja un rezultātu analīze.

Vairāk nekā 60 % nozares dalībnieku izjūt būtisku Covid-19 ietekmi uz būvniecības procesiem. Pandēmija 25 % dalībnieku ir izraisījusi būtiskas izmaiņas produktivitātē, palielinoties procesu digitalizācijai. Savukārt 64 % dalībnieku neveic vai neregulāri veic produktivitātes novērtēšanu uzņēmumā.

# BŪVUZŅĒMUMA PROJEKTU DARBA PLŪSMU DIGITALIZĀCIJA, IZMANTOJOT DALUX PROGRAMMATŪRU

EVA ANNA PERNAKA, KĀRLIS KOSTJUKOVŠ

*Būvražošanas institūts*  
*eva.anna.pasova@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** digitalizācija; būvuzņēmuma digitalizācija; digitālās aplikācijas.

Tehnoloģiskā attīstība būvniecībā ilgstoši ir nodrošinājusi uzņēmumus ar konkurences priekšrocībām, kā arī efektīvu darbību un optimizāciju. Būvniecības nozares attīstība ir tieši atkarīga no tā, vai būvuzņēmumi ir spējīgi pielāgoties klientu prasībām tehnoloģiskā veidā.

Digitālās aplikācijas, kas paredzētas būvniecības uzņēmumiem, tirgū ir plaši pieejamas, taču tām ir gan dažādas pamatfunkcijas, gan ievērojami atšķirīgs cenu diapazons. Būvniecības uzņēmumiem paredzētajām mobilajām lietotnēm jābūt ērtām un pietiekami vienkāršām, lai tās varētu izmantot gan biroja darbinieki, gan darbinieki, kas strādā uz vietas būvlaukumā. Lietotņu dizainam un lietotāju saskarnēm jābūt vienkāršām un intuitīvām, lai neatturētu darbiniekus no to izmantošanas. Būvlaukumā izmantotajām lietotnēm būtu jāļauj strādniekiem dalīties, piekļūt un ziņot par svarīgiem projekta datiem, riskiem un notikumiem, kamēr viņi atrodas darba vietā – būvlaukumā.

Būvuzņēmumam, kas tirgū piedāvā gan objektu projektēšanu, gan būvniecību, gan uzturēšanu, pieejamās digitālās aplikācijas var sniegt iespēju atvieglot ikdienas darba pienākumus, iekonomēt līdzekļus, kā arī potenciāli uzlabot komunikāciju un veikto darbu kvalitāti.

Darba mērķis:

1) izpētīt, kādi ir efektivitātes un ekonomiskie pamatojumi, veicot projektu darba plūsmu

digitalizāciju, un noskaidrot efektivitātes un ekonomiskos pamatojumus uzņēmuma *Dalux* aplikāciju izmantošanai;

2) eksperimentāli pārbaudīt būvuzņēmuma projektu darba plūsmu digitalizācijas efektivitāti un nepieciešamību, veicot aptauju viena uzņēmuma ietvaros.

Darba uzdevums:

1) izpētīt būvniecības nozares digitalizācijas iniciatorus;

2) izzināt normatīvās prasības projektu un būvdarbu digitalizācijai;

3) analizēt faktoros, kas ietekmē projektu darba plūsmu, digitalizācijas nepieciešamību būvuzņēmumos;

4) analizēt, kāda tipa digitālās aplikācijas tirgū pieejamas būvuzņēmumiem to darba plūsmu optimizācijai;

5) secināt, vai ir efektivitātes un ekonomiskie pamatojumi, veicot projektu darba plūsmu digitalizāciju ar uzņēmuma *Dalux* aplikācijām.

Izvirzītā hipotēze – būvuzņēmuma projektu darba plūsmu efektivitāte un kvalitāte ir uzlabota, izmantojot *Dalux* digitālās aplikācijas. Maģistra darba pētījuma objekts – būvuzņēmuma SIA “Citrus Solutions” būvniecības projektu darba plūsmu optimizācijas pieredze, izmantojot *Dalux* digitālās aplikācijas *Dalux Field*, *Dalux Box* un *Dalux BIM Viewer*. Maģistra darbs veikts divās pētnieciskās daļās.

Darba 1. daļā veikta Eiropas Komisijas vairā-



ku digitālo transformāciju iniciatīvu no 2011. līdz 2018. gadam izpēti. Veikta uzņēmuma *TrackVia* sagatavotā 2018. gada ziņojuma “Manuālie procesi būvniecībā un inženierzinātnēs: nozares aptauja un ziņojums” analīze. Noteikti galvenie mobilo lietotņu uzdevumi un priekšrocības būvuzņēmumiem, izpēti būvuzņēmumiem pieejamo mobilo aplikāciju tirgu un atlasot 7 digitālās aplikācijas ar līdzvērtīgiem piedāvājumiem būvuzņēmumu darba plūsmu optimizācijai un automatizācijai. Izpētītas uzņēmuma *Dalux* piedāvātās digitālās aplikācijas un to funkcionālie moduļi. Maģistra darba 2. pētnieciskajā daļā, balstoties uz 1. daļā veikto informācijas izpēti, izstrādāta un uzņēmumā SIA “Citrus Solutions” veikta darbinieku aptauja. Aptauja iesniegta ar mērķi izpētīt mērķauditorijas viedokli par viedierīču un digitālo aplikāciju, tajā skaitā *Dalux Field*, *Dalux Box* un *Dalux BIM Viewer*, nozīmi un ieguldījumu darbinieku tiešo darba pienākumu optimizācijā.

Aptaujas respondentu viedoklis ņemts vērā, analizējot digitālo aplikāciju ietekmi uz SIA “Citrus Solutions” būvniecības projektu darba plūsmu efektivitāti. Aptaujas datu apstrāde veikta, izmantojot MS Excel programma-tūras piedāvātās datu analīzes formas.

Izvirzītā hipotēze ir apstiprināta.

Būvuzņēmuma projektu darba plūsmu digitalizācija, izmantojot *Dalux* piedāvātās aplikācijas, ir optimizējusi un padarījusi efektīvākus darbinieku ikdienas darba pienākumus. Digitālo aplikāciju izmantošana ir uzlabojusi komunikāciju starp ofisa un būvlaukuma darbiniekiem, ir augusi darbu kvalitāte, dokumentu sagatavošana un iesniegšana ir ātrāka un ērtāka, darbu kontrole ir vieglāka, kā arī ir iespējams veikt attālinātu būvniecības darbu un būvdarbu stadijas novērtēšanu. Informācijas un datu apmaiņas ātrums ir palielinājies, dati ir pieejami jebkuram darbiniekam jebkurā vietā – gan būvlaukumā, gan ofisā, gan esot pie klienta.

# EKONOMISKAIS SALĪDZINĀJUMS DAUDZSTĀVU DAUDZDZĪVOKĻU DZĪVOJAMO ĒKU NESOŠO KONSTRUKCIJU BŪVNICĪBAI LATVIJĀ

TOMS ROBATS, RAIVO KALDERAUSKIS

*Būvražošanas institūts  
toms.robats@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** CLT; ekonomiskais salīdzinājums; nesošās konstrukcijas.

Mūsdienīgu un ekonomisku daudzdzīvokļu dzīvojamo mājokļu pieejamība Latvijā ir ļoti ierobežota, jo kopš 1993. gada jaunuzbūvēto daudzdzīvokļu ēku īpatsvars ir tikai 4 %, lielākā daļa no dzīvojamā segmenta ir novecojusi un bieži vien sliktā tehniskā stāvoklī. Tādēļ tiek izstrādāts daudzdzīvokļu dzīvojamās ēkas ekonomiskais salīdzinājums konstrukcijām, aizstājot tradicionālās betona konstrukcijas ar jaunu mūsdienīgāku risinājumu CLT jeb krusteniski līmētiem masīvkoka paneļiem.

Pētījuma mērķis: noskaidrot būvniecības izmaksu atšķirību starp betona un CLT konstrukcijām ēkas būvniecībai, ņemot vērā pamata konstrukciju atvieglošanu, būvniecības laika samazinājumu un mazākas tehnikas izmantošanu.

Izmantotās pētījuma metodes: matemātiski statistiskā metode – dažādu konstrukciju izmēru aprēķināšana, salīdzināšana; vispārziņnātniskā metode – analīze, aprakstošā meto-

de; empīriskā pētījumu metode – risinājumu izpēte, ekonomiskā salīdzināšana.

Izmantotie pētījuma avoti: ražotāju vadlīnijas, zinātniskie raksti, zinātnisko konferenču datu apkopojumi, Ekonomikas ministrijas dati, likumi, statistika, literatūras avoti.

Darba autors izvēlējās jau realizētu daudzdzīvokļu dzīvojamās mājas projektu, kas ir ražots pēc tradicionālām metodēm, un aizstāja esošās būvkonstrukcijas ar krusteniski līmētām masīvkoka paneļu konstrukcijām. Veica aprēķinu, lai CLT konstrukcijas atbilstu LBN prasībām un izstrādāja ekonomisko salīdzinājumu abiem konstrukciju veidiem.

Analizējot konstrukciju radītās slodzes uz pamatni, CLT konstrukciju vieglums samazina pamatu konstrukciju izmaksas par 42 %. Nesošo pārseguma un sienu konstrukciju būvniecības izmaksās sadārdzinājums ir 40 %. Kopsummā daudzdzīvokļu dzīvojamās ēkas būvniecības izmaksu sadārdzinājums ir 3 %.

# ŠĶIEDRBETONA AR TĒRAUDA ŠĶIEDRĀM EKSPERIMENTĀLĀ IZPĒTE UN MODELĒŠANA

TOMS ZEMĪTIS, VITĀLIJS LŪSIS

Būvražošanas institūts  
toms.zemitis@gmail.com

Mūsdienās betonam ir plašs piedāvājuma klāsts, sākot no dažāda betona sastāva un beidzot ar daudzveidīgām betona īpašībām, kā arī izmantošanas veida, izmantošanas vietas un iestrādājāmības. Plašā betona daudzveidība mūsdienās ir viens no iemesliem šī materiāla izmantošanai ne tikai būvniecībā, bet arī mākslā, interjerā un citās nozarēs. Šķiedrbetona izgatavošanā lieto dažādu šķiedru, kā, piemēram, tērauda šķiedras, stiklšķiedras, polipropilēna šķiedras un daudzas citas. Katram šķiedru veidam savas īpašības un lietojuma veids. Tomēr klasisko tērauda stieģrojumu šķiedrbetons vēl nevar aizstāt.

Darba mērķis: zveidot šķiedrbetona modeli aprēķina programmā MATLAB.

Darba uzdevumi:

1. Eksperimenta plāna sastādīšana:

1.1. Izgatavot kubveida (100 mm × 100 mm × 100 mm) paraugus bez šķiedrām, ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda šķiedrām spiedes stiprības noteikšanai;

1.2. Izgatavot paraugus ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda šķiedrām *pull-out* testam;

1.3. Izgatavot prizmas (100x100x400mm) paraugus bez šķiedrām, ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda šķiedrām lieces stiprības noteikšanai.

2. Paraugu testēšana un datu iegūšana:

3. Eksperimentāli iegūto datu apstrāde:

3.1. Betona stiprības klases noteikšana kubveida paraugiem bez šķiedrām, ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda šķiedrām;

3.2. Eksperimentālo datu likņu izveide un patērētās enerģijas noteikšana *pull-out* testiem ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda

šķiedrām;

3.2.1. Patērētās enerģijas noteikšana no 0 līdz 5 mm un no 0 līdz 10 mm;

3.3. Eksperimentālo datu likņu izveide un patērētās enerģijas noteikšana lieces stiprības testiem prizmas paraugiem ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda šķiedrām;

3.3.1. Patērētās enerģijas noteikšana no 0 līdz 0,5 mm, 1,5 mm, 2,5 mm un 3,5 mm.

4. Šķiedrbetona lieces stiprības modeļa izveide MATLAB aprēķina programmā;

5. Salīdzināt šķiedrbetonu ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda šķiedrām un betonu bez šķiedrām jeb etalona betonu;

6. Salīdzināt prizmu paraugus ar HE 1/60 un HE 75/50 tērauda šķiedrām eksperimentālos rezultātus ar izveidoto modeli;

7. Praktiski izgatavot un vizuāli uzrādīt sagatavošanās un testēšanas procesus;

8. Apkopot un veikt eksperimentālo datu analīzi, sniegt rekomendācijas un secinājumus.

Tiek testēti divu veidu tērauda šķiedras ar ieliektiem galiem jeb "*hooked-end*". Šāda tipa šķiedras ir

iespējams lietot gandrīz visās šķiedrbetona konstrukcijās, pateicoties ieliektajiem galiem, šķiedras

nodrošina izcilu saķeri un novērš plaisāšanu.

Izmantotas divu veidu tērauda šķiedras ar liektiem galiem no ražotāja "ArcelorMittal".

Viena no izmantotajām tērauda šķiedrām ir ar diametru 0,75 mm un garumu 50 mm, garuma un diametra attiecība ir 67, šķiedras stiepes stiprība ir līdz 1200 N/mm<sup>2</sup> (HE 75/50).

Vienā kilogramā ir aptuveni 5700 šķiedru. Otrā no izmantotajām tērauda šķiedrām ir ar diametru 1mm un garumu 60 mm, garuma un diametra attiecība ir 60, šķiedras stiepes stiprība ir līdz  $1150 \text{ N/mm}^2$  (HE 1/60). Vienā kilogramā ir aptuveni 2600 šķiedru.

Paraugu testēšanai izmantots četru punktu lieces tests (4PBT), kas paredzēts elastības modeļa noteikšanai liecē. Četru punktu lie-

ces testā zonā starp abiem slodzes pielikšanas punktiem nav bīdes spēku. Tāpēc tas ir īpaši piemērots trausliem materiāliem, kas neiztur bīdes spriegumus.

Rezultātu apstrādei tiek izmantota datorprogramma MS EXCEL un aprēķina programma MATLAB. Šķiedrbetona modelēšana MATLAB aprēķina programmā tiks veikta 2021. gada maijā.

# DIGITĀLO RĪKU IZMANTOŠANA ZEMES DARBU OPTIMIZĀCIJĀ

KONSTANTINS GUBENKO, KĀRLIS KOSTJUKOVŠ

*Būvražošanas institūts  
guben@inbox.lv*

**Atslēgvārdi:** trimble; zemes darbi; optimizācija.

Mūsdienās strauji attīstās celtniecības un arhitektūras nozare, un programmu iespējas kļūvušas plašākas. Vienu no jaunajām sistēmām iepazīnu prakses laikā. Sistēmu, par kuru pirms tam nebiju dzirdējis.

Šī sistēma, manuprāt, var atvieglot būvniecības procesus, ja to pareizi izmanto.

Sava darba ietvaros gribu izpētīt, kur un kad šī sistēma ir labāka par alternatīviem variantiem. Vai vispār tā ir labākā?

Es gribu analizēt šo sistēmu, balstoties uz reāliem izmantošanas piemēriem. Prognozēt, kurās jomās, kuros uzņēmumos pēc kāda laika šī programma varētu būt lietderīga.

Pētījuma mērķis ir izpētīt un atrast efektīvāko programmu zemes darbu optimizācijai.

Apskatīt tirgū piejamās programmas, kas ļauj optimizēt zemes darbus. Labāko programmu izvēle. *Trimble* zemes darbu programmu apskats. Objektu apskate, kuros jau ir ieviesta šī sistēma.

Sistēmas salīdzināšana ar alternatīvajām

metodēm. Programmas priekšrocības un trūkumi.

**Pētījums Nr. 1** – Ražošanas pētījums

Pētījums, kurā salīdzina darbību ar *Trimble* kustīgu kausu un bez tā.

Rezultāti: par 39 % ātrāk, par 68 % labāka kvalitāte, 82 % mazāk operatora kļūdu.

**Pētījums Nr. 2** – Ceļu būves ražošanas pētījums

Pētījuma mērķis bija izmērīt produktivitātes pieaugumu, izmantojot sistēmas uz ceļa.

Rezultāti: 101 % laika ietaupījums; 35 % buldozera darba ietaupījums; 29 % ekskavatora darba ietaupījums; 68 % greidera darba ietaupījums.

**Pētījums Nr. 3** – Dziļuma un slīpuma ražošanas pētījums

Ražošanas pētījums sastāvēja no visu darbību laika, degvielas patēriņa un mērīšanas precizitātes, lai salīdzinātu abas metodes.

Rezultāti: 22 % laika ietaupījums; 13 % degvielas ietaupījums.

# MŪRA VELVJU PASTIPRINĀŠANAS METODES

ANDREJS BIKOVSKIS, KĀRLIS KOSTJUKOVŠ

*Būvražošanas institūts  
bikovskis.a@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** velves; pastiprināšana; mūris.

