**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

**Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte**

# RTU 61. STUDENTU ZINĀTNISKĀS UN TEHNISKĀS KONFERENCES TĒZES

**Dizaina tehnoloģiju apakšsekcija**

**Materiālzinātnes un polimēru materiālu tehnologijas apakšsekcija**

**Organisko savienojumu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija**

**Silikātu, augsttemperatūras un neorganisko nanomateriālu tehnoloģijas apakšsekcija**

**Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas, biomateriālu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija**

Rīga – 2020

# Saturs

## Dizaina tehnoloģiju apakšsekcija

***Ilze Balgale.*** Interaktīvs tekstila spiedslēdžu panelis..... 6

***Darja Luņeva.*** Mācību procesa digitalizācija dizaina jomā..... 7

***Kristiāna Romanovska-Grīnberga.*** Vides pieejamības pētījums Rīgas dievnamos..... 8

***Gustavs Šķērstiņš.*** Cēsu vienības laukuma labiekārtošanas iecere..... 9

***Alise Linda Valdheima.*** 3D printera kvēldiegs no kaņepju un PLA kompozītmateriāla..... 11

***Laura Vikmane.*** Aprites ekonomika mēbeļu nozarē..... 12

***Laimdota Vilcēna.*** Betulīna preperātu nanolīmeņa tehnoloģiju izstrāde..... 13

## Materiālzinātnes un polimēru materiālu tehnologijas apakšsekcija

***Anda Barkāne.*** Lignocelulozes saturošo nanostrukturēto koksnes imitējošo kompozītu materiālu tintes pagatavošana stereolitografijas aditīvām tehnoloģijām……... 15

***Sintija Eglīte.*** Etilēn-vinilacetāta kopolimēra un augsti strukturētu oglekļa kvēpu kompozītu termo-elektriskās īpašības…… 16

***Andrejs Joņins.*** Epoksīdu kompozītmateriālu pildvielas no pārstrādātiem izejmateriāliem…….. 17

***Edgars Kampe.*** Lignocelulozes biopolimēru kompozītu fotopolimerizācija…….. 18

***Paula Kaufelde.*** Kontakt-elektrifikācijas mehānisms uz polidimetilsiloksāna (PDMS) virsmas…… 19

***Kristers Kārkliņš.*** Apkārtējās vides iedarbības faktoru ietekmes izvērtēšana uz polipropilēna kompozītu ar dabas izcelsmes piedevām īpašībām…… 20

***Dinārs Krauss.*** Polimēru kompozīti ar EMI īpašībām……. 21

***Artūrs Nesaule.*** Polilaktīda un polibutilēna-adipāta-tereftalāta maisījumu iegūšana un izvēlētu īpašību raksturošana…….. 22

***Marija Pakļenkova.*** Vilnas tekstilmateriālu apdares pētījumi…….. 23

***Paula Raina Rubene***. Celulozi saturošu tekstilmateriālu izkodināšanas drukas pētījumi……... 24

***Aleksandrs Sereda.*** Polibutilēna sukcināta un nanofibrilētās celulozes kompozīti…….. 25

***Romāns Smirnovs.*** Polimēra materiāla īpašību modificēšana ar FFF drukāšanas tehnoloģiju…….. 26

***Madara Varkale.*** Ar atjaunojamām izejvielām modificētu polipropilēna kompozītu izstrāde un mehānisko, un termisko īpašību noteikšana spiedlietu izstrādājumu iegūšanai…….. 27

## Organisko savienojumu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija

***Haralds Baunis.*** DDQ mediēta *p*-metoksibenzilgrupas elektroķīmiska šķelšana…… 29

***Māris Bazulis***. Lupānu rindas izoksazolu konjugātu sintēze un pielietojums bioloģiski aktīvu vielu meklējumos…… 30

***Aleksandrs Čižikovs***. Kobalta katalizēta C(sp)$^2$-H saites karbonilēšana…….. 31

***Niks Freimanis***. Triterpenoīdu pirazolu un bistriazolu konjugātu iegūšana…… 32

***Anastasija Gaile***. Heterociklisko *o*-hinonu reakcijas ar *C*-nukleofīliem…….. 33

***Toms Izmailovs***. Katjona-π mijiedarbību ietekme uz luminoforu optiskajām īpašībām…….. 34

***Andris Jeminejs***. Azīda-tetrazola līdzsvara pielietojums ariltiopurīna atvasinājumu sintēzē…….. 35

***Kārlis Ēriks Kriķis***. Purīnu C6-fosfonātu atvasinājumu sintēze $S_NAr$ – Arbuzova reakcijā…… 36

***Rasma Kroņkalne***. Pārgrupēšanās reakcijas propargilsilānos iekšmolekulārai ciklisku savienojumu sintēzei……. 37

***Kristaps Leškovskis***. Nukleofīlu-elektrofīlu pāru pievienošana π-elektronu sistēmām šķidrā sēra dioksīdā…….. 38

***Anastasija Naumova***. Mežistrādes atlikumu vidēji ātrā pirolīze…….. 39

***Elīna Peipiņa***. Ar C-C saiti savienoti lup-20(29)-ēna - azolu konjugāti…….. 40

***Dārta Zelma Skrastiņa***. Lipofīli arilmetilmeldrumskābju antioksidanti…….. 41

***Artūrs Sperga***. Nitroalkēnu pielietojums Korija-Čaikovska reakcijā ar fluormetilsulfonija sāļiem…… 42

***Georgijs Stakanovs***. (–)-β-Kariofilēna modificēšanas iespēju izpēte……... 43

***Agija Stanke***. Fišera-Tropša sintēze izmantojot balstītus Fe un Co katalizatorus…… 44

***Jevgēnija Vladiko***. 1,2-Propāndiola oksidēšanas kinētika uznesto cēlmetālu klātbūtnē…….. 45

***Jānis Miķelis Zaķis***. Azidopurīnu Meizenheimera kompleksu pielietojums jaunu sintēžu metožu izstrādē……... 46

**Silikātu, augsttemperatūras un neorganisko nanomateriālu tehnoloģijas apakšsekcija**

***Anete Ansberga.*** Dažāda veida atkritumproduktu izmantošana keramikas izstrādājumu iegūšanai..... 48

***Alise Bētiņa.*** Organiskās krāsvielas adsorbcija keramikas un aktīvās ogles kompozīta materiālam..... 49

***Mairis Iesalnieks.*** Sola-gēla sistēmas CeO2-ZrO2-TiO2-SiO2 pārklājumu ieguve nerūsējošam tēraudam AISI 304 - virsmas topogrāfijas un elektroķīmiskie pētījumi..... 50

***Alise Ozoliņa.*** Sola-gēla sistēmas – ZnO, TiO2, SiO2 – pārklājumu ieguve nerūsējošam tēraudam AISI 304 - virsmas topogrāfijas un antibakteriālo īpašību pētījums..... 51

***Ilmārs Pokšāns.*** Illītu mālu ietekme uz keramisko akmensmasu fāžu sastāvu un īpašībām..... 52

**Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas, biomateriālu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija**

***Pauls Pāvils Ārgalis.*** Ar sārmu aktivizētu saistvielu izstrāde ceolītu saturošu granulu izgatavošanai.... 54

***Sofja Batalova.*** Antibiotiķi biomateriālu sastāvā kaulaudu inženierijai..... 55

***Kristīne Beļūne.*** Hialuronskābes/ε-polilizīna/kalcija fosfātu hidrogēli kaulaudu reģenerācijai..... 56

***Karīna Egle.*** Autologu fibrīna matricu izstrāde kontrolētai zāļu piegādei..... 57

***Normunds Eliņš.*** Ropivakaīna šķīduma ražošana izmantojot BFS metodi..... 58

***Andra Grava.*** *In situ* kalcija fosfātu sintēzes zīda šķīdumā..... 59

***Nika Ijudina.*** Ketorolaka trometamīna kontrolētas piegādes sistēmas izstrāde uz poraina hidroksilapatīta bāzes..... 60

***Sabīne Anna Irbe.*** Mikroaļģes *Spirulina platensis* sastāvu ietekmējošie faktori..... 61

***Ilze Kalniņa.*** Aktīvās ogles pētījumi CO2 adsorbcijai..... 62

***Kintija Katkovska.*** Stroncija jonus saturošs amorfais kalcija fosfāts..... 63

***Inta Kreicberga.*** Biodegradējamu kompozītmateriālu izstrāde uz biopolimēra bāzes..... 64

***Anta Krūmiņa.*** Augsttemperatūras apstrādes ietekme uz α-trikalcija fosfāta īpašībām..... 65

***Beāte Lācīte.*** Aktivēto ogli un alginātu saturošas porainas mālu keramikas granulas ūdens attīrīšanai no smagajiem metāliem..... 66

***Raimonds Makars.*** Ekoloģiskas saistvielas ieguve un izpēte no bērza tāss..... 67

***Marika Mosina.*** Amorfu kalcija fosfātu sintēze ar kontrolējamu Ca/P molāro attiecību..... 68

***Igors Sivačovs.*** Gaļas pārstrādes notekūdeņu primāro dūņu masas plūsmas matemātiskā modelēšana... 69

***Mārīte Skrinda.*** Kalcija fosfāta cements 3D printētu porainu titāna pamatņu aizpildīšanai..... 70

***Artemijs Ščegolovs.*** Ķīmiski šķērssaistītu hidrogēlu uz ε-polilizīna un hialuronskābes bāzes antibakteriālās īpašības..... 71

***Alise Švarca.*** Hialuronskābes/kalcija fosfātu hidrogēli palēninātas izdalīšanās zāļu piegādes sistēmu izveidei..... 72

***Elīza Tračuma.*** Kontrolētas izdalīšanās lokālu gentamicīna sulfāta piegādes sistēmu izveide un analītisko metožu izstrāde aktīvās vielas izdalīšanās kinētikas noteikšanai..... 73

***Signe Zemjāne.*** Amorfā kalcija fosfāta saķepināšana ar auksto saķepināšanas procesu..... 74

***Elena Zhavoronkova.*** Bakteriofāgus saturošu antibakteriālu pārklājumu izstrāde uz biopolimēru bāzes 75

# Dizaina tehnoloģiju apakšsekcija

# Interaktīvs tekstila spiedslēdžu panelis

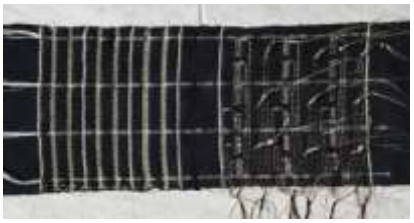
Ilze Balgale (1.kursa Apģērbu un tekstila tehnoloģijas doktora programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Ilze Baltiņa (zinātniskā vadītāja)

*Dizaina tehnoloģiju institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* ilze.balgale@rtu.lv

Pēdējos gados par īpašu interešu jomu kļuvusi daudzfunkcionālu vērtību integrēšana ikdienas tekstilizstrādājumos. Šādu tekstilizstrādājumu attīstība balstās uz jaunākās paaudzes tekstiliju struktūrām, tā dēvētajām viedajām vai interaktīvajām tekstilijām, kuru pielietojums var būt gan apģērbu, gan tehnisko tekstiliju izgatavošanā. Interaktīvas tekstilijas apvieno viedos tekstilmateriālus un integrētas informācijas tehnoloģijas jauna veida tekstiliju sistēmā. Šādas sistēmas parasti veido dažāda veida tekstila sensori [1]. Viens no šādiem sensoriem ir spēka spiediena sensors, kura darbības pamatā ir struktūra, kas ir jutīga pret pieskārieniem vai spiedienu. Pastāv dažādi tekstila spēka spiediena sensoru veidi, no kuriem daži balstās uz vienkāršu mehānisku darbību, piemēram, darbojas kā spiedslēdzis, citi spēj noteikt sarežģītākus spēka/spiediena lieluma mērījumus [2]. Vienkāršus tekstila spiedslēdžus izgatavo ar dažādu tehnoloģiju palīdzību no vairākiem tekstilmateriālu slāņiem tādā veidā, lai, divu virsmu saspiešanas rezultātā, rastos elektriskais kontakts. Tekstila spiedslēdžiem kā kontaktelektrodi ir izmantojamas gan elektrovadošas tekstildrānas, gan arī iestrādāti elektrovadoši tekstilpavedieni. Šo metodi bieži izmanto izgatavojot spiedslēdžus no trim drānu kārtām – divi elektrovadoši slāņi, starp kuriem atrodas atdalošais izolācijas slānis. Izgatavojot tekstilmateriālu ar vairākām kontaktelektrodu saskaršanās vietām, iespējams izgatavot tādu spiedslēdžu kopu, kur iespējams noteikt spēka/spiediena pielikšanas vietu. Šādas kopas sauc par pozīcijas spiedslēdžiem. Vienkāršu pozīcijas spiedslēdžu gadījumā katrs kontaktelektrods ir savienots ar atsevišķi kontrolējamu elektrovadošo celiņu, kas var būt savienots tieši ar patērētāju (piemēram, gaismu izstarojošām diodēm) vai, sarežģītāku izpildfunkciju veikšanai, ar mikrokontrolieri.

Pētījuma ietvaros izstrādāta tekstila spiedslēdžu kopa, ko veido 18 spiedslēdži, kas nospiešanas gadījumā ieslēdz atbilstošu gaismu izstarojošo diodi. Spiedslēdžus veido divi auduma slāņi ar ieaustiem elektrovadošajiem pavedieniem un ievietotu izolējošo starpslāni no adītas spraislājdrānas. Kontaktelektrodu vietās starpslānī izveidotas atveres. Interaktīvās funkcijas nodrošināšanai paneļa darbību regulē mikrokontrolieris.



**1. att.** Audums ar ieaustiem elektrovadošajiem pavedieniem.

**2. att.** Paneļa izgatavošanas process.

**3. att.** Interaktīvais panelis darbībā.

Savstarpēji nesaistītu spiedslēdžu kopa izgatavota interaktīva tekstila paneļa veidā, kas darbojas gan kā spēle „desas", gan kā dekoratīvs elements. Paneli ir iespējams pievienot somai, līdz ar to sniedzot drošības funkciju - tiek nodrošināta redzamība diennakts tumšajā laikā.

## LITERATŪRA

[1] Berglin, Lena. Interactive Textile Structures. PhD thesis. Göteborg [Chalmers University of Technology], 2008. 200 p.
[2] Bonato, P. Wearable sensors/systems. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, pp 18-20, May/June 2003.

**Interactive textile switch panel**.
In this project are shown textile force pressure switch prototype: a multilayer construction consisting of two layers of woven fabric with conductive yarn and a knitted trhree-dimentional interlayer. The switch patterns are designed as multiple switch array. The result is an interactive panel with an entertaining and decorative feature where the switches turn on the light emitting diodes.

# Mācību procesa digitalizācija dizaina jomā

Darja Luņeva (2.kursa Materiālu tehnoloģijas un dizaina maģistra programmas studente)

*Dr. arch.* Andra Ulme (zinātniskā vadītāja)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts: darja.luneva@gmail.com*

Maģistra darba temats ir "Mācību procesa digitalizācija dizaina jomā". Tika izvēlēta tieši šī pētīšanas tēma, jo ir jāpēta jauni mācību veidi, lai izglītības vide atvieglotu pašreizējo kompetenču apguvi un vienlaikus izmantotu digitalizācijas piedāvātās iespējas.

Pētījuma mērķis ir pielietot interaktīvus rīkus jaunai studijas programmai "Materiālu dizains un tehnoloģija" priekšmetā "Dizaina analīze un kritika". Tēma ir aktuāla, jo vien plašāk daudzas iestādes pāriet uz tālmācības apmācības veidu. Ir jāsameklē risinājumi mācību procesam dizaina jomā.

Mērķis ir izveidot plānu, kā ir jārīkojas, ja pasniedzējs lemj veidot savu kursu *online*. Apkopot jau publicētos rakstus, izanalizēt jau esošas platformas, grafiskā dizaina tendences un pasniegšanas veidus, lai izvēlētos visefektīvāko. Pārstrādāt jau esošas kursa prezentācijas pēc jaunām grafiskā dizaina tendencēm, izdomāt un izveidot pārbaudes uzdevumus studentiem, piemēram, testus. Tēzes atspoguļo maģistra darba iestrādnes.

Mērķa sasniegšanai pielietotās metodes:

- Aprakstošā metode jeb monogrāfiskā, jo tiek aprakstīta esošā situācijā, grafiskā dizaina tendences, apmācības kursu iespējas;
- Eksperimentālā pētījuma metode, jo ir eksperiments ar testiem;
- Sintēzes metode, jo tiek apvienota visa iegūtā informācija vienā darbā;
- Sistēmiskās analīzes metode, jo tiek sistematizētas visas lekcijas, testi un konspekti.

Balstoties uz pieredzi, tika apskatītas digitalizācijas priekšrocības un trūkumi, kā arī pedagoģiskie modeļi. Lai kvalitatīvi izpildītu darbu, tika ievēroti galvenie dizaina domāšanas principi.

Tika izstrādāts vienotais dizains kursa prezentācijām un konspektiem, lai studentam šis izvēlētais dizains būtu saistošs un lai asociējās ar konkrētu priekšmetu. Dizains ir izstrādāts ievērojot 2020.gada tendencēm grafiskā dizainā. Ir izstrādāti testi un uzdevumi. Uzdevumi ir nepieciešami, jo it īpaši dizaina studentiem ir jāpielieto savas spējas praksē un jāpielieto sava radošas idejas.

Tā kā kurss ir domāts apgūšanai tiešsaitē būs nepieciešami videomateriāli. Tika izvērtēts labākais pasniegšanas veids jeb prezentācija un video ar pasniedzēju galvenajā lomā, kas palīdz piesaistīt studentu uzmanību. Pateicoties II. kursa maģistrantūras studentiem, tika veikts eksperiments – novadīts seminārs šajā formātā, kas bija nofilmēts kopā ar RTU Mediju centru. Šīs materiāls tiks izmantots mācību nolūkiem.

Eksperementālajā veida, ir secināts, ka semināra formāts nav tik energoietilpīgs, bet nav tik kvalitatīvs. Notika mācību eksperiments ar studentiem, lai izprast studentu atsaucību, kā arī konstatēt testa nepilnības un trūkumus.

Dizaina izglītība nav iespējama tikai ar teorijas apskatu, tomēr ir vajadzīgi reālie projekti vai uzdevumi. Tāpēc pilnīga aizstāt visas klātienes lekcijas ar videomateriāliem nevar. Ir nepieciešams rīkot seminārus vai skates kopā ar studentiem klātienē. Studentiem ideja par attālināto kursa apguvi patika, attiekme ir pretimnākoša. Digitalizācija jau tagad skar gandrīz visas cilvēka jomas un izgītības process arī. Tāpēc arī RTU ir jāstrāda pie interaktīvo rīku pielietošanu mācību procesā.

**Digitalization process of design education.**
This research topic was chosen because new ways of learning need to be explored in order to make the remote learning easier for the acquisition of existing competencies and at the same time take advantage of the opportunities offered by digitalization.
Design education is not only possible with a review of theory, but real projects or tasks are needed. Therefore, it is not possible to completely replace all face-to-face lectures with videos or video conferencing. It is necessary to organize seminars or exhibitions with students in person. Students liked the idea of remote learning and the attitude is welcoming. Digitization is already affecting almost all areas of society and as well as the educational process. Therefore, RTU must also work on the use of interactive tools in the learning process. In addition, with the current events in mind, competitive advantages will be had with those that provide emphasis and funding on virtually led classes.

# Vides pieejamības pētījums Rīgas dievnamos

Kristiāna Romanovska-Grīnberga (2. kursa Materiālu dizaina un tehnoloģijas maģistra programmas studente)

*Dr. arch.* Andra Ulme (zinātniskā vadītāja)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* kristianarom@inbox.lv

Vides pieejamība pārsvarā tiek uztverta kā šķēršļu likvidēšana cilvēkiem ar īpašām vajadzībām. Balstoties uz universālo dizainu un tā principiem, publiskajām telpām jābūt pieejamām ikvienam sabiedrības loceklim. Kristīgā ticība mūsdienās ir gan tradīcija, Dieva vārdi un rituāli, gan sociālā palīdzība. Tāpēc dievnamam ir jābūt visaptverošam, tādam, lai ikviens sabiedrības loceklis spētu lietot tā pakalpojumus, būt neatkarīgs un līdzvērtīgi iekļauties Baznīcas aktivitātēs. Pētījuma mērķis ir gūt priekšstatu par esošo situāciju un problēmām vides pieejamības principu un vadlīniju integrēšanai sakrālajās celtnēs, kā arī veikt secinājumus par problēmas iespējamajiem risinājumiem. Līdz šim brīdim Latvijā veikti vairāki pētījumi, uz kuriem balstoties var secināt, ka vides un informācijas pieejamības jomā Latvijā ir nepilnības. Tās traucē cilvēkiem ar funkcionāliem ierobežojumiem veiksmīgi integrēties sabiedrībā un izmantot vienlīdzīgās tiesības un brīvību [1, 2]. Visaptveroša un regulāra esošās situācijas analīze vides pieejamības jomā Latvijas dievnamos nav veikta. Pētījuma objekts ir kristīgo konfesiju dievnami, kuri minēti Latvijas Civillikuma 51. pantā - luterāņi, Romas katoļi, pareizticīgie, vecticībnieki, metodisti, septītās dienas adventisti un Mozus ticīgie. Ņemot vērā statistikas datus, pētījumā ietvertas arī dažas citas izplatītas konfesijas: baptisti, vasarsvētki, mormoņi, jaunā paaudze, anglikāņi, jaunapustuļi un evaņģēliskās ticības kristieši. Pētījumā lietotās metodes: likumdošanas un literatūras analīze, pirmā apsekošana (digitālā analīze un mērījumi), salīdzinošā analīze, ekspertu aptaujas un intervijas, sabiedrības aptaujas, kritēriju izstrāde, otrā apsekošana (digitālā analīze un mērījumi), procentuālie aprēķini un grafoanalītiskās metodes. Pētījuma gaitā apsekoti 86 Rīgas dievnami. Pirmreizējās apsekošanas laikā Rīgas dievnamos (07.09.2018.-05.11.2018.) konstatētas būtiskas nepilnības publisko ēku vides pieejamības prasību izpildē. Saskaroties arī ar citiem šķēršļiem - privātīpašumi, nepareizi norādītas adreses, būvdarbi un piekļuves liegšana - turpmākais pētnieciskais darbs saistās ar 79 Rīgas dievnamiem. Pēc otrreizējās apsekošanas un aprēķinu veikšanas, sakrālās celtnes organizētas grupās pēc to visu elementu kopējās vidējās atbilstības pieejamības prasībām. Lielākā daļa apsekoto Rīgas dievnamu pēc vides pieejamības aprēķinātās vidējās vērtības atrodas zem 50% atzīmes. Dievnamu pieejamībā galvenās problēmgrupas ir uzbrauktuves un informācijas zīmes - to neesamība vai esošo neatbilstība prasībām. Tā kā daļa Rīgas baznīcu ir ar kultūrvēsturisko statusu, tām ir dažādi būvniecības ierobežojumi un apgrūtinājumi, lai pēc iespējas maksimāli saglabātu objekta un tā elementu vēsturisko vērtību. Pasaulē, arī Latvijā, arvien turpina palielināties to sabiedrības pārstāvju skaits, kuriem ir dažādi pārvietošanās ierobežojumi, kas ne vienmēr ir cilvēki ar īpašām vajadzībām. Vērtējot situāciju Latvijā kopumā, gan izceļot konkrētu grupu -dievnamus - var identificēt būtiskas problēmas vides pieejamības jomā. Tomēr, ir vērojama pozitīva tendence, jo pēdējos gados vides pieejamībai tiek pievērsta arvien lielāka uzmanība, kā arī norisinās sadarbība ar ārzemju ekspertiem un gūtas zināšanas no viņu pieredzes.