Mūsdienās ļoti aktuāls ir jautājums, kas ir saistīts ar veco konstrukciju pastiprināšanu. Es izvēlējos tādu tēmu, jo savā darbā saskaros ar ķieģeļu velvju pastiprināšanu. Šīs tēmas jautājumi nav detalizēti izskatīti un izpētīti mums pieejamā literatūrā. Mūra velvēm ir vairāk nekā tūkstoš gadu vēsture, un tās ir nozīmīgi vēsturiskās attīstības ēku strukturālie elementi, kas attīstījās viduslaiku būvniecības laikā. Velvju pastiprināšanas problēma tagad kļūva ļoti aktuāla, jo, novērtējot ēku tehnisko stāvokli (mūra konstrukciju korozija, plaisas, mehāniska iedarbība), jāveic konstrukciju pastiprināšana, bet nav pietiekami izstrādāta normatīvā literatūra konstrukciju pastiprināšanai un nav pietiekami apskatīti / darbu izpildes tehnoloģijas jautājumi. Darba mērķis ir izanalizēt dažādas mūra velvju pastiprināšanas metodes un risinājumus.

Darba uzdevums:

- 1) apkopot velvju risinājumus;
- 2) apskatīt velvju darbības principus;
- 3) apkopot velvju bojājumu cēloņus un to ietekmi uz velmēm;
- 4) izanalizēt paņēmienus velvju pastiprināšanas veikšanai;
- 5) izstrādāt un izvērtēt metodoloģiju dažādu velvju pastiprināšanas paņēmieniem.

Maģistra darba ietvaros ir apskatīti dažādi velvju risinājumi, darbības principi un galvenie bojājumu cēloņi. Tika izanalizētas dažādas velvju pastiprināšanas metodes un paņēmieni. Katrai metodei ir savas priekšrocības un trūkumi, katra no tām var tikt izvēlēta atkarībā no konkrētā velvju tipa un situācijas. Paredzu, ka atradīšu efektīvus velves pastiprināšanas risinājumus.

# LR NORMATĪVĀ REGULĒJUMA UN BREEAM SISTĒMAS STANDARTIZĀCIJAI ATBILSTOŠS ILGTSPĒJAS NOVĒRTĒJUMS

ZANE EGLĪTE, MĀRTIŅŠ VILNĪTIS

*Būvražošanas institūts  
eglite.zane@hotmail.com*

**Atslēgvārdi:** ilgtspēja, BREEAM, likumdošana.

BREEAM ir viena no plašāk lietotajām ilgtspējīgas būvniecības standartizācijas sistēmām. Tā kā šis koncepts paliek arvien aktuālāks un arī LV normatīvajā regulējumā tiek ieviestas aizvien jaunas prasības, kas atbild par ilgtspējīgu būvniecību, pētījuma gaitā apskatīta BREEAM sistēma un paralēli tai arī LV likumdošana attiecībā uz ilgtspējīgu būvniecību, kā arī novērtēta LV likumdošana un iespējamie uzlabojumi, kurus tajā integrēt no BREEAM sistēmas. Darba gaitā tiek noskaidrots, kādā mērā iespējams uzlabot kopējo LV esošo situāciju attiecībā uz ilgtspējīgas būvniecības regulējumu.

Darba mērķis ir izstrādāt priekšlikums ilgtspējīgas būvniecības regulējumam LV likumdošanā ar mērķi uzlabot prasības attiecībā uz būtiskākajām ilgtspējīgas būvniecības komponentēm, t. i., apkārtējo vidi, sociālo labklājību un ekonomiju.

Darba uzdevums:

- 1) identificēt tos MK noteikumus un LBN, kas tiešā vai netiešā veidā ietekmē ilgtspējīgas būvniecības standartus Latvijā;
- 2) apskatīt 58 BREEAM vērtēšanas kritērijus, kas izpildāmi, lai saņemtu kādu no BREEAM novērtējumiem;
- 3) savstarpēji salīdzināt minimālās prasības

LV normatīvajos aktos un BREEAM rokasgrāmatā, ņemot vērā BREEAM LV nacionālajā pielikumā noteikto informāciju. Veikts potenciālo uzlabojumu novērtējums LR likumdošanā. Veikts BREEAM vērtēšanas kritēriju un atbilstošu LV normatīvu salīdzinājums. Pētījuma daļā izvēlēts konkrēts objekts, kuram veikts salīdzinājums, veikta dzīves cikla izmaksu analīze, energoefektivitātes novērtējums un citi būtiski ilgtspējīgas būvniecības vērtēšanas kritēriji. Secinājumu daļā Latvijas normatīvie akti sadalīti trīs blokos:

- BREEAM prasības, kurām nav regulējuma LV likumdošanā;
- BREEAM prasības, kuras atsaucas uz LV likumdošanu, EN vai ir līdzvērtīgas;
- BREEAM prasības, kuras izvirzītas augstākas nekā LV likumdošanā.

Balstoties uz šīs informācijas apkopojumu, izteikti priekšlikumi LV normatīvo aktu regulējumam attiecībā uz ilgtspējīgu būvniecību. Pamatojoties uz darba ietvaros apskatīto informāciju un ēkas salīdzinājumu, ir pamats izteikt konkrētus priekšlikumus attiecībā uz ilgtspējīgas būvniecības normatīvu regulējumu LR likumdošanā.

# BŪVNICĪBAS IZMAKSU REGULĒJUMS LATVIJĀ

NADĪNA MIEZĪTE, MĀRTIŅŠ VILNĪTIS

*Būvražošanas institūts  
nadina.miezite@inbox.lv*

**Atslēgvārdi:** būvniecības izmaksas; tāmes; likumdošana.

Lai noskaidrotu paredzamās būvniecības izmaksas, ir jāsastāda projekta budžets jeb tāme – sīks projekta apraksts finansiālā izteiksmē. Par izcenošanas bāzi tiek ņemts būvprojekts un apjomu tabulas. Nepieciešamība pēc būvdarbu tāmēm ir aktuāla visiem projektēšanā un būvniecībā iesaistītajiem dalībniekiem.

Tiek izvirzīta šāda tēze: Latvijas likumdošanā ieviešot vienotu būvniecības izmaksu veidošanas kārtību, tiktu atvieglota tāmju sastādīšana un novērstas drastiskas būvniecības pretendentu un dalībnieku tāmju izmaksu atšķirības.

Būvniecībā gan projektēšanā, gan būvdarbu laikā vienmēr ir aktuāls izmaksu jautājums. Sakarā ar vienotu būvniecības normu neesamību tāmēšanas darba gaitā rodas nesaprašanās starp būvuzņēmējiem un pasūtītājiem, piemēram, vienam un tam pašam projektam dažādu būvuzņēmēju izmaksu aprēķini nekad nav vienādi, un projektētāja izstrādātais izmaksu aprēķins reti sakrīt ar reālajām izmaksām.

Tāme tiek sastādīta pēc būves tehniskā projekta rasējumiem, aprakstiem, izstrādātajām materiālu specifikācijām, pasūtītāja izvirzītajām prasībām, kā arī tām prasībām, ko nosaka Latvijas Republikas likumi.

Lai izveidotu tāmi, aprēķinātu paredzamās izmaksas, tāmju sastādītājam ir jāpārzina būvdarbu tehnoloģija, materiālu normatīvais izlietojums, dažos gadījumos jānosaka darbu apjomi, jāorientējas darbaspēka izmaksu cenās. Darba ietvaros tiek apskatīts pašreiz spēkā esošais būvnormatīvs LBN 501-17 un tā

iepriekšējās redakcijas, kā arī tāmētāju sertificēšanas prasības.

Izmaksas parasti tiek veidotas no trim galvenajām komponentēm – darbaspēka, materiālu un mehānismu izmaksām. Darbā apkopota teorētiska informācija par būvniecības izmaksu sastādīšanas kārtību, lietotajām izmaksām, aprēķiniem un informatīvo bāzi.

Citās valstīs izmaksu sastādīšanas problēma ir atrisināta ar cenu katalogiem un cenu rokasgrāmatām. Daudzviet pasaulē būvizmaksu un cenu veidošanas kārtība ir stingri noteikta tāmēšanas normatīvos. Ir izstrādātas daudzas un dažādas tāmēšanas datorprogrammas, kas tiek lietotas izmaksu aprēķināšanai. Arī Latvijā, sekojot pasaules piemēram, ir izstrādātas vairākas izmaksu aprēķina datorprogrammas.

Lai iegūtu hipotēzes izvērtēšanai nepieciešamos rezultātus, tiek izvēlēts izpētes objekts – neliels būvprojekts, kas aptver visbiežāk izmantotās būvniecības tehnoloģijas un būvmaterialus, un, izmantojot Latvijas un ārvalstu būvdarbu izcenojumu katalogus, izmaksu sastādīšanas programmas, kā arī, balstoties uz personīgu un, iespējams, citu uzņēmumu pieredzi, izstrādātas vairākas tāmes, kas savā starpā tiktu salīdzinātas un analizētas.

Hipotēzes izvērtēšanā, novērtējot iegūtos rezultātus, tiks sniegtas rekomendācijas, kas būtu jāievieš Latvijas likumdošanā, lai novērstu tik dramatiskas izmaiņas būvniecības tāmēs, gan projektētāju izstrādātajās, gan būvniecības pretendentu tāmēs.



# BŪVNICĪBAS PROCESA "ĒKU PROJEKTĒŠANA" KVALITĀTES KONTROLES SISTĒMAS ANALĪZE. KVALITĀTES INDEKSS

SMAIDA SUNEPA, KĀRLIS KOSTJUKOVŠ

*Būvražošanas institūts  
Smaida.sunepa@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** kvalitāte; būvniecības pakalpojuma kvalitātes indekss; ēku projektēšanas procesa kvalitātes monitorings; kvalitātes incidents.

Kvalitāte ir daudznozīmīgs jēdziens, un tās pētīšana kādas jomas ietvaros balstās uz pētītāja vispārīgo izpratni un viņa priekšzināšanām par to, kas tad īsti ir kvalitāte. Kvalitātes jēdziens būvniecībā, būvniecības pakalpojumu sniegšanā ir nozīmīgs un aktuāls jautājums, kas vienmēr interesējis un interesēs cilvēku kā pakalpojuma sniegšanas un saņemšanas subjektu. Pēc ISO 9000:2015 starptautiskā standarta "Kvalitāte ir produkta vai pakalpojuma visu to iezīmju kopums, kas šim produktam vai pakalpojumam piešķir spēju nodrošināt noteiktas vai nepieciešamas vajadzības". Rezumējot – "Kvalitāte ir visu tādu īpašību summa, kas kopā piešķir produktam pirkspēju tirgus apstākļos".

Kvalitātes indekss ir rādītājs, kas norāda, cik kvalitatīvs ir konkrētais produkts vai pakalpojums. Būvniecības nozares kvalitātes indekss tiek izteikts kā summa no četriem būvniecības procesa posmiem – priekšdarbiem, projektēšanas, būvdarbiem un uzraudzības – un balstās uz nozares pārstāvju novērtējumu par saņemtajiem pakalpojumiem. Savukārt pašu procesa posmu kvalitāti raksturo apmierinātība ar pakalpojuma dažādu iekšējo procesu un tehnisko aspektu kvalitātes kritērijiem. Šie procesu un tehnisko aspektu kvalitātes kritēriji arī veido pakalpojuma kvalitātes kontroles sistēmu.

Maģistra darba mērķis ir izvērtēt ēku projektēšanas un izstrādes stadijas kvalitātes indek-

su attiecībā pret citām būvniecības stadijām Latvijā.

Pētījuma ietvaros veicamie darba uzdevumi:

- 1) iegūt izpratni par monitoringa sistēmām, kas ļauj izvērtēt būvniecības pakalpojumu kvalitāti dažādās būvniecības nozarēs, un jēdzieniem – kvalitāte, būvniecības pakalpojuma kvalitāte, būvniecības pakalpojuma kvalitātes indekss;
- 2) iepazīties ar 2018. gada veikto pētījumu, kurā tika noteikts būvniecības pakalpojumu kvalitātes indekss – visaugstāk un viszemāk novērtētās būvniecības pakalpojumu grupas Latvijā;
- 3) iepazīties ar ārvalstu pieredzi un metodoloģiju, kas nosaka dažādu būvniecības pakalpojumu grupu un procesu kvalitātes indeksu;
- 4) veikt viena lokāla ēku projektēšanas uzņēmuma darbinieku aptauju ar mērķi noskaidrot cēloņus, kas mazina darba veikšanas kvalitāti ēkas projektēšanas stadijā. Izstrādāt vadliniju un rekomendāciju kopumu darba kvalitātes uzlabošanai ēku projektēšanas stadijā.

Maģistra darba pētījuma objekts – Būvniecības procesa "Ēku projektēšana" kvalitātes indekss, kvalitātes kontroles sistēma.

Maģistra darba pētījums tika sadalīts 2 daļās. Pirmajā pētījuma daļā tika analizēta 2018. gadā izstrādātā būvniecības nozares pakalpojumu kvalitātes mērījumu "Latvijas

Būvniecības nozares kvalitātes un mērījumu metodoloģijas izstrāde un aptaujas instrumenta (anketas) sagatavošana un testēšana” metodoloģija un šī pētījuma galvenie rezultāti. Pētījuma mērķis bija izveidot ilgtspējīgu Latvijas būvniecības nozares pakalpojumu kvalitātes monitoringa sistēmu. Pētījuma rezultātā tika noteikts Būvniecības nozares kvalitātes indekss Latvijā, tostarp projektēšanas nozarē. Papildus šim pētījumam tika analizēti pirmatnējie pētījuma par būvniecības kvalitātes indeksu Latvijā metodoloģijas avoti. Tika iepazītas tādas ārvalstu būvniecības sektora kvalitātes vērtēšanas metodes kā CQEC (*Construction Quality Executives Council*) kvalitātes vērtēšanas sistēma, Rekomendācijas indeksa (*Net Promoter Score*) un KPI (*Key Performance Indicator*) jeb Galveno veikspējas rādītāju metodes. Tika apskatītas arī ISO 9000:2015 starptautiskā standarta galvenās kvalitātes kontroles sistēmas vadlīnijas un kvalitātes jēdziena koncepcija. Otrajā pētījuma daļā, pamatojoties uz pirmās daļas analizēto informāciju par būvniecības nozares kvalitātes vērtēšanas sistēmām, tika izstrādāta un veikta viena lokāla ēku pro-

jektēšanas uzņēmuma aptauja, ar mērķi noskaidrot šī uzņēmuma projektēšanas procesa kvalitātes indeksu un kvalitāti mazinošo aspektu cēloņus, lai salīdzinātu tos ar 2018. gada veiktā pētījuma rezultātiem. Tika izstrādāts rekomendāciju un vadlīniju kopums darba kvalitātes un kvalitātes kontroles sistēmas uzlabošanai projektēšanas sfērā. Rekomendāciju un vadlīniju kopuma izstrāde tika veikta, pamatojoties uz pirmajā pētījumā daļā apskatīto metodoloģiju pamatprincipiem. Pētījuma otrajā daļā iegūto datu apstrādei un analīzei pamatā tika izmantotas MS Excel programmatūrā esošās datu analīzes iespējas.

Izvirzītā hipotēze – ēku projektēšanas un izstrādes stadijas kvalitātes indekss ir zemāks attiecībā pret citu būvniecības stadiju kvalitātes indeksiem – apstiprinājās.

Kvalitātes indekss projektēšanas stadijā ir cieši saistīts ar kritisko kvalitātes incidentu skaitu un biežumu, kā arī apmierinātības līmeni ar iekšējiem pakalpojuma sniegšanas procesiem. Novēršot neapmierinātības cēloņus un kontrolējot nevēlamo incidentu rašanās iespējamību, attiecīgās stadijas kvalitātes indekss uzlabojas.

# KOKA KARKASA NEKLASIFICĒTO ĒKU LOŽU IZTURĪBA

JĀNIS VIDEMANIS, ELĪNA BARONE

*Būvražošanas institūts  
janis.videmanis@inbox.lv*

**Atslēgvārdi:** ložu necaurlaidīgs koks; saplāksnis; CLT; neklasificētas ēkas.

Jau senatnē cilvēki meklēja drošu patvērumu pret ārējām gan dabas, gan cilvēku radītām bīstamībām, lai pasargātu cilvēkus no lielākiem vai mazākiem savainojumiem. Lai arī cilvēce ir attīstījusies, tomēr nenoliedzami, īpaši pēdējā gadā, esam atgriezušies arī pie pirmatnējām vajadzībām – drošības un aizsardzības savā dzīvesvietā, bet tai pašā laikā – klients vēlas ērtumu un kvalitatīvus sadzīves apstākļus. Pasaule ir neprognozējama. Jau rīt ikviens var nonākt situācijā, kad privātais vai sociālais patvēruma no ārējiem draudiem ir vitāls dzīvībai. Tēma par neklasificētajām ēkām, kur ēkas pārvietošana un/vai montāža var izšķirt personas veselību, ir īpaši aktuāla. Šajā darbā apskatītas tieši koka konstrukciju karkasa ēkas, lai cilvēks, pārciešot īslaicīgu vai garāku karantīnas laiku, jūtas komfortabli un ir pasargāts no iespējamās tīšas vai netīšas apšaudes arī koka karkasa vai koka līmēto slāņu paneļu mitekļi.

Darba mērķis ir apskatīt koka karkasa neklasificēto ēku izturību pret ārējiem materiāla

bojājumiem – lodēm. Darba uzdevumi ir teorētiski un eksperimentāli aprēķināt lodes iespiešanos kokmateriālā, pēc literatūras analīzes noteikt, kas ir neklasificētas ēkas Latvijā, un sniegt rekomendācijas ballistiski izturīgu kokmateriālu nepieciešamībai.