## LITERATŪRA

[1] Labklājības ministrija (2019). Plāns pieejamas vides veidošanai Latvijā 2019.-2021.gadam. Latvija: Rīga.
[2] Tiesībsargs (2018). Latvijas Republikas tiesībsarga 2017. gada ziņojums. Latvija: Rīga.

**The Research of Environmental Accessibility in Riga Churches**.
The topic of the research is equally important both in Latvia and worldwide. Environmental accessibility is generally perceived as removing obstacles for people with special needs. According to the universal design and its principles public spaces should provide equal accessibility for every member of society. In modern world Christianity is a tradition, words and rituals of God, as well as social assistance. This is the reason why it is crucial for it to be comprehensive, so that everyone could use provided services independently and be equally involved in the church's activities. The research analyses problems that occur in existent urban environment and examines 86 churches located in Riga.

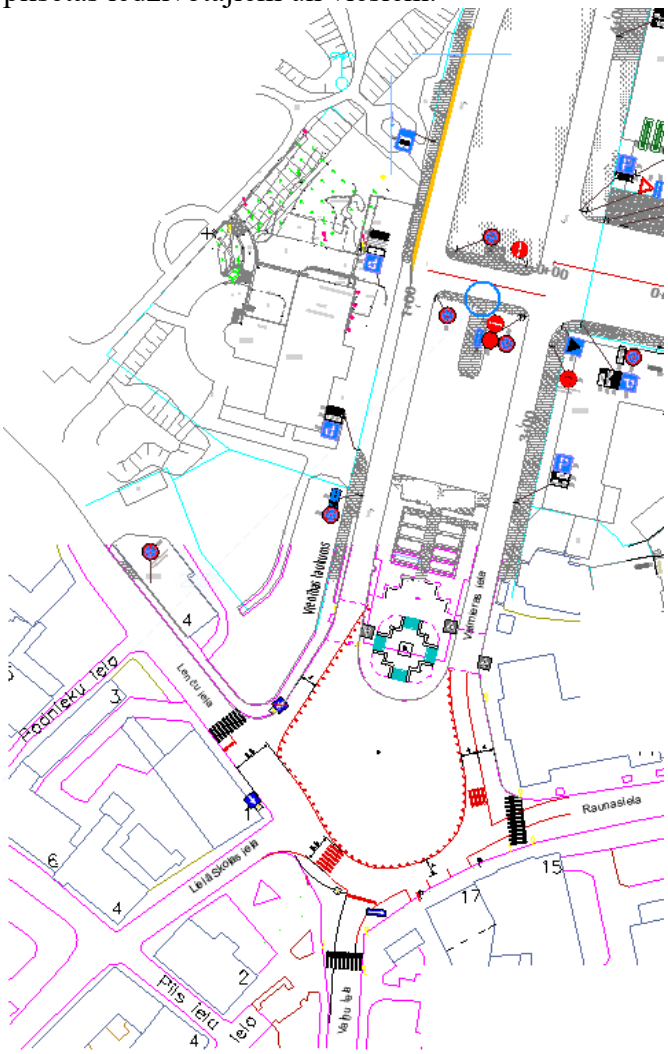
# Cēsu vienības laukuma labiekārtošanas iecere

Gustavs Šķērstiņš (2. kursa Materiālu dizaina un tehnoloģiju maģistra studiju programmas students)

*Dr. arch. Andra Ulme* (zinātniskā vadītāja)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* gustavs.skerstins@gmail.com

Darba mērķis ir izpētīt Cēsu Vienības laukuma teritoriju nosakot attīstības potenciālu, iztrādājot aktuālu priekšlikumu laukuma labiekārtošanā, atbildīgi izsvērtējot iedzīvotāju, jau izstrādātos priekšlikumus un pašvaldības vajadzības. Mērķis izveidot kvalitatīvu publiskās ārtelpas un tās objektu konceptu, veidojot to kā unikālu pilsētvides objektu un radot augstas estētiskās kvalitātes pilsētas centrālo laukumu, kurā prasmīgi ir iekļauti īpaši mākslinieciski, arhitektoniski un ainavas elementi, kas veidoti ieturēti vienotā stilā, par pamatu ņemot pilsētas vēsturisko plānojumu, vienlaikus nodrošinot estētisku un labiekārtotu vidi pilsētas iedzīvotājiem un viesiem.




**1.att.** Cēsu vienības laukuma plāns 1:2500

Strauji mainīgo ekonomisko un sociālo apstākļu maiņas ietekmē ar vien nozīmīgāk ietekmē, kā cilvēki izmanto un veido savu vidi. Mūsdienu pilsētvide daudzos veidos ir sarežģīta. Tas ir neviendabīgāks. Palielinoties mobilitātei, komunikāciju tehnoloģijām un globalizācijai, pilsētu teritorijas paplašinās, izraisot dzīvesveida izmaiņas, tādējādi izmantojot sabiedriskās telpas. Publiskās telpas pārvaldību var dalīt divās funkcijās:

1.nepietiekama publisko telpu pārvaldība;
2.pārmērīga publisko telpu pārvaldība.

Pirmā grupa koncentrējas uz sliktu sabiedrisko telpu dizainu un funkciju zaudēšanu. Pieaugošā transportlīdzekļu satiksme, lietotāju grupu segregācija, publiskās telpas atstāšana novārtā, personu privāto attiecību palielināšanās ir vieni no iemesliem, kāpēc "sabiedriskā dzīve" pasliktinās un sabiedriskās telpas degradējas. No otras puses, otrā grupa kritizē uzņēmējus un varas iestādes par sabiedrisko telpu publiskuma graušanu, izmantojot komercializāciju un indivīdu vai šauru grupu intrešu izvirzīšanu priekšā sabiedrības vajadzībām. Publiskie laukumi ir viena no nozīmīgajām sabiedriskajām telpām pilsētvidē. Pilsētas laukumi ir atvērtas publiskas telpas, kas atspoguļo pilsētas identitāti un kopienu kultūras izcelsmi.

Tās ir vietas, kur pulcējas sabiedrības pārstāvji, un kopš seniem laikiem notiek "pilsētas dzīve".Pilsētas laukumi kā pilsētas struktūras pamatelements veicina pilsētas tēla un prestiža veidošanu. Saskaņā ar Bertrand Levy (2012) teikto, galvenā atšķirība starp publisko parku un publisko skvēru ir tā, ka "uz laukuma pilsoņi nav saistīti ar dabas izpausmēm, bet gan ar pilsētas kultūras, vēstures un atmiņas sirdi" [1].Pēdējo dažu gadu desmitu laikā daudzi pilsētu laukumi ir zaudējuši savu funkciju un lomu sabiedrisko telpu izmantošanas izmaiņu dēļ. Tāpēc pilsētas laukumu projektēšana gan kā publiska, gan kā atvērta telpa tagad prasa lielāku nozīmi un uzmanību.

Vienības laukums ir lielākais no Cēsu pilsētas laukumiem, kurā krustojās galvenās maģistrālās ielas. Vienības laukuma centrā, maģistrālo plūsmu krustpunktā, projektēta apļveida kustība, kas savieno Vecpilsētas loku ar galvenajām pilsētas ielām. Vienības laukums sastāv no divām funcionālām zonām – transpota plūsmas zona, un publiskā rekreācijas zona, jeb zaļā zona, kas savukārt ir sadalīta divas daļās. Primāri tika izvērtētas iespējas, kā esošās publiskās teritorijas abas zonas funcionāli un droši savienot.

Pētījumā izsmantotās metodes:

- Salīdzinošā analīžu metode – izmantota esošās situācijas raksturojums publisko skvēru labiekārtošanā latvijas mērogā un salīdzināšanaa ar pasaules valstu pieredzi.
- Intuitīvā metode – izmantota atsevišķu kritēriju konstatēšanai apsekotajos publiskos skvērus.
- Kvantitatīvā metode – esošās situācijas izzināšanai un izpētei izstrādātas iedzīvotāju un speciālistu aptaujas.
- Monogrāfiskā jeb aprakstošā metode – pētījumā izmantota analizēto teoriju, izpētes procesā iegūto atziņu un pētījuma rezultātu aprakstīšanai.

Kvalitatīva publiskās telpas attīstība ir iespējama, mērķtiecīgi veicot funkcionālās diferenciācijas ieviešanu, ņemot vērā katras sabiedrības grupas īpatnības un vajadzības. Lai palielinātu pievilcību videi, īpaša uzmanība jāpievērš atpūtas funkciju un aktivitāšu spektra paplašināšanai, kas palielinātu atpūtas vietas potenciālu.

Ierobežoto attīstības iespēju un līdzekļu dēļ vairāk uzmanības jāpievērš "pārvietojamu" āra mēbeļu komplekta izstrādei, kas īpaši paredzēts pilsētas vajadzībām, kas nodrošinātu sabiedrības un pašvaldības augošās vajadzības pēc dažādām atpūtas iespējām un to nodrošināšanas. Daudzveidīgā un kvalitatīvā pilsētvide ir vissvarīgākais publiskās telpas sistēmas izaicinājums pilsētā.

## LITERATŪRA

[1] Urban Square as the place of History, Memory and Identity by Bertrand Levy. [tiešsaiste]. [skatīts: 05.01.2020]. Pieejams: https://www.academia.edu/2082504/Urban_Square_as_the_place_of_History_Memory_and_Identity

**The plan for improvement of the Cesu Unit square**.

The project will be concentrated on Cesu main square ("Unitiy square") improvement proposition. While public space in the city centre maintain active with movement of traffic there isn't much to do for outside activities for residents of city or the city's visitors. So this paper will focuses on the interests and needs of main groups of users of the historical city centre the diverse functional processes that satisfy the needs of all users of urban space on the one side carry the function of circulation or communication between people, and from the other side – relaxation or entertainment.

# 3D printera kvēldiegs no kaņepju un PLA kompozītmateriāla

Alise Linda Valdheima (2.kursa Materiālu dizaina un tehnoloģiju maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Zane Zelča, *Mg. sc. ing.* Anete Smoča (zinātniskās vadītājas)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* alise.valdheima@gmail.com

3D printēšana ļauj veidot sarežģītākus, iepriekš nebijušus izstrādājumus. Printētus objektus šobrīd ievieš, piemēram, medicīnā - ģipša aizstājējus, protēzes, implantus un palīginstrumentus [1]. Lai izprintētu objektu ir nepieciešams 3D printeris, dators, datorprogramma un kvēldiegs. Tirgū šobrīd pieejami vismaz 30 dažādu veidu kvēldiegi. Lielākā daļa nav biodegradējami. Svarīgi domāt par vides piesārņojumu, kas rodas ražošanas procesā un produkta dzīves cikla beigās.

Kaņepju audzēšanai Latvijā ir piemērots klimats [2]. Domājot par bezatlikuma ražošanu, kvēldiega izgatavošanai var izmantot gan augstvērtīgu šķiedru materiālu, gan kaņepju tekstilšķiedru ražošanas atlikumus. Darba mērķis ir izstrādāt kvēldiegu ar biodegradējamām īpašībām no kaņepju un PLA kompozītmateriāla. Kvēldiegam ir jābūt līdzvērtīgām mehāniskajām īpašībām ar tirgū esošajiem kvēldiegiem, lai industrijas pārstāvji izvēlētos videi draudzīgāku kvēldiegu.

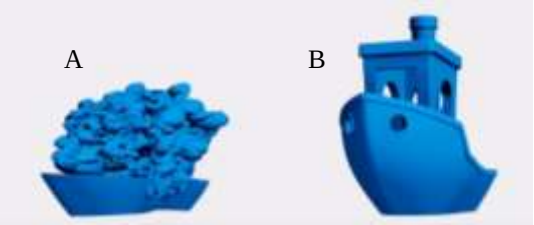
Izmantotie materiāli:

- Kaņepju šķiedras;
- Kaņepju spaļi;
- PLA pulveris;
- Funkcionālās piedevas (ūdens atgrūšana, plašāks temperatūras diapazons).

Kompozītmateriāla izgatavošanas un testēšanas process:

- Sasmalcina kaņepes iegūstot pulverveida konsistenci;
- Apvieno iegūto kaņepju pulveri ar PLA pulveri;
- Biokompozītu ekstrudē 1.75mm diametrā;
- Pielāgo kvēldiega drukāšanas parametrus „3DOptimizer" uzņēmumā;
- Analizē optimizācijas rezultātus un veic nepieciešmaos uzlabojumus;
- Vizuālais tests 1-3 objektiem salīdzinot ar objektiem no PLA kvēldiega;
- Stiepes tests ISO 527-2;
- Analizē rezultātus un veic atkārtotus uzlabojumus, un atkārtotus testus līdz mērķa sasniegšanai.

Kvēldiega parametru pielāgošana drukāšanai samazina printēšanas kļūdas un uzlabo kvalitāti, sk.1.att. Kvalitatīva kvēldiega iegūšanas rezultāts sniedz vēlvienu kaņepju izmantošanas iespēju Latvijā, kas var dot pienesumu tautsaimniecībai un ekonomikai.




**1.att.** 3D drukātu objektu salīdzinājums pirms (A) parametru pielāgošanas un pēc (B) [3].

LITERATŪRA

[1] "U.S Food and drug administration," 19. Aprīlis 2020. [Tiešsaiste]. Pieejams: https://www.fda.gov/medical-devices/3d-printing-medical-devices/medical-applications-3d-printing.

[2] Strazds G., Stramkalne V., Laizāns T., *Ieteikumi rūpniecisko kaņepju audzētājiem un pārstrādātājiem*, SIA „Biznesa augstskola Turība", 2012, 52.lpp.

[3] „3Doptimizer," 20. Aprīlis 2020. [Tiešsaiste]. Pieejams: https://3doptimizer.com/#howitworks.

**Hemp and PLA composite for 3D printer filament**.
In today's world of technology, the capabilities of the 3D printer continue to evolve. Printed objects are widely used in various fields. Most of the available filaments are not biodegradable. Latvia has suitable conditions for growing industrial hemp. The aim of the work is to develop a filament with biodegradable properties from hemp and PLA composite material.

# Aprites ekonomika mēbeļu nozarē

Laura Vikmane (2.kursa Materiālu dizaina un tehnoloģiju maģistra programmas studente)

*Mg. sc. ing.* Baiba Lukaševiča, *Dr. sc. ing.* Edgars Kirilovs (zinātniskie vadītāji)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* lvikmane@gmail.com

Mūsdienās arvien pieaug ēku un telpu funkcijas maiņas un renovāciju skaits, kā rezultātā, bez būvniecības atkritumiem rodas liels daudzums jaunajai funkcijai vairs nevajadzīgu mēbeļu. Kā apliecina statistika, Eiropas Savienības (ES) valstīs katru gadu no 10 000 000 tonnu izmesto mēbeļu, lielākā daļa nogādāta atkritumu poligonos vai sadedzināšanai [1]. Tas liecina, par to, ka aprites ekonomikas principi arvien ir lineārās ekonomikas ēnā – vismaz mēbeļu nozarē.

Šī darba ietvaros, analizējot publiski pieejamo literatūru un nozares ziņojumus, apskatīti biežāk sastopamie varianti, kā organizācijas risina aprites ekonomikas jautājumus mēbeļu nozarē. Darba mērķis ir analizēt ES dalībvalstu attīstības līmeni šo jautājumu risināšanā, identificēt problēmas un iespējamos risinājumus. Tas ir sākums tālākam maģistra darba pētījumam, kur plānots detalizētāk apskatīt Latvijas situāciju (ievākt datus un analizēt konkrētas sabiedriskas ēkas mēbeļu dzīves ciklu (viesnīcas, universitātes vai valsts iestādes), kā arī analizēt birokrātiskos procesus, kas saistīti ar šo jautājumu risināšanu).

Pasaulē saražoto mēbeļu apjoms no ES sastāda 28% un īstenojot pilnīgu pāreju uz aprites ekonomiku mēbeļu industrijā, tas spētu radīt ap 163 300 darba vietas [1]. Šķēršļi aprites ekonomikas ieviešanā mēbeļu nozarē ir plaša spektra: trūkumi mēbeles dizainā (nav ņemts vērā tās salikšana/izjaukšana, labošana, atkārtota izmantojamība), zema patērētāju informētība, ierobežota savākšanas un reversās loģistikas infrastruktūra, augstas remonta un atjaunošanas izmaksas, vājš pieprasījums pēc lietotām mēbelēm un pārstrādātiem materiāliem, vāji politikas virzītāji un citi [2].

Eiropas dalībvalstu pieeja aprites ekonomikas principu īstenošanā ir daudzpusīga. Novērojami gan centieni no individuāliem komersantiem, dizaineriem (*Gipsen, Soeco*), gan tādiem globāla mēroga uzņēmumiem kā *IKEA*. Atsevišķās valstīs ievērojama valsts instanču iesaiste, kas izpaužas kā finansiāls atbalsts inovāciju veikšanā (Beļģija) vai nodokļu atvieglojumiem sadzīvisku preču labošanā (Zviedrija). Tas pierāda, ka aprites ekonomikas jautājumu risināšanai mēbeļu industrijā ir plašas iespējas, kur savu devumu iespējams sniegt dažādu lomu pārstāvjiem – valstij, uzņēmumiem un patērētājiem.

Latvijā ir vairāki uzņēmumi, kas nodarbojas ar mēbeļu restaurāciju, kā arī lietotu mēbeļu tirdzniecību (liela daļa ievestas no Skandināvijas). Vietējie ražotāji labošanu ievēro tikai uz ES regulu pamata (2 gadu garantija), Zaļais publiskais iepirkums ir rekomendējošs un nav obligāts. Galvenā problēma šajā tēmā Latvijā - nav apzināta reālā tirgus situācija un ražotāju iespējas [3].

LITERATŪRA

[1] *Circular Economy in furniture sectors* [tiešsaite]. Furn360 [skatīts 2020.g. 15.janv.]. Pieejams: http://www.furn360.eu/circular-economy-in-furniture-sectors

[2] *Report on the Circular Economy in the Furniture Sector*, [tiešsaite]. European Environmental Bureau [skatīts 2020.g. 15.janv.]. Pieejams: https://eeb.org/publications/80/product-policy/51266/report-on-the-circular-economy-in-the-furniture-sector.pdf

[3] Erele , I., *Par aprites ekonomiku, Aprites ekonomikas pieeju iepirkumos, t.sk., mēbeļu iepirkumos Latvijas Pašvaldību telpās* [tiešsaite]. Rīga, 2018 [skatīts 2020.g. 15.janv.]. Pieejams:https://www.lps.lv/uploads/docs_module/Ieva%20Erle_Latvijas%20Mebeles_26.10.2018.pdf

**Circular Economy in Furniture Sector.**

European Unions (EU) countries generates 10,000,000 tonnes of discarded furniture each year, most of which goes to waste (landfill or incineration). Instead, full transition to Circular Economy in furniture industry could create 163300 jobs in implementation of circular economy and possible solutions by analyzing the progress of European member states is solving these issues. It is a beginning of further research and more detailed review of Latvia's situation, aiming to analyze the policy of public buildings and state institutions, focusing on cases where it is necessary to change, improve or simply dispose unnecessary furniture.

# Betulīna preperātu nanolīmeņa tehnoloģiju izstrāde

Laimdota Vilcēna (2.kursa Materiālu dizaina un tehnoloģiju maģistra programmas studente)

*Dr. habil. sc. ing.* Silvija Kukle, *Dr. sc. ing*. Zane Zelča (zinātniskās vadītājas)

*Dizaina tehnoloģiju institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* vilcena.laimdota@gmail.com

- Maģistra darba tēma: "Betulīna preperātu nano – līmeņa tehnoloģiju izstrāde", darbā tiek apskatīti Betulīna ražotāju piedāvājumi iegādei un pielietojumam kosmetoloģijā vai medicīnā, t.sk. betulīna atvasinātās vielas, kuras izmanto farmācijā medikamentu ražošanā [1].
- Betulīna preperāti paredzēti ādas ārstniecības mērķu sasniegšanai, jo šī veida aktīvās vielas saturoši preperāti atjauno ādas šūnas. Nano – līmeņa tehnoloģiju lietojums savukārt, varētu uzlabot līdz šim brīdim pētīto betulīna pozitīvās iedarbības terapetisko rezultātu [2].
- Pētījuma ietvaros izstrādāta tehnoloģiskā secība betulīna pulvera integrēšanai elektrovērpšanas šķīdumā, elektrovērpšanas šķīduma pārstrādei neaustos nanolīmeņa nestrukturētos tīmekļos, neausta materiāla paraugu iegūšanai NanoSpider elektrovērpšanas iekārtā [3].
- Pētījuma risināmā problēma ir betulīnu saturošu nano – līmeņa tīmekļu iegūšana lietošanai kosmētiskos/ medicīniskos līdzekļos, atbilstošas metodes un tehnoloģijas izstrāde. Risinājuma meklējuma sākuma posms ir betulīnu saturošu vērpjamu šķīdumu izgatavošanas iespēju un ierobežojumu apzināšana, veicot pēc šķīduma koncentrāciju pirmaprēķiniem variantu eksperimentālu izpēti, lai praktiski noskaidrotu atbilstošākās koncentrāciju proporcijas un iegūtu elektrovērpšanas procesam atbilstošus vērpjamos šķīdumus.
- Pētījuma eksperimentos kā bioloģiski aktīvā viela izmantots Betulīna pulveris,, izgatavotājs: (RTU) Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātes vadošais pētnieks Uldis Peipiņš. Betulīns tiek šķīdināts etilspirtā un savienots ar matricas pārklājumu nodrošinošo polivinilspirta (PVS) šķīdumu ūdenī, abus šķīdumus savienojot noteiktās proporcijās tiek iegūts vērpjamais šķīdums [4].
- Rezultātā pētījuma objekti, betulīnu saturoši neausti un nestrukturēti nano – līmeņa šķiedru tīmekļi, testēti nosakot paraugu virsmas ķīmiskā sastāva atbilstību piemērojot Furjē transformācijas infrasarkanās spektroskopijas (FTIR) metodes, iegūto paraugu šķiedru struktūras, kvalitāte un šķiedru izmēri analizēti pēc mikrogrāfijām, kas iegūtas ar skenējošo elektronstaru mikroskopu (SEM).

**Development of nano-level technologies for betulin preparates.**

- The topic of the master's thesis: "Development of nano-level technologies for betulin preperates", in the paper reviewed the offers of Betulin manufacturers for application in cosmetology or medicine, incl. betulin derivatives used in pharmacy for the manufacture of medical products.
- Betulin preperates are intended to achieve skin medical treatment, as preperates containing this type of active substance restores the skin cells. In turn, the use of nano-level technologies could improve the results of treatment for the positive effects of betulin studied up to now [2].
- The problem to be solved in the research is the acquisition of nano - level webs containing betulin for use in cosmetic/ medical devices, development of appropriate methods and technologies. The initial stage of the search for a solution is to identify the possibilities and limitations of preparing betulin-containing spinning solutions by conducting an experimental study of the solution concentration following initial calculations in order to find out the most appropriate concentration ratios and obtain spinning solutions suitable for the electrospinning process with NanoSpider equipment.
- In experiments used Betulin powder – active substance, manufacturer: (RTU) leading researcher Uldis Peipins of faculty Material Science and Applied Chemistry. Betulin is dissolved ethanol and is combined with a matrix-solution polyvinyl alcohol (PVS) combined with distilled water, resulting in a combination of the two solutions obtaining a solution for electrospinning [4].

## LITERATŪRA

1. U. Peipins, D. Zicane, Z. Tetere, I. Ravina, I. Rijkure, D. Lohins, R. Vilskerts, M. Turks. (2015) International Conference in Organic Synthesis PO, 127.
2. A. Schwieger-Briel, D. Kiritsi, C. Schempp, C. Has, H. Schuman. (2017) Clinical Study, 2017. ID 5068969.
3. A. Šutka. (2015) Promocijas darbs. Rīga: RTU, 2015, 145 lpp.
4. L. Vaivare. (2018) Innovation. http://alephfiles.rtu.lv/TUA01/000069424_e.pdf#page=4

# Materiālzinātnes un polimēru materiālu tehnoloģijas apakšsekcija

# Lignocelulozes saturošo nanostrukturēto koksnes imitējošo kompozītu materiālu tintes pagatavošana stereolitogrāfijas aditīvām tehnoloģijām

Anda Barkāne (2. kursa Materiālu nanotehnoloģijas maģistra programmas studente)

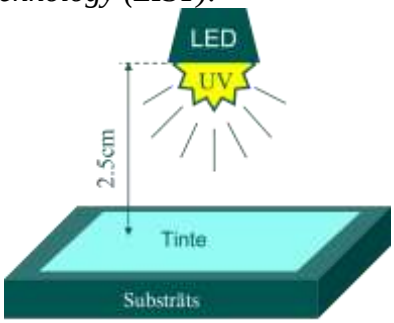
*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

*Polimēru materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*
*Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts: Anda.Barkane@rtu.lv*

**Ievads.** Augot sabiedrības apziņai par polimēru izstrādājumu radītajiem piesārņojuma apmēriem un nozīmīgumu, industrija līdz ar pētniekiem ir spiesti aktīvi meklēt naftai alternatīvus izejmateriālu avotus visdažādākajiem pielietojumiem [1]. Viens no šādiem pielietojumiem ir tik strauji attīstošā 3D printēšanas jeb aditīvas tehnoloģijas industrija, kas jau aizstāj un nākotnē paredzams, ka aizstās dažādas ražošanas tehnoloģijas, kas līdz šim izmantotas protipēšanas un atsevišķu detaļu ražošanā [2].

**Mērķis un uzdevumi.** Darba mērķis ir pagatavot lignocelulozes saturošo nanostrukturēto koksnes imitējošo kompozītu materiālu tinti. Izvērtēt šo sastāvu termiskās, mehāniskās īpašības un potenciālu SLA tehnoloģijā.

**Darba gaita vai metadoloģija.** Izmantotie materiāli: 1)Sojas eļļas epoksidēta akrilāta (AESO) oligomērs no A Aldrich, satur 3500–4500 ppm monometilētera hidrihinonu kā inhibitoru, viskozitāte 18000–32000 mPa*s; 2) Monomēri, no A Aldrich, 1,6-Heksanediol diakrilāts 80% (HDDA), tīrība>77.50% un trimetillolpropāna triakrilāts (TMPTA) tīrība>70.00%; 3)Fotoiniciators 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina oksīds (TPO) no SpeedCure; 4)Lignocelulozes pildvielas: nanokristāliska celuloze, nanofibrilēta celuloze, hemiceluloze lignīns tika saņemti no *Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST)*.




**1. att.** Tintes šķērssaistīšanas shēma.

Tintes pagatavotās ar maisītāja iekārtu *Highshear mixer Silverson L5 M-A*. Paraugi īpašību pārbaudēm iegūti, izmantojot 5.5 W UV LED lampu ar diožu viļņu garumu 400 nm, attālums līdz UV gaismas avotam konstants 2.5 cm kā parādīts 1. att., šķērssaistīšanās kinētikas izpētei tintes UV ekspozīcijas laiks tika mainīts 0-20 sek. ar soli 2 sek. tukšām un 4 sek. hibrīdām sistēmām. Šķērssaistīšanās kinētika, termiskās un mehāniskās īpašības noteiktas izmantojot attiecīgi FTIR, TGA, TGA-FTIR un DMA iekārtas. Konstatēts ka pagatavotās kompozītu materiālu tintes termiskās un mehāniskās īpašības iespējams uzlabot pievienojot attiecīgos monomērus un pildvielas

## LITERATŪRA

[1] M. A. Nagalakshmaiah, Sadaf Malladi, Rajini Priya Elkoun, Saïd Robert, Mathieu Ansari, Mohd Ayub Svedberg, Anna Karim, Zoheb, "Biocomposites," in *Green Composites for Automotive Applications*, 2019, pp. 197-215.

[2] X. Wang, M. Jiang, Z. Zhou, J. Gou, and D. Hui, "3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective," *Composites Part B: Engineering*, vol. 110, pp. 442-458, 2017.

**Preparation of nanostructured lignocellulose composite materials inks with wood mimic properties for stereolithography additive manufacturing.**
Finding alternative feedstock for petroleum-based resins for additive manufacturing is challenging. Bio-based polymer material and its biocomposites for SLA were prepared and investigated for their thermal and mechanical properties.

# Etilēn-vinilacetāta kopolimēra un augsti strukturētu oglekļa kvēpu kompozītu termo-elektriskās īpašības

Sintija Eglīte (3.kursa Materiālzinātnes bakalaura programmas studente)

*Mg. sc. ing.* Astrīda Bērziņa, *Dr. habil. phys.* Māris Knite (zinātniskie vadītāji)

*Tehniskās fizikas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* Sintija.Eglite_3@rtu.lv

Pašregulējošie sildelementi pārsvarā ir elektrovadoši elastīgi polimēru kompozītmateriāli, kuri spēj uzturēt konstantu temperatūru, nepārkarstot, ja kaut kādu iemeslu dēļ palielinās barošanas avota spriegums vai strāvas stiprums elektriskajā ķēdē. Elektrovadošam materiālam, pievadot spriegumu, materiāls uzsilst. Materiāla temperatūrai pieaugot, elektriskā pretestība nelineāri paaugstinās pozitīvā temperatūras pretestības koeficienta dēļ (PTC) un attiecīgi samazinās strāvas stiprums. Šādi materiāls sasniedz konkrētu temperatūru – līdzsvara stāvokli un nepārkarst [1]. Šī pētījuma mērķis ir izpētīt etilēn-vinilacetāta (EVA) un augsti strukturētu oglekļa kvēpu (CB) kompozīta elektriskās īpašības atkarībā no pildījuma pakāpes un šķērssaistīšanas pakāpes, lai materiālu varētu pielietot kā pašregulējošu sildelementu. Šī darba ietvaros tika izpētīts nešķērsaistīts EVA-CB un šķērssaistīts EVA-CB, kur kā šķērssaistīšanās aģents tika izmantots dikumilperoksīds (DCP). Gan šķērssaistītie, gan nešķērssaistītie EVA-CB paraugi tika sagatavoti ļoti līdzīgi. Sākumā EVA izšķīdināja hloroformā. Tam pievienoja attiecīgu daudzumu CB (10, 15, 20, 25 un 30 md), ko ar ultraskaņu disperģēja hloroformā. Šķērssaistītiem paraugiem pie CB pirms homogenizēšanas vēl tiek pievienots attiecīgais daudzums DCP (1, 2 un 3 md). Maisījumu labi samaisa un iztvaicē šķīdinātāju. Tālāk paraugi tiek presēti laboratorijas hidrauliskajā presē "Rondol" – nešķērssaistītie EVA-CB 170°C 15 minūtes pie 4,35MPa spiediena, bet šķērssaistītie EVA-CB tika presēti 150°C 30 minūtes zem 1,45MPa liela spiediena. Paraugu malās ar sudraba pastu tiek piestiprināti vadi, kas kalpo kā elektrodi. Rezultātā iegūti 1.4 mm biezi, 100 mm plati un 69 mm gari taisnstūrveida paraugi. Attālums starp elektrodiem ir 80 mm. Pašregulējošo sildelementu jomā lielu lomu spēlē elektriskās un termiskās īpašības – tika pētīta paraugu elektriskās pretestības atkarība no temperatūras, pirmkārt, mainot ārējās vides temperatūru (paraugu sildot krāsnī līdz 60°C) un mērot elektrisko pretestību un, otrkārt, pievadot paraugiem 5V lielu spriegumu un mērot parauga elektrisko pretestību, temperatūru un strāvas stiprumu.

Visiem EVA-CB kompozītiem tika novērots PTC efekts. Aplūkota CB daudzuma ietekme uz līdzsvara temperatūru nešķērssaistītiem EVA-CB paraugiem. Pieaugot CB daudzumam kompozītā, sasniegtā līdzsvara temperatūra pieaug, jo kompozīta sākotnējā (nulles) elektriskā pretestība samazinās. Izmantojot 5V barošanu, cilvēka ķermeņa komforta temperatūrai vistuvākās līdzsvara temperatūras var iegūt ar 30 md CB šķērssaistītiem kompozītiem. Šķērssaistītajiem EVA-CB kompozītiem palielinot DCP daudzumu, sasniegtā līdzsvara temperatūra samazinās un pieaug elektriskā pretestība. To var skaidrot ar to, ka, palielinot DCP daudzumu, materiālā palielinās saišu skaits, CB daļiņām ir arvien grūtāk izveidot elektrovadošo tīklu, tādejādi palielinot pretestību un samazinot iegūto līdzsvara temperatūru. Paraugi ar DCP daudzumu 1 un 3md uzrādīja sliktākus rezultātus, nekā paraugi ar DCP saturu – 2md, jo pie 1 md DCP paraugs vēl nebija pietiekami šķērssaistījies, lai uzrādītu stabilitāti un labu atkārtojamību, bet pie 3 md, tas jau bija tik šķērssaistīts, ka elektriskā pretestība bija pārāk liela.

## LITERATŪRA

[1] Liu, Y.; Zhang, H.; Porwal, H.; Busfield, J. J.; Peijs, T.; Bilotti, E. Pyroresistivity in Conductive Polymer Composites: a Perspective on Recent Advances and New Applications. *Polymer International* **2019**, *68* (3), 299–305.

**Thermo-electric properties of ethylene-vinyl acetate copolymers and highly structured carbon black composites.**
Self-regulating heating materials are materials, which by applying a voltage, generate heat without overheating the material and melting. Polymer composite self-regulating heaters have flexibility what classic heaters can't provide. Cross-linked and noncross-linked EVA-CB were used to create self-regulating heating materials, which could be safe and comfortable enough to be around the human body. Cross-linked EVA-CB (CB - 30phr) with DCP (2phr) as cross-linking agent is the best option for that, because this material has good conductivity – equilibrium temperature is close to human body temperature, while making sure that heating-cooling process is repeatable.

# Epoksīdu kompozītmateriālu pildvielas no pārstrādātiem izejmateriāliem

Andrejs Joņins (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

*Polimēru materiālu institūts, Polimēru materiālu tehnoloģijas katedra, Materiālzinātnes unlietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts: Aj.jonins@gmail.com*

Kompozītmateriālus izmanto plašā industriju lokā, bet to izejmateriāli katru ražošanas ciklu visbiežāk tiek iegūti no jauna. Ņemot vērā lielo daudzumu atkritumproduktu, kas uzkrājas izgāstuvēs, ir būtiski izvērtēt pildvielu ražošanu no tiem [1]. Viens no šādiem atkritumproduktiem ir ceolīts, ko visbiežāk izmanto kā adsorbentu, ko pēc izlietošanas likvidē. Ceolīts ir aluminosilikāts, kas pēc ķīmiskā sastāva līdzinās stikla un alumīnija oksīda izejmateriāliem. Zinātniskajā literatūrā ir maz informācijas par stikla šķiedru un alumīnija oksīdu, kas ražoti no ceolītiem, kompozītmateriālu mehaniskajām īpašībām un to salīdzinājumu pret tradicionāli ražotajām pildvielām.

Darba mērķis ir izpētīt epoksīda pildītus kompozītmateriālus ar stiklašķiedru un alumīnija oksīdu, kas iegūti no ceolītiem un salīdzināt pret tradicionāli veidotu stiklašķiedru un alumīnija oksīda kompozītmateriālu mehaniskajām un termiskajām īpašībām.

Kompozītmateriālu paraugu pagatavošanai pildvielas tika iemaisītas mehāniski epoksīdu sveķu šķīdumā un sajauktas ar cietinātāju, iegūstot 5 paraugu sērijas ar pildvielu saturu 5% $W_m$ ar 4 pildvielām un kontroles testam ar tīru epoksīda sveķiem. Pildvielu analīze tika veikta ar mikroskopu, paraugu mehāniskās īpašības tika pētītas ar universālo mehānisko testēšanas iekārtu *Tinius Olsen* stiepes režīmā un viskoelastisko parametru (krājuma un zuduma enerģijas moduļus) atkarību no temperatūras noteica ar dinamiski mehanisko analīzi (DMA), bet blīvums paraugiem tika noteikts ar hidrostatiskās svēršanas metodi.

Mikroskopiskā analīze parādīja, ka stiklašķiedras iegūtas no zeolītiem būtiski neatšķiras izmēros no tradicionālās stiklašķiedras. DMA pētījums uzrādīja, ka stiklašķiedras no zeolītiem uzrāda būtisku pieaugumu enerģijas krājuma modulī salīdzinot pret tradicionālās stiklašķiedras paraugiem, turpretim $Al_2O_3$ pildviela būtiski to neietekmēja salīdzinot ar tīru epoksīdu. Blīvums visos paraugos samazinājās. Stiepes testēšanas dati liecināja, ka vienam no zeolītu stiklašķiedras paraugiem ir līdzvērtīgs elastības modulis salīdzinot pret tradicionālās stikla šķiedras kompozītmateriālu paraugiem.

## LITERATŪRA

[1] Homchuen, K., Anuwattana, R., Limphitakphong, N., Chavalparit, O. *IOP Conf. Ser., Mater. Sci. Eng.* **2017**, 222, 012006.

**Epoxy composites with recyclable filler materials**.
The study was carried on epoxy composites reinforced with filler materials obtained from recycled zeolites – glass fibers and $Al_2O_3$. Composites were prepared by stirring filler materials into epoxy resin and hardener and mixed by hand. 5 series of specimens were obtained with glass fibers, $Al_2O_3$ and control specimen being pure epoxy. Filler material analysis was performed with light microscope. Composite physical and thermal properties were studied with universal mechanical testing machine Tinius Olsen and dynamic mechanical analysis (DMA), density measurements were obtained by weighting hydrostatically. Microscopic analysis did not show any significant size difference in zeolite filler materials compared to traditional ones. Tensile strength showed comparable tensile strength to traditional glass fiber filler, furthermore, DMA revealed increased energy storage modulus, however, density was reduced.

# Lignocelulozes biopolimēru kompozītu fotopolimerizācija

Edgars Kampe (Materiālzinātņu bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*
*Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* edgarskampe@gmail.com

Biopolimēri arvien plašāk tiek izmantoti kā fotopolimēru izejmateriāls, to iespējai iegūt no dabas eļļām, tās modificējot. Tai paša laikā tiek pievienotas dažādas pildvielas, lai varētu potenciāli uzlabot fotopolimēra īpašības, pirms un pēc fotopolimerizācijas. Viens no plaši izmantotiem materiāliem ir sojas eļļas epoksīdakrilāts kuram piejauc klāt monomērus un oligomērus ar fotoinicātoru un lignocelulozes pildvielas dažādos apjomos [1].

Pētījuma mērķis ir, izmantojot sojas eļļa epoksīdakrilāta fotopolimēra maisījumu, ar dažādu daudzumu un veidu lignocelulozi, izveidot kompozītus ar UV gaismekli un izpētīt to īpašības.

Par fotoiniciātoru tiek izmantots trimetilbenzoladifenilfosfīna oksīds (TPO) [2]. Sojas eļļas epoksīdakrilats tiek sajaukts kopā ar heksāndiola diakrilātu (HDDA), trimetilolpropāna triakrilāts (TMTPA) un TPO. Tiek pievienotas vairākas lignocelulozes piedevas: kristāliskā nanoceluloze, nanofibrilētā celuloze, hemiceluloze un lignīns. Piedevas tika sajaukti ar acetonu un maisīti ultraskaņas iekārtā (HIELSCHER Ultrasonic Processor UIS250V) 1 stundu. Maisījums tika centrifugēts 20 min, lai atdalītu ūdens; izgulsnēto masu mehāniski izņēma no trauka un skaloja ar acetonu; lai mazinātu zudumus, šo procesu atkārtoja trīs reizes. Nākamajā etapā fotopolimēra maisījumam pievienoja lignocelulozi. Lignocelulozi maisīja ar ultraskaņas iekārtu 1h, acetona vannā. Pagatavoto maisījumu atstāja velkmes skapī ļaujot izgarot acetonam. Kompozītu paraugu izgatavoja uz paraugstikla to uzklājot ar lāpstiņu vai formu. Paraugu ievietoja 2.5 cm attālumā no UV LED lampas un apstaroja 4-8 sekundes, bet lignīna paraugus apstarojas 3-4 min.

Kompozītiem tika veikti gēla frakcija un blīvuma mērījumi, noteiktas fizikālās un mehāniskās īpašības, termiskās un dinamiski mehāniski termiskās īpašības. DMTA tika veikta stiepjot temperatūras diapazonā no -70 līdz 100 $^{o}$C pie 1N spēka. Paraugiem arī veikta Furjē transformācijas infrasarkanā spektroskopija (FTIR).

DMTA analīzē 30% CNC kompozīta krājuma modulis pie 40 $^{o}$C ir 750 MPa, bet nepildītam fotopolimēram 185 MPa.

Jāatzīmē, ka tika noteikts ka lignocelulozes pildvielas fotopolimēros var uzlabot to mehāniskās, termiskās īpašībasun temomehāniskās īpašības.

## LITERATŪRA

[1] De Carvalho, K. C. C.; Montoro, S. R.; Cioffi, M. O. H.; Voorwald, H. J. C. Polyhydroxyalkanoates and Their Nanobiocomposites With Cellulose Nanocrystals. In Design and Applications of Nanostructured Polymer Blends and Nanocomposite Systems; 2016.

[2] Santini, A.; Miletic, V.; Swift, M. D.; Bradley, M. Degree of Conversion and Microhardness of TPO-Containing Resin-Based Composites Cured by Polywave and Monowave LED Units. J. Dent. 2012.

**Lignocellulose biopolymer composite photopolimerization**.
In this study, thermal and mechanical properties were investigated. It was learned than lignocellulose as filler in photopolimer composite can increase material mechanical, physical and thermal properties. It was found that while concetration of filler inceases, storage moduluss of composite increases significantly. With this method needed photopolymer amount can be reduced significantly, by adding lignocellulose deveratives.

# Kontakt-elektrifikācijas mehānisms uz polidimetilsiloksāna (PDMS) virsmas

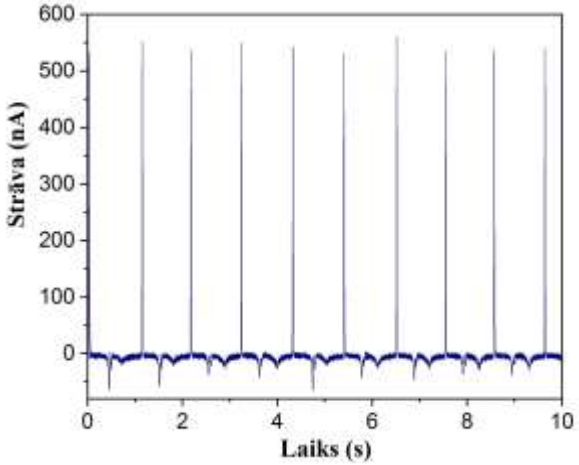
Paula Kaufelde (4. kursa ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Kaspars Mālnieks, *Dr. sc. ing.* Andris Šutka (zinātniskie vadītāji)

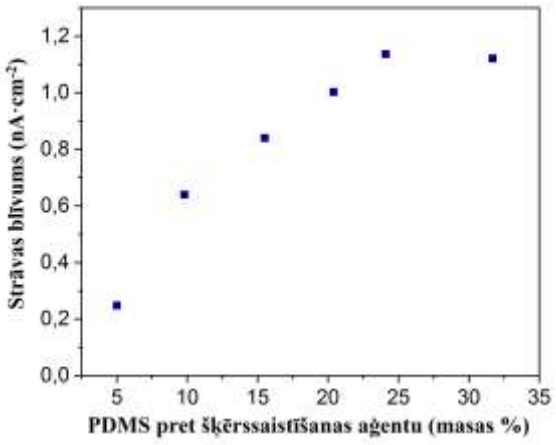
*Funkcionālo materiālu tehnoloģiju zinātniskā laboratorija, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* paula.kaufelde@rtu.lv

Kontakt-elektrifikācija - process, kurā sakontaktējot un atraujot divus materiālus, uz virsmām rodas statisks, elektrisks lādiņš. Kontaktelektrifikācijas pamatmehānisms ir masas pārnese - jo mīkstāks materiāls, jo lielāks lādiņš veidojas uz virsmas [1, 2]. Polidimetilsiloksāns (PDMS) ir lēts, viegli pagatavojams polimērs ar viegli variējamu cietību, kas ļauj efektīvi pētīt kontakt-elektrifikāciju.

Dažādas cietības PDMS paraugu šķīdumi (elastomērs:šķērssaistīšanas aģents 5:1, 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1 masas %) tika uznesti uz PET/ITO elektroda (2,5 x 2,5 $cm^2$) ar rotējošo pārklājumu uznešanas iekārtu. Paraugi tika šķērssaistīti 20 minūtes 80 $^oC$, uznesot 3 parauga kārtiņas. Paraugi tika testēti pret ITO/PET paraugu uz stikla substrāta (2,5 x 2,5 $mm^2$). Paraugi tika ieslēgti elektriskajā ķēdē ar Instron dinamiskās testēšanas iekārtu, elektrometru Keitley, osciloskopu Picoscope 6000 series. Tika mērīta īsslēguma strāva, un spriegums uz 1 GΩ pretestības. Integrējot iegūtos strāvas pīķus, ieguva virsmas lādiņa blīvumu katram paraugam, pēc kura tika salīdzināti savstarpēji pagatavotie paraugi un izdarīti secinājumi par lādiņu veidošanos atkarībā no PDMS paraugu cietības.




**1. att.** Īsslēguma strāvas vērtības 20:1 paraugam




**2. att.** Strāvas blīvums atkarībā no PDMS cietības.

Pēc iegūtajiem datiem secināms, ka, samazinoties šķērssaistīšanās pakāpei (pieaugot PDMS masas daļai paraugā), pieaug lādiņa, masas pārnese iespēja, rezultējoši pieaug arī ģenerētās strāvas un sprieguma vērtības, tātad arī strāvas blīvums.

## LITERATŪRA

[1] Šutka, A.; Mālnieks, K.; Lapčinskis, L.; Kaufelde, P.; Linarts, A., Bērziņa, A.; Zābels, R.; Jurķāns, V.; Gorņevs, I.; Blūms, J.; Knite, M. The Role of Intermolecular Forces in Contact Electrification on Polymer Surfaces and Triboelectric Nanogenerators. *Energy. Environ. Sci*. **2019**, *12*, 2417-2421.

[2] Pandey, K. R.; Kakehashi, H.; Nakanishi, H.; Soh, S. Correlating Material Transfer and Charge Transfer in Contact Electrification. *J. Phys. Chem. C*. **2018**, *122*, 16154-16160.

**The Mechanism of contact electrification on polydimethylsiloxane.**
The main mechanism of contact electrification – mass transfer - of polydimethylsiloxane was studied. Samples, consisting of glass substrate covered with PET/ITO electrode and polymer film, were measured against the PET/ITO sample on a glass substrate. The voltage on 1 GΩ and the short circuit was measured using electrometer and oscilloscope. From current peaks, using integration, current density was gained to compare each sample. The stiffness of samples was varied by changing pre-polymer and curing agent mass percentage in a polymer solution. Measurements showed, with increasing stiffness of sample, charge on the sample was lower, showing, that mass transfer occurs for polydimethylsiloxane.