Par neklasificētām ēkām sauc militārās ēkas, policijas departamentus un ugunsdzēsēju depo, kā arī cietumus, drošības spēku dienestu ēkas, arī kazarmas, noliktavas un pārvietojamas teltis, pajumtes.

Eksperimentālajā daļā tika pārbaudīta ballistiskā izturība 3 dažādu kokšņu vai koksnes izstrādājumu vairākiem paraugiem: sausiem priedes guļbūves baļķiem 2 baļķu biezumā 190 mmx2 (savienojuma vietā 110 mm); bērza saplāksnim ar fenola formaldehīda līmi (piemērots nesošās būvkonstrukcijās) – 28 mm (1 slānis), 56 mm (2 plāksnes), 84 mm (3 plāksnes), priedes CLT paraugiem ar PUR līmi bez formaldehīda ar dažādu slāņu skaitu – 60 mm (20-20-20 mm), 80 mm (30-20-30 mm), 100 mm (20-20-20-20 mm),



1. attēls. Attēlos redzams viens no izmantotajiem ieročiem GLOCK 5,56x43 un CLT dažādu slāņu paraugi

130 mm (30-20-30-20-30 mm). Šauts tika no 5 un 10 metru attāluma ar ieročiem attiecīgi GLOCK 9x19 un GLOCK 5,56x43 kalibra patronām, ievērojot visus šautuves drošības noteikumus.

Eksperimenta laikā abu ieroču lodes cauršavasauso guļbūves baļķa paraugu gan 110 mm, gan 190 mm biezumā. Arī 130 mm biežais CLT materiāls nespēja pretoties nevienas lodes spēkam. Tikai 3 plātņu saplāksnim ieroča GLOCK 9x19 raidītā lode iestrēga starp otro un trešo plātņi, kas izskaidrojams ar virsmas pretestības spēku.

Pēc eksperimenta jāsecina, ka GLOCK

5,56x43 (attēlā), kas ir viens no vājākajiem NATO lietotajiem šaujamieročiem, raidītā lode izgāja cauri visiem elementiem, tāpēc var viegli nojaust par citu, spēcīgāku, ieroču ietekmi uz kokmateriālu. Iespējams, ja saplākšņa materiāla trīs plāksnes atdala citu no citas tā, lai starp plāksnēm ir gaiss, lodei ir grūtāk iespieties nākamā elementa virsmā, līdz ar to tās enerģija tiek slāpēta, un lode netiek cauri visam paraugam. Jāsecina, ka nepieciešami papildus pētījumi un eksperimenti ar cita biezuma vai veida kokmateriālu, lai novērtētu koka karkasa ēku ballistisko izturību.

# METĀLU KOROZIJAS TEORĒTISKAIS APRĒĶINS

MARGARITA ČIGĀNE, MĀRTIŅŠ VILNĪTIS

*Būvražošanas institūts  
margarita2010@inbox.lv*

**Atslēgvārdi:** metāls; metāla korozija; metāla korozijas aprēķins.

Arī mūsdienās aktualitāti nav zaudējis jautājums par metālu izstrādājumu koroziju. Kāpēc tā notiek? Kas ietekmē šo parādību un kā uzvedas korodējis metāls? Kur korozija biežāk sastopama un kā ar to cīnīties? Kā teorētiski noteikt un aprēķināt metāla koroziju? Visus šos jautājumus centos apskatīt savā maģistra darbā.

Darba mērķis ir metālu korozijas teorētiskais aprēķins, izmantojot formulas un programatūru ANSYS, noteikt, kā korozija ietekmē metāla stiprības rādītājus. Kā rīkoties metāla korozijas gadījumā un kā apturēt šo procesu, lai nebojātos nesošās metāla konstrukcijas? Kā teorētiski noteikt metāla korodēšanas ātrumu?

Par metālu koroziju sauc metālu sairšanu apkārtējās vides ķīmiskās vai elektroķīmiskās iedarbības rezultātā. Visiem tehnikā lietojamiem metāliem, izņemot Au un Pt, korozija ir patvaļīgi notiekošs process. Atkarībā no korozijas gaitā notiekošo oksidēšanās-reducēšanās procesu mehānisma izšķir divus korozijas veidus – ķīmiskā un elektroķīmiskā korozija.

Korozijas veidus iedala šādās grupās: korozij-

ja, kas veidojas atmosfēras, gāzu un šķidrums iedarbē, augsnes korozija, biokorozija, struktūrkorozija, elektroķīmiskā korozija no ārējās un iekšējās iedarbības, kontaktkorozija, kavitācijas korozija, berzes ietekmes korozijas. Bet pamatīgas korozijas grupas, kas dzīvē sastopamas biežāk, ir pilnīgā jeb kopējā korozija – korozijas veids, kas skar visu materiālu, un lokālā korozija – kas lokalizējas atsevišķās metāla virsmas vietās.

Pamatformula korozijas ātruma noteikšanai ir:

$$V = \frac{\Delta m}{S \cdot t},$$

kur:

$V$  – korodēšanas ātrums,  $g/(m^2/h)$  jeb  $mg/(cm^2 \text{ diennakts})$ ;

$\Delta m$  – masas palielināšanās korozijas iedarbē;

$t$  – laiks;

$S$  – materiāla laukums.

Sakarā ar to, ka mūsdienās plaši izmanto metāla un to sakausējumu nesošos elementus, inženieriem jāreķinās ar to koroziju. Jazina, cik ātri noris korozija un kāpēc materiāli jāaizsargā no vides agresīvās iedarbes.

# BŪVNICĪBAS IEPIRKUMU ATLASES KRITĒRIJI

ARTURS STANGAINIS, MĀRTIŅŠ VILNĪTIS

*Būvražošanas institūts  
stangainis.arturs@gmail.com*

Būvniecībā strādājošajiem ģenerāluzņēmējiem ir būtiski veikt efektīvu un agrīnu apakšuzņēmēju un piegādātāju atlasī. Tāpēc nepieciešams skaidri definēt svarīgākos atlasē kritērijus, tos nomērīt un objektīvi salīdzināt. Darba uzdevums: noteikt būtiskākos piegādātāju izvērtēšanas kritērijus atkarībā no iepirkuma specifikācijas un izstrādāt vadlīnijas piegādātāju atlasē pilnveidošanai.

Veikts apjomīgs literatūras apskats, izvērtējot starptautiskās un specializētās projektu un iepirkumu vadības publikācijas. Pētījuma gaitā interviju veidā veikti piegādātāju atlasē auditi un apkopotas to rezultātu skaitliskās vērtības. Piegādātāji sagrupēti vairākās kategorijās pēc dažādiem raksturīgajiem parametriem. Ar datu apstrādes statistisko meto-

di ir apkopoti faktiskie iepirkumu rezultātu dati, kas saistīti ar attiecīgajiem piegādātājiem. Balstoties uz klienta (šajā gadījumā ģenerāluzņēmēja) uzņēmuma stratēģiju un citiem iekšējiem stratēģiskajiem lēmumiem, kā arī uz minēto datu apkopojumu, matemātiski ir noteikta korelācija starp noslēgto līgumu apjomu un piegādātāju raksturīgajiem parametriem. Salīdzinot ir noteiktas piegādātāju līdzības un būtiskākie atlasē kritēriji.

Pētījuma mērķis sasniegts, izstrādājot vadlīnijas atlasē procesa pilnveidošanai. Noteikti būtiskākie uzņēmuma atlasē audita jautājumi, tiem piešķirti kvantitatīvi salīdzināmi koeficienti, tādējādi efektīvizējot piegādātāju atlasē procesu.

# GRUNTS UN NOGĀZES STIEGROŠANAS TEHNOLOĢIJAS

ANDRIS VASIĻEVSKIS, KĀRLIS KUKEMILKS

*Būvražošanas institūts  
andris.vasil@gmail.com*

Nogāzes nestspēju izsaka ar drošības faktoru attiecīgi kritiskākai grunts slidēšanas plaknei. Nogāzē ievietojot gruntsnaglas, tā tiek stiprināta, un palielinās minimālais nogāzes drošības faktors.

Hipotēze: divreiz samazinot gruntsnaglas soli, drošības faktors palielinās divas reizes.

Pētījumu veicu, lai pārlicinātos, vai izvirzītā hipotēze ir patiesa vai aplama. Iespēja pārbaudīt, kā mainās minimālais drošības faktora slidēšanas plaknes forma attiecībā pret grunts naglas izvietojumu.

Pētnieciskais darbs šobrīd ir 10–15 % gatavībā, bet darba ietvaros tiks parādītas dažādas aprēķina metodes – gan vēsturiskās joslu metodes principi, gan arī aplūkota galīgo elementu aprēķina metode. Tā kā drošības koeficients ir atkarīgs no daudziem mainīgajiem, pieņemšu konstantu grunts šķēluma ģeometriju un dažādošu slodžu un grunts īpašību kombinācijas.

Prognozētie rezultāti ir: hipotēze neapstiprināsies, taču būs iegūts konkrēts lielums, par cik palielināsies drošības koeficients.

# METĀLA ŠĶIEDRU KONTAKTZONAS IZMAIŅAS BETONA MATRICĀ PAAUGSTINĀTAS TEMPERATŪRAS IETEKMĒ

DENISS KAZLAUSKS, VITĀLIJS LŪSIS

*Būvražošanas institūts  
deniskaz@inbox.lv*

**Atslēgvārdi:** šķiedrbetons, paaugstināta temperatūra, grauļošās un negrauļošās metodes.

Cementa ražošana un betona industrija gūst arvien lielāku nozīmi industriālajā attīstībā, ļaujot būtēt nozīmīgus infrostruktūras objektus un veidojot būtisku CO<sub>2</sub> izmešu daudzumu 8–9 % apmērā. Ir sagaidāms, ka ikgadēji cementa ražošanas apjomi līdz 2050. gadam palielināsies par 50 %. Arvien plašāku lietojumu gūst šķiedrbetoni ar metāla un kompozīta šķiedrām. Līdz ar sagaidāmo betona ražošanas apjomu pieaugumu ir svarīgi gūt fundamentālas zināšanas par tā ilgmūžību, tostarp par šķiedrbetona uzvedību augstu temperatūru ietekmē.

Šī darba mērķis ir novērtēt šķiedrbetona stāvokli un metāla šķiedras kontaktzonas izmaiņas pēc apstrādes mēreni augstās temperatūrās (līdz 250 °C, ar soli 50 °C). Maksimālā temperatūra ir ierobežota ugunsgrēkiem neraksturīgi zemā līmenī, jo īslaicīgu ugunsgrēku gadījumā, temperatūra konstrukcijas iekšpusē reti pārsniedz 200 °C, acīmredzami bojājumi un konstrukcijas sabrukšana netiek novērota, tomēr ir jāspēj spriest par šķiedrbetona konstrukcijas turpmāko nestspēju. Cita motivācija ierobežot maksimālo temperatūru ir drošības aspekti pētījuma laikā, lai izslēgtu iespējamo termisko noslāņošanu. Lai sasniegtu darbā izvirzītos mērķus, tiek noteikti šādi uzdevumi:

- 1) apkopot literatūrā pieejamo informāciju par augstu temperatūru ietekmi uz šķiedrbetonu;
- 2) izpētīt šķiedrbetona paraugu mehāniskās īpašības ar grauļošām un negrauļošām me-

- 3) veikt metāla šķiedru izraušanas mērījumus pirms un pēc termiskās apstrādes mēreni augstās temperatūrās;
- 4) novērtēt izrauto šķiedru virsmas stāvokli ar optisko mikroskopu.

Tiks izgatavots references sastāvs bez metāla šķiedrām un sastāvi ar dažādas formas garajām metāla šķiedrām, paraugi tiks pakļauti 2 stundu termiskai apstrādei pie 50 °C, 100 °C, 150 °C, 200 °C un 250 °C, nodrošinot paraugu vienmērīgu sasīšanu ar brīvu atdzišanas režīmu. 100 × 100 × 100 cm<sup>3</sup> betona kubi tiks izmantoti spiedes stiprības noteikšanai ar grauļošām un negrauļošām metodēm. 100 × 100 × 400 mm<sup>3</sup> prizmatiski paraugi tiks testēti 4 punktu liecē. Parāli tiks termiski slogoti paraugi šķiedras izraušanas mērījumiem, tostarp tiks testēti references paraugi bez termiskās apstrādes.

Šī pētījuma novitāte ir atsevišķu šķiedru izraušanas testi pēc termiskās apstrādes un korelācijas liknes izveide starp negrauļošām stiprības novērtējuma metodēm (kas ir ļoti atkarīgi no virsmas kvalitātes) un grauļošajām pārbaudēm, kur tiek novērtēta kopējā parauga nestspēja. Ir sagaidāms, ka kopējās betona matricas izmaiņas visās paraugu grupās būs vienādas, līdz ar to atšķirības mērījumos ar Šmita āmuru ļautu spriest par metāla šķiedru ietekmi uz virsmas integritāti. Šī pētījuma turpinājumā ir paredzēti mērījumi pēc paraugu apstrādes pie augstākām temperatūrām.



---

ĢEOMĀTIKA

---

04

# GLOBALĀS NAVIGĀCIJAS SATELĪTU SISTĒMAS (GNSS). INERCIĀLĀ SLĪPUMA SENSORA (IMU) LIETOJUMS, UZMĒROT ADTI VIDĒ

ULDIS GRIGORJEVS, MĀRTIŅŠ REINIKS

Geomātikas katedra  
ul.dis378@gmail.com

Tēma ir ļoti aktuāla, jo aptuveni pirms 3 gadiem Latvijas mērniecības instrumentu tirgū ienāca GNSS uztvērēji ar inerciālo slīpuma sensoru. Pašlaik IMU nav pieejams visos instrumentos, bet tā esamība sadārdzina izmaksas par aptuveni 1500 eiro.

Darba ideja ir dabā izvēlēties nelielu topogrāfiju ar dažādiem ADTI objektiem, samērīt to ar divām metodēm – instrumentālo un pozicionēšanas. Veikt salīdzinājumu. Darbā apskatīt, vai, uzmērot topogrāfisko plānu ar IMU, pēc tam iespējams saziņēt šo topogrāfisko plānu, iekļaujoties ADTI likuma noteiktajās normās, un cik daudz tas atšķirsies no robotahimeta, kura precizitāte ir 3 sekundes leņķiem un vien pāris milimetri distānci. Notestēt GNSS uztvērēju dinamiskos un statiskos mērījumus uz punktiem ar zināmām koordinātām. Ierobežojošie faktori ir priekšmetu dažādības trūkums un mērījumu daudzums, tāpēc šo tēmu detalizētāk pētīšu un analizēšu savā bakalaura noslēguma darbā.

Darba mērķis ir salīdzināt divas uzmērīšanas metodes ADTI vidē – instrumentālo (robotahimeta) un pozicionēšanas (GNSS IMU uztvērēja) metodi.

Lai to izpildītu, jāveic šādi darba uzdevumi:

- 1) ADTI vidē jāveic mērījumi ar abām iepriekš minētajām metodēm;
- 2) jāsaizīmē divi topogrāfiskie plāni pēc ADTI likuma;
- 3) jāizdara secinājumi, vai ir iespējams saziņēt abus topogrāfiskos plānus un cik liela atšķirība veidojas starp šīm metodēm;

- 4) uz punktiem klajā vidē ar RTK (*real time kinematic*) metodi jāveic 15 statiski un 15 dinamiski mērījumi. Mērījumus ar IMU veikt 15 grādu lielā leņķī;

- 5) jāveic salīdzinājums starp robota, IMU un statiskā GNSS uztvērēja mērījumiem, jāsaizīmē grafiki un jāizdara secinājumi.

Darba gaita ir šāda:

- 1) izvēlas uzmērāmo objektu, kurā tiks veikti mērījumi. Uzmērāmo objektu izvēlas pēc iespējas ar dažādākiem un vairākiem ADTI objektiem (būves, veģetācijas, punkveida objekti, visu veidu stabi utt.);
- 2) uzmēra objektu ar robotahimeta. Izvēlas 3 atbalstpunktus ar cietām koordinātām, kuros iekrustot instrumentu. Kārtīgi jāiedzen stieņi augsnē un jānokrāso stieņu gali, lai tos varētu vieglāk un ātrāk atrast. Nolīmeņo instrumentu, iekrusto to ar 2 lokiem un uzmēra atbalstpunktus ar GNSS uztvērēju hibrīdā;
- 3) uzmēra objektu ar GNSS uztvērēju, izmantojot slīpumu (tilta funkcija). Atrod risinājumu, ieslēdz IMU. Slīpumu izvēlas ap 15 grādiem. Samēra statistiskajā to, ko var, lai veiktu salīdzinājumu;
- 4) saizīmē abus topogrāfiskos plānus, veic datu statistikas analīzi;
- 5) nomēra atbalstpunktus un vēl dažus ierīkotus punktus ar robotu 15 reizes dinamiskos un statiskos apstākļos. Veic salīdzinājumu un nosaka atšķirības starp abām metodēm un GNSS uztvērēja apstākļiem;
- 6) izveido prezentāciju, kurā veikta darba atskaite par iegūtajiem rezultātiem.