# Apkārtējās vides iedarbības faktoru ietekmes izvērtēšana uz polipropilēna kompozītu ar dabas izcelsmes piedevām īpašībām

Kristers Kārkliņš (3.kursa Materiālzinātnes bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing.* Remo Merijs Meri, *Mg. sc. ing.* Ivans Bočkovs (zinātniskie vadītāji)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* kristers.karklins@gmail.com

Jaunu materiālu izgatavošana no atjaunojamiem un dabīgiem resursiem, kas ir ar augstu kvalitāti un īpašībām, ir ļoti aktuāla un globāla mēroga tēma. Dabīgo izejvielu izmantošanai ir daudzas priekšrocības, piemēram, tās ir vērtīgas – uzlabo kompozīta īpašības, videi draudzīgas un atbalsta zaļo ekonomiju. Dabīgās šķiedras jau tiek plaši pielietotas autobūvē, iepakojumu ražošanā, mājsaimniecības precēs, kā arī būvniecībā pateicoties to vieglajam svaram un zemajām izmaksām [1]. Kompozīti, kas stiegroti ar dabīgajām šķiedrām, ir ļoti jutīgi pret apkārtējās vides faktoru ietekmi. Dati par mitruma ietekmi uz kompozītmateriālu, kas stiegroti ar dabīgajām šķiedrām, un to īpašību izmaiņām ilgtermiņa ekspluatācijas laikā ir ļoti svarīgi, lai šos kompozītmateriālus izmantotu āra vajadzībām [2]. Pētījuma mērķis ir izgatavot kompozītmateriālus, izmantojot dabīgās šķiedras, kas iegūtas no lauksaimniecības blakusproduktiem – kviešu un auzu sēnalām, kā stiegrojošo materiālu, analizēt to mehānisko un termisko īpašību izmaiņas apkārtējo dabas faktoru ietekmē. Pētījumā izmantotie materiāli: 1) Polipropilēna (PP) homopolimērs (HP400R), Basel Orlen, Polija; 2) Polipropilēnam piepotēts maleīnskābes anhidrīds (PPgMA) (Licocene MA 6452), Clariant; 3) Organiskie māli (I.44P), Nanocor; 5) Kviešu sēnalas (Speltes kvieši), Amlina AB; 6) Auzu sēnalas. No iepriekšminētajiem materiāliem tika izgatavotas šādas kompozīcijas: tīrs PP; PP, PPgMA un 3% organiskie māli; PP, PPgMA un 40 % kviešu sēnalas; PP, PPgMA un 40 % auzu sēnalas; PP, PPgMA, 40 % kviešu sēnalu un 3% organisko mālu hibrīdkompozīts. Veidojot kompozītus izejvielas tika samaisītas un ar ekstrūdera palīdzību (režīms: maisīšanas zonas temperatūras 190/185/180/175/170 °C, ātrums – 40 rpm) tika izveidotas vajadzīgās kompozīcijas, no kurām ar spiedliešanas (režīms: 165, 190, 200 °C) palīdzību tika izveidoti paraugi. Pirms sēnalu pievienošanas, sēnalas tika sasmalcinātas caur 0.25 mm sietu (smalcināšanas režīms – 700 rpm). Iegūtie paraugi tika pakļauti mākslīgajai novecināšanai (Q-lab QUV/ spray iekārta, pēc ISO 4892-3 standarta) 250, 500 un 800 stundas. Pēc novecināšanas paraugu īpašību pētīšanai tika izmantotas stiepes, lieces, triecienizturības, diferenciāli skenējošas kalorimetrijas un FT-IR metodes. Iegūtie rezultāti rāda, ka stiegrojot polipropilēnu ar dabīgajām šķiedrām tika uzlabotas tā mehāniskās un termiskās īpašības arī pēc novecināšanas. Elastības modulis stiepē pēc 800 stundu mākslīgās novecināšanas samazinājās par 43 % tīram polipropilēnam, savukārt stiegrotam kompozītam par 17 %, lieces elastības modulis samazinājās par 5 % polipropilēnam, bet kompozītmateriālam par 18 %. Triecienizturības rādītāji kviešu sēnalu kompozītmateriāliem kritās par 44 %, auzu sēnalu kompozītiem par 21 % ,bet hibrīdkompozītiem par 15 %. Kristāliskuma pakāpe kompozītiem pēc novecināšanas kritās par ~ 5 %, bet tīram polipropilēnam nebija izmaiņu. Ir novērojamas arī nelielas izmaiņas ķīmiskajā struktūrā pie 1500–1800 $cm^{-1}$ un 3000–3600 $cm^{-1}$ viļņu garumiem analizējot FT-IR spektru.

## LITERATŪRA

[1] Sullins T, Pillay S, Komus A, Ning H. Hemp fiber reinforced polypropylene composites: The effects of material treatments. Compos Part B Eng 2017;114:15–22. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.02.001.

[2] Thwe MM, Liao K. Effects of environmental aging on the mechanical properties of bamboo-glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composites. Compos - Part A Appl Sci Manuf 2002;33:43–52. https://doi.org/10.1016/S1359-835X(01)00071-9.

**Assessment of the environmental effects on polypropylene and natural fibre composite properties.**
There is growing interest on composites which are produced using natural materials that improves the properties of composites and support the green economy. In this research, five different compositions were made, using polypropylene, organic clay, oat and wheat husks. The compositions were artificially aged up to 800 hours. Tensile modulus for composites decreased by 17 % while for pure polypropylene it decreased by 43 %. The Charpy impact strength showed lower decrease in strength for hybrid composites (15 %) than it was for composites made with wheat and oat husks, where the decrease in strength was 44 % and 21 % respectively. The aging had almost no impact on crystallinity, there was a slight change, up to 5% for composite materials.

# Polimēru kompozīti ar EMI īpašībām

Dinārs Krauss (2. kursa Materiālzinātņu maģistra programmas students)

*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* Dinarskr@gmail.com

Elektromagnētiskā interference (EMI) ir viens no kaitīgākajiem blakusproduktiem, kurš rodas no straujas elektronikas un telekomunikāciju ierīču tehnoloģiju attīstības. Elektromagnētiskā radiācija jeb piesārņojums ne tikai negatīvi ietekmē elektroniskās ierīces, bet arī var nelabvēlīgi ietekmēt cilvēka veselību [1]. Tāpēc ir svarīgi izstrādāt viegla svara un izmaksu efektīvus EMI pasargājošus materiālus, kuri pasargātu vidi no nevēlamās EMI piesārņojuma ietekmes [2].

Metāli un to sakausējumi ir tradicionāli EMI pasargājoši materiāli, kuriem piemīt izcila EMI aizsardzības efektivitāte, taču tie ir smagi, korozijas neizturīgi, dārgi, cieti, grūti pārstrādājami un ar limitētu pielietojumu [1]. Kā rezultātā tiek pievērsta lielāka uzmanība EMI pasargājošu vadošo polimēru kompozītmateriālu izveidē [3].

Darba mērķis ir iegūt un izpētīt dažādu koncentrāciju (8, 5, 3, 1, un 0,2 vol.%) un veidu (parasti homogēni un slāņainu gradienta) oglekļa nanocaurulīšu (CNT) pildītu polilaktīda (PLA) kompozītus.

Pētījumā CNT ievadīšanai PLA matricā tika izmantota šķīdināšanas metode, kur kā šķīdinātājs tika izmantots hloroforms, kur pēc tam pildviela matricā tika disperģēta izmantojot ultraskaņu.

Dažāda veida PLA kompozīti tika iegūti izmantojot: 1) karsto presēšanu (plānas plēvēs un plāno plēvju slāņainu gradienta kompozīti), 2) “Dip coating” un “Spin coating”, (slāņaini gradienta pārklājumi).

EMI aizsardzības īpašību noteikšanai (dielektriskā analīze, EMI aizsardzības efektivitāte un koeficienti) paraugi tika testēti VU, Lietuvā. Siltumvadītspējas noteikšanai pie temperatūrām (25, 35, 45 $^{o}$C) tika izmantota zibspuldzes iekārta Netzsch FA 447 Nanoflash. Kompozītu elastiskās īpašības pie 1 Hz svārstību frekvences tika noteiktas izmantojot dinamiski mehāniskās analīzes (DMA) iekārtu (Mettler Toledo DMA/SDTA861e). Karsti presētu kompozīciju CNT dispersija tika pētīta paraugu lūzuma vietā izmantojot SEM analīzi.

No iegūtajiem rezultātiem tika konstatēts, ka CNT koncentrācijas pieaugums PLA matricā uzlabo kompozīta elektrisko vadītspēju un EMI aizsardzības efektivitāti, kā arī elastiskās un siltumvadītspējas īpašības. Secināts, ka EMI aizsardzības veiktspēju ietekmē kompozītmateriāla struktūra. Tika novērotas dielektrisko un EMI aizsardzības īpašību atšķirības dažādu metožu iegūtiem paraugiem, kuras saistītas ar paraugu biezumu, pildvielas orientāciju un dispersiju.

Salīdzinot ar metāliem un to sakausējumiem, vadošiem polimēru kompozītiem dielektrisko īpašību dēļ, novērojams elektromagnētisko viļņu absorbcijas mehānisms, kā rezultātā elektromagnētiskā enerģija tiek pārvērsta siltumā, pasargājot elektronikas ierīces un samazinot negatīvo ietekmi uz apkārtējo vidi. Izteiktais absorbcijas mehānisms rodas pateicoties vairākkārtējai iekšējai atstarošanai, kura notiek, jo tiek izveidota labvēlīga vide polimēra kompozīta struktūrā.

## LITERATŪRA

[1] Ganguly, S. Bhawal, P. Ravindren, R. Das, N.C. J. Nanosci. Nanotechnol. 2018. 18(11), 7641-7669.
[2] Sankaran, S. Deshmukh, D. Ahamed, B. Pasha, K. Composites, Part A. 2018, 114, 49-71.
[3] Wanasinghe, D. Aslani, F. Ma, G. Habibi, D. Nanomaterials. 2020. 10(3). 541-587.

**Polymer composites with EMI properties.**

Electromagnetic interference (EMI) is one of the most detrimental by-product of explosive growth of electronics and telecommunication instrumentation. Electromagnetic radiation has harmful effect, which not only tries to disturb normal operation of appliances but may adversely affect human health [1].

Due excellent polymer composite properties such as lightweight, corrosion resistance, high strength, durability, simple processability, flexibility, cost-effectiveness, they are largely used as EMI shielding materials over metals [2].

Investigating properties of PLA matrix nanocomposites filled with CNT (8, 5, 3, 1, 0,2 vol.%), it has been found that addition of CNT improves electrical conductivity as well as EMI shielding effectiveness. Also, it was found that EMI shielding.

# Polilaktīda un polibutilēna-adipāta-tereftalāta maisījumu iegūšana un izvēlētu īpašību raksturošana

Artūrs Ēriks Nesaule (3. kursa Materiālzinātņu bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing*. Remo Merijs-Meri, *Mg. sc. ing*. Elīna Didrihsone (zinātniskie vadītāji)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* artursnesaule@gmail.com

Strauji pieaugot globālajai piesārņojuma problēmai un sarūkot naftas resursiem, pēdējos gados arvien aktuālāka kļūst kontrolējamu, bioloģiski noārdāmu polimēru materiālu izstrāde. Polilaktīdam (PLA) ir liels potenciāls aizstāt tradicionālos, no naftas produktiem ražotos, polimērus, jo tam ir liels elastības modulis, stiprība un izcelsme no atjaunojamiem resursiem; PLA ir trausls, kas savukārt ierobežo tā pielietojumu [1]. Problēmas risinājums ir PLA termoplastiska samaisīšana ar citu bionoārdošu polimēru, kā, piemēram, polibutilēna-adipāta-tereftalātu (PBAT), iegūstot matricas materiālu, lai tālāk izstrādātu perspektīvu, augstas veiktspējas un ar plašu pielietojuma klāstu kompozītmateriālu [2].

Materiāli: PLA 3052D (*Ingeo™ Biopolymer, NatureWorks LLC*) un PBE 006 (*NaturePlast*). Tika izveidoti dažādu koncentrāciju (95:5; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40) PLA/PBAT maisījumi izmantojot divgliemežu ekstrūderi (pie gliemežu rotācijas ātruma 60 apgr./min. un sekojoša temperatūru sadalījuma pa ekstrūdera zonām: 140-180-190-190-180°C). Ar spiedliešanas iekārtu (pie temperatūru sadalījuma pa liešanas mašīnas apsildes zonām 160-170-175°C) tika izgatavoti paraugi tālākai testēšanai. Reoloģiskās īpašības tika noteiktas, izmantojot rotācijas reometru. Strukturālās īpašības tika noteiktas, izmantojot Furjē transformāciju infrasarkano spektroskopiju. Kristalizācijas process tika fiksēts, izmantojot diferenciāli skenējošo kalorimetru. Termiskā stabilitāte tika raksturota ar termogravimetrisko analīzi. Mehāniskās īpašības tika noteiktas, veicot stiepes, lieces un triecienizturības testus.

Analizējot viskozimetrijas līknes, secināms, ka PLA 3052D un PBAT PBE006 komponentu sajaukšanas temperatūra nedrīkst pārsniegt 190°C makromolekulārās destrukcijas dēļ. DSC spektros novērota PLA un PBAT amorfo un kristālisko fāžu savstarpēja mijiedarbība. Termogravimetriskās analīzes rezultāti liecina, ka PLA, pievienojot PBAT, kopējā maisījuma termiskā stabilitāte ievērojami paaugstinās, neietekmējot sākuma termiskās sadalīšanās temperatūras. Palielinoties PBAT saturam, PLA/PBAT maisījumā samazinās trauslums un palielinās deformējamība. Līdz ar trausluma izzušanu, elastības modulis PLA/PBAT maisījumam sarūk. Pētīto maisījumu triecienizturība palielinās līdz pat 4 reizēm, PLA modificējot ar konkrētu daudzumu PBAT.

## LITERATŪRA

[1] S.Divkara Shetty, N.Shetty. Investigation of mechanical properties and applications of polylactic acids – A review. Mater. Res. Express, 2019, 6(11), article no. 112002, doi: https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab4648.

[2] M.Nofar, D.Sacligil, P.J.Carreau, M.R.Kamal, M.-C.Heuzey. Poly (lactic acid) blends: Processing, properties and applications. Int. J. Biol. Macromol., 2019, 125, 307-360.

**Manufacturing and characterisation of selected properties of polylactide and polybutylene adipate terephtalate blends**. Development of environmentally sound polymer composite materials with controlled biodegradation is becoming increasingly important due to global solid waste problem. On this score, polylactide (PLA) has gained certain attention due to its high modulus, strength and origin from renewable resources [1]. Brittleness of PLA, however, constitutes a serious problem to extend application range of the polymer, limiting also applicability of PLA for manufacturing of industrially attractive high-performance and highly biobased composite materials, reinforced with biomass derived lignocellulosic fibres. A solution to prevent this problem is toughening of PLA by means of blending with other biodegradable polymer, such as polybutylene adipate terephthalate (PBAT) [2]. PLA/PBAT blends could form a promising matrix for further development of perspective high-performance composite materials for broad range of engineering applications. Consequently, in this research the effect of different concentrations of PBAT on PLA matrix is evaluated by analysing structural, calorimetric, thermogravimetric and mechanical properties of various PLA/PBAT blends.

# Vilnas tekstilmateriālu apdares pētījumi

Marija Pakļenkova (3.kursa Materiālzinātnes bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Anna Borisova (zinātniskā vadītāja)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* marijap315@gmail.com

Vilna ir viena no populārākajām un nozīmīgākajām dabīgām šķiedām, ko izmanto modes un tekstilmateriālu rūpniecībā, pateicoties tās siltumfizikālajām un estētiskajām īpašībām, valkāšanas komfortam u.c. [1]. Pirms vilnas izmantošanas gala izstrādājumos, tekstilmateriāls tiek pakļauts dažādiem apdares procesiem – pirmapstrādei, krāsošanai un nobeiguma apdarei.

Vilnas šķiedrām piemīt sarežģīta morfoloģiskā struktūra, kas apgrūtina vilnas krāsošanu. Hidrofobais ārējais slānis neļauj ūdenim un krāsvielām iekļūt vilnas šķiedrā. Lai uzlabotu vilnas sorbcijas īpašības, kas veicinātu labāku vilnas šķiedru mijiedarbību ar krāsvielām, ķīmiskām vielām un nobeiguma apdares līdzekļiem, kā arī uzlabotu šķiedras virsmas īpašības, vilnas šķiedrām ir nepieciešama pirmapstrāde [2].

Darba mērķis ir salīdzināt vilnas auduma pirmapstrādes tehnoloģijas un to ietekmi uz krāsošanas procesu ar skābajām krāsvielām ar dažādu izlīdzināšanas pakāpi. Kā arī izstrādāt optimālo pirmapstrādes receptūru un rekomendācijas vilnas dzijas vienmērīga krāsojuma iegūšanai.

Darbā ir izmantots 100% vilnas audums (biezums 0,343 mm, lineārais blīvums 256,9 g/m$^2$). Pirmapstrādes procesā viena paraugu grupa ir mazgāta vāji sārmainā vidē, otra – vāji skābā vidē. Mazgāšanas šķīdumiem ir izmantoti: nejonogēna virsmas aktīvā viela (turpmāk – VAV) "Felosan FOX" (CHT group, Vācija), $Na_2CO_3$ (sārmainai videi), 85% HCOOH (skābai videi). Pēc mazgāšanas katrai paraugu grupai ir veikta balināšana oksidēšanas paņēmienā un reducēšanas paņēmienā. Oksidēšanas šķīdumam izmantoti: VAV "Felosan FOX", $H_2O_2$, $Na_4P_2O_7$ un $NH_3$. Reducēšanas šķīdumam - $Na_2S_2O_4$.

Kopumā ir izveidotas 4 paraugu grupas ar dažādu pirmapstrādes tehnoloģiju un katra paraugu grupa ir krāsota ar skābajām krāsvielām ar dažādu izlīdzināšanas pakāpi. Krāsošanas šķīdumam ir izmantoti: skābās krāsvielas Bemacid Blue CL-2R 200, Bemacid Blue CA-GW, Bemacid Blue CM-2B (CHT group, Vācija), izlīdzinātājs "Keriolan A2N" (CHT group, Vācija) un $CH_3COOH$. Auduma paraugus krāso skābā vidē (pH=5,5-6,5). Pēc krāsošanas paraugus apstrādā ar VAV "Felosan FOX".

Kopā ir sagatavoti 36 paraugi – 3 paralēlie paraugi katrā sērijā. Krāsotu paraugu kvalitātes novērtēšana veikta saskaņā ar ISO standartiem: kolorimetrijas rādītāju noteikšana un krāsas noturība pret 5 ciklu mazgāšanu, kā arī analizēts paliekošā krāsošanas šķīduma (vannas) sastāvs.

Ņemot vērā krāsojuma kvalitāti un krāsas noturības rezultātus, ir secināts, ka vislabākā pirmapstrādes receptūra vienmērīga krāsojuma iegūšanai ir:

1) Mazgāšana vāji skābā vidē + balināšana reducēšanas paņēmienā + krāsošana ar labi izlīdzināmo skābo krāsvielu;

2) Mazgāšana vāji sārmainā vidē + balināšana oksidēšanas paņēmienā + krāsošana ar slikti izlīdzināmo skābo krāsvielu.

Ar pirmo variantu iegūstams košs krāsu tonis un laba noturība pret mazgāšanu, taču krāsojums ir mazliet nevienmērīgs. Savukārt ar otro variantu krāsojums ir ļoti vienmērīgs un noturīgs, bet ne tik košs kā pirmajam variantam, tāpēc ka tam ir mazāka krāsvielas izņemšanās spēja.

## LITERATŪRA

[1] Sun, J.; Wang, H.; Zheng, C.; Wang, G. Synthesis of Some Surfactant-Type Acid Dyes and Their Low-Temperature Dyeing Properties on Wool Fiber. *J. Clean. Prod.* **2019**, *218*, 284–293.

[2] Mendhe, P.; Arolkar, G.; Shukla, S.; Deshmukh, R. Low-Temperature Plasma Processing for the Enhancement of Surface Properties and Dyeability of Wool Fabric. *J. Appl. Polymer Sci.* **2015**, *133* (12).

**Chemical processing of wool textiles.**

Before using wool, textile material is subjected to various chemical processes - pre-treatment, dyeing and finishing**.** In this study wool fabric pretreatment technologies and their effect on the dyeing process with acid dyes were studied.

# Celulozi saturošu tekstilmateriālu izkodināšanas drukas pētījumi

Paula Raina Rubene (3.kursa Materiālzinātnes bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Anna Borisova (zinātniskā vadītāja)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* paularainarubene@gmail.com

Tekstilmateriālu apdruka ir populārākais un daudzveidīgākais tekstilmateriālu apstrādes veids, ko izmanto krāsu un dizainu ieviešanai tekstilizstrādājumos. Svarīga apdrukas metode ir izkodināšanas druka, kuras procesā uz tekstilmateriāla tiek uznesta drukas pasta ar izkodināšanas aģentiem, kas rada negatīvu apdruku, noārdot krāsvielu no tekstilmateriāla. Apdruka radīta ar izkodināšanas druku ir ļoti kvalitatīva un tās veidotie motīvi var būt daudz sarežģītāki kā ar citām apdrukas metodēm, bet tā arī ir dārgāka, kas ierobežo tās izmantošanu. Izkodināšanas drukā populāra ir celulozi saturošu tekstilmateriālu, krāsotu ar aktīvajām krāsvielām, izmantošana [1, 2].

Darba mērķis ir izpētīt dažādu drukas pastu sastāvu ietekmi uz apdrukas kvalitāti uz kokvilnas un linu materiāliem krāsotiem ar aktīvajām krāsvielām, izpētīt optimālos drukas sastāvus un tehnoloģiskos parametrus apdrukas termofiksēšanai un tvaicēšanai. Darbā ir izmantoti divi dažādi tekstilmateriāli: 100% kokvilna (biezums 0,143 mm, blīvums 151,5 g/m$^2$) un 100% lini (biezums 0,162 mm, blīvums 162,6 g/m$^2$). Pirms paraugu apdrukas tekstilmateriāli ir krāsoti ar divām dažādām vinisulfonu aktīvajām krāsvielām, dzeltenu un zilu: Bezaktiv Yellow V-GL 150 (CHT Group, Vācija) un Bezaktive Blue V-2B 133 (CHT Group, Vācija).

Dažādo drukas pastu veidu izgatavošanā ir izmantots: izkodināšanas aģents "Tubiscreen DC-Agent" (CHT Group, Vācija), ūdens bāzes drukas pastas pigmentu izkodināšanai – "Printperfekt® DC 8" un "Printperfekt® DC 8 WHITE" (CHT Group, Vācija), dekstrīns, ciete un titāna dioksīds. Darbā ir izmantota sietspiedes apdrukas metode, kā arī sastāvu nostiprināšanai ir veikta termofiksācija un tvaicēšana atmosfēras spiedienā. Ir izveidotas 2 paraugu grupas: sākuma paraugi, pēc kuriem ir noteikti optimālākie drukas pastu sastāvi un tvaicēšanas laiki, un gala paraugi, kuriem ir veiktas visas apdrukas kvalitātes novērtēšanas pārbaudes. Sākuma paraugiem ir izmantoti 2 dažādi tekstilmateriāli, katrs krāsots 2 dažādās krāsās un apdrukāts ar 12 dažādām drukas pastām, apstrādei variējot termofiksācijas un tvaicēšanas procesa tehnoloģiskos parametrus. Kopā ir izgatavoti 144 sākuma paraugi. Gala paraugiem ir izmantoti 2 dažādi tekstilmateriāli, katrs krāsots 2 dažādās krāsās un apdrukāts ar 6 dažādām drukas pastām, veidojot 4 paralēlos paraugus katrā sērijā. Kopā izgatavoti 64 gala paraugi.

Apdrukāto paraugu pārbaudes ir veiktas saskaņā ar ISO standartiem: baltuma un kolorimetrijas parametru noteikšana, apdrukas noturība pret 5 ciklu mazgāšanu, apdrukas noturība pret mākslīgo apgaismojumu, kā arī paraugiem tika veikta mikroskopiskā analīze un apdrukas vizuālais novērtējums.

Apkopojot rezultātus, ir iespējams secināt, ka, kaut arī izmantojot komerciāli ražotās drukas pastas apdrukas kontūras ir asākas un parauga izgatavošanas process ir vieglāks, izkodināšānas drukā ir iespējams izmantot arī pašizgatavotas drukas pastas, bet to sastāvā ir jābūt cietei, citādāk tās ir pārāk šķidras un apdrukai var veidoties oreola efekts – apdrukas kontūras nav asas.

## LITERATŪRA

[1] Seema, Hs.; Deepika, L.; Babu, A. A Comparative Study on Discharge Printing Using Conventional and Ecological Recipe. *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology* **2018**, *3* (1), 245–261.

[2] El-Kashouti, M.; Elhadad, S.; Abdel-Zaher, K. Printing Technology on Textile Fibers: Review. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science* **2019**, *16* (2), 129–138.

**Study of discharge printing of cellulose-containing textiles.**
Discharge printing is a very popular but also expensive method of printing on textile materials. In this work the different quality of prints gained by different kinds of printing pastes, both commercially produced and self-made, on cotton and linen textiles were studied.

# Polibutilēna sukcināta un nanofibrilētās celulozes kompozīti

Aleksandrs Sereda (3. kursa Materiālzinātnes bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs, *M. sc. ing*. Oskars Platnieks (zinātniskie vadītāji)

*Polimēru materiālu institūts, Polimēru materiālu tehnoloģijas katedra,*
*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* Aleksandrs.Sereda@rtu.lv

Bioloģiski nenoārdāmie polimēri ir kļuvuši par vienu no lielākiem apkārtējas vides piesārņojuma veicinošiem faktoriem, jo masveidā uzkrājas apkārtējā vidē [1]. Līdz ar to tiek aktīvi meklētas un pētītas šo materiālu alternatīvas ar līdzīgām īpašībām un spēju bioloģiski noārdīties, kas ne tikai samazinātu piesārņojuma līmeni, bet arī atkarību no naftas produktiem. Kā viens no daudzsološākiem materiāliem ir polibutilēna sukcināts (PBS). PBS ir bioloģiski noārdāms poliesters ar poliolefīniem līdzīgām īpašībām [2], kuras var ievērojami uzlabot ar dažādām pildvielām. Taču, lai pildīts PBS varētu pilnīgi bioloģiski noārdīties apkārtējā vidē, tam klāt tiek pievienotas dabiskās organiskās pildvielas, piemērām, celuloze.

Zinātniskā literatūrā kā vienu no uzlabošanas metodēm tiek pētīta PBS un modificētās/nemodificētās nanofibrilētas celulozes (NFC) kompozītu iegūšana. NFC ir celulozes paveids, kam raksturīga liela garuma un diametra attiecība un virsmas laukums, līdz ar to tiek uzskatīta par efektīvāko pildvielu nekā parastā celuloze.

Darba mērķis ir izpētīt NFC daudzuma ietekmi uz PBS/NFC kompozītu termiskām, mehāniskām un biodegradācijas īpašībām.

PBS/NFC kompozītu iegūšanai tika izmantotas šķīduma un kausējumu metodes. Šķīduma tehnoloģija tika veikta, izšķīdinot PBS un NFC šķīdinātājā un intensīvi maisot ar ultraskaņas maisītāju. No maisījuma tika atlieti paraugi ar 5 – 70% NFC saturu. Pārstrāde kausējumā tika veikta ar termokinētisko maisītāju (Brabender™), iegūstot paraugus ar NFC saturu 1 – 20%. Visiem kompozītiem tika iegūtas plāksnes ar hidraulisko presi un pakļauti tālākai testēšanai. Termiskās īpašības pētīja ar diferenciāli skenējošo kalorimetriju (DSC) un termogravimetrisko analīzi (TGA). Mehāniskas īpašības pētīja ar universālo mehānisko testēšanas iekārtu *Tinius Olsen* stiepes režīmā un viskoelastisko parameteru (krājuma un zuduma moduļus) atkarību no temperatūras noteica ar dinamiski mehānisko analīzi (DMA). Bioloģisko destrukciju pētīja ar biodegradēšanas testu kompostēšanos apstākļos.

DSC analīzes apliecināja kā kristāliskums pētītiem kompozītiem bija mazāks nekā tīrām PBS, bet TGA analīzes uzrādīja zemāko sadalīšanas temperatūru. DMA pētījumi uzrādīja, ka, palielinot NFC saturu kompozītos, pieauga gan krājuma modulis, gan zuduma modulis, salīdzinot ar tīro PBS. Stiepes testēšanas dati uzrādīja augstākās elastība moduļa vērtības kompozītiem nekā tīram PBS. Biodegradēšanas tests kompozītiem uzrādīja efektīvākās sadalīšanas nekā PBS.

## LITERATŪRA

[1] M.Eriksen, L.C. M.Lebreton, H.S.Carson, M.Thiel, C.J.Moore, J.C.Borerro, F.Galgani, P.G.Ryan, J.Reisser. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, **2014**, *9*(12), e111913.

[2] T.Fujimaki. Processability and properties of aliphatic polyesters, 'BIONOLLE', synthesized by polycondensation reaction. *Polym. Degrad. Stab.*, **1998**, *59*, 209-214.

**Composites Based on Nanofibrillated Cellulose and Poly(butylene succinate).**

The study was carried on poly(butylene succinate) (PBS) and nanofibrillated cellulose (NFC) composites obtained by two methods – melt blending and solution casting, with different NFC loadings. PBS/NFC composites with 5 – 70% NFC content were prepared by solution casting and 1 – 20% – by melt blending. Thermal stability and crystallinity were studied with differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA). Mechanical properties were studied with dynamic mechanical analysis (DMA) and universal mechanical testing machine Tinius Olsen. Biodegradability of obtained composites was studied by biodegradation in composting conditions. DCS analysis did not reveal any significant differences in melting temperatures, regardless of NFC loadings and composite preparation method. DMA and tensile test showed enhanced properties, however TGA tests revealed reduced thermal stability. Biodegradability of PBS/NFC composites increased with increasing NFC content.

# Polimēra materiāla īpašību modificēšana ar FFF drukāšanas tehnoloģiju

Romāns Smirnovs (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

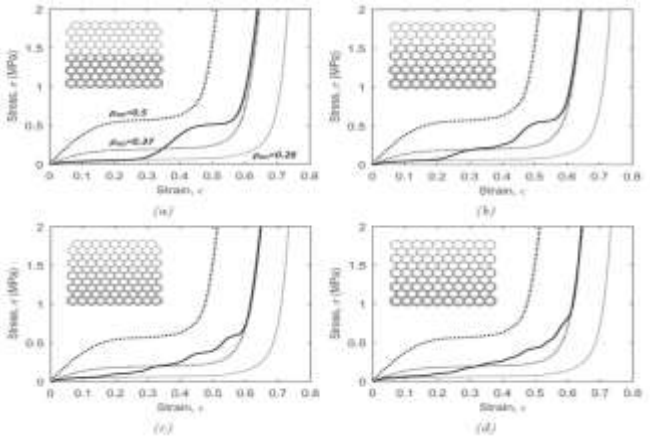
*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* romans.smirnovs.04@rpg.lv

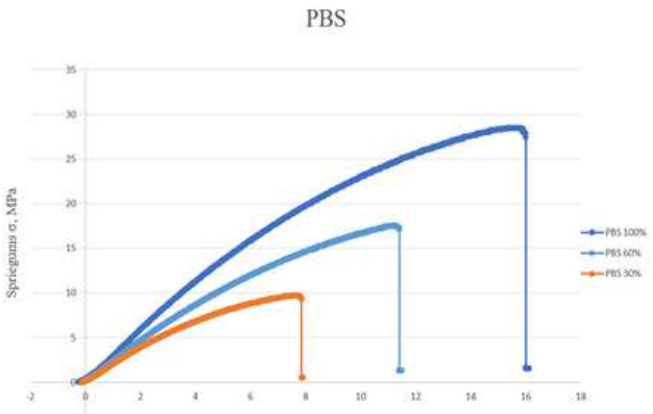
Izmantojot aditīvo ražošanas tehnoloģiju FFF jeb FDM ir iespējams ne tikai ļoti ātri iegūt velāma dizaina produktu, bet arī modificēt polimērmateriāla izstrādājumus – mainot cik ķermenis iekšā ir aizpildīts (relatīvais blīvums). Parasti, aizpildīšana nekad nenotiek simtsprocentīgi.

Ir zināms, ka termoplastiskiem poliuretāniem (TPU) ir lieliskas triecienizturīgas īpašības un liels potenciāls kā materiāliem enerģijas absorbējošu konstrukciju celtniecībai. Tika izgatavotas seštruveida šūnas ar dažādu relatīvo blīvumu, un tika pierādīts, ka tām piemit superelastība un tie pilnīgi atjauno savu formu pēc 5 kompresijas jeb saspiešanas cikliem. Šādāi struktūrai var atrast pielietojumu personiskās aizsardzības līdzekļos, kas pasarga pret triecienu (piem. ķivere amerikāņu futbolā). Šī pētijuma mērķis ir paplašināt zināšanas par šunveida struktūras enerģijas absorbcijas un kā relatīvais blīvums to ietekmē. Tiek izvirzīta hipotēze, ka, mainot šūnu relatīvo blīvumu vienā ķermenī, tās ļaus efektīvāk absorbēt enerģiju. Lai to izpētītu, šunveida ķermeņi ar dāžado relatīvo blīvumu (2 pakāpju, 3 pakāpju, 5 pakāpju un nepartauktais relatīva blīvuma gradients), izmantojot 3D drukāšanas FDM tehnoloģiju, tiek testēti statiskā kompresijas režīmā un trieciena režīmā [1, 2].

Tika pētiti daži materiāli ar dažadām īpašībām – PLA, PBS, PA 6/66, PP/hemp, vieni ir elastīgāki, citi ir stingrāki. Pēc standartiem ISO-178 liecei un ISO-527-1BA stiepei, izmantojot dotos materiālus, tika printēti paraugi mehanisko īpašību pārbaudei. Izdrukātiem stienīšiem un lāpstiņam bija dažādas aizpildīšanas pakāpes – 30%, 60% un 100%. Tālāk visiem paraugiem tika veikti stiepes un lieces testi un rezultātus var neverot grafikos.



**1. att.** TPU paraugu saspiešanas līknes




**2. att.** PBS stiepes līknes

LITERATŪRA

[1] S.R.G. Bates, I.R. Farrow, R.S. Trask, Compressive behaviour of 3D printed thermoplastic polyurethane honeycombs with graded densities, Mater. Des. 162 (2019) 130–142.
[2] S.R.G. Bates, I.R. Farrow, R.S. Trask, 3D printed polyurethane honeycombs for repeated tailored energy absorption, Mater. Des. 112 (2016) 172-183.

**Modification of polymer material properties with FFF printing technology.**

Using the additive production technology FFF or FDM, it is possible not only to get a product of a desired design very quickly, but also to modify polymer material products - by changing how much the product is filled inside (relative density). Generally, filling is never one hundred percent.

# Ar atjaunojamām izejvielām modificētu polipropilēna kompozītu izstrāde un mehānisko, un termisko īpašību noteikšana spiedlietu izstrādājumu iegūšanai

Madara Varkale (2.kursa maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Remo Merijs-Meri (zinātniskais vadītājs)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* Madara.Varkale@rtu.lv

Polimēru materiālu daudzums un to izmantošanas daudzveidīgums pieaug proporcionāli civilizācijas attīstībai. Iegūstot biobāzētus polimērkompozītus, izmantojot atjaunojamus resursus, tiek īstenota "zaļās ekonomikas" domāšana, samazinot oglekļa dioksīda izmešu daudzumu [1]. Īpašu uzmanību pēdējos gados ieguvušas daudzkomponentu sistēmas, kuras vismaz vienas komponentes izmēri ir nanolīmenī. Šādās sistēmās nodrošinot vienmērīgu dispersās fāzes daļiņu nanolīmeņa izkliedi polimēra matricā iespējams nodrošināt ievērojami lielāku mehānisko un termisko īpašību pieaugumu nekā mikrokompozītos [2]. Nesenos pētījumos, uzmanību piesaistījuši hibrīdkompozīti, kuros katra komponente dod savu būtisku ieguldījumu kādas īpašības uzlabošanā. Slāņaino silikātu pievienošana ir efektīvs veids kā uzlabot citas ar dabas šķiedrām stiegrotu polimēru kompozītu īpašības, tostarp termisko izturību [3]. Darba mērķis ir ar atjaunojamām izejvielām modificētu polipropilēna kompozītu izveide. Izvērtēt iegūto kompozītu mehāniskās un termiskās īpašības spiedlietu izstrādājumu iegūšanai. Izmantotie materiāli: 1) Homopolimērs (HP400R) , Basel Orlen, Polija; 2) Polipropilēnam piepotēts maleīnskābes anhidrīds (Licocene MA 6452), Clariant; 3) Organiskie māli (I.44P), Nanocor 4) Organisko mālu koncentrāts (Masterbatch I.44P), Nanocor 5) Kviešu sēnalas (Speltes kvieši), Amlina AB. Kompozītu iegūšanas metodoloģija: Speletes kviešu sēnalas sijātas ar 2 mm sietu, tad sasmalcinātas rotortipa smalcinātājā 0,25 mm. Pirms ekstrudēšanas kviešu sēnalas žāvētas žāvskapī 60 °C 24 h, bet pārējie materiāli 80 °C 6 h. Komponenti samaisīti noteiktās attiecībās, izmantojot divgliemežu ekstrūderi, iegūstot kompozīcijas no kurām tālāk iegūti testēšanas paraugi. Izmantotās testēšanas metodes: Kausējuma indekss; Kapilārā reoloģija, FT-IR; TGA; DSK; Liece; Stiepe; Triecienizturība; Cietība; Blīvums; Šļūde. Tika iegūti ar speltes kviešu sēnalām modificēti polipropilēna kompozīti; izmantojot modificētus mālus tika uzlabotas šādu kompozītu termiskās un mehāniskās īpašības spiedlietu izstrādājumu iegūšanai.

## LITERATŪRA

[1] Sova, M. *Mini Rev. Med. Chem.* **2012**, *12*(8), 749-767.
[2] T. Vaisanen, O. Das, and L. Tomppo, "A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites", J.Clean. Prod.,vol.149,pp.582-596, **2017**
[3] Ayesha Kausar, "Physical properties of hybrid polymer/clay composites", Elsevier Ltd.,no.5,pp.115-129, **2017**
[4] M. Jawaid, A. el K. Qaiss, and R. Bouhfid, "Nanoclay Reinforced Polymer Composites : Natural Fibre/Nanoclay Hybrid Composites," Eng. Mater., no. July, p. 301, **2016**.

**Development and characterisation of mechanical and thermal properties of the polypropylene composites with renewable fillers for injection molded products.**

Grain husks derived lignocellulose fiber and nanoclay reinforced hybrid polymer nanocomposites have been prepared by melt intercalation. Such nanocomposites development is fascinating due to high aspect ratio and plate-like shape of nanoclays on the one hand and renewability and high reinforcing effect of grain husks derived lignocellulose filler on the other hand. In the research injection moulded test specimens were investigated for their thermal and mechanical properties.

# Organisko savienojumu ķīmijas un tehnoloģijas sekcija

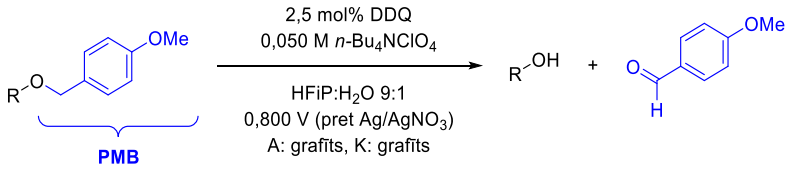
# DDQ mediēta *p*-metoksibenzilgrupas elektroķīmiska šķelšana

Haralds Baunis (1. kursa LU Ķīmijas maģistra programmas students)

*Dr. chem.* Edgars Sūna (zinātniskais vadītājs)

*Latvijas Organiskās sintēzes institūts*
*e-pasts: haralds.baunis@osi.lv*

*Para*-metoksibenzilgrupu (PMB) organiskajā sintēzē izmanto spirtu, karbonskābju, amīnu un citu funkcionālo grupu aizsargāšanai [1, 2]. Tās šķelšanai izmanto spēcīgus oksidētājus (DDQ, CAN), Brensteda un Lūisa skābes (trifluoretiķskābe) [1, 3]. Ņemot vērā esošo oksidatīvo metožu trūkumus (toksiski reaģenti, kurus jāizmanto stehiometriskos daudzumos, to tieksme hidrolizēties), ir nepieciešams izstrādāt lētākas, cilvēku veselībai un videi nekaitīgākas metodes, kā, piemēram, elektroķīmisku oksidēšanu, kas ļautu reakciju veikt maigos apstākļos un samazināt reaģentu atkritumus un izmaksas [4].




**1. att.** PMB aizsarggrupas elektroķīmiska šķelšana.

Darbā tika izstrādāta elektroķīmiska metode PMB ēteru un esteru šķelšanas nolūkiem (1. att.), izmantojot 2,5 mol% DDQ kā elektronu pārneses mediatoru un reakciju veicot 9:1 tilpumdaļu maisījumā 1,1,1,3,3,3-heksafluorizopropanola (HFiP) un ūdens. Par elektroda materiālu tika izvēlēts grafīts, kam raksturīgas mazas izmaksas. Tika izpētīta metodes savietojamība ar dažādiem PMB aizsargātiem fenoliem, aromātiskām un alifātiskām skābēm. Šāda tipa substrātu elektroķīmiska šķelšana literatūrā nav sastopama.

## LITERATŪRA

[1] Wuts, P. G. M. Protection of the Hydroxyl Group, Including 1,2- and 1,3-Diols. In Greene's Protective Groups in Organic Synthesis, 5th ed.; John Wiley & Sons: New York, 2014; pp 417.
[2] Owen *et al*. *Bioorg. Med. Chem. Lett*. **2010**, *20*, 92.
[3] Kern, N.; Dombrav, T.; Blanc, A.; Weibel, J. M.; Pale, P. *J. Org. Chem*. **2012**, *77*, 9227.
[4] Chen, L.; Liu, S.; Zhao, L.; Zhao, Y. M. *Electrochim. Acta* **2017**, *258*, 677.

**DDQ-Mediated electrochemical cleavage of the *p*-methoxybenzyl protecting group.**

*Para*-methoxybenzyl (PMB) group is widely used in organic synthesis for the protection of alcohols and other functionalities [1, 2]. The most commonly employed methods for removal of this group require strong oxidants, e.g., DDQ and CAN, Brønsted acids, e.g., TFA [1, 3]. The deprotection of PMB ethers via oxidative methods has a number of drawbacks, including the use of stoichiometric amounts of reagents with high levels of toxicity; their tendency to hydrolyze [4]. Because of this, a cheaper, more efficient, and environmentally benign method for deprotection of PMB esters and aromatic ethers was developed (Figure 1), using a 9:1 mixture of 1,1,1,3,3,3-hexafluoroisopropanol and water as a solvent and 2.5 mol% of DDQ. Graphite rods were used as electrodes, graphite being a relatively cheap electrode material. The scope of the reaction was explored, applying the method to various PMB-protected phenols, aromatic and aliphatic acids. Electrochemical cleavage of such substrates has yet to be reported.

# Lupānu rindas izoksazolu konjugātu sintēze un pielietojums bioloģiski aktīvu vielu meklējumos

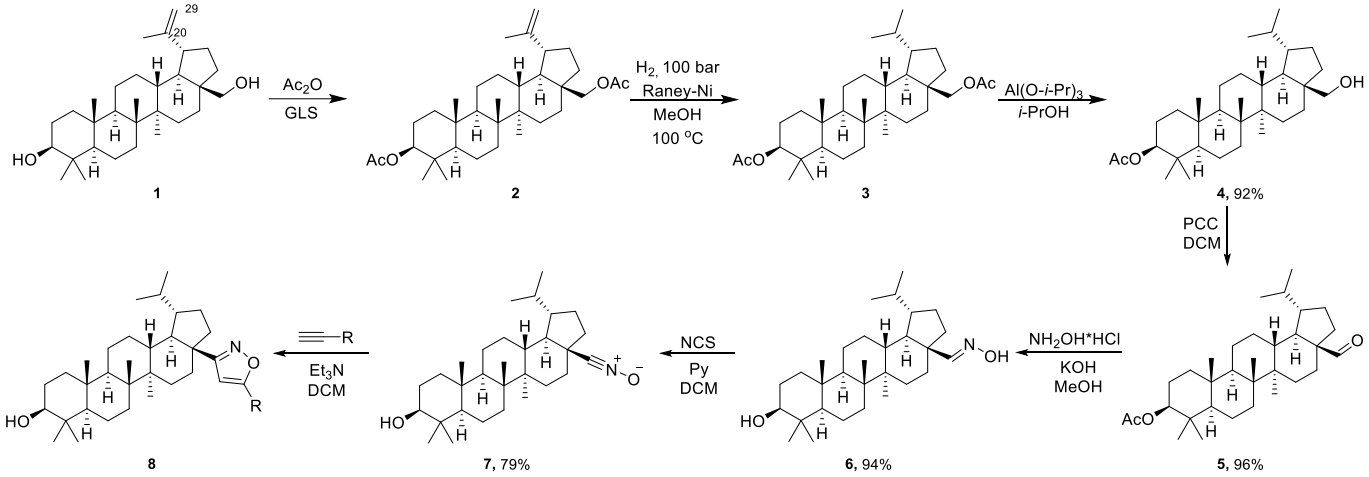
Māris Bazulis (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr. chem.* Jevgeņija Lugiņina, *Dr. chem.* Māris Turks (zinātniskie vadītāji)

*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* maris.bazulis@rtu.lv

Betulīns (**1**) ir dabā sastopams pentaciklisks triterpenēns, kas visbiežāk atrodams bērza mizā. Betulīna (**1**) un to atvasinājumu bioloģiskās aktivitātes dēļ, tie pašlaik tiek pētīti kā potenciāli pretvīrusu un pretvēža preperāti [1].

Šī darba mērķis ir iegūt bioloģiski aktīvus izoksazolus **8**, izmantojot betulīnu (**1**) kā izejvielu (1. shēma). Oksīms **6** no betulīna (**1**) tiek iegūts 5 soļu sintēzē, sākumā to acilējot un hidrogenējot, tā atbrīvojoties no C(20)-C(29) dubultsaites. Reducētais produkts **3** tad tiek selektīvi deacilēts un oksidēts, lai iegūtu aldehīdu **5**, ko tālāk izmanto oksīma **6** ieguvē. No oksīma **6** tiek ģenerēts nitriloksīds **7**, izmantojot *N*-hlorsukcinimīdu piridīna klātbūtnē, kas stājās 1,3 dipolārās ciklopievienošanas reakcijās ar alkīniem, veidojot to attiecīgos izoksazolu atvasinājumus **8** [2]. Iegūtajiem produktiem **8** pašlaik tiek pētīta to citotoksicitāte.