Manā gadījumā nevarēja nomērīt būvi, tie pārsniedza 5 cm robežu plaknē koordinātām un 3 cm augstumam, kas neiekļaujas ADTI likumā noteiktajā intervālā. Tas neizdevās, jo būve bija 9 stāvu dzīvojamā ēka, zemākajā vietā bija 3 stāvi.

Dati atbilda ADTI likumam, nomērot kokus,

skatakas, caurules, laternas stabus, celiņus, krūmus utt. Tāpat izdevās uzmērīt kokus, kas ir 15–25 cm diametrā.

Mani secinājumi pēc darba veikšanas: ir jāveic vairāki mērījumi dažādās vietās, lai precīzi noteiktu, cik daudz inerciālais slīpuma sensors ietekmē mērījumu precizitāti.

# TŪRISMA KARTOGRĀFIJAS PĀRSKATS: LATVIJAS SITUĀCIJA

ANETE KIOPA, INESE RĒRIHA, UNA KRUTOVA

*Ģeomātikas katedra  
anete.kiopa@rtu.lv*

**Atslēgvārdi:** tematiskā kartogrāfija, tūrisma kartogrāfija, tūrisma karte.

Darba mērķis dalāms divās nozīmīgās daļās – kas ir tūrisma kartogrāfija un kāda ir tās situācija Latvijā. Pirmās daļas ietvaros izprast, vai šāds vārdu salikums būtu lietojams, kāds ir tā definējums un kad/kā tas aizsākās. Otrās daļas ietvaros apskatīt Latvijas un ārzemju situāciju šajā kontekstā, salīdzināt tās.

Pirmajā mērķa daļā tika noskaidrots, kas ir tūrisma kartogrāfija un kad tā radusies. Tā ietvaros tikai apskatīti tuvākie jau esošie un aprakstītie termini (tūrisma karte, tematiskā karte un tematiskā kartogrāfija) un to vēsturiskais aspekts. Tematiskās kartogrāfijas pamatprincipi tika pētīti ar analīzes un dedukcijas metodēm, izteikti viens no tajā radītajiem kartogrāfiskajiem materiāliem – tūrisma karte. Tika noteikts to definējums. Caur minēto materiālu ar indukcijas metodēm, kopā ar kvalitatīvajā metodē iegūtu informāciju par kartogrāfijas dažādajām nozarēm, tika izprasts termins – tūrisma kartogrāfija. Šajā procesā gūts ieskats arī par digitālo kartogrāfiju un tās ietekmi uz apskatītajiem kartogrāfijas virzieniem. Pētījumu gaitā izziņāta arī informācija par tematiskās kartogrāfijas, tematiskās kartes un tūrisma kartes aizsākumiem un attīstību, mēģinot labāk izprast gan tūrisma kartogrāfiju, gan tās lietojumu kontekstā. Kopumā šo pētījuma virzienu varētu nosaukt kā tūrisma kartogrāfijas apzināšana un definēšana.

Otrā daļa saistīta ar tūrisma kartogrāfijas identificēšanu tūrisma nozares kontekstā. Sintēzē lielāku uzsvāru liekot Latvijas situāci-

jai un plašākā mērogā pieskaroties tikai mazliet jeb tik daudz, lai izprastu pasaulē raksturīgās iezīmes un spētu veikt analīzi. Šajā daļā lietotas kvalitatīvās metodes, lai analizētu likumdošanas aktus un citus būtiskus tūrisma nozarei piesaistītus dokumentus. Tā panākot lielāku izpratni par “Latvijas tūrisma nozares skatījumu” uz tūrisma kartogrāfiju. Izskatīti daudz un dažādi kartogrāfiskie materiāli, kas palīdzēja izprast situāciju. Ar aprakstošo metodi tika izveidota kopaina par izaicinājumiem šo jomu mijiedarbībā.

Rezultāti būtu sadalāmi trijās lielākās daļās. Pirmā no tām atklāj detaļas par vēsturisko attīstību, kur nozīmīgi minēt, ka tūrisma karšu aizsākumi būtu definējami jau ap 10. gadsimtu pēc Kristus dzimšanas (pēc mūsdienu tūrisma nozares definējuma). Šie kartogrāfiskie attēli bija Romas ceļu kartes, kas attēloja dažādus objektus un papildinformāciju. Šo kartogrāfisko attēlu izmantošanas mērķis, pēc mūsdienu izpratnes, bija atvieglot kurjerpasta navigāciju. Tūrisma kartes iezīmējamās vēsturē jau pāris gadsimtus (pēc mūsdienās biežāk lietotā tūrisma mērķa), bet strauji sāka attīstīties pagājušā gadsimta otrajā pusē, kad cilvēki sāka plašāk ceļot, īpaši individuāli. Attiecīgi straujos tempos vajadzēja nodrošināt uzziņas materiālu šiem ceļojumiem. Šis arī ir laiks, ko varētu uzskatīt par termina “tūrisma kartogrāfija” aizsākumu.

Otrā, ka vārdu savienojums “tūrisma kartogrāfija” ir pielīdzināms “kartogrāfija tūrismā” (arī tūrista kartogrāfija, tūrista kartēšana un

tūrisma kartēšana). Latvijā šāds “termins”, lai gan lietots vairākos kartogrāfiju aprakstošos materiālos un tam veltīts studiju kurss, tomēr nav aprakstīts. Pēc analizētajiem materiāliem būtu uzskatāms, ka šos vārdu savienojumus izmanto, attiecinot tos uz jebkādu kartogrāfisko materiālu vai tā izstrādi, kas paredzēts tūrisma nozarei. Jāteic gan, ka Latvija nav vienīgā valsts, kur ir līdzīga situācija, kas lielā mērā varētu būt saistīts ar strauji augošo un mainīgo tūrisma nozari. Kartogrāfija tūrisma vairākās valstīs ir neviennozīmīgi definēta. Ne visur ir noteikts, kas ir tūrisma karte, kas ir tūrisma kartogrāfija, kas veido kartogrāfisko materiālu tūrisma nozarei, kam šajā materiālā jābūt iekļautam u. c.

Trešā aptver kartogrāfijas nozīmi Latvijas tūrisma, kas pēc apskatītā nešķiet īpaši ievērota. Šī doma izriet no tā, ka tūrisma nozares raksturojošos un pārvaldošos dokumentos par konkrētām prasībām vai vadlīnijām nekas netika atrasts. Jāteic gan, ka praksē situācija ir labāka un dažādu speciālistu artava kartogrāfijas nozīmes izcelšanai tiek pielikta. Pieminams ir arī tas, ka ir nozaru homogēnu definīciju trūkums. Kartogrāfijas veiksmīgākai integrācijai tūrisma būtu nepieciešami papildinājumi tūrisma nozarē. Tas labāk izceltu kartogrāfijas nozīmi tūrisma un parādītu radīto kartogrāfisko materiālu abām nozarēm saistošāku un efektīvāk izmantojamu.

# PASAULES OKĀNA ŪDENS LĪMEŅA CELŠĀNĀS IETEKME UZ PAPES ĶOŅU CIEMU, LIETOJOT FOTOGRAMMETRIJAS 3D MODELĒŠANAS METODES

KRISTAPS SPROĢIS, MĀRIS KAĻINKA

*Ģeomātikas katedra  
Kristaps\_1986@inbox.lv*

**Atslēgas vārdi:** Papes Ķoņu ciems, fotogrammetrija, pasaules okeāna līmeņa izmaiņas, 3D modelēšana.

Pētījuma mērķis ir apkopot un analizēt Papes Ķoņu ciema dzīvotspēju, balstoties uz pasaules okeāna līmeņa izmaiņu prognozēm nākotnē.

Baltijas jūras piekrastes ciemi un pilsētas atrodas potenciāli plūdu apdradētā teritorijā. Globālo klimata izmaiņu rezultātā tiek prognozēta pasaules okeāna ūdens līmeņa celšanās, kā rezultātā daļa no Latvijas piekrastes teritorijas (un ne tikai) ir pakļauta applūšanas riskam. Līdz ar to šī tēma ir aktuāla visā Latvijas piekrastes teritorijā. Darba autora pētāmā teritorija ir Papes Ķoņu ciems, kas tiek dēvēts arī par zvejniekciemu, kur vecā zvejnieksētu apbūve mijas ar mūsdienīgu apbūvi. Papes Ķoņu ciems atrodas Baltijas jūras piekrastē, Latvijas pašos dienvidrietumos, Rucavas novadā, aptuveni 8,5 km attālumā no Lietuvas Republikas robežas.

Maģistra darbā tiek pētīta Papes Ķoņu ciema dzīvotspēja, balstoties uz pasaules klimata izmaiņu prognozēm, galvenokārt uz pasaules

okeāna ūdens līmeņa izmaiņām. Darbā tiek aprakstīts Papes Ķoņu ciema ģeogrāfiskais raksturojums, kultūrvēsturiskās attīstības raksturojums, esošās situācijas raksturojums, apdzīvojuma struktūra u. c. Maģistra darbā tiks izveidots Papes Ķoņu ciema 3D realitātes modelis, izmantojot fotogrammetrijas metodes. 3D realitātes modeļa izveidei, datu iegūšanai tiks izmantots bezpilota gaisa kuģis (drons). Iegūto datu apstrādei tiks lietotas attiecīgās datorprogrammas: *Pix4Dmapper*, *Bentley Context Capture* u. c. Uz iegūtā 3D realitātes modeļa tiks modelēti dažādi pasaules okeāna ūdens līmeņa izmaiņu scenāriji, kuri tieši ietekmē Papes Ķoņu ciema dzīvotspēju.

Pasaules klimata izmaiņu ietekmē, kuru rezultātā paaugstinās pasaules okeāna līmenis, tiek prognozēta Papes Ķoņu ciema teritorijas applūšana, kas tiks attēlota izveidotajā 3D realitātes modelī.

# ATLANTI ĢIS LAIKMETĀ

VITA BRIŠKA, UNA KRUTOVA

*Ģeomātikas katedra  
vita.briska@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** atlants; ĢIS; kartogrāfija.

Pirmie atlanti tika izdoti 16. gs. 2. pusē, bet 20. gs. uzskata par atlantu kartogrāfijas jaudīgāko laika posmu. Tehnoloģiju un ģeogrāfiskās informācijas sistēmu attīstības rezultātā 20. gs. beigās kartes un atlantus sāka gan izgatavot, gan publicēt digitālajā vidē. Par Latvijas kartogrāfijas vēsturi (un arī atlantiem) visaptverošs pētījums veikts tikai laika posmam līdz 20. gs. 90. gadiem.

Pētījuma mērķis ir izpētīt mūsdienu tendences un izaicinājumus atlantu kartogrāfijā.

Darba uzdevums:

- 1) veikt literatūras analīzi par atlanta jēdzienu, tā transformāciju laika gaitā;
- 2) salīdzināt atlantu nozīmi pasaules un Latvijas kartogrāfijas vēsturē un mūsdienās.

Darba gaita vai metodoloģija: tika veiktas literatūras studijas par kartogrāfijas, atlantu kartogrāfijas un ģeogrāfisko informācijas sistēmu attīstības tendencēm, pētīti publicētie atlanti un recenzijas par tiem.

Rezultāti. Digitālo tehnoloģiju un ĢIS ieviešana ir būtiski samazinājusi atlanta izstrādei nepieciešamo laiku un ar drukāšanu saistītos resursus, taču ir radušies jauni izaicinājumi, kas ir saistīti ar lietotāju paradumiem.

Nozares speciālisti un zinātnieki diskutē par atlantu attīstību, nepieciešamību pārskatīt gan definīcijas, lai tie būtu atbilstoši lietotāju paradumu un tehnoloģisko iespēju attīstībai, gan atlantu kartogrāfijas nozares lomu un atvērtību alternatīvās un kritiskās kartogrāfijas pieejai.

Atlanti par dažādām tēmām un teritorijām tiek izdoti gan drukātā, gan digitālā formātā. Mūsdienās atlantus veido atlantu kartogrāfijas speciālisti un sabiedriskie aktīvistu, lai pievērstu uzmanību dažādām sociālām problēmām. ĢIS tehnoloģiju attīstība veicina dažādu jomu speciālistu un pārstāvju (arī bez kartogrāfiskās izglītības) iesaistīšanos daudzveidīgu procesu kartēšanā.

# JŪRAS LĪMEŅA IZMAIŅAS KURZEMES PIEKRASTĒ

DMITRIJS JEROHNOVIČS, JĀNIS KLĪVE

*Ģeomātikas katedra  
erohnovic94@gmail.com*

Darba tēma ir jūras līmeņa izmaiņas Kurzemes piekrastē. Tika apskatīti jūras līmeņa novērojumi Kurzemes hidroloģiskajā stacijā, kā arī citi informācijas avoti, tādi kā satelītattēli, plašsaziņas līdzekļi, personiskie novērojumi, kartogrāfiskie materiāli, kā arī pētījumi pa tēmu. Jūras krasts ir pakļauts dabas stihiju ietekmei. Krasta līnijā nepartraukti notiek izmaiņas, kas saistītas ar procesiem dabā. Protams, ietekme uz krastu nav viendabīga. Pētot satelītattēlus, var sekot līdz jūras krasta erozijai. Pēdējā laikā atsevišķos apgabalos notiek intensīva krasta erozija. Plašsaziņas līdzekļos regulāri lasāmas ziņas par erozijas skartiem apgabaliem Kurzemes rietumpiekrastē. Jūras līmeņa izmaiņām nav liela loma krasta erozijā, jo galvenais faktors ir vētras. Liepājas apkārtnē erozija var skart infrastruktūrai svarīgus objektus, tādēļ tiek veikti krasta aizsardzības pasākumi.

Darba uzdevums ir izpētīt pieejamo informāciju par jūras krasta izmaiņām Kurzemes piekrastē un atklāt tendences, kas turpmāk ietekmēs jūras krasta līniju. Kā arī rast risinājumus krasta erozijai Kurzemes piekrastē. Darba izstrādes gaitā veikta pieejamās informācijas analīze un apstrāde. Darba tapšanā lietoti kartogrāfiskie materiāli, satelītuzņēmumi, jūras līmeņa novērojumi Kurzemes hidroloģiskajās stacijās, kā arī ziņas un raksti par tēmu. Stacijās veiktie novērojumi tika apstrādāti Excelī, satelītuzņēmumi ņemti no *LandSatLookviewer*.

Darbā apskatītas jūras krasta izmaiņas un secināts, ka krasts turpmākajos gados var mainīties stipro vēju un straumes dēļ. Dažās vietās notiek krasta erozija. Vairākās vietās gaidāma krasta atkāpe. Izteiktas prognozes par vides procesu attīstību nākotnē un kā tie ietekmēs piejūras apgabalus.



# VIETĒJĀ ĢEODĒZISKĀ TĪKLA IEKĻAUSĀNA LKS-92

MIKELIS KEIŠS, MĀRTIŅŠ REINIKS

*Ģeomātikas katedra  
mikelis.keiss90@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** vietējais ģeodēziskais tīkls; LKS-92; koordinātu pārrēķināšana.

1. Vietējā ģeodēziskā tīkla (VT) punktu kontrolmērījumi un to dati sniegs precīzāku ieskatu par to atrašanos apvidū LKS-92 sistēmā. Tas dod iespēju noteikt nesakritības un nobīdes un novērtēt esošo situāciju.
2. Pašvaldības ir ieinteresētas sakārtot VT, lai varētu vieglāk un veiksmīgāk apsaimniekot savu infrastruktūru un to uzturēt kārtībā, kas ietver ceļus, inženierkomunikācijas, inženierbūves, robežas, sarkanās līnijas.
3. Veicot VT punktu uzmērīšanu dabā un salīdzinot tos ar LKS-92 koordinātām, ir iespējams izveidot nobīžu shēmu, kas ļautu uzskatāmi grafiski attēlot provizoriskās robežu atšķirības. Tas dotu pašvaldībām skaidrāku ieskatu un mērniekiem informāciju par kadastrālās uzmērīšanas precīzāku robežu noteikšanu vai atjaunošanu dabā.
4. Vietējā ģeodēziskā tīkla shēmas izveide LKS-92 sistēmā palīdzēs īpašumu robežu uzmērīšanā un ļaus mērniekiem iegūt labāku priekšstatu par nostiprinātu vai nenostiprinātu robežzīmju novietojumu zemes kadastrālās uzmērīšanas lietā, kas atspoguļosies mazāk robežstrīdos. Zemes īpašuma īpašniekiem būs skaidrāk saprotama uzmērīšanas shēma, kas nedublēsies ar vairākām uzmērīšanas tīklu sistēmām.

SI

---

SILTUMA, GĀZES  
UN ŪDENS  
TEHNOLOĢIJAS

---

05

# NOGULŠŅU KUSTĪBAS UN PLŪSMAS IETEKME UZ ŪDENS UZSKAITES PRECIZITĀTI

DAINIS DRIKŠŅA, SANDIS DEJUS

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
dainis.driksna@gmail.com*

Pasaulē arvien lielāka vērība tiek pievērsta dzeramā ūdens ilgtspējīgai un racionālai izmantošanai [1]. Viens no dzeramā ūdens racionālākās izmantošanas veidiem ir arī precīza tā patēriņa uzskaitē, kas tiek veikta, izmantojot dažādas konstrukcijas mērparātus. Maģistra darbā tiek pētīti mērparātu uzskaites precizitāti visvairāk ietekmējošie faktori – ūdens plūsma [2], nogulšņu (sīku metālisku daļiņu) klātbūtne [3].

Darba mērķis ir izpētīt ūdensapgādes pakalpojumu uzskaites precizitāti visvairāk ietekmējošo faktoru – nogulšņu kustību/klātbūtni mērparātos un ūdens plūsmas ietekmi uz mērparātu uzskaites precizitāti, lai sniegtu priekšlikumus pakalpojumu sniedzējiem atbilstošākā uzskaites mērparāta izvēlē.

Darba uzdevums:

- 1) veikt līdz šim publicēto zinātnisko pētījumu rezultātu kritisku analīzi un novērtējumu;
- 2) veikt eksperimentālu pētījumu/mērījumus par nogulšņu kustības un ūdens plūsmas ietekmi uz dažādu konstruktīvo risinājumu ūdensapgādes pakalpojumu uzskaites mērparātu (mehāniskie, ultraskaņas) mērījumu precizitāti;
- 3) eksperimentāli iegūto datu apstrāde un analīze, salīdzinot dažādu faktoru ietekmi uz mērparātu precizitāti;
- 4) identificēt iespējamus risinājumus nogulšņu kustības/ūdens plūsmas ietekmes uz uzskaites mērparātu precizitāti samazināšanai, sagatavojot priekšlikumus pakalpojumu sniedzējiem atbilstošākā uzskaites mērparāta izvēlē.

Šajā maģistra darbā tika izvirzīta hipotēze: nogulšņu kustība un ūdens plūsmas izmaiņas mazāk ietekmē ultraskaņas mērparātu precizitāti nekā mehānisko mērparātu precizitāti.

Pētījuma objekts: daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamās ēkās uzstādītie komercuzskaites mērparāti (DN 40, Qnom – 16 m<sup>3</sup>/h, garums – 300 mm). Pētījums sadalīts 2 daļās:

- pirmajā daļā tika pētīta ūdens plūsmas ietekme uz dažāda veida – mehānisko un ultraskaņas – mērparātu uzskaites precizitāti (3 ēkas, 6 mērparāti);
- otrajā daļā tika pētīta citu faktoru (piemēram, nogulšņu, sīku metālisku daļiņu) ietekme uz dažāda veida – mehānisko un ultraskaņas – mērparātu uzskaites precizitāti un atkārtotās verificēšanas rezultātiem (25 ēkas – 50 mērparāti).

Pētījuma pirmajā daļā katrā ēkā veikti esošo mērparātu mezglu pārbūves darbi – virknē uzstādīti 2 veidu (DN 40, Qnom – 16 m<sup>3</sup>/h, garums – 300 mm) mērparāti, kas tika aprīkoti ar attālināto datu nolasīšanu, datu par to uzskaitītā apjoma, ūdens plūsmām ieguvei. Pētījuma otrajā daļā veikta mehānisko un ultraskaņas mērparātu (DN 40, Qnom – 16 m<sup>3</sup>/h, garums – 300 mm) uzskaitītā apjoma, plūsmu, nogulšņu klātbūtnes, verificēšanas rezultātu detalizēta analīze. Eksperimentā iegūto datu apstrādei un analīzei pamatā tika izmantotas MS Excel programmatūrā esošās datu analīzes iespējas – aprakstošā statistika, korelācijas un regresijas analīzes – nolūkā noteikt, piemēram, sakarības starp ūdens plūsmām un mērparātu uzskai-

tīto ūdens apjomu.

Regresijas analīzes rezultātā tika identificēta sakarība starp diennakts stundu un abu veidu mērāparātu uzskaitītā ūdens apjoma starpību (%). Analizējot datus par abu mērāparātu fiksētajiem ūdens apjomiem un plūsmām, konstatēts, ka starpības (līdz pat 21,42 %) palielinās pie maza (līdz 0,300 m<sup>3</sup>/h) ūdens caurplūduma un diennakts periodā no 00:00 līdz 05:00, savukārt samazinās (zem 5 %) diennakts periodā no 8:00 līdz 00:00, kad faktiskais ūdens caurplūdums ir robežās no 0,500 m<sup>3</sup>/h līdz 1,200 m<sup>3</sup>/h.

#### ATSAUCES

1. Callison, K., 2010. Securing fluid resources for geothermal projects in a world of water scarcity. *Energies* 3, 1485–1498. <https://doi.org/10.3390/en3081485>.
2. Ethem Karadirek, I., 2020. An experimental analysis on accuracy of customer water meters under various flow rates and water pressures. *J. Water Supply Res. Technol. - AQUA* 69, 18–27. <https://doi.org/10.2166/aqua.2019.031>.
3. Buck, B.S., Johnson, M.C., Barfuss, S.L., 2012. Effects of particulates on water meter accuracy through expected life. *J. Am. Water Works Assoc.* 104, 65–66. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2012.104.0054>.

# DECENTRALIZĒTO SAULES KOLEKTORU INTEGRĒŠANA PILSĒTAS CENTRALIZĒTAJĀ SILTUMAPGĀDES SISTĒMĀ

RAIMONDS BOGDANOVIČS, ALEKSANDRS ZAJACS

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
raimonds.bogdanovics@rtu.lv*

**Atslēgvārdi:** saules kolektors; centralizētā siltumapgādes sistēma; temperatūras svārstības.

Uzstādot uz ēkas jumta termālos saules kolektorus, mājāsaimniecība saskaras ar saražotās siltumenerģijas svārstībām, savukārt pārāk liels kolektoru daudzums var novest pie siltumenerģijas pārpalikuma, kad to vairs nebūs iespējams akumulēt un notiks sistēmas nevēlama pārkarsēšana un kopējās efektivitātes samazināšanās.

Latvijā ir plaši attīstīta centralizētās siltumapgādes sistēma, līdz ar to saražotā siltuma pārpalikumu var atdot tīklā. Atbilstoši plānotiem grozījumiem [1] Enerģētikas likuma 48. pantā: “Siltumenerģijas sistēmas operators, ja to pieļauj siltumenerģijas pārvades un sadales sistēmas tehniskās iespējas, [...] nodrošina siltumenerģijas ražotājam pieeju siltumenerģijas pārvades un sadales sistēmai, [...]” un “Siltumenerģijas apgādes sistēmas operators [...] iepērk siltumenerģiju no siltumenerģijas ražotājiem, to skaitā no neatkarīgajiem ražotājiem, [...]”, tātad mājāsaimniecības varēs pieslēgt saules kolektorus pie siltumapgādes sistēmas, ja tiks izstrādāts drošs tehnisks risinājums.

Mērķis un uzdevumi:

izpētīt saules kolektoru sistēmas siltumnesēju temperatūras svārstības, lai novērtētu iespēju un izstrādātu priekšlikumus to integrēšanai pilsētas centralizētajā siltumapgādes sistēmā:

- 1) izpētīt saules kolektoru pieslēguma pilsētas centralizētās siltumapgādes sistēmai piemērus un īpatnības;
- 2) izstrādāt saules kolektoru sistēmas stendu un veikt eksperimentu;

- 3) izstrādāt saules kolektoru sistēmas simulāciju TRNSYS datorprogrammā un veikt eksperimenta validāciju;
- 4) analizēt saules kolektoru sistēmas parametrus eksperimentāli ar stendu un teorētiski ar datorsimulāciju;
- 5) izstrādāt priekšlikumus saules kolektoru integrēšanai pilsētas centralizētajā siltumapgādes sistēmā.

Darba gaita un metodoloģija.

1. Izstrādāts saules kolektoru stends ar plakanas virsmas un vakuuma caurules saules kolektoriem. Stends sastāv no 4 moduļiem: saules kolektori; pieslēguma modulis centralizētajai siltumapgādes sistēmai; elektriskais boilers ar trīsceļu vārstu; siltumenerģijas patērētājs. Stenda darbība tika automatizēta ar brīvi programmējamu kontrolieri.
2. Neatkarīgie mainīgie: uzstādītās (vēlamās) siltumtīklu turpgaitas un atpakaļgaitas temperatūras. Atkarīgie mainīgie: faktiskās turpgaitas temperatūras no saules kolektoru sistēmas un siltumtīklos (no boilerā).
3. Eksperiments veikts vairākās dienās dažādos laikapstākļos. Iegūtie dati grupēti atbilstoši saules starojuma intensitātei (100 – 499, 500 – 899, 900 – 1299 W/m<sup>2</sup>) un statistiski salīdzinātas faktiskās turpgaitas temperatūras;
4. Izstrādāts stenda modelis dinamiskas simulācijas datorprogrammā TRNSYS. Simulācija tiek veikta vienai dienai, balsto-

ties uz izmēriem āra gaisa temperatūras un saules radiācijas intensitātes parametriem, ar mērķi validēt modeli.

Mērījums veikts 2 dienās pie saules starojuma intensitātes 100–1299 W/m<sup>2</sup> un uzstādītās turpgaitas temperatūras +65 °C.

Saulainajā dienā vidējā turpgaitas temperatūra no saules kolektoriem 63,2–64,9 °C ar standartnovirzi 0,17–2,16 °C. Mākoņainajā dienā vidējā turpgaitas temperatūra no saules kolektoriem 62,5–67,1 °C ar standartnovirzi 3,56–3,90 °C.

Saulainajā dienā pie saules intensitātes 900–1299 W/m<sup>2</sup> starpība starp temperatūrām no saules kolektoriem un no elektriskā boilerā

nav statistiski nozīmīga ( $p = 0,19$ ). Mākoņainajā dienā pie 500–899 W/m<sup>2</sup> starpība nav statistiski nozīmīga ( $p = 0,06$ ). Citās grupās starpība ir statistiski nozīmīga ( $p < 0,05$ ), nepieciešams izpētīt citu vadības algoritmu.

TRNSYS simulācijas validācija parādīja nepieciešamību papildināt datormodeli ar hidrauliskiem un siltuma inerces parametriem, jo modelī temperatūras svārstības ir mazākas par eksperimentāli novērotām.

#### ATSAUCES:

1. Ekonomikas ministrija. (2021). Likumprojekts VSS-307 "Grozījumi Enerģētikas likumā".

# ENERĢĒTISKI EFEKTĪVAS DZESĒŠANAS TEHNOLOĢIJAS PIENA PRODUKTU RAŽOŠANĀ

ARNOLDS ZUBOVIČS, JURIS POMERANCEVS

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
arnolds.zubovics@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** dzesēšanas sistēmas; enerģētiski efektīva dzesēšana; piena produktu ražošana.

Mūsdienās sabiedrība tiek vairāk informēta par esošiem enerģijas patēriņa ierobežojumiem. To atspoguļo Eiropas Komisijas mērķi līdz 2050. gadam samazināt vairāk nekā 80 % siltumnīcefekta gāzu emisiju (European Commission, 2016).

Viens no šo mērķu īstenošanas veidiem ir ievērojami samazināt ražošanas procesu enerģijas patēriņu un pāriet uz atjaunojamiem enerģijas avotiem. Enerģijas izmaksas vienmēr ir bijis svarīgs iemesls pārstrādes rūpniecībā, taču lielākai daļai procesu ir veikti tikai pakāpeniski uzlabojumi.

Ievērojama daļa no kopējā enerģijas patēriņa pārtikas rūpniecībā ir saistīta ar termisko apstrādi, kas sastāda apmēram 29 % (Okos, M., Rao, N., Drecher, S., Rode, M., & Kozak, 1998). Jaunākie pētījumi liecina, ka termiskā apstrāde sastāda 59 % no kopējā enerģijas patēriņa (Wang, 2008).

Piena rūpniecībā ir liels apkures un dzesēšanas procesu apjoms, kas Holandē sastāda 15 % no kopējā enerģijas patēriņa pārtikas nozarē (Ramírez et al., 2006). Viena kilograma piena pulvera ražošanai ir nepieciešami 11 MJ enerģijas, savukārt viena kilograma siera ražošanai ir nepieciešami 4 MJ (Ramírez et al., 2006).

Dzesēšanas enerģijas apjoms no kopēja patēriņa atšķiras atkarībā no saražotā izstrādā-

juma. Šķidrā piena ražošanā tas sastāda 19 %, siera ražošanā 19%, sviesta ražošanā 66 %, piena pulvera ražošanā 2,5%. Savukārt katra šī produkta ražošanai tiek patērēts arī noteikts daudzums siltuma enerģijas (paste-rizācija, piesildīšana u. c). Maģistra darba ietvaros tiks pētīts, vai ir iespējams atgūt siltumu no dzesēšanas sistēmas un izmantot to ražošanas procesā.

Balstoties uz eksperimentālajiem rezultātiem, izveidota teorētiska dzesēšanas un apkures pieprasījuma karte atkarībā no ražošanas apjoma.

Izveidots teorētiskais aprēķinu modelis dzesēšanas un siltuma rekuperācijas aprēķinam, izmantojot programmas *Refprop* vai *Energy Equation Solver*.

Perspektīva, izmantojot modeli, tiks salīdzināta energoefektivitāte gada griezumā dzesēšanas sistēmai ar dažādiem aukstumaģentiem, risinājumus ar/bez siltuma rekuperācijas u. c. Viens no galvenajiem jautājumiem – cik procentus no siltumenerģijas pieprasījuma ir iespējams nosegt ar siltuma rekuperāciju no dzesēšanas sistēmas. Izanalizējot datus un modeli, tiks spriests, vai hipotēze apstiprināsies (Hipotēze: siltumsūknis ļauj samazināt ražotnes patērēto siltuma un elektrības enerģiju par 10 %.

# DEGŠANAS GAISA PRIEKŠSILDĪŠANA UN MITRINĀŠANA ŪDENSSILDĀMĀ KATLA EFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAI

ANASTASIJA ZEIZA-SELEZNOVA, DMITRIJS RUSOVŠ

Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
zeiza77@gmail.com

**Atslēgvārdi:** slāpekļa oksīdi, entalpijas ritenis, ūdenssildāmais gāzes katls.

Mūsdienās energoefektivitātes tēma ir viena no aktuālākajām. Attīstoties cilvēcei, enerģijas patēriņš palielinās. Fosilais kurināmais ir viens no pamata neatjaunojamajiem enerģijas avotiem, tā daudzums strauji samazinās. Fosilā kurināmā sadedzināšanas process nozīmē gaisa piesārņojumu, tāpēc katla efektivitāti pašlaik raksturo vides prasības. Dažādu kurināmo degšanas procesiem, piemēram, siltuma ražošanai, rodas izmeši, kas negatīvi ietekmē apkārtējo vidi. Fosilā kurināmā sadedzināšanas laikā lielāko apdraudējumu rada slāpekļa oksīdi, kas ir aptuveni 10 reizes bīstamāki par oglekļa monoksīdiem. Viens no risinājumiem gaisa kvalitātes uzlabošanai ir katlu māju emisiju samazināšana siltuma ražošanas laikā. Lai samazinātu izmešu daudzumu dūmgāzēs, pastāv dažādas metodes. Par spīti efektivitātei, slāpekļa samazināšanas metodes var samazināt arī katla lietderības koeficientu. Mūsdienīgu energoefektīvu, enerģijas taupīšanas un ekoloģisku katlu iekārtu izmantošana var ne tikai pagarināt katla iekārtu kalpošanas laiku, bet arī samazināt kaitīgu izmešu daudzumu atmosfērā.

Darba mērķis ir izpētīt ūdenssildāmā katla efektivitātes uzlabošanas metodes, lai samazinātu NO<sub>x</sub> izmešu daudzumu un izstrādātu priekšlikumus centrālo siltumavotu vadītājiem.

Izvirzīto mērķu sasniegšanai noteikti šādi darba uzdevumi:

1) izanalizēt dūmgāzu kaitīgos izmešus un to

samazināšanas metodes;

- 2) izpētīt apkures katlu efektivitātes uzlabošanas metodes;
- 3) izanalizēt katlu mājas efektivitātes izmaiņas pirms un pēc degšanas gaisa priekšsildīšanas un mitrināšanas iekārtas uzstādīšanas;
- 4) veikt dūmgāzu analīzes mērījumus, lai izvērtētu NO<sub>x</sub> emisijas daudzumu;
- 5) izstrādāt priekšlikumus centrālo siltumavotu vadītājiem.

Pētījuma praktiskās daļas sākumā tika iegūta un apkopota informācija par pētāmo objektu, kas ir KM "Kuģu 26a", ar diviem gāzes ūdenssildāmiem katliem ar *Optinox* sistēmu. Dati apstrādei tika saņemti no AS "RĪGAS SILTUMS". Lai salīdzinātu gaisa mitrināšanas un priekšsildīšanas iekārtas efektivitāti, analīzē tika izmantoti dati par vidējo vērtību katrai stundai 2016. gada decembrī, 2017. gada janvārī – pirms *Optinox* sistēmas uzstādīšanas, 2019. decembrī un 2020. gada janvārī – pēc uzstādīšanas. Analīzei tika ņemti ziemas mēneši, kad KM darbojas ar lielāku siltumslodzi. Katram mēnesim tika aprēķināts lietderības koeficients, ņemot vērā ekonomāizeru. Datu apstrādei tika izmantotas statistiskas analīzes metodes.