**1. shēma.** Izoksazolu atvasinājumu **8** sintēze.

## LITERATŪRA

[1] Alakurtti, S.; Koskimies, S.; Mäkelä, T.; Yli-Kauhaluoma, J. *Eur. J. Pharm. Sci.* **2006**, *29*, 1.
[2] Baruchello, R.; Simoni, D.; Marchetti, P.; Rondanin, R.; Mangiola, S.; Costantini, C.; Meli, M.; Giannini, G.; Vesci, L.; Carollo, V.; Brunetti, T.; Battistuzzi, G.; Tolomeo, M.; Cabri, W. *Eur. J. Med. Chem.* **2014**, *76*, 55.

**Synthesis of lupane based isoxazole derivatives and exploring their biological activity**.
Betulin is a naturally occuring triterpene notable for its biological activity. The goal of this research is to produce different isoxazole derivatives. These derivatives are obtained starting from betulin, which is converted into an oxime in a 5 step sequence. The oxime is then used to generate a nitrile oxide which then takes place in 1,3-dipolar cycloaddition reactions with alkynes producing the corresponding isoxazoles which are being studied for their cytotoxicity.

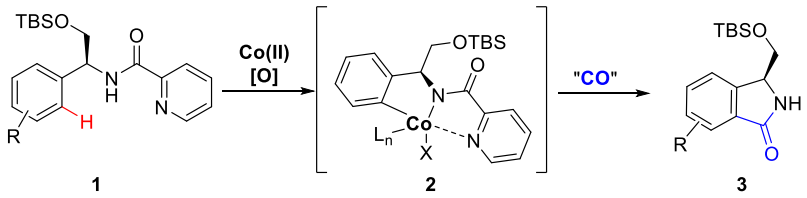
# Kobalta katalizēta C(sp)$^2$-H saites karbonilēšana

Aleksandrs Čižikovs (3. kursa LU Ķīmijas bakalaura programmas students)

*M. sc. ing.* Lūkass Lukašēvics, *Dr. chem.* Liene Grigorjeva (zinātniskie vadītāji)

*Ķīmijas fakultāte, Latvijas Univeristāte*
*e-pasts:* chizhikovs.alex@gmail.com

Pēdējo divu dekāžu laikā arvien vairāk tiek pievērsta uzmanība C-H aktivēšanas pieejai. Galvenie rezultāti šajā jomā ir sasniegti ar tādiem trešās rindas pārejas metāliem kā Rh, Ru un Pd.[1] Tomēr šie dārgmetāli dabā ir reti sastopami, tādēļ to cena ir ievērojami augstāka nekā pirmās rindas pārejas metāliem (Fe, Co, Ni) [1]. Šī iemesla dēļ, jaunu C-H funkcionalizēšanas metožu izstrāde, kurās tiktu izmantoti vieglāk iegūstami un lētāki katalizatori, būtu ļoti vēlama. Uz doto brīdi literatūrā kobalta katalizētām aminospirtu C-H funkcionalizēšanas reakcijām ir zināms tikai viens piemērs [2]. Šī iemesla dēļ, kā pētījuma mērķi esam izvirzījuši jaunu metožu izstrādi kobalta katalizētai aminospirtu funkcionalizēšanai. Mērķa īstenošanai kā modeļa substrātu izmantojām fenilglicinola **1** atvasinājumu, kas reakcijas apstākļos ar kobalta katalizatoru spētu veidot kompleksu **2**. Pētījumā esam atklājuši, ka fenilglicinola **1** reakcijā ar "CO" avotu ir iespējams iegūt enantiotīrus izoindolinona atvasinājumus **3** (1. attēls) [3].




- 19 Piemēri, iznākums līdz 96%
- Pilnīga stereoķīmijas saglabāšanās
- Laba funkcionālo grupu saderība

**1. att.** Kobalta katalizēta fenilglicinola **1** karbonilēšana.

## LITERATŪRA

[1] Gandeepan, P.; Muller, T.; Zell, D.; Cera, G.; Warratz, S.; Ackermann, L. *Chem. Rev*., **2019**, *119* (4), 2192.
[2] Bolsakova, J.; Lukasevics, L.; Grigorjeva, L. *J. Org. Chem.* **2020,** *85*(6), 4482.
[3] Lukasevics, L.; Cizikovs, A.; Grigorjeva, L. *Org. Lett.* **2020,** *22*(7), 2720.

**Cobalt catalyzed carbonylation of C(sp$^2$)-H bond**.
An efficient method for the synthesis of 3-hydroxymethyl isoindolinones *via* cobalt-catalyzed C(sp2)–H carbonylation of phenylglycinol derivatives using picolinamide as a traceless directing group is demonstrated. The reaction proceeds in the presence of a commercially available cobalt(II) tetramethylheptanedionate catalyst and employs DIAD as a "CO" surrogate. This synthetic route offers a broad substrate scope, excellent regioselectivity, and full preservation of the original stereochemistry. Besides, the developed method provides a pathway for accessing valuable enantiopure 3-substituted isoindolinone derivatives.

# Triterpenoīdu pirazolu un bistriazolu konjugātu iegūšana

Niks Freimanis (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

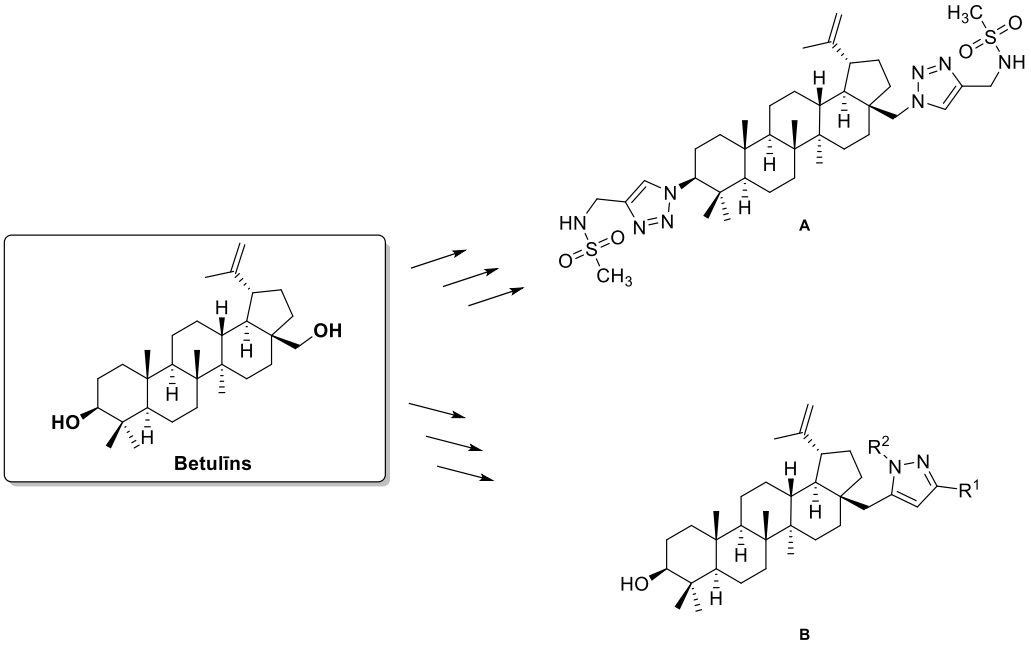
*Dr. chem.* Jevgeņija Lugiņina, *Dr. chem.* Māris Turks (zinātniskie vadītāji)

*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* niks.freimanis_1@rtu.lv

Betulīns ir lupāna tipa pentaciklisks triterpenoīds, kuru var atrast vairāk kā 200 dažādās augu sugās un tas visplašāk ir sastopams bērza tāsī, līdz pat 20-25% [1]. Betulīna atvasinājumiem piemīt plaša bioloģiskā aktivitāte, tāda kā: pretvīrusu, pret-HIV, pretiekaisumu, pretmalārijas un pretaudzēju aktivitāte [2]. Betulīnam ir ierobežota šķīdība ūdenī, tāpēc, veidojot tā atvasinājumus, tiek domāts kā uzlabot tā bioloģisko aktivitāti un biopieejamību.

Šī darba pirmā daļa tiek veltīta bis-triazola **A** β-diasteriomēra iegūšanai, kura diasteriomēru maisījumam jau tika konstatēta augsta aktivitāte pret neiroblastomas un glioblastomas šūnām NG108-15, neskarot normālās fibroblastu šūnas 3T3 [3].

Darba otrā daļa tiek veltīta betulīna pirazola atvasinājumu **B** sintēzei, kuriem arī tiks veikta citotoksicitātes pārbaude. Pirazola atvasinājumiem ir novērotas pretvēža, antimikrobiālas, antikonvulsantu, pretiekaisuma un pretsāpju īpašības [4].




**1. att.** Darba virzieni.

LITERATŪRA

[1] Hayek, E. W. H.; Jordis, U.; Moche, W.; Sauter, F. A *Phytochemistry* **1989**, 28, 2229.
[2] Jonnalagadda, S. C.; Suman, P.; Morgan, D. C.; Seay, J. N. *Studies in Natural Products Chemistry*; **2017**, 53, 45.
[3] Melderis, A. 3β,28-Diazidolup-20(29)-ēns un tā pielietojums bioloģiski aktīvu atvasinājumu sintēzē. Bakalaura darbs, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, **2018**.
[4] Bennani, F. E.; Doudach, L.; Cherrah, Y.; Ramli, Y.; Karrouchi, K.; Ansar, M.; Faouzi, M. E. A. *Bioorganic Chemistry*. **2020**, 97, 103470, (DOI: 10.1016/j.bioorg.2019.103470).

**Synthesis of triterpenoid pyrazole and bistriazole conjugates.**
Betulin and its derivatives have shown a wide range of biological activity. In this work, two different kinds of betulin derivatives have been synthesised. In the first part, stereochemically pure bis-triazole has been obtained as its diastereomer mixture previously has shown activity against cancer cells NG108-15. In the second part of the work, several pyrazoles have been synthesised with the goal to enhance betulin's activity against cancer cells.

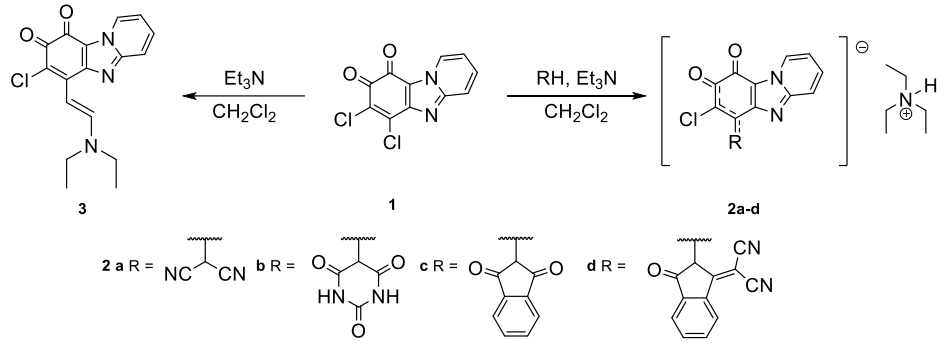
# Heterociklisko *o*-hinonu reakcijas ar *C*-nukleofīliem

Anastasija Gaile (2.kursa Lietišķās ķīmijas maģistra programmas studente)

*Dr. chem.* Nelli Batenko (zinātniskā vadītāja)

*Lietišķās ķīmijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* Anastasija.Gaile@edu.rtu.lv

Hinonu atvasinājumi tiek plaši pētīti, pateicoties to bioloģiskai aktivitātei, optiskajām un elektroķīmiskajām īpašībām. *C*-Nukleofīlu pievienošana *p*- un *o*-hinoniem ir plaši pētītā reakcija, un uzbrukuma virziens (pie karbonilgrupas oglekļa vai skābekļa, kā arī konjugētās pozīcijās) ir atkarīgs no nukleofīla un aizvietotāju dabas hinona gredzenā un to steriskajām īpašībām [1]. Šajā darbā tika pētīta heterocikliskā *o*-hinona (**1**) mijiedarbība ar *C*-nukleofīliem un šīs reakcijas produktu **2a-d** īpašības. 6,7-Dihlorpirido[1,2-*a*]benzimidazol-8,9-dions (**1**) stājas nukleofīlas aizvietošanas reakcijā ar *C*-nukleofīlu (*N*,*N*-dietiletēnamīns), kuru rezultātā tiek aizvietots hlora atoms pie C-6 [2]. Šajā darbā par *C*-nukleofīliem tika izmantoti malondinitrils, barbiturskābe, indandions un to atvasinājums trietilamīna klātbūtnē. Ar KMR spektroskopijas un RSA metodēm tika pierādīts, ka produkti **2a-d** eksistē trietilammonija sāls veidā (1. shēma). Atkarībā no ievadītā fragmenta, savienojumi **2a-d** var eksistēt gan *o*-hinona formā, kad negatīvais lādiņš tiek delokalizēts ievadītā nukleofīlā daļā, gan *p*-hinona metīda formā, kad negatīvais lādiņš tiek delokalizēts starp diviem hinona skābekļa atomiem. Hinons **1** reaģēja ar trietilamīna pārākumu metilēnhlorīdā, veidojot produktu **3**, kurš bija identisks produktam pēc reakcijas ar *N*,*N*-dietiletēnamīnu. Produkta **3** veidošana tiek izskaidrota ar trietilamīna oksidēšanu par *N*,*N*-dietiletēnamīnu reakcijas gaitā, hinonam **1** kalpojot par oksidētāju. Savienojumu **2a-d** UV absorbcijas spektros bija novērotas intensīvas absorbcijas joslas, kuru viļņa garums bija atkarīgs no ievadīta aizvietotāja hinona **1** molekulā un no šķīdinātāja polaritātes/aciditātes (1.tabula). Savienojumu **2a-d** rindā tika novērota absorbcijas maksimuma batohromā nobīde DMF.




**1.shēma.** 6,7-Dihlorpirido[1,2-*a*]benzimidazol-8,9-diona (**1**) reakcija ar *C*-nukleofīliem.

1.tabula. Sintezēto savienojumu **2a-d** UV-Vis spektroskopijas dati.

| Savienojums | | **2a** | **2b** | **2c** | **2d** |
|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda_{max}$ (nm) | DMF | 627 | 661 | 690 | 697 |
| | $CH_2Cl_2$ | 641 | - | 660 | 757 |
| | AcOH | 540 | 564 | - | 679 |

LITERATŪRA

[1] Kutyrev, A. A. *Tetrahedron* **1991**, *47* (38), 8043.
[2] Batenko, N.; Belyakov, S.; Kiselovs, G.; Valters, R. *Tetrahedron Lett*. **2013**, *54* (35), 4697.

**Heterocyclic *o*-quinone reactions with *C*-nucleophiles**.
In this work 6,7-dichloropyrido[1,2-*a*]benzimidazole-8,9-dione nucleophilic substitution reactions with *C*-nucleophiles were carried out. Products of the reaction were isolated as triethylammonium salts. Depending on the substituent at C-6 position of 6,7-dichloropyrido[1,2-*a*]benzimidazole-8,9-dione, the substitution reaction product exist either in the form of quinone methide or in the form of *o*-quinone. The structure and properties of obtained compounds were confirmed by HPLC-MS, $^{1}$H-NMR, $^{13}$C-NMR, RSA, IR and UV spectroscopy methods.

# Katjona–π mijiedarbību ietekme uz luminoforu optiskajām īpašībām

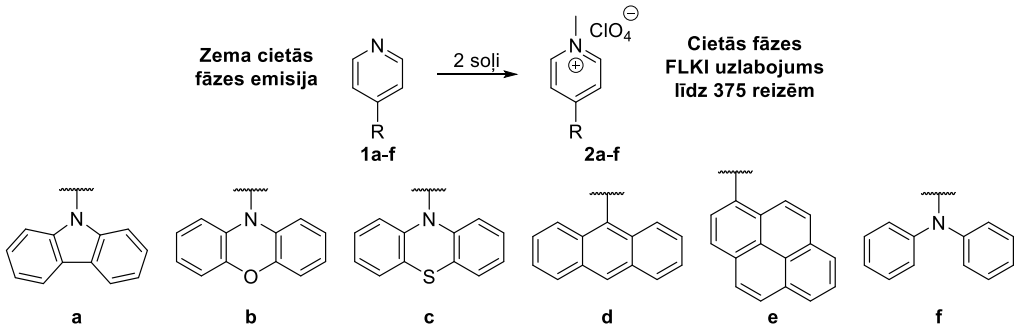
Toms Izmailovs (2. kursa LU Ķīmijas maģistra programmas students)

*Dr. chem.* Edgars Sūna, *M. S. chem.* Kaspars Leduskrasts (zinātniskie vadītāji)

*Latvijas Organiskās sintēzes institūts, Ķīmijas fakultāte,*
*Latvijas Universitāte*
*e-pasts:* tomsizmailovs@gmail.com

Luminiscentos materiālus var izmantot jebkurā fizikālajā stāvoklī, tomēr lielākā daļa praktisko pielietojumu pieprasa, lai luminofori būtu cietā fāzē, piemēram, organiskās gaismas emitējošās diodes (OLED) [1]. Tipiskie luminofori satur π–konjugētas sistēmas, kas bieži ir spēcīgi emitētāji kā izolētas molekulas, taču to emisijas intensitāte zūd agregātos. Blakus esošo luminoforu aromātiskie gredzeni tiek pakļauti starpmolekulārām π–π mijiedarbībām, kas bieži veicina ierosinātu stāvokļu atgriešanos pamata stāvoklī caur gaismas neizstarojošiem ceļiem. Šis starpmolekulāro mijiedarbību efekts izraisa emisijas intensitātes samazinājumu cietajā fāzē (ACQ). Agregācijas inducētā emisija (AIE) ir vēl viena fotofizikāla parādība, saistīta ar molekulu agregāciju [2].

AIE procesā šķīdumā neizstarojoši luminofori sāk izstarot gaismu, kad tie veido agregātus. AIE materiālu dizainā nereti tiek izjaukta molekulas planaritāte vai tā tiek papildināta ar stēriski lielām grupām, tādējādi izvairoties no starpmolekulārām π–π mijiedarbībām. Šie strukturālie ierobežojumi AIE materiālu dizainā parasti liek veidot sarežģītus organiskos savienojumus. Turpretī, nesen tika parādīts, ka, realizējot starpmolekulāras $\pi^+$–π un $\pi^+$–$\pi^+$ mijiedarbības vienkāršās organiskās molekulās, ir iespējams panākt augstu cietās fāzes emisiju. Sūna parādīja, ka cietās fāzes $\pi^+$–π starpmolekulāras mijiedarbības inducē AIE planāros piridīnija luminoforos. To cietās fāzes izrāda līdz 800 reizēm augstāku emisiju, salīdzinot ar šķīdumu [3]. Šajā darbā tika dizainēti un sintezēti dažādu luminoforu fragmentu saturoši piridīnija sāļi ar potenciālu AIE efektu.




**1. att.** Piridīnija sāļu **2a-f** iegūšana.

## LITERATŪRA

[1] De Silva, T. P. D.; Youm, S. G.; Tamas, G. G.; Yang, B.; Wang, C.-H.; Fronczek, F. R.; Sahasrabudhe, G.; Sterling, S.; Quarels, R. D.; Chhotaray, P. K.; Nesterov, E. E.; Warner I. M. *ACS Omega* **2019**, *4*, 16867.
[2] Zhang, B.; Gao, C.; Neto, S. N.; Wong, W. W. H. Principles and Applications of Aggregation-Induced Emission; Tang, Y.; Tang, B. Z., Ed.; 2019. Springer; 2019.
[3] Leduskrasts, K.; Kinens, A.; Suna, E. *Chem. Commun.* **2019**, *55*, 12663.

**The effect of cation–π interactions on the optical properties of luminophores**.
Solid phase emission quenching (ACQ) is an undesirable photophysical phenomenon. Typically, to circumvent this phenomenon and achieve solid phase emission enhancement (AIE), the planarity of the molecule is disrupted or supplemented with sterically large groups, thus leading to complex organic molecules. In contrast, it has recently been shown that intermolecular $\pi^+$–π and $\pi^+$–$\pi^+$ interactions in simple and planar organic molecules can lead to high emission in the solid state.

# Azīda-tetrazola līdzsvara pielietojums ariltiopurīna atvasinājumu sintēzē

Andris Jeminejs (1.kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

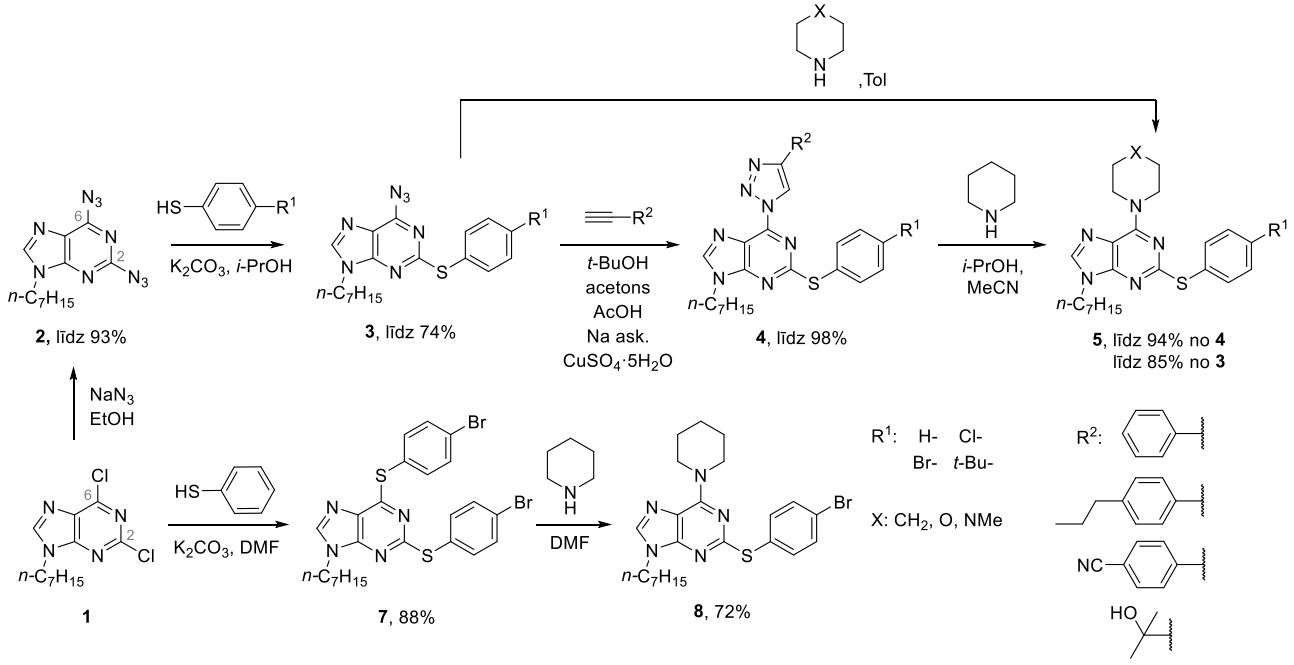
*Dr. chem.* Ērika Bizdēna, *Dr. chem.* Irina Novosjolova (zinātniskās vadītājas)

*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* andris.jeminejs@rtu.lv

Purīna atvasinājumiem, kuri savā struktūrā satur gan ariltio-, gan aminogrupu, piemīt bioloģiskā aktivitāte. Tiem ir potenciāls izmantošanai adenokarcinomas, hroniskās limfoleikozes un citu kancerogēno slimību ārstēšanā [1, 2]. Līdz šim purīna atvasinājumi, kuri satur ariltiogrupu un *N*,*N*-aizvietotu aminogrupu attiecīgi purīna C(2) un C(6) pozīcijās, literatūrā nav aprakstīti.

Pētījumu gaitā tika izstrādātas vairākas sintēzes pieejas 6-amino-2-ariltiopurīna atvasinājumu **5** un **8** iegūšanai. 2,6-Diazidopurīna atvasinājums **2** var kalpot kā stratēģiskā izejviela ariltiogrupas ievadīšanai purīna C(2) pozīcijā. Turpretim gan triazola, gan tiofenolāta atvasinājumi var tikt pielietoti kā aizejošās grupas nukleofīlajās aizvietošanās reakcijās purīna C(6) pozīcijā, veidojot produktus ar attiecīgiem iznākumiem līdz 94% un 72%.

Iegūtajiem azidopurīna atvasinājumiem **3** ir novērojams azīda/tetrazola līdzsvars, kas ir atkarīgs no šķīdinātāja, temperatūras un aizvietotāju elektroniem efektiem. Abām tautomērām formām piemīt izteikti dažādas ķīmiskās īpašības, kā rezultātā ir iespējams veikt nukleofīlo aizvietošanās reakciju reģioselektīvi purīna C(6) pozīcijā, iegūstot savienojumu **5** ar labiem iznākumiem.




**1. att.** 6-Amino-2-ariltiopurīna atvasinājumu sintēzes shēma.

## LITERATŪRA

[1] Speranza, G.; et al. *Invest. New Drugs* **2018**, *36* (2), 230.
[2] Hei, Y.; et al. *Bioorg. Med. Chem.* **2018**, *26* (8), 2173.

**Application of azide-tetrazole equilibrium in the synthesis of arylthiopurine derivatives**.
Lately, purine based compounds that contain both arylthio and amino moieties have been established as potential medicine in the treatment of different carcinogenic disorders. Several synthetic approaches for the synthesis of 6-amino-2-arylthiopurine derivatives were developed, employing the azide/tetrazole equilibrium mediated regioselectivity of nucleophilic substitution reactions.

# Purīnu C6-fosfonātu atvasinājumu sintēze $S_NAr$ – Arbuzova reakcijā

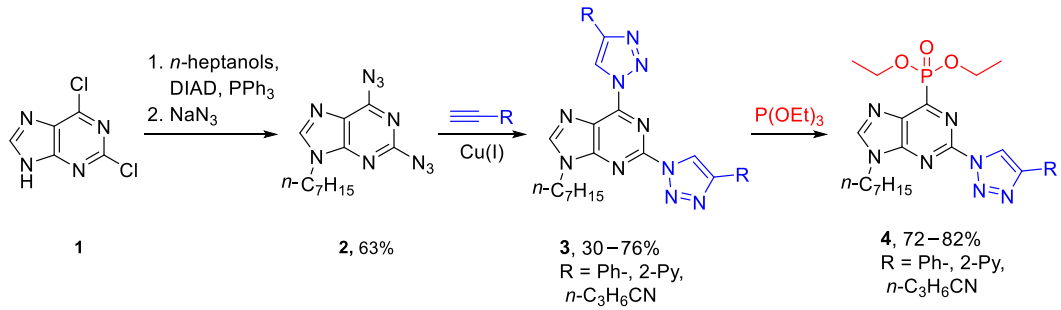
Kārlis Ēriks Kriķis (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr. chem.* Irina Novosjolova (zinātniskā vadītāja)

*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*
*Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* Karlis-Eriks.Krikis@rtu.lv

Purīni un to atvasinājumi tiek plaši pētīti to bioloģiskās aktivitātes dēļ. Tos izmanto, kā pretvēža un pretvīrusa preparātus un kā adenozīna receptoru agonistus un antagonistus [1,2]. Ir zināms, ka fosfonāta grupas ievadīšana molekulā var palielināt bioloģisko aktivitāti. Tādi purīnu-fosfonātu atvasinājumi kā tenofovīrs, adefovīrs un cidofovīrs, kuri satur fosfonāta grupu N9 alkilķēdē, tiek izmantoti dažādu vīrusu izraisītu slimību ārstēšanai [3].

Pētījuma sākumā diazdiopurīns **2** tika iegūts no 2,6-dihlorpurīna **1** Micunobu un $S_NAr$ reacijās. Tad veicot vara (I) katalizētu azīda-alkīna ciklopievienošanu, tika iegūti purīnu 2,6-bistriazolu atvasinājumi **3**. Tālāk izpildot $S_NAr$ – Arbuzova tipa reakciju, tika iegūti purīna 6-fosfonātu atvasinājumi **4** ar iznākumiem līdz 82% (1.shēma). Reakcijas reģeoselektivitāte tika pierādīta ar rentgenstruktūranalīzes metodi (1.att).




**1. shēma.** Purīnu C6-fosfonātu atvasinājumu **4** sintēze.

**1.att.** Dietil-(9-heptil-2-(4-fenil-1*H*-1,2,3-triazol-1-il)-9*H*-purīn-6-ilfosfonāta ORTEP diagramma

## LITERATŪRA

[1] Parker, W. B. *Chem. Rev.* **2009**, *109* (7), 2880.
[2] Kalda, A.; Yu, L.; Oztas, E.; Chen, J. F. *J. Neurol. Sci.* **2006**, *248* (1–2), 9.
[3] De Clercq, E.; Holý, A. *Nat. Rev. Drug Discov*. **2005**, *4* (11), 928.

**Synthesis of purine C6-phosphonated derivatives in $S_NAr$-Arbuzov reaction**.
Purine derivatives are widely studied due to their biological activity. Firstly, starting material **2** was synthesized using Mitsunobu and $S_NAr$ conditions. Then, CuAAC was carried out to obtain purine bistriazoles **3**. Finally, in reaction with triethyl phosphite purine C6-phosphonate derivatives **4** were obtained. Regioselectivity of products was proven by X-ray anlaysis.

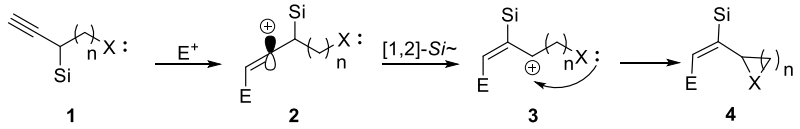
# Pārgrupēšanās reakcijas propargilsilānos iekšmolekulārai ciklisku savienojumu sintēzei

Rasma Kroņkalne (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

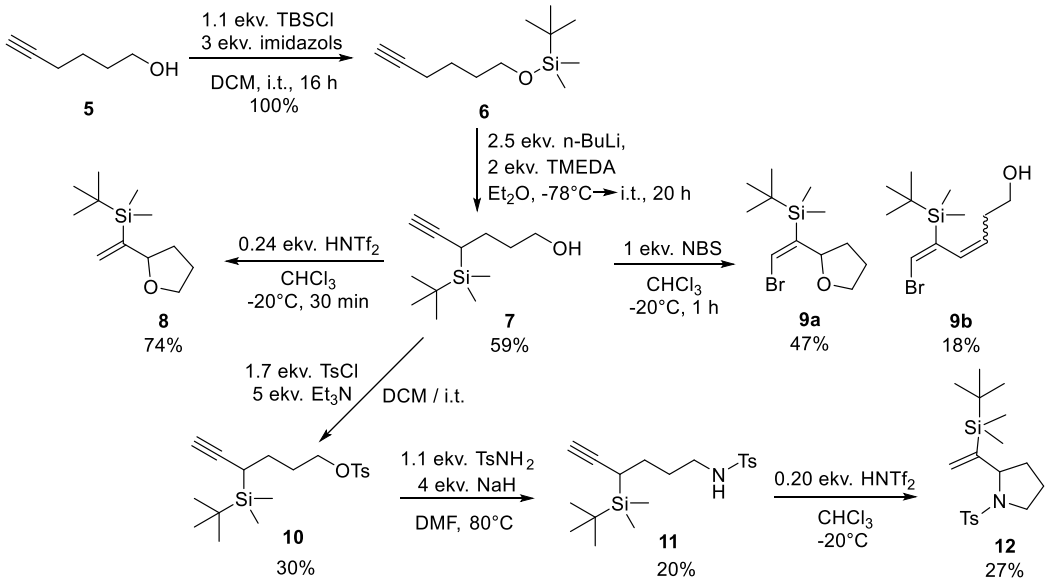
*Dr. chem.* Māris Turks, *Mg. sc. ing.* Rūdolfs Beļaunieks (zinātniskie vadītāji)

*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* kronkalnerasma@inbox.lv

Pirolidīni un tetrahidrofurāni ir būtiski struktūrelementi dabasvielu un bioloģiski aktīvu molekulu sastāvā. Pirolidīna ciklu iegūšana ir nozīmīga daudzu terapeitisko līdzekļu sintēzē, kuriem piemīt pretdiabēta, pretvēža, pretmalārijas, pretvīrusu, pretiekaisuma un antibakteriāla iedarbība [1]. Tetrahidrofurāna atvasinājumi ir pazīstami ar specifisku pretvēža iedarbību, kā arī insekticīdo aktivitāti [2]. Līdz ar to, būtiska jaunu metožu izstrāde šo heterociklu sintēzei. Šis darbs ir veltīts elektrofīlu inducētai 1,2-sililgrupas migrācijai propargilsilānos **1** karbkatjona **3** veidošanai, kas tālāk iekšmolekulārā reakcijā veido cikliskos sililalkēnus **4** (1. shēma) [3]. Heks-5-īn-1-olu (**5**) aizsargājot ar TBS-grupu tika iegūts sililaizsargāts spirts **6**, kurš *retro*-Brūka (*retro-Brook*) reakcijā tika pārgrupēts par propargilsilānu **7**. Skābes katalīzes apstākļos (kat. $HNTf_2$) savienojums **7** tika ciklizēts par tetrahidrofurāna atvasinājumu **8**. Propargilsilānam **7** reaģējot ar NBS radās tetrahidrofurāna **9a** un diēna **9b** maisījums. Pirolidīna atvasinājumu iegūšanai no savienojuma **7** ar *p*-toluolsulfonskābes hlorīdu tika iegūtais *p*-toluolsulfonāts **10**, kas nukleofīlās aizvietrošanas reakcijā tika pārvērsts par *p*-toluolsulfonskābes amīdu **11**. Iegūtais amīds **11** skābes katalīzes apstākļos ļāva iegūt pirolidīnu **12** (2. shēma).




**1. shēma.** Elektrofīlu inducētas propargilsavienojumu iekšmolekulāras ciklizēšanas mehānisms.




**2. shēma.** Tetrahidrofurāna un pirolidīna atvasinājumu sintēze.

## LITERATŪRA

[1] Barman, G. *J. Heterocycl. Chem*. **2019**, 1.
[2] Pérez-Mayoral, E.; Calvino-Casilda, V.; Godino, M.; López-Peinado, A. J.; Martín-Aranda, R. M. Porous Catalytic Systems in the Synthesis of Bioactive Heterocycles and Related Compounds. In *Green Synthetic Approaches for Biologically Relevant Heterocycles*; Elsevier Inc., 2015; pp 377–408.
[3] Puriņš, M.; Mishnev, A.; Turks, M. *J. Org. Chem*. **2019**, *84*, 3595.

**Rearrangement reactions in propargyl silanes for the intramolecular synthesis of cyclic compounds.**
Pyrrolidines and tetrahydrofurans are present in a great variety of natural products and synthetic compounds of biological interests. Herein we report the intramolecular cyclization of propargylsilanes to obtain tetrahydrofuran and pyrrolidine derrivatives.

# Nukleofīlu-elektrofīlu pāru pievienošana π-elektronu sistēmām šķidrā sēra dioksīdā

Kristaps Leškovskis (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

*Dr. chem.* Māris Turks (zinātniskais vadītājs)

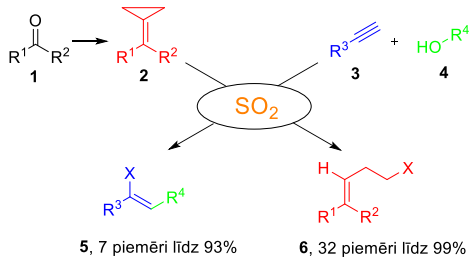
*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* kristaps.leskovskis@rtu.lv

Metilēnciklopropāni (MCP) ir viegli sintezējamas molekulas, kas ir vērtīgi būvbloki organiskajā sintēzē. Pateicoties cikla spriegumam šīs molekulas ir ļoti reaģēt spējīgas, un to reakcijas notiek maigos apstākļos. Pēdējos gados liela uzmanība pievērsta MCP ciklu atvēršanai izmantojot Luisa skābes katalizatorus [1].

Vinilhalogenīdi ir vitāli substrāti daudzās sametināšanas reakcijās. Terminālo alkīnu pievienošana spirtiem ir atomefektīva metode vinilhalogenīdu iegūšanai [2].

Ir zināms, ka sēra dioksīds ir polārs šķīdinātājs, kas veicina π-saišu aktivāciju un ir piemērots reakcijām ar karbkatjonu starpstāvokļiem, kā arī tas labi šķīdina neorganiskos sāļus [3].

Mēs vēlamies demonstrēt šķidra $SO_2$ pielietojumu smalkajā organiskajā sintēzē, vinil- un homoalilhalogenīdu iegūšanai no komerciāli pieejamām izejvielām, izmantojot I un II grupas metālu sāļus kā halogenīdu avotus (**1. shēma**).




**1.shēma.** Vinil- un homoalilhalogenīdu sintēze šķidrā $SO_2$

LITERATŪRA

[1] a) Huang, J.W.; Shi, M. *Tetrahedron.* **2004**, *60*, 2057; b) Xu, B.; Shi, M. *Org. Lett.* **2003**, *5*, 1415.
[2] a) Biswas, S.; Maiti, S.; Jana, U. *Eur. J. Org. Chem.* **2009**, 2354; b) Jana, U.; Biswas, S.; Maiti, S. *Eur. J. Org. Chem.* **2008**, 5798; c) Li, M. M.; Zhang, Q.; Yue, H. L.; Ma, L.; Ji, J. X. *Tetrahedron Lett.* **2012**, *53*, 317.
[3] a) Suta, K.; Turks, M. *ACS Omega* **2018**, *3*, 18065-18077; b) Posevins, D.; Suta, K.; Turks, M. *Eur. J. Org. Chem.* **2016**, 1414.

**Nucleophile-electrophile pair addition to π-electron systems in liquid sulfur dioxide.**
Herein we demonstrate beneficial use of liquid sulfur dioxide as reaction medium for synthesis of vinyl and homoallylhalides

# Mežistrādes atlikumu vidēji ātrā pirolīze

Anastasija Naumova (2. kursa Lietišķās ķīmijas maģistra programmas studente)

*Dr. chem.* Kristīne Lazdoviča (zinātniskā vadītāja)

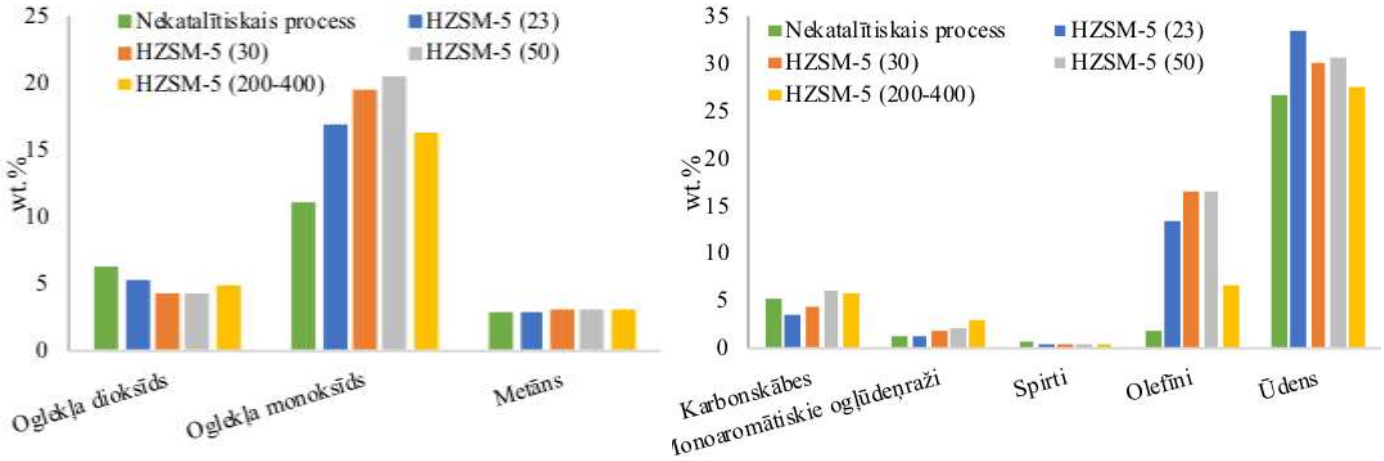
*Ķīmijas katedra, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* anastasijanaumova@gmail.com

Mūsdienās arvien lielāku interesi rada produkti, kas iegūti no otrās paaudzes bioenergoresursiem - lētas uz zemas kvalitātes izejvielas. Būtiskākā otrās paaudzes biodegvielas priekšrocība ir tā, ka tiek novērsta konkurence starp biodegvielas un pārtikas ražošanu. Mežsaimniecības un lauksaimniecības atkritumi tiek uzskatīti par zemas kvalitātes izejvielām, sistemātiski termiskās un katalītiskās pirolīzes pētījumi ļautu noskaidrot to izmantošanas iespējas. Pirolīzes procesā no biomasas iegūst nekondensējamās gāzes ($CO_2$, CO, $CH_4$), bioeļļu (kondensējamie gāzveida produkti, kas veido šķidro fāzi) un bioogli (produkti, kas veido cieto fāzi). Attīstās virziens, kurā pirolīzes mērķis ir transporta degviela, bioeļļa ar augstu aromātisko, alifātisko ogļūdeņražu saturu un samazinātu skābekli saturošo savienojumu saturs [1, 2].

Lignocelulozes pirolīze, izmantojot katalizatorus, dod iespēju samazināt skābekli saturošus savienojumus un nodrošina augstvērtīgāku produktu. Ceolīti ar augstu aciditāti veicina deoksigenēšanas reakcijas un monoaromātisko ogļūdeņražu veidošanos [3].

Darba mērķis ir noskaidrot ceolītu ar dažādu aciditāti (Si/Al 23, 30, 50, 200-400) katalītisko aktivitāti meža šķeldas vidēji ātrā pirolīzē 700 °C temperatūrā, izmantojot TG/FTIR iekārtu.

Meža šķeldas vidēji ātrās pirolīzes procesā rodas 20% nekondensējamās gāzes, 58% bioeļļas un 22% cietais atlikums. Visiem katalizatoriem piemīt deoksigenēšanās spēja. HZSM-5 (200-400) klātbūtnē visvairāk veidojas monoaromātiskie ogļūdeņraži. Samazinoties katalizatora aciditātei novēro olefīnu iznākums pieaugumu, taču katalizatori ar ļoti zemu aciditāti nespēj veicināt olefīnu veidošanos.




**1. att.** Meža šķeldas produktu sadalījums vidēji ātrajā katalītiskajā pirolīzē.

LITERATŪRA

[1] Mondal, A. K.; Qin, C.; Ragauskas, A. J.; Ni, Y.; Huang, F. *Ind. Crops Prod.* **2020**, *148*, doi: 10.1016/j.indcrop.2020.112318.
[2] Li, R.; *et al. Renew. Energy* **2016**, *89*, 27.
[3] Engtrakul, C.; Mukarakate, C.; Starace, A. K.; Magrini, K. A.; Rogers, A. K.; Yung, M. M. *Catal. Today* **2016**, *269*, 175.

**Intermediate pyrolysis of forestry residue.**
In this work the product distribution during 700 °C catalytic medium fast pyrolysis of forestry residue using zeolite ZSM-5 with different Si/Al ratio (23, 30, 50, 200-400) was investigated. The main forestry residue products were carbon monoxide and water. The ZSM-5 zeolite with Si/Al ratio 23 showed the best deoxydenation capacity and good production of olefins.

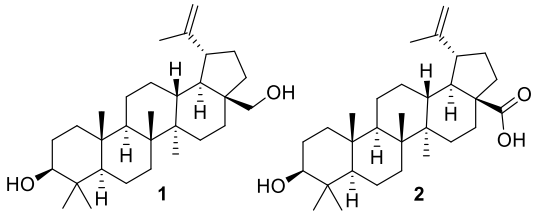
# Ar C-C saiti savienoti lup-20(29)-ēna – azolu konjugāti

Elīna Peipiņa (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

*Dr. chem.* Māris Turks (zinātniskais vadītājs)

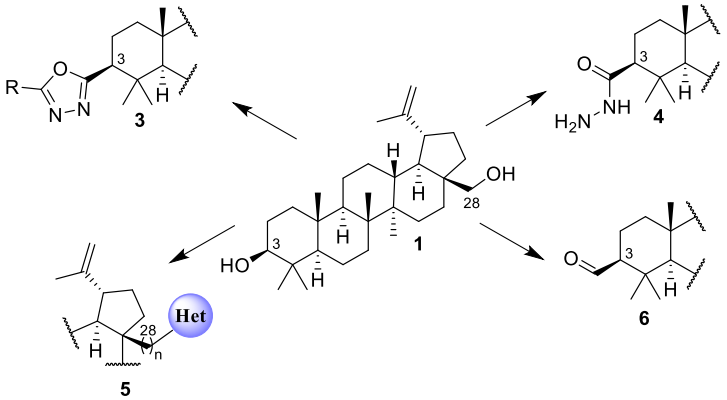
*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* elina.zoltnere@gmail.com

Triterpenoīdi ir nozīmīga dabasvielu klase, kas tiek pētīta to terapeitisko īpašību dēļ. Betulīns (**1**) un betulīnskābe (**2**) ir dabiskas izcelsmes triterpenoīdi, kurus var pielietot vielmaiņas traucējumu, infekciju slimību, sirds un asinsvadu sistēmas traucējumu un neiroloģisku traucējumu gadījumā [1]. Mūsdienās jaunu zāļu kandidātvielu radīšanai viena no svarīgākajām modifikācijām ir jaunu heterociklu veidošana. Liela daļa esošo zāļu sevī ietver heterociklus, kas sevi pierādījuši kā vērtīgus farmakoforus, kurus ir nozīmīgi iekļaut arī triterpenoīdu atvasinājumos [2].



**1.att.** Betulīns (**1**) un betulīnskābe (**2**).

Darba pirmajā daļā tiek iegūti betulīna atvasinājumi **3** C(3) pozīcijā, kas satur oksadiazola ciklu un ir saistīti ar C-C saiti starp heterociklu un betulīnu. Iegūtajiem oksadiazolu atvasinājumiem tiks noteikta bioloģiskā aktivitāte uz krūts vēža, glioblastomas, plaušu vēža un hepatocelulārajām karcinomas šūnām. Tika apskatītas arī metodes citu heterociklu iegūšanai, izmantojot hidrazīdu **4**. Darba otrajā daļā ir izstrādāta sintēzes metode betulīna-triazola atvasinājumu **5**, kas modificēti pie C(28), iegūšanai. Vienam no iegūtajiem atvasinājumiem ir noteikta citotoksicitāte uz krūts vēža, glioblastomas, plaušu vēža un hepatocelulārajām karcinomas šūnām. Darba trešajā daļā apskatītas homologu atvasinājumu iegūšanas iespējas betulīna C(3) pozīcijā izmantojot 3-formilbetulīnu (**6**). Tika iegūti atvasinājumi, kurus iespējams izmantot tālākos pētījumos jaunu, medicīnas ķīmijā pielietojamu heterociklisku atvasinājumu sintēzei.