Lai pārbaudītu NO<sub>x</sub> samazināšanas spēju, tika veiktas piecas dūmgāzu analīzes pie dažādām gaisa temperatūrām. Kā arī tika veikti mērījumi ar izslēgtu *Optinox* sistēmu. Dūmgāzu analīzei tika izmantots dūmgāzu



analizators *Testo 350*. Lai apstrādātu mērījuma datus, tika izmantota datorprogramma *WaterSteamPro*.

Darba noslēgumā tika izdarīti secinājumi un, balstoties uz praktiskās daļas secinājumiem, izstrādāti priekšlikumi centrālo siltumavotu vadītājiem.

Pēc zinātniskās literatūras analīzes var izdarīt šādus secinājumus:

- 1) vislielākais izmešu daudzums no dūmgāzēm ir ziemā, kad katlu mājām ir lielāka slodze. Kaitīgo izmešu daudzums ir atkarīgs no kurināmā veida, sadedzināšanas veida un vai ir/nav izmantotas tehnoloģijas izmešu samazināšanai;
- 2) degšanas laikā NO<sub>x</sub> veidošanos ietekmē degšanas temperatūra, slāpekļa saturs kurināmajā un kurināmā sastāvs, gaisa pārpalikums un gaisa pakāpeniskums, degšanas procesa reakcijas ceļi, hidrodinamika, degļa konstrukcija un slodze, kā arī dūmgāzu uzturēšanās laiks;
- 3) lai dūmgāzēs samazinātu NO<sub>x</sub> izmešus, izmanto gan primāras, gan sekundāras metodes. Pašlaik selektīvā katalītiskā reducēšana (SCR) un selektīvā nekatalītiskā reducēšana (SNCR) ir visplašāk izmantotās metodes ar augstu NO<sub>x</sub> samazināšanas efektivitāti;
- 4) populāras primārās metodes ir trīspakāpju sadedzināšana, dūmgāzu recirkulācija un OFA, kā arīšo metožu kombinācija. Par spīti efektivitātei, dažādas NO<sub>x</sub> samazināšanas metodes, piemēram, dūmgāzu recirkulācija, var samazināt katla lietderības koeficientu;
- 5) galvenais iemesls katla efektivitātes samazināšanai – siltuma zudumi ar dūmgāzēm;
- 6) lai palielinātu katla efektivitāti izmanto dūmgāzu ekonomizerus. Pēc eksperimentālās daļas analīzes var secināt, kaizmantojot *Optinox* sistēmu, katla lietderības koeficients palielinās, bet NO<sub>x</sub> izmešu daudzums samazinās līdz 70 mg/m<sup>3</sup>.

# NAFTAS PRODUKTU TVAIKU REĢENERĀCIJAS IEKĀRTAS DARBĪBAS EFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANA

ARMANDS JELINSKIS, PĀVELS SKAČKOVŠ

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
a.jelinskis@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** naftas produktu tvaiks; gaistoši organiski savienojumi; reģenerācijas procesa efektivitāte.

Uzņēmumos ar lietošanā jau esošām tvaiku reģenerācijas iekārtām ir svarīgi veikt periodisku šo iekārtu darbības efektivitātes novērtējumu, tā kā attīrāmo naftas produktu vielu ķīmiskais sastāvs un to proporcijas pastāvīgi tiek mainītas, lai atbilstu patērētāju un valsts uzraugošo institūciju prasībām. Kā rezultātā lielākā daļa tvaiku reģenerācijas iekārtu nav spējīgas efektīvi attīrīt gaisu no piesārņojuma atbilstoši iekārtas standarta lietošanas režīmiem. Šādas situācijas rada paaugstinātu gaisa piesārņojuma risku un ierobežo uzņēmēju iespējas brīvi darboties ar naftas ķīmiju.

Pētījuma mērķis ir noteikt attīrāmo naftas produktu tvaiku sastāva ietekmi uz izmantotās tvaiku reģenerācijas iekārtas ar aktivētās ogles filtriem darbības efektivitāti, lai samazinātu iekārtas radīto gaistošo organisko savienojumu izmešu koncentrācijas līmeni rūpniecības teritorijā.

Pētījuma uzdevums:

- 1) veikt zinātniskās literatūras analīzi par naftas produktu tvaiku reģenerācijas tehnoloģijām un to izmantošanas īpatnībām;
- 2) veikt sistēmas darbības monitoringu un datu apstrādei nepieciešamos mērījumus;
- 3) izmantojot datu matemātiski statistisko analīzi, noteikt attīrāmo naftas produktu tvaiku parametru ietekmi uz gaistošo organisko savienojumu izmešu koncentrācijas daudzumu;
- 4) rast tvaiku reģenerācijas iekārtas darbības

efektivitātes paaugstināšanas risinājumus, samazinot gaistošo organisko savienojumu izmešu koncentrācijas līmeni.

Pētījuma darba gaita:

- 1) tiek veikta lietošanā un darba kārtībā esošas tvaiku reģenerācijas iekārtas ražotāja ekspluatācijas noteikumu, tehnoloģisko shēmu izpēte, saziņa ar atbildīgo iekārtas apkopes veicošo mehāniķi, kā arī salīdzināšana ar pašreizējā darba teorētiskajā daļā analizēto informāciju par tvaika reģenerācijas iekārtu darbības pamatprincipiem;
- 2) izvirzīt hipotēzi un konstatēt neprecizitātes iepriekšējos pētījumos.

Tā kā pētāmā iekārta ir aprikota ar dažādiem signāla devējiem un darbojas vienotā tīklā, kuru vada sistēmas operators, tiek ievākts nepieciešamais datu apjoms pēdējā gada griezumā par iekārtas temperatūras, plūsmas, izmešu koncentrācijas, naftas produktu tvaiku un gaisa attiecības rādītājiem, kā arī pieprasītas naftas produktu drošības datu lapas.

Balstoties uz iegūtajiem skaitlisko parametru datiem, tiek veikta ievākto datu apstrāde, grafiku izveide ar svarīgāko datu atsپوļojumu un iespējamo likumsakarību noteikšanu pie redzamajiem izmešu līmeņa ekstrēmjiem.

Darba ietvaros atklāts, ka attīrāmo naftas produktu tvaiku saturs neietekmē iekārtas darbību tik lielā mērā, lai pārsniegtu Latvijā noteikto izmešu koncentrācijas līmeni gaistošajām organiskajām vielām (35 g/

Nm<sup>3</sup>), bet pietuvojas rādītājam, kas noteikts lielākajā daļā Eiropas Savienības valstu iekšējos normatīvajos aktos, kā arī izņēmuma kārtā Latvijas teritorijā – Ventspils brīvastā (10 g/Nm<sup>3</sup>).

Zinātniskās literatūras analīzes rezultātā secināts, ka tvaiku reģenerācijas iekārtas ar aktivētās ogles filtriem spēj attīrīt piesārņoto gaisu vidēji līdz 95 %. Augstākai iekārtas efektivitātes sasniegšanai ir iespējams paredzēt papildu aprīkojumu, piemēram, reģeneratīvo termisko oksidētāju, sasniedzot 99 % attīrīšanas kapacitāti.

Iegūto datu analīzes rezultātā ir noteikts, ka,

mainoties paredzamajam naftas produktu tvaiku saturam, izmešu koncentrācijas līmenis var palielināties līdz pat 50 % no vidēji novērotā.

Secināts, ka iekārtā izmantojamo aktivēto ogļu filtru nolietojamās ātrums ir atkarīgs no iekārtā ienākošo gāzu maisījuma satura un izmantošanas režīma īpatnībām, kas var novest pie pārāk priekšlaicīgas filtru nomaiņas, samazinot kalpošanas laiku divas reizes.

Kā viens no iekārtas darbības uzlabošanas pasākumiem ir izvēlēties cita tipa aktivētās ogles filtrus ar lielāku virsmas laukumu un lielākām iekšējām porām.

# DABASGĀZES NOPLŪDES PĀRTRAUKŠANAS METODES IEKŠĒJĀ GĀZESVADU SISTĒMĀ

SANDRIS PUĶE, INĀRA LAUBE

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
sandris.puke@inbox.lv*

Dabaszgāze ir ļoti kvalitatīvs kurināmais, un komplektā ar modernām apkures ierīcēm tiek nodrošināta augsta efektivitāte un saudzīgs resursa patēriņš. Lai arī dabaszgāze nav atjaunojamais energoresurss, tomēr tā starp kurināmajiem rada viszemākos CO<sub>2</sub>, pelnu, sodrēju, smakas avotu un citu elementu izmešus. Dabaszgāze ir ekoloģiski un ekonomiski izdevīgākais kurināmais, tādējādi nodarot minimālu kaitējumu apkārtējai videi un cilvēka veselībai. Darba pamatā tiek ņemta AS "GASO" statistika par mājsaimniecību izsaukumiem saistībā ar dabaszgāzes noplūdēm Latvijā 2017.–2020. gadā.

Darba uzdevums. Izpētīt un analizēt dabaszgāzes noplūdes pārtraukšanas metodes. Noteikt tehniski un ekonomiski pamatotāko dabaszgāzes noplūdes atklāšanas un padeves pārtraukšanas metodi.

Darba gaitā tika analizēts iekšējās gāzes apgādes sistēmas normatīvo aktu regulējums Latvijā un Eiropā, dabas gāzes perspektīvas izmantošanai mājsaimniecībās, vides un darbību faktori, piemēram, tvaika blīvums, temperatūra, vēja un gaisa plūsmas, vibrācijas, u.c., kas ietekmē gāzes detektāciju. Darbā ir pētīti gāzes detektoru darbības principi un dabaszgāzes noplūdes pārtraukšanas metodes, izmantojot šādas iekārtas: elektroķīmiskie gāzes detektori; katalītisko lodīšu sensori; fotojonizācijas detektori; infrasarkanie punktu sensori; infrasarkanie attēla sensori; pusvadītāju sensori; ultraskaņas detektori; hologrāfiskie gāzes sensori; bezvadu gāzes detektācijas sistēmas; detektācijas sistēmu iespējas personām ar invaliditāti.

Ekspertiments tiek veikts telpā, kurā tiek uzstādīts gāzes noplūdes detektors ar noslēgvārstu. Pētījums tiek veikts pie labas, vidējas un sliktas telpu ventilācijas. Darba gaitā no attiecīga diametra sprauslas telpā tiek ievadīta metāna gāze un pārbaudīts, pie cik lielas litrāžas un sagāzētības pēc PPM skalas nostrādās gāzes detektors un vai elektromagnētiskais vārsts nostrādās pie diviem paralēli slēgtiem detektoriem, ja katrs gāzes detektors atrodas citā noslēgtā telpā. Visa eksperimentālā darba gaita tiks attēlota grafiski un veikta rezultātu analīze.

Par pamatu tiek izmantots SEITROM ražotāja stacionārais signalizators, kura pienākošās strāvas stiprums ir 230 V ( $\pm 10\%$ ), noplūdes relejs, pirmā izeja (brīdinošais trauksmes relejs 6 A, 250 V), otrā izeja (galvenais trauksmes relejs, 6 A, 250 V), sensora tips – elektroķīmiskais, brīdinājuma signāls ir 20 mg/m<sup>3</sup>, galvenais trauksmes signāls 100 mg/m<sup>3</sup>, kļūdas indikācija zaļi/dzeltena/sarkana LED gaisma, skaņas signāla skaļums 85 dB/1 m, aizsardzības klase IP42, iekārtas gabarītmēri 84 mm × 148 mm × 40 mm. Tiek izmantots 220 V elektromagnētiskais noslēgvārsts.

Ekspperiments vēl nav pabeigts, tādēļ rezultāti vēl nav iegūti. Gāzes detektors mēra un norāda uz gāzu koncentrāciju gaisā. Parasti gāzes detektori tiek izmantoti drošības nolūkos – toksiskas iedarbības un ugunsgrēku novēršanai. Tos ražo kā pārnēsājamas vai stacionāras iekārtas, un tās darbojas, signalizējot par augstu gāzu koncentrāciju un izmantojot dzirdamu vai redzamu indikatoru, piemēram, trauksmes signālus, gaismas sig-

nālus vai signālu kombināciju. Kad detektori mēra noteiktu gāzes koncentrāciju, sensora reakcija kalpo kā atskaites punkts vai mērskala. Kad sensora reakcija pārsniedz noteiktu, iepriekš iestatītu līmeni, tiek aktivizēta trauksme, lai brīdinātu lietotāju. Projektējot gāzes iekārtas, sistēmas svarīgi izveidot tā, lai tās būtu drošas cilvēkiem un videi, kā arī lai tās ir funkcionāli un ekonomiski pamatotas. Bojātu sistēmu un/vai nepareizu sistēmas lietošanas darbības rezultāts, kurā ir notikušas gāzu noplūdes, var radīt nozīmīgus vides piesārņojumus, materiālos zaudējumus, kā arī izraisīt nopietnus veselības traucējumus un cilvēku nāvi.

#### ATSAUCES:

1. Naturalgas.org, “<http://naturalgas.org/overview/background/>,” Naturalgas.org, 20 09 2013. [Online]. Available: <http://naturalgas.org/overview/background/>.
2. Latvijas MK, “Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 241-15 “Dabāsgāzes iekšējo gāzesvadu sistēma,” 01 07 2015. [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/275009-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-241-15-dabasgazes-ieksejo-gazesvadu-sistema>.
3. AS “GASO”, Pārskats par neatiekamo izsaukumu skaitu 2017.–2020. gadam., AS “GASO”.

# HIDRAULISKĀS BALANSĒŠANAS IETEKME UZ APKURES SISTĒMAS ENERGOEFEKTIVITĀTES RĀDĪTĀJIEM

MATĪSS KEMPE, ALDIS GREĶIS

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
matiss.kempe@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** hidrauliskā balansēšana; apkures sistēma; energoefektivitāte.

Daudzus gadus ēku energoefektivitātes uzlabošana ir bijusi svarīga enerģētikas pārveides sastāvdaļa Eiropā. Šajā ziņā būtiska nozīme ir enerģijas saglabāšanas tiesību aktiem, kas izriet no tā, un ar enerģiju saistīto prasību nepārtrauktai izstrādei, pamatojoties uz ekonomiskās efektivitātes kritērijiem. Šo norišu iecerētais mērķis ir ēku krājums, kas līdz 2050. gadam pēc iespējas vairāk ir klimatneitrāls.

Apkures sistēmu galvenais mērķis ēku energotehnoloģiju jomā ir nodrošināt īpašumam pietiekamu siltumnesēja piegādi, kas atbilst pieprasījumam, tas nozīmē, ka sistēmas enerģijas bilance jāuztur vajadzīgajos robežnosacījumos (siltuma komforts) gan telpas, gan laika ziņā.

Nepieciešamo projektējamo siltumnesēja caurplūdi var sasniegt, izmantojot termostatiskos un balansēšanas vārstus dažādos šo elementu izpildījumos.

Darba mērķis ir, analizējot apkures sistēmu hidraulisko balansēšanu no enerģijas un efektivitātes viedokļa, izstrādāt priekšlikumus un norādījumus augstākas energoefektivitātes sasniegšanai apkures sistēmās.

Izmantojot esošu piespiedu cirkulācijas divcauruļu apkures sistēmas stendu, ar kā palīdzību simulēta pilnvērtīga apkures sistēma, tiek noteiktas eksperimentālās hidrauliskās vērtības.

Veikta sistēmas ieregulēšana, lai panāktu kat-

rā stāvavadā līdzvērtīgu plūsmu – 600 l/h.

Veikt sistēmas simulāciju, imitējot siltumnesēja plūsmas pieprasījuma izmaiņas stāvavados, izmantojot statiskos un spiediena starpības regulatoru savienotus balansēšanas vārstus.

Teorētisko vērtību noteikšana, izmantojot balansēšanas vārstu ražotāja piedāvāto programmu, un to salīdzināšana.

Šajos eksperimentos tika noteikts, ka statiskie balansēšanas vārsti pie aprēķina slodzes labi veic savu funkciju. Tomēr, mainoties siltumnesēja pieprasījumam kādā no sistēmas daļām, lielākās konstatētās plūsmas izmaiņas sastāda ap 30,50 %. Savukārt izmantojot diferenciālā spiediena regulatorus, lielākās izmaiņas veidoja 8,85 %. Veiktajā eksperimentā tika pierādīts, ka, izmantojot automatiskos diferenciālā spiediena regulatorus, iespējams iegūt augstāku plūsmas precizitāti, kad tā ir nepieciešama.

Kā arī tika pierādīts, ka, izmantojot "R" vērtību, nosakot attiecību starp diktējošo cirkulācijas cilpu un sūkņa radīto spiediena starpību, var noteikt divcauruļu apkures sistēmu automatisko diferenciālā spiediena regulatoru nepieciešamību. Šo vērtību var izmantot balansēšanas risinājumu izvērtēšanai un apkures sistēmu izbūves un ekspluatācijas izmaksu samazināšanai.

# DABISKO AUKSTUMAĢENTU IZMANTOŠANA DATU CENTROS

ANTONS BORISOVS, JURIS POMERANCEVS

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
abinieks3@inbox.lv*

**Atslēgvārdi:** dabiskie aukstumaģenti; CO<sub>2</sub> dzesēšanas sistēmas; datu centru dzesēšana.

Literatūras apskatā apkopotie statistiskie dati liecina, ka dzesēšanas sistēma datu centros (DC) sastāda vidēji 40 % no kopējā elektroenerģijas patēriņa. Efektīvāki DC dzesēšanas risinājumi ļauj samazināt šo patēriņu līdz 10 % no kopējā enerģijas patēriņa. DC procesoru darbības nodrošināšanai uzturamās temperatūras prasības var atšķirties atkarībā no procesoru tehnoloģijām, literatūras apskatā ir noskaidrots, ka serveros uzturamā gaisa temperatūra var svārstīties 18–27 °C robežās – jo modernākas tehnoloģijas, jo augstāka pieļaujamā gaisa temperatūra un attiecīgi energoefektīvāka darbība.

Mūsdienās aktuāla ir dabisko aukstumaģentu lietošana dažādām būvēm. Galvenais faktors, kas dod priekšrocības to izmantošanai, ir zemais globālās sasilšanas potenciāls, kā arī termodinamiskās īpašības. No dabiskajiem aukstumaģentiem DC ir izmantojami CO<sub>2</sub> (R744) un propāns (R290).

CO<sub>2</sub> var tikt izmantots gan kā primārais, gan kā sekundārais aukstumnesējs. Lielākais trūkums salīdzinājumā ar jebkuru citu vielu, ir CO<sub>2</sub> augstais spiediens, kas var sasniegt 140 bārus. Taču, pateicoties attīstībai pēdējos 30 gados, mūsdienās, it īpaši Eiropas tirgū, šī tehnoloģija ir plaši lietota un spiediens vairs nesagādā sarežģījumus. CO<sub>2</sub> ir augstāks siltuma pārneses koeficients un zemāks plūsmas

spiediena kritums nekā dažiem plaši izmantotiem sintētiskajiem aukstumaģentiem. Salīdzinājumā ar citiem dabiskiem aukstumaģentiem CO<sub>2</sub> ir neuzliesmojoša un n toksiska viela, ko noplūdes gadījumā ir salīdzinoši vienkāršāk pārvaldīt – no drošības aspekta.

Šajā pētījumā tiks veikta esoša objekta mērījumu datu analīze, lai izstrādātu bāzes modeli. Balstoties uz to, datorprogrammā tiks modelēti uzlabota dzesēšanas risinājuma scenāriji ar mērķi noteikt energoefektivitātes potenciālu. Uzlabotajos risinājumos tiks analizēti tikai dabiskie aukstumaģenti, CO<sub>2</sub> un propāns dažādās konfigurācijās.

Veicot zinātniskās literatūras analīzi, tika izdarīti šādi secinājumi:

- 1) termosifona sistēmas darbību ietekmē stāvvada un lejupejas caurules diametrs, kā arī darba temperatūra, tāpēc TPTL sistēmu labāk izmantot kā daļu no dzesēšanas sistēmas;
- 2) ISMT (integrētā mehāniskās dzesēšanas un termosifona sistēma) ir veids, kā atdzesēt datu centru, izmantojot dzesēšanas sistēmu, kurā tiek lietots gan sintētiskais, gan dabiskais aukstumaģents.

Statistiskie dati liecina, ka dzesēšanas sistēma datu centros atbilst vidēji 40 % no kopējā elektroenerģijas patēriņa.

# DZERAMĀ ŪDENS FILTRĒŠANA AR DZELZS HIDROKSĪDU *LEGIONELLAS PNEUMOPHILA* LIKVIDĒŠANAI

ARNOLDS REINSONS, MARTA ZEMĪTE

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts*  
arnolds.reinsons@gmail.com

**Atslēgvārdi:** brīvais fosfors; fosfors; *Legionella pneumophila*

Ikdienā tiek lietotas dažādas metodes, lai izvairītos no baktēriju koncentrēšanās sistēmā. Ūdens sagatavošana process tiek uzlabots. Centrālā ūdens sagatavošanas procesā tas tiek pakļauts dažādām stadijām, kur tiek noņemtas suspendētās vielas, ķīmiskie elementi, mikroorganismi, tiek pievienots hlors. Pēc visiem ūdens apstrādes procesiem ūdens tiek padots caurulēs, kur mikroorganismi ir akumulējušies bioplēvē.

*Legionella pneumophila* ir baktērija, kas ir nozīmīga ūdensapgādes sistēmai, jo tā ir patogēna un, uzņemot pietiekamu daudzumu šīs baktērijas, ir iespējams saslimt ar legionellozi. Šī patogēnā baktērija ir bīstama, jo riska grupas cilvēkiem pastāv augsts fatālo gadījumu procentuālais skaits.

Dzīvojamās ēkās, veicot paraugu noņemšanu, ir konstatētas *Legionella pneumophila* baktērijas, kaut tiek lietotas standarta dezinfekcijas metodes, lai pārliecinātos par legionellas baktērijas neesamību sistēmā tiks samazināta ūdenī esošā fosfora daudzums.

Pētījuma mērķis ir izpētīt dzelzs hidroksīda un smilts filtra ietekmi uz sadzīves ūdens apgādes sistēmu, lai samazinātu *Legionella pneumophila* esamību ūdens apgādes sistēmā  
Darba uzdevums:

- 1) noteikt mikroorganismiem nepieciešamos brīvos savienojumus un augšanas faktorus ūdensapgādes sistēmā; aplūkot fosfora at-tīrīšanas tehnoloģijas;
- 2) analizēt dzelzs hidroksīda filtra dar-

bības procesa ietekmi uz *Legionella pneumophila*;

- 3) veicot datu statistisku analīzi, noteikt *Legionella pneumophila* saistību ar fosfora koncentrāciju.

Eksperimentam tiek izvēlētas divas 464. sērijas ēkas, vienas ēkas ūdens ievadmezglā tiek uzstādīts papild-filtrs, kurā iepildītas 3 frakciju grupu smiltis un dzelzs hidroksīds.

Pētījuma gaita:

- 1) analizēt iepriekš veiktos pētījumus un zinātniskos rakstus;
- 2) izvirzīt hipotēzi un konstatēt neprecizitātes iepriekšējos pētījumos.

Eksperimenta gaita: uzstādīts papildfiltru un nepieciešamos sensorus; iek veikta sistēmas dezinfekcija; tiek veikta sistēmas skalošana; uzsākta ūdens padeves novirzīšana caur dzelzs hidroksīda filtru; bāzes paraugu noņemšana abās ēkās; paraugu noņemšana ar laika intervāliem un nodošana analizēm akreditētā laboratorijā.

Datu apstrāde: iegūtos rezultātus apkopot tabulās un atspoguļot grafikos, salīdzināt ēkas ar papildfiltru un bez papildfiltra; Izvirzīt secinājumus par dzelzs hidroksīda filtra ietekmi uz *Legionella pneumophila*; Izvirzīt priekšlikumu uzstādīt dzelzs hidroksīda filtra uzstādīšanu dzīvojamās ēkās.

Darbā izmantotās metodes: aprakstošā/deskriptīvā statistika (datu statistiskās apstrādes metodes).

Izmantotās ierīces: MQ-14 mehāniskais



ūdens filtrs, plūsmas sensors, elektrovadītspējas sensors.

Izmantotie materiāli: 40kg GEH 102 filtra materiāls ( $\beta$ -FeOOH un  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ); kvarca smiltis trīs frakciju grupās (25 kg 3–5 mm, 25 kg 1–3 mm, 25 kg 0,75–1,25 mm)

Aplūkojot esošo literatūru, nonākts pie šādiem secinājumiem: fosfora atdalīšanas efek-

tivitāte ar dzelzs hidroksīda filtriem ir atkarīga no pH, temperatūras, ūdenī esošiem mikroorganismiem. Fosfora noņemšana līdz ļoti zemām koncentrācijām ir nepieciešamība, lai mazinātu baktēriju augšanu, to iespējams panākt, izmantojot adsorbcijas paņēmienus, taču komerciāli tas netiek izmantots.

# ATTĀLINĀTĀS KONTROLES UN VADĪBAS SISTĒMAS IETEKME UZ ENERGOEFEKTIVITĀTES RĀDĪTĀJIEM

RIHARDS BIGIS, ALDIS GREĶIS

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
rihards.bigis00@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** individuālais siltummezgls; energoefektivitāte; attālinātās kontroles un vadības sistēmas.

Ēku energoefektivitātes paaugstināšanai ir nepieciešama gan ēkas siltināšana, gan inženierkomunikāciju maiņa. Lielu daļu no enerģijas patēriņa sastāda apkures sistēma, jo apkures sezona Latvijā ilgst līdz pat 7 mēnešiem. Pašlaik viena no aktuālākajām metodēm ir individuālā siltummezgla aprīkošana ar automatizācijas, attālinātās kontroles un vadības sistēmām, kuras dod iespēju ietaupīt būtisku siltumenerģijas daudzumu.

Maģistra darba mērķis ir izpētīt, kā attālinātās kontroles un vadības sistēma ietekmē individuālā siltummezgla darbību un energoefektivitātes rādītājus, lai izstrādātu priekšlikumus energoefektivitātes paaugstināšanai. Uzdevumi mērķa sasniegšanai ir:

- 1) jāveic zinātnisko publikāciju analīze;
- 2) jāizvērtē normatīvo aktu un standartu prasības attiecībā uz siltummezgla projektēšanu un automātiku, lai sniegtu priekšlikumus to pilnveidošanā;
- 3) jāzpēta attālinātās kontroles un vadības sistēmas ietekme uz energoefektivitātes rādītājiem;
- 4) jāveic mērījumi un jāanalizē iegūtie rezultāti;
- 5) jāveic ekonomiskais novērtējums.

Eksperimentālā objekta Malnavas ielā 4 individuālajā siltummezglā ar Alfa attālinātās kontroles un vadības sistēmas palīdzību tika mainīts apkures grafiks, izmantojot optimālo apkures samazinājumu, kas ņem vērā bērnu-dārza sanitāro režīmu. Pirms tam darba au-

tors apmeklēja objektu, konsultējās ar vietējo administrāciju par ēkas pagaidu ekspluatāciju un veica bērnu-dārza mērījumus, uzrasēja ēkas plānojumu, iekšējās apkures, ventilācijas un karstā ūdens apgādes tīklus, jo ēkas īpašniekiem trūka dokumentācijas, kā arī priekš korekta apkures grafika iestatīšanas un darbības. Lai apstiprinātu attālinātās kontroles un vadības sistēmas Alfa efektivitāti, kas palīdzēja iestatīt optimālo temperatūras režīmu, autors izmanto arhīva failus, kas savākti, izmantojot šī objekta digitālo uzraudzību, un eksperimenta laikā nolasa datus, lai parādītu ekonomisko efektivitāti turpmākajai vizualizācijai, izmantojot grafikus. Autors nolasa ārējās temperatūras sensoru 9720 reizes nedēļā, tīkla padeves sensoru 653 reizes, septiņu istabas sensoru vidējo temperatūru 9549 reizes katram objektam visā objekta perimetrā, kā arī objekta patērētās KWH 665 reizes. Pēc izveidotā apkures grafika efektivitātes salīdzināšanas, izmantojot teoriju (aprēķinus) un praksi (digitālais monitorings, izmantojot Alfa sistēmu), autors objekta ekonomiskajai salīdzināšanai un novērtēšanai pirms un pēc eksperimenta izmanto arī „Rīgas Siltuma” atklāto statistiku.

Pēc Malnavas ielas 4 objekta apsekošanas tika iegūts bērnu-dārza darba grafiks un izveidots rasējums siltuma zudumu aprēķināšanai. Tika uzstādīta arī Alfa sistēma, kas savienota ar Danfoss ECL 300 kontrolieri, un tika pievienoti papildu sensori: infrasar-

kanie sensori siltuma skaitītāja nolasīšanai, telemetrijas sensors karstā ūdens skaitītājam un septiņi papildu sensori pa bērnu dārza perimetru sanitāro standartu uzraudzībai. Pēc tam tika iestatīts optimālais apkures grafiks, izmantojot dienas un nakts temperatūras kritumus, kas tika koriģēti, izmantojot Alfa digitālo uzraudzību un kontroli. Siltuma zudumu aprēķins tika veikts pirms eksperimenta un pēc Alfa sistēmas ieviešanas ar pielāgotu

apkures grafiku. Darba autors, izmantojot no sensoriem iegūtos datus un digitālo arhīvu, tos vizualizēja grafikos, lai parādītu apkures grafika iestatījumu pielāgošanu un pārbaudi. Noslēgumā tika veikts ekonomiskais salīdzinājums un objekta novērtējums pirms un pēc eksperimenta, izmantojot „Rīgas Siltuma” atklāto statistiku, kā arī tika veikts Alfa sistēmas aprīkojuma atmaksāšanās aprēķins.

# GANDRĪZ NULLES ENERĢIJAS ĒKU PĀRKARŠANAS SAMAZINĀŠANA ZIEMEĻVALSTU KLIMATĀ

ARNIS AUERMANIS, ANATOLIJS BORODIŅECS

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
as-servis@inbox.lv*

Arvien biežāk literatūras avotos, publiskajos medijos un laikrakstos parādās jēdziens *gandrīz nulles enerģijas ēkas*. Šāds jēdziens pirmo reizi Eiropas likumdošanā tika iestrādāts 2010. gada 19. maija Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvā 2010/31/ES par ēku energoefektivitāti, nosakot šādas prasības:

- 1) dalībvalstīm pēc 2020. gada 31. decembra visas jaunās ēkas ir gandrīz nulles enerģijas ēkas;
- 2) Latvijā gandrīz nulles enerģijas ēkas definētas Ēku energoefektivitātes likumā un atbilstoši likumdošanai, sākot ar 2021. gada 1. janvāri visām jaunbūvēm Latvijā jābūt gandrīz nulles enerģijas ēkām.

Ar 2021. gada 16. aprīli Ministru kabineta noteikumos Nr. 222 "Ēku energoefektivitātes aprēķina metodes un ēku energosertifikācijas noteikumi" energoefektivitātes aprēķinos iekļautas prasības ēkas pārkaršanas risku indikatora aprēķināšanai. Viena no ēkas pamatfunkcijām ir nodrošināt to iedzīvotājiem labu termisko komfortu. Pārkaršana vasaras periodā ir viena būtiskākajām problēmām gandrīz nulles enerģijas ēku ekspluatācijā.

Pētījuma mērķis ir izpētīt pasīvās dzesēšanas metodes, lai samazinātu pārkaršanas risku gandrīz nulles enerģijas ēkās, un izstrādāt gandrīz nulles enerģijas ēku projektēšanas vadlīnijas pārkaršanas risku samazināšanai.

Uzdevumi mērķa sasniegšanai:

- 1) veikt zinātniskās literatūras un normatīvo prasību analīzi par termiskā komforta parametriem gandrīz nulles enerģijas ēkās;
- 2) veikt zinātniskās literatūras analīzi ēku pārkaršanas samazināšanai, izmantojot

pasīvās dzesēšanas metodes;

- 3) veikt pasīvo dzesēšanas metožu simulācijas ēku pārkaršanas samazināšanai;
- 4) veikt pētījumu par termiskā komforta parametriem gandrīz nulles enerģijas ēkās;
- 5) izpētīt, vai, izmantojot pasīvās dzesēšanas metodes, ir iespējams samazināt dzesēšanas slodzes par 50 %;
- 6) izstrādāt gandrīz nulles enerģijas ēku projektēšanas vadlīnijas pārkaršanas risku samazināšanai.

Pētījuma teorētiskajā daļā veikta zinātniskās literatūras avotu un normatīvo prasību analīze par termiskā komforta parametriem gandrīz nulles enerģijas ēkās. Tika veikta zinātniskās literatūras analīze ēku pārkaršanas samazināšanai, izmantojot pasīvās dzesēšanas metodes. Veiktas pasīvo dzesēšanas metožu simulācijas ēku pārkaršanas risku samazināšanai. Simulācijas veiktas *Passive House Planning Package PHPP* aprēķinu programmā. Tika salīdzināta pasīvo dzesēšanas metožu efektivitāte un to ietekme uz pārkaršanas risku samazināšanu. Veikti termiskā komforta mērījumi Objektā – gandrīz nulles enerģijas dzīvojamajā ēkā. Mērījumi tika veikti ar iekārtu Testo 480. Mērījumi tika veikti 24/7 ar intervālu 5 minūtes. Tika apkopoti mērījumu iegūtie dati un analizēti simulācijas iegūtie rezultāti. Izstrādātas gandrīz nulles enerģijas ēku projektēšanas vadlīnijas pārkaršanas risku samazināšanai.

Balstoties uz veikto literatūras analīzi, var secināt, ka galvenos pārkaršanas riskus gandrīz nulles enerģijas ēkās rada saules siltuma ieguvumi, kas vasaras periodā sasniedz pat 75 %

no kopējiem siltuma ieguvumiem ēkā.

Mērījumi objektā apstiprina, ka saules radiātie siltuma ieguvumi rada pārkaršanas risku ēkās, jo tiek pārsniegtas termiskā komforta vērtības. Pārkaršanas riskus uzrāda arī gandrīz nulles enerģijas ēkas enerģijas bilances aprēķins.

Veicot esošās ēkas situācijas simulāciju, ēkas pārkaršana (temperatūra iekšējā pārsniedz 25 °C un vairāk) sasniedz 18 % no esošo dienu skaita gadā, kas sastāda 65 dienas. Dzesēšanas slodze ēkai sastāda 906 kWh gadā jeb 5,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Veicot ēkas simulācijas, paredzot ēkas austrumu un dienvidu fasādē virs pirmā stāva

līmeņa pārkares, kā arī ievērtējot nakts vēdināšanu un pastiprinātu ventilācijas sistēmas izmantošanu, kad ārējais temperatūra ir zemāka par iekšējā temperatūru, ēkas pārkaršana (temperatūra iekšējā pārsniedz 25 °C un vairāk) sasniedz 2,4 % no esošo dienu skaita gadā, kas sastāda 9 dienas. Dzesēšanas slodze samazinās uz 181 kWh gadā jeb 1,1 kWh/m<sup>2</sup>.

Gandrīz nulles enerģijas ēku projektēšanā, ievērtējot pasīvās dzesēšanas elementus un veicot pareizu ēkas ekspluatāciju, dzesēšanas slodzes ir iespējams samazināt par 80 %, kā arī uzlabot termālo komfortu vasaras periodā.

# ILGTSPĒJĪGĀS LIETUS ŪDENS NOVADĪŠANAS INFRASTRUKTŪRAS IETEKME UZ NOKRIŠŅU NOTEKŪDENS KVALITĀTI

ALEKSANDRA VAŅKOVA, MARTA ZEMĪTE

*Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
vankova.aleksandra@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** nokrišņi, notekūdens, kvalitāte, grāvis, lietus kanalizācija, ilgtspējīgā infrastruktūra.

Tiek prognozēts, ka līdz 21. gadsimta beigām sagaidāmas arvien biežākas un intensīvākas lietusgāzes un kopējais nokrišņu daudzums palielināsies par 10–21 %. Virszemes noteces piesārņojuma galvenais avots ir antropogēnās darbības – ceļu apledojuma tīrīšana ziemas laikā, autotransporta izmeši, ve metāla jumti, zaļo zonu apstrāde ar pesticīdiem u.c. Mūsdienās ilgtspējīgās lietus ūdens novadīšanas infrastruktūras ieviešana pilsētvidē ir ļoti aktuāla, jo ilgtspējīgā infrastruktūra spēj mazināt teritoriju applūšanas riskus un uzlabot nokrišņu notekūdens kvalitāti. Svarīgi norādīt, ka nokrišņu notekūdeņu izlaides vietās, pirms notekūdeņi nonāk atvērtās ūdenstilpēs, nav konkrēti noteiktas pieļaujamās piesārņojuma normas. Rezultātā tas atstāj plašas interpretācijas iespējas pašvaldībām izvērtēt nokrišņu notekūdeņu ietekmi uz vidi.

Darba mērķis ir izpētīt ilgtspējīgās lietus ūdens infrastruktūras ietekmi uz nokrišņu notekūdeņu piesārņojuma samazināšanu ilgtspējīgā sistēmā un lietus kanalizācijas sistēmā, un izstrādātu priekšlikumus pašvaldībām par ilgtspējīgas lietus ūdens infrastruktūras integrēšanu pilsētvidē.

Izvirzītā mērķa sasniegšanai noteikti šādi darba uzdevumi:

1) izanalizēt nokrišņu notekūdens piesārņojuma avotus un pieļaujamās piesārņojuma normas;

2) izpētīt ilgtspējīgās infrastruktūras priekšrocības un trūkumus nokrišņu notekūdens attīrīšanā;

3) veikt nokrišņu notekūdens pētījuma paraugu analīžu salīdzināšanu, lai izvērtētu lietus kanalizācijas un ilgtspējīgās lietus ūdens novadīšanas infrastruktūras novadāmā nokrišņu notekūdens kvalitāti;

4) izstrādāt priekšlikumus pašvaldībām par ilgtspējīgas lietus ūdens novadīšanas infrastruktūras integrēšanu pilsētvidē.

Pētījuma objekts ir Ogres pilsētas dzīvojamais rajons ar privātmāju un daudzstāvu ēku apbūvi. Nokrišņu notekūdeņi tiek savākti un novadīti ar divām sistēmām: 1) lietus kanalizācijas sistēma (tradicionālā novadīšanas sistēma) un 2) grāvju sistēma (ilgtspējīgā lietus ūdens novadīšanas infrastruktūra).

Lietus kanalizācijas sistēmas (1. paraugu grupa) un grāvju sistēmas (2. paraugu grupa) nokrišņu notekūdeņi iztek vienā vietā pie Ogres upes, kur arī tiek ņemti paraugi analīžu veikšanai. Lai spētu noteikt nokrišņu notekūdeņu piesārņojuma avotus virszemē, svarīgi noteikt iespējamo atmosfēras piesārņojumu, tāpēc papildus tika noteikta 3. paraugu grupa – savāktais lietus ūdens, kas nav saskāries ar zemes virsmu.

Eksperimenta darba plānā ir noteikts ņemt nokrišņu notekūdeņu paraugus katru mēnesi, veicot vismaz piecus izbraukumus uz objektu lietus vai atkušņa apstākļos, laika pos-

mā no februāra sākuma līdz maija beigām. Nokrišņu notekūdens paraugu elektrovadītspēja, temperatūra, izšķīdušais skābeklis un pH tiek noteikti uz vietas ar "HQ40d multi" mērītāju. Suspendētās vielas, kopējais un izšķīdušais organiskais ogleklis, bioķīmiskais skābekļa patēriņš, kopējais slāpeklis, kopējais fosfors, smagie metāli, mikrobioloģiskais piesārņojums, naftas produkti u. c. tiek noteikti laboratorijā. Analīžu rezultāti galvenokārt tiek salīdzināti ar MK noteikumiem Nr. 34 "Par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī" (stājās spēkā 31.01.2002) un MK noteikumiem Nr. 118 "Par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" (stājās spēkā 04.04.2002). Papildus tiek pētīta citu valstu likumdošana un zinātniskā literatūra. Datu apkopošana, apstrāde un statistiskā analīze veikta EXCEL programmā. Ir noteiktas četras nokrišņu notekūdeņu piesārņojuma grupas: atmosfēras nosēdumi, virsmas segumi, pilsētas drenāžas sistēmas un antropogēnās (cilvēka) darbības. Galvenokārt nokrišņu notekūdeņu piesārņojumu veicina antropogēno darbību radītais piesārņojums, kas arī ietekmē pārējās minētas piesārņojuma grupas. Latvijas likumdošanā netiek konkrēti definētas pieļaujamās piesārņotāju robežvērtības pilsētu lietus kanalizācijas un drenāžas sistēmu izlaides vietās. Tas savukārt atstāj plašas interpretācijas pašvaldībām izvērtēt nokrišņu notekūdeņu ietekmi uz vidi un izstrādāt prasības to attīrīšanā. Jo īsāks iepriekšējo sauso dienu periods, jo mazāks piesārņojums virszemes notecē. Sniega kušanas notekūdeņos uzkrājas lielāks piesārņojums nekā lietus notekūdeņu plūsmā.

Nokrišņu notekūdeņu kvalitāte ir atkarīga no grāvju uzbūves. Novadgrāvji veic daļēju notekūdeņu piesārņojuma mazināšanu.

Raksturīgs nokrišņu notekūdeņu piesārņojums ir suspendētās vielas. Ievērojams suspendēto vielu piesārņojums tika novērots 12.03.2021. atkušņa un lietus laikā. Savāktajam lietus ūdenim tika konstatēta 8 mg/l koncentrācija, grāvju sistēmas izlaides vietā – 83 mg/l koncentrācija, lietus kanalizācijas izlaides vietā tika konstatēta 498 mg/l liela suspendēto vielu koncentrācija. Lietus kanalizācijas un grāvju sistēmas iegūtie rezultāti pārsniedz MK noteikumus Nr. 34 pieļaujamo koncentrāciju – 25 mg/l.

Palielinātie elektrovadītspējas rādītāji 12.03.2021. lietus kanalizācijas paraugiem, kas neatbilst MK noteikumiem Nr. 118, norāda uz to, kā ziemas laikā ceļu tīrīšanai no apledošanas izmanto ne tikai smiltis, bet arī sāli. Suspendētās daļiņas kalpo kā piesārņotāju nesēji smagajiem metāliem, tomēr lielākā smago metālu koncentrācija ir novērota grāvju notekūdens paraugos. To var ietekmēt cilvēku saimnieciskā darbība, kā arī smagie metāli lēnajā plūsmā var sedimentēties grāvja dibenā un pakāpeniski izskaloties. Cinka koncentrācija pārsniedz MK noteikumus Nr.118 pieļaujamo koncentrāciju.

Grāvju sistēmas nokrišņu notekūdeņu paraugiem ir fiksēts lielāks mikrobioloģiskais piesārņojums, nekā lietus kanalizācijas paraugiem. Par vienu no iespējamajiem piesārņojuma avotiem var uzskatīt sadzīves notekūdeņu ieplūšanu grāvju sistēmā.

Grāvju regulāra un savlaicīga apkope var uzlabot nokrišņu notekūdeņu kvalitāti.

# SAIMNIECISKO NOTEKŪDEŅU PĒCATTĪRĪŠANA AR MIKROAĻĢĒM

GUNDARS ZAGORSKIS, INĀRA LAUBE

Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
zagorskisgundars@inbox.lv

Saimnieciskie notekūdeņi satur daudz dažādas ķīmiskas vielas, piemēram, fosforu. Tām nokļūstot vidē, pieaug eitrofikācija un citas problēmas. Plaši izmantotās notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas kā ķīmiskā koagulācija un izgulsnēšana ir dārgas. Alternatīva tradicionālajām metodēm ir mikroaļģes, kuras pārstrādā oglekļa dioksīdu no baktērijām, samazinot siltumnīcu efekta gāzes. Mikroaļģes labi darbojas dažādās notekūdeņu vidēs pie nosacījuma, ka ir pietiekams barības vielu daudzums normālai aļģu darbībai.

Pētījuma mērķis ir noteikt mikroaļģu spēju uzņemt barības vielu fosforu un slāpekli, tās turot noslēgtos fotobioreaktoros ar dažādu laika intervālu.

Notekūdens paraugi tika ņemti no privātmājas Jelgavā un uzglabāti 4 fotobioreaktoros, klāt pievienojot *Spirulina platensis* sugas mikroaļģes. Aļģu augšanas kinētika tika veikta ar spektroskopisko analīzi. Pētījums veikts, nepievienojot papildu barības vielas. Spektroskopiskā pārbaude tika izvēlēta un apstiprināta ar sausās biomasas mērījumiem.

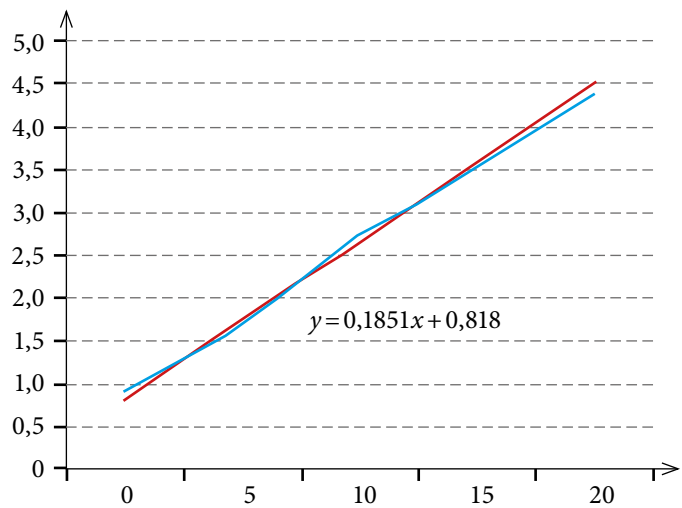
Pēc 5, 10, 15 un 20 dienu intervāla biomasas daļa tika atdalīta un analizēta pēc dažādiem parametriem (pārneses procenta, koncentrācijas, optiskā blīvuma). Tālākā praktiskajā gaitā biomasa tika filtrēta, žāvēta, lai noteiktu tās svaru. Metodika izmantota visos fotobioreaktoros.

Biomasas augšana tika kontrolēta ar spektrofotometru. Galvenie augšanas parametri ir transmisijas pārraides procentuālā daļa (%T), optiskais blīvums (adsorbēcija), koncentrācija. Papildus tam veikti arī biomasas svara mērījumi, biomasas svara un sausnas svara mērījumu spektroskopiskā analīze. Instruments darbojas pie viļņa garuma no 340 nm līdz 960 nm. 1. attēls izsaka lineāru sakarību aļģu blīvuma variācijai atkarībā no laika. Notekūdeņu vidē aļģu biomasa spēj augt. 1. tabulā norādīti kvalitātes parametri un vērtības notekūdeņiem. Secinājumā pierādās, ka notekūdeņu kvalitāte uzlabojas pēc aļģu augšanas ilgākā laika intervālā. Palielinās CO<sub>2</sub> patēriņš fotosintēzei, jo pH līmeņa vērtība mainās no skāba uz sārmainu.

1. tabula. Notekūdeņu kvalitātes parametri un vērtības

Nr.p.k.	Parametrs	Ūdens sākuma paraugs	Paraugs pēc 5 d.	Paraugs pēc 10 d.	Paraugs pēc 15 d.	Paraugs pēc 20 d.
1.	pH	7,8	8,7	8,9	9,0	16,0
2.	Duļķainība	29,2	14,58	14,08	13,53	13,10
3.	Kopējā cietība mg/L	1390	1300	1230	1180	1150
4.	Sulfāti mg/L	1286	912	976	1112	1145
5.	Fosfāti mg/L	100	0,19	0,08	0,064	0,05
6.	Nitrāti µg/L	2,69	0,88	0,76	0,60	0,43





1. attēls. Aļģu biomasas pieaugums attiecībā pret dienu skaitu.

---

# TRANSPORTBÜVES

---

# 06

# TILTA STARPBALSTU FORMAS IETEKME UZ UPES IZSKALOJUMIEM

DENISS ŽDANOVŠ, ILZE ROZENTĀLE

*Ceļu un tiltu katedra  
zdanovsdeniss@gmail.com*

**Atslēgvārdi:** izskalojumi; tilta balstu forma; cilindrisko tilta balstu izkārtojums.

Taisnstūrveida tilta balstiem ir dziļāki izskalojumi nekā cilindriskas formas balstiem sakarā ar ūdens plūsmas aizkavēšanu [1].

Disks, kas ir izbūvēts ap cilindriskas formas balstu zem upes gultnes līmeņa, spēj pasargāt tilta balstu konstrukciju, no islaicīgiem izskalojumiem [2].

T veida izgriezums cilindriskā tilta balstā pie upes gultnes spēj vislabāk pasargāt no dziļu izskalojumu veidošanās nekā citas formas izgriezumi tiltu balstos [3].

Izbūvējot cilindriskas formas tilta balstus pirms vecajiem prizmatiskās formas balstiem, tiek palielināts izskalojumu dziļums prizmatiskajam balstam par 15% [4].

Novietojot trīs cilindriskas formas balstus vienā rindā, dziļākie izskalojumi ir novērojami pirms pirmā un otrā tilta balsta [5].

Izbūvējot cilindriskas formas balstus pirms prizmatiskajiem balstiem, izskalojumu veids nemainās, bet mainās izskalojumu dziļums [6].

Novietojot cilindriskas formas balstus paralēli straumes virzienam, ir novērojami seklāki izskalojumi, nekā izbūvējot dotos balstus perpendikulāri straumes virzienam [7].

## ATSAUCES:

1. Al-Shukur A. H. K., Obeid Z. H., (2016) "Experimental Study of Bridge Pier Shape to Minimize Local Scour", IJCIET., pp. 1632–171.
2. Bestawy A., Eltahawy T., Alsaluli A., Almaliki A., Alquarashi M., (2020) "Reduction of local scour around a bridge pier by using different shapes of pier slots and collars", 1006–1015, IWA Publishing.
3. Bestawy A., Eltahawy T., Alsaluli A., Almaliki A., Alquarashi M., (2020) "Reduction of local scour around a bridge pier by using different shapes of pier slots and collars", 1006–1015, IWA Publishing.
4. Voskoboinick A., Turick V., Voskoboinick V., Voskoboinick A., (2021) "Interaction of Group of Bridge Piers on Scour", pp.3–16.
5. Voskoboinick A., Turick V., Voskoboinick V., Voskoboinick A., (2021) "Interaction of Group of Bridge Piers on Scour", pp. 3–16.
6. Voskoboinick A., Turick V., Voskoboinick V., Voskoboinick A., (2021) "Interaction of Group of Bridge Piers on Scour", pp.3–16.
7. Beg M., Beg S., (2013) "Scour Reduction around Bridge Piers: A Review", International journal of Engineering Inventions., pp. 07–15.