**1.shēma.** Betulīna atvasinājumu sintēze.

## LITERATŪRA

[1] Sharma, H.; Kumar, P.; Deshmukh, R.R.; Bishayee, A.; Kumar, S. *Phytomedicine* **2018**, *50*, 166.
[2] Kvasnica, M.; Urban, M.; Dickinson, N. J.; Sarek, J. *Nat. Prod. Rep.* **2015**, *32*, 1303.

**C-C-Linked lup-20(29)-ene – azole conjugates.**
Betulin and betulinic acid show a wide spectrum of biological and pharmacological properties. In this work novel betulin-1,3,4-oxadiazole and betulin-triazole conjugates have been synthesized and evaluated for their biological activity on multiple carcinoma cell lines. On the other hand, new products at C(3) position have been synthesized as starting materials for heterocyclic product synthesis.

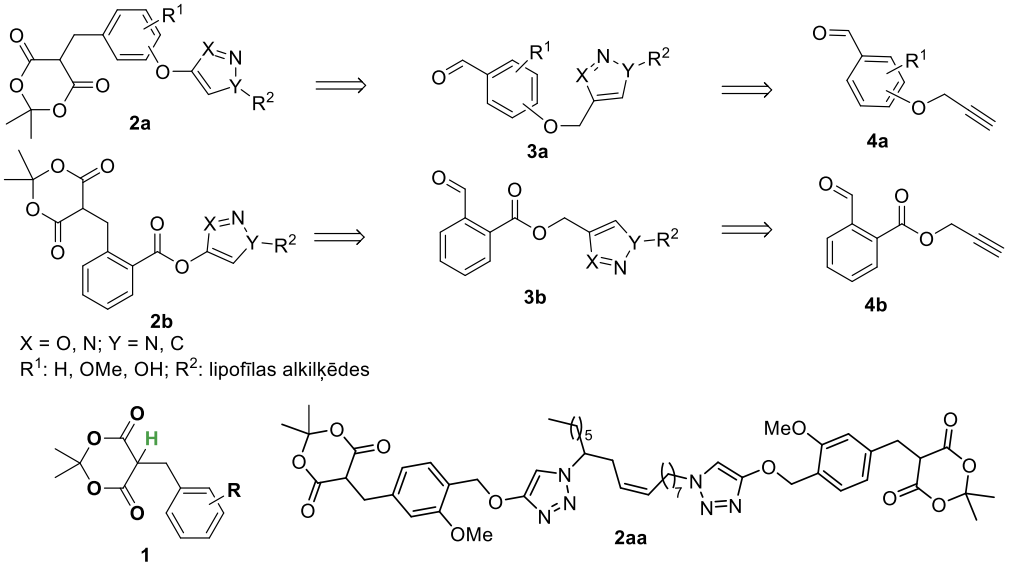
# Lipofīli arilmetilmeldrumskābju antioksidanti

Dārta Zelma Skrastiņa (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

*Dr. chem.* Inese Mieriņa (zinātniskā vadītāja)

*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* darta.skrastina@gmail.com

Jau iepriekšējos pētījumos noskaidrots, ka arilmetilmeldrumskābēm **1**, pateicoties piektās vietas relatīvi skābajam ūdeņraža atomam, piemīt labas antioksidantu īpašības. Būtiski, ka tās izpaužas gan lipofīlā, gan hidrofīlā vidē [1]. Lai uzlabotu arilmetilmeldrumskābju šķīdību nepolāros šķīdinātājos un taukos, sintezēti savienojumi **2**, kas satur garas lipofīlas alkilķēdes (1. shēma). Arilmetilmeldrumskābes **2** iegūtas aldehīdu **3** Knēvenāgeļa kondensācijā ar meldrumskābi un tai sekojošā reducēšanā ar $NaBH_4$. Savukārt, aldehīdi **3** sintezēti alkīnu **4** un lipofīlu alkilazīdu vai nitrosavienojumu 1,3-dipolārās ciklopievienošanās reakcijās. Lipofīlie azīdi un nitroalkāni iegūti dažādu modifikāciju rezultātā no komerciāli pieejamiem alkilspirtiem, aldehīdiem un eļļām. Iegūtajiem savienojumiem **2** noteikta antiradikāļu aktivitāte, izmantojot DPPH un GO testus. Novērots, ka DPPH testā visi savienojumi **2a** uzrāda līdzīgu brīvā radikāļa inhibēšanu (75–87%). Šie rezultāti ir līdzvērtīgi komerciāli plaši lietotā antioksidanta BHT brīvo radikāļu inhibēšanas spējai (86%). Turpretī, GO testā krietni labāku rezultātu (64–87%) uzrāda savienojumi **2a**, kas satur *p*-hidroksilgrupu. Šo savienojumu aktivitāte GO testā ir labāka pat par dabīgā antioksidanta vitamīna C brīvo radikāļu inhibēšanas spēju (61%). Gandrīz visi savienojumi, kas nesatur hidroksilgrupu, inhibē vien 25–49% brīvā radikāļa - izņēmums ir savienojums **2aa**, kura antiradikāļu aktivitātes vērtība GO testā sasniedz 66%. Tas skaidrojams ar to, ka savienojums **2aa**, satur divus arilmetilmeldrumskābes fragmentus.




**1. shēma.** Arilmetilmeldrumskābju **2** sintēzes ceļš.

LITERATŪRA

[1] Mierina, I.; Jure, M.; Zeberga, S.; Makareviciene, V.; Zicane, D.; Tetere, Z.; Ravina, I. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*. **2017**, *119* (*11*), 1700172. Doi: 10.1002/ejlt.201700172.

**Lipophilic antioxidants of arylmethyl Meldrum's acids**.
Arylmethyl Meldrum`s acids are found as excellent antioxidants both in lipophilic and hydrophilic media. The addition of long saturated or unsaturated lipophilic chains would improve their solubility in fats, thus extending their applicability in various oil-based products. Herein, we present our results on compounds **2** where the aliphatic fragment is added through 1,2,3-triazole or isoxazole linker. The antiradical activity of the target compounds **2** was determined by DPPH and GO tests. The antioxidants **2** showed more than twice higher antiradical activity than commercially used BHT.

# Nitroalkēnu pielietojums Korija-Čaikovska reakcijā ar fluormetilsulfonija sāļiem

Artūrs Sperga[a,b] (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

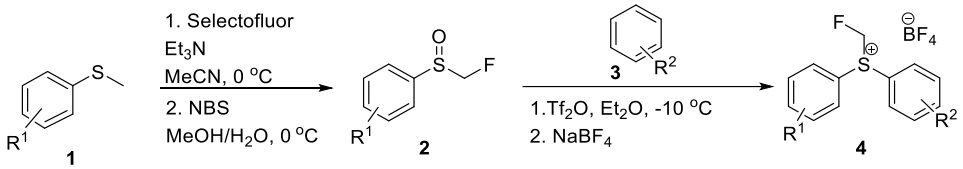
*Dr. sc. nat.* Jānis Veliks[a,b] (zinātniskais vadītājs)

[a]*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
[b]*Latvijas Organiskās sintēzes institūts*
*e-pasts:* arturs.sperga@inbox.lv

Ir zināms, ka fluora atoma ievadīšana molekulā spēj dažkārt būtiski uzlabot vielas farmakoloģiskās īpašības, un tāpēc funkcionālo grupu vai ūdeņraža aizvietošana ar fluora atomu ir bieži pielietota metode jaunu zāļvielu izstrādē [1]. Turklāt ciklopropāna fragments ir sastopams vairākos medikamentos, kā arī cikla sprieguma dēļ ir vērtīga izejviela citu savienojumu sintēzē [2]. Darba mērķis ir izstrādāt metodi α,β-nepiesātinātu nitroalkēnu fluorciklopropanēšanai.

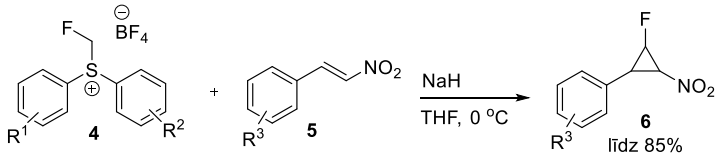
Literatūrā ir zināms, ka fluormetilsulfonija sāļi spēj veidot sēra ilīdu un stāties reakcijā ar aktivētām dubultsaitēm, veidojot attiecīgos fluorciklopropānus [3], taču nav demonstrēts piemērs, kur tiktu izmantots nitroalkēns kā Maikla akceptors.

Sākumā tika veikta vairāku diaril aizvietotu fluormetilsulfonija sāļu sintēze, sākot no tioanizoliem **1**, veicot fluor-Pummerera pārgrupēšanu un oksidēšanu līdz sulfoksīdiem **2**, to reakcijā ar aizvetotiem benzoliem **3** triflātanhidrīda klātbūtnē, iegūstot fluormetilsulfonija sāļus **4** (1.shēma).




**1.shēma.** Fluormetilsulfonija sāļu iegūšana.

Ar iegūtajiem sulfonija sāļiem **4** tika veikta nitroalkēna **5** ciklopropanēšana (2.shēma). Sulfonija sāļu aizvietotāji aromātiskajā sistēmā būtiski ietekmē reakcijas iznākumu, kas ļauj iegūt fluorētus nitrociklopropānus ar ļoti labiem iznākumiem.




**2.shēma.** Nitroalkēnu ciklopropanēšana.

## LITERATŪRA

[1] Zhou, Y. *et.al. Chem. Rev.* **2016**, *116* (2), 422.
[2] David, E., Milanole, G., Ivashkin, P., Couve-Bonnaire, S., Jubault, P., Pannecoucke, X. *Chem. Eur. J.* **2012**, 18 (47), 14904.
[3] Melngaile, R., Sperga, A., Baldridge, K, K., Veliks, J. *Org. Lett.* **2019**, 21(17), 7174.

**Nitroalkene application in Corey-Chaykovsky reaction with fluormethylsulphonium salts**.
Herein we report that fluromethyl sulphonium salts **4** can be used for nitroalkene mono-fluorocyclopropanation.

# (–)-β-Kariofilēna modificēšanas iespēju izpēte

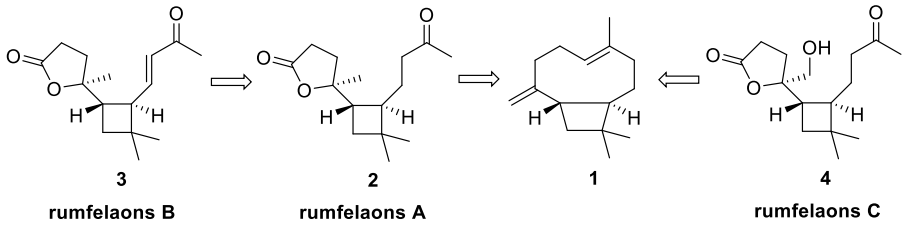
Georgijs Stakanovs (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

*Dr. chem.* Dace Rasiņa (zinātniskā vadītāja)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* georgijs.stakanovs@osi.lv

(–)-β-Kariofilēns (**1**) ir viens no visizplatītākajiem dabīgiem seskviterpēniem, kuru var izdalīt no daudziem augiem, piemēram, melnie pipari, oregano, nagliņkoki, kaņepes, lavanda u.c. Tā struktūra sastāv no *gem*-dimetilciklobutāna fragmenta, kurš kondensēts ar *E*-ciklononēnu. Pateicoties diviem stereodefinētiem centriem, šim savienojumam ir lētas un atjaunojamas izejvielas potenciāls citu vērtīgo dabasvielu sintēzē.

Pētījuma sākotnējais virziens ietvēra β-kariofilēna atvasinājumu selektīvo ciklobutilmetilkatjona pārvērtību izpēti, ieskaitot to ģenerēšanu un reakciju ar nukleofīliem, veicinot iespējamo pārgrupēšanos. Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, tika realizēta bioloģiski aktīvo seskviterpēnu laktonu [1, 2] (rumfelaonu A-C) sintēze no kariofilēna (**1**) (1. shēma). No laktonu **2-4** rindas ir zināmas tikai savienojuma **2** totālās sintēzes, izmantojot stereoselektīvās ciklobutāna fragmenta iegūšanas metodes [3-5], savukārt laktonu **3** un **4** sintēze literatūrā šobrīd nav zināma. Galaproduktu absolūtās konfigurācijas noteikšanai tika izmantota rentgenstruktūranalīze, kura viennozīmīgi apstiprināja iegūto laktonu struktūru.




**1. shēma.** Seskviterpēnu laktonu **2-4** retrosintētiskā analīze no (–)-β-kariofilēna (**1**)

## LITERATŪRA

[1] Chung, H.-M. et al. *Tetrahedron Lett.* **2010**, *51*(46), 6025-6027.
[2] Chung, H.-M. et al. *Molecules* **2014**, *19*(8), 12320-12327.
[3] Hirokawa, T.; Kuwahara, S. *Tetrahedron* **2012**, *68*(24), 4581-4587.
[4] Ranieri, B. et. al. *Org. Lett.* **2016**, *18*(7), 1614-1617.
[5] Beck, J. C. et. al. *Chem. Sci.* **2019**, *10*(8), 2315-2319.

**Studies of possible modifications of (–)-β-caryophyllene**.

β-Caryophyllene (**1**) is one of the most accessible sesquiterpenes found in nature and it is available at low price from several commercial sourcres. The bicyclic structure of β-caryophyllene with condensed *gem*-dimethylcyclobutane and *E*-cyclononene rings combined with two stereodefined chiral centers render this terpene as an attractive renewable source to access diverse high value compounds. Initial aim of the study was cyclobutylmethyl cation generation and its selective transformations. This study opened an opportunity to develop a concise semisynthetic route towards biologically active sesquiterpene lactones (rumphellaones A-C) [1, 2] from β-caryophyllene (**1**). Synthesis of rumphellaone A (**2**) was previously demonstrated using effective synthetic methods for stereoselective cyclobutane ring construction [3-5], though syntheses of rumphellaones B (**3**) and C (**4**) have not been reported to date. Absolute configuration of final products was unambiguously confirmed by single crystal X-ray analysis.

# Fišera-Tropša sintēze izmantojot uznestus Fe un Co katalizatorus

Agija Stanke (1. kursa Lietišķās ķīmijas maģistra programmas studente)

*Dr. habil. chem.* Valdis Kampars (zinātniskais vadītājs)

*Lietišķās ķīmijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* agija.stanke@rtu.lv

Fišera–Tropša sintēze ir reakcija, kuras laikā oglekļa monoksīds un ūdeņradis tiek pārveidoti par garas ķēdes ogļūdeņražu molekulām, galvenokārt *n*-parafīniem un 1- un 2-olefīniem. Fišera–Tropša procesā rūpnieciski tiek izmantoti dažāda sastāva dzelzs un kobalta katalizatori, jo tiem piemīt vēlamo produktu grupu un frakciju selektivitāte. Produktu sadalījumu ietekmē gan sintēzes apstākļi, gan katalizatora daba [1, 2].

Darba mērķis ir pārbaudīt jaunu uznesto Fe un Co katalizatoru aktivitāti un selektivitāti Fišera-Tropša procesā.

Katalizatori pagatavoti, ar dzelzs un kobalta oksīdiem impregnējot komerciālu silīcija oksīda katalizatoru nesēju ar lielu virsmas laukumu (90% $SiO_2$, 10% $Al_2O_3$; *Thermo Fischer Scietific*). Kā dzelzs avots izmantots $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, kā kobalta avots izmantots $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Iegūtie katalizatori izkarsēti, temperatūru ceļot ar ātrumu 1 ˚C/min un izturēti 550 ˚C 5 h. Sintezētie katalizatori raksturoti, izmantojot rentgenfluorescences iekārtu "RIGAKU supermini", rentgenstaru difraktometru XRD 2Θ diapazonā 0,5-2˚ un 2-50˚, Quantachrome Instruments Nova Series virsmas laukuma analizatoru. Tekstūras raksturojumi noteikti pēc $N_2$ adsorbcijas/desorbcijas izotermām. Pirms Fišera-Tropša sintēzes iegūtie metālu oksīdu katalizatori reducēti, izmantojot sintēzes gāzi. Reakcijas tika veiktas 10 bar *gauge* spiedienā, 250 ˚C temperatūrā, $H_2$:CO 2:1, mainot kopējo gāzu plūsmu 15–60 ml/min. Reakcijas produkti analizēti, izmantojot IS atstarošanās spektroskopiju, $^1$H KMR un gāzu hromatogrāfiju.

Izmantojot $5Co/SiO_2$ un $5Fe/SiO_2$ katalizatoru maisījumu, dominējošais produkts reakcijas apstākļos ir vaski, savukārt $10Fe/SiO_2$ veicina vasku un šķidrās frakcijas rašanos. $5Co/SiO_2$ un $5Fe/SiO_2$ katalizatoru maisījums veicina arī dažādu $C_1$-$C_7$ ogļūdeņražu veidošanos. Vaskus veido galvenokārt piesātinātie ogļūdeņraži. Vaskos, kas iegūti, izmantojot $5Co/SiO_2$ un $5Fe/SiO_2$ katalizatoru maisījumu $CH_2/CH_3$ attiecība ir 5,8, savukārt, izmantojot $10Fe/SiO_2$ $CH_2/CH_3$ attiecība ir 4,7.

LITERATŪRA

[1] Todic, B.; Nowicki, L.; Nikacevic, N.; Bukur, D. B. *Catal. Today* **2016**, *261*, 28.
[2] Krylova, A. Y. *Solid Fuel Chem.* **2014**, *48*, 22.

**Fischer-Tropsch synthesis on supported Fe and Co catalysts**.
$5Co/SiO_2$, $5Fe/SiO_2$ and $10Fe/SiO_2$ catalysts were prepared using impregnation method. Fischer–Tropsch synthesis using $5Co/SiO_2$ and $5/Fe/SiO_2$ physical mixture and $10/Fe/SiO_2$ was studied at 250 ˚C temperature and 10 bar pressure. The predominant product of the $5Co/SiO_2$ and $5/Fe/SiO_2$ catalyst mixture is waxes, while $10/Fe/SiO_2$ promotes the formation of wax and liquid fraction. Waxes consist mainly of saturated hydrocarbons.

# 1,2-Propāndiola oksidēšanas kinētika uznesto cēlmetālu katalizatoru klātbūtnē

Jevgēnija Vladiko (2. kursa Lietišķās ķīmijas maģistra programmas studente)

*Dr. chem.* Svetlana Čornaja, *Dr. chem.* Svetlana Žižkuna (zinātniskās vadītājas)

*Ķīmijas katedra, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts: jevgenija.vladiko@gmail.com*

Darba mērķis bija pētīt dažādu cēlmetālu saturošo katalizatoru sastāva kā arī oksidēšanas apstākļu ietekmi uz 1,2-pronandiola (1,2-PDO) oksidēšanas ar molekulāro skābekli konversiju un produktu selektivitāti. Pētījumos tika izmantoti barbotāžās un autoklāva tipa reaktori.

Visos gadījumos kā oksidēšanas pamatprodukts tika iegūta pienskābe, bet kā blakusprodukti – etiķskābe, pirovīnogskābe un skudrskābe. Pētījumos noteikts, ka divi katalizatori ir aktīvāki 1,2-PDO oksidēšanā ar molekulāro skābekli: jaunais 2.5wt%Pd/$TiO_2$-NF un komerciālais 3wt%Pd/$Al_2O_3$ katalizatori. Procesa kinētikas pētījumos izmantoja 3wt%Pd/$Al_2O_3$ katalizatoru. Eksperimentos variēja 1,2-PDO un pallādijā daudzumu attiecību n(1,2-PDO)/n(Pd), sākotnēju 1,2-PDO koncentrāciju, skābekļa spiedienu, sākotnēju NaOH koncentrāciju un temperatūru. Noskaidrots, ka minēti parametri būtiski ietekme 1,2-PDO konversiju.

Attiecības n(1,2-PDO)/n(Pd) palielināšana 3%wtPd/$Al_2O_3$ katalizatora klātbūtnē samazina 1,2-PDO konversiju no 100 % pie n(1,2-PDO)/n(Pd) = 500 mol/mol līdz 27 % pie n(1,2-PDO)/n(Pd) = 1500 mol/mol. Pie tam selektivitāte pēc pienskābes būtiski nemainās un svārstās robežās 89–95 %. Līdzīga atkarība tika novērota arī 2.5wt%Pd/$TiO_2$-NF katalizatora.

Noteikts, ka 3wt%Pd/$Al_2O_3$ katalizatora klātbūtnē 1,2-PDO konversija samazinās no 51 līdz 16 %, ja skābekļa spiedienu paaugstina no 2 līdz 9 bar (n(1,2-PDO)/n(Pd) = 1000 mol/mol, $c_0$(1,2-PDO) = 0.3 mol/L, $c_0$(NaOH) = 1.5 mol/L, t = 60 $^oC$,). Pie tam pienskābes selektivitāte atkarība no p($O_2$) nedaudz svārstās diapazona 93–100 %.

1,2-PDO konversija būtiski pieaug, ja nātrija hidroksīda sākuma koncentrāciju palielina no 0.1 līdz 1.5 mol/L (3wt%Pd/$Al_2O_3$ katalizatora klātbūtnē no 21 līdz 100 % attiecīgi). Bet selektivitāte pēc pienskābes svārstās robežās 80–89 %.

1,2-PDO sākuma koncentrācijas palielināšanas no 0.15 līdz 0.3 mol/L rezultātā konversija pieaug no 23 līdz 100 %, tomēr tālāka 1,2-PDO sākuma koncentrācijas palielināšana līdz 0.9 mol/L noved pie konversijas samazinās līdz 47 %. Pienskābes selektivitāte svārstās diapazonā 89–99 %.

Pētot temperatūras ietekmi uz 1,2-PDO konversiju, tika noteikta reakcija aktivācijas enerģija 48±10 kJ/mol.

Iegūto kinētisko pētījumu rezultātu aprēķini atļauja piedāvāt oksidēšanas procesa 3wt%Pd/Al2O3 katalizatora klātbūtnē divus kinētiskos modeļus:

$$v = k \cdot c_0^1(1,2-PDO) \cdot c_0^{0.4}(NaOH) \cdot p^{-0.8}(O_2) \cdot m_{kat}^1 \quad (1)$$

$$v = k \cdot c_0^1(1,2-PDO) \cdot c_0^{0.4}(NaOH) \cdot p^{-0.8}(O_2) \cdot (n(1,2-PDO)/n(Pd))^{-1} \quad (2)$$

Noteikti 1,2-PDO oksidēšanas optimāli apstākļi: n(1,2-PDO)/n(Pd) = 500 mol/mol, (1,2-PDO) = 0.3 mol/L, $c_0$(NaOH) = 1.5 mol/L, p($O_2$) = 2 bar, t = 60 $^oC$).

**Kinetics of 1,2-propanediol oxidation in the presence of supported noble metal catalysts.**
This work demonstrates noble metal-containing catalysts' activity and selectivity in a 1,2-propanediol oxidation process. The main product of 1,2-propanedil catalytic oxidation was lactic acid, by-products were acetic, pyruvic and formic acids. It was found that Pd-based catalysts are best for 1,2-propanediol oxidation in alkaline water solutions. It was shown that the activity of the catalysts depends on 1,2-propanediol/Pd molar ratio (n(1,2-propanediol)/n(Pd)), oxygen pressure, 1,2-PDO initial concentration, NaOH initial concentration and temperature. The best result was achieved using the 3wt%Pd/$Al_2O_3$ catalyst: selectivity by lactic acid was 89 % with 1,2-propanediol conversion 100 % ($c_0$(1,2-propanediol) = 0.3 mol/L, p($O_2$) = 2 bar, n(1,2-propanediol)/n(Pd) = 500 mol/mol, t = 60 $^oC$, $c_0$(NaOH) = 1.5 mol/L).

# Azidopurīnu Maizenheimera kompleksu pielietojums jaunu sintēžu metožu izstrādē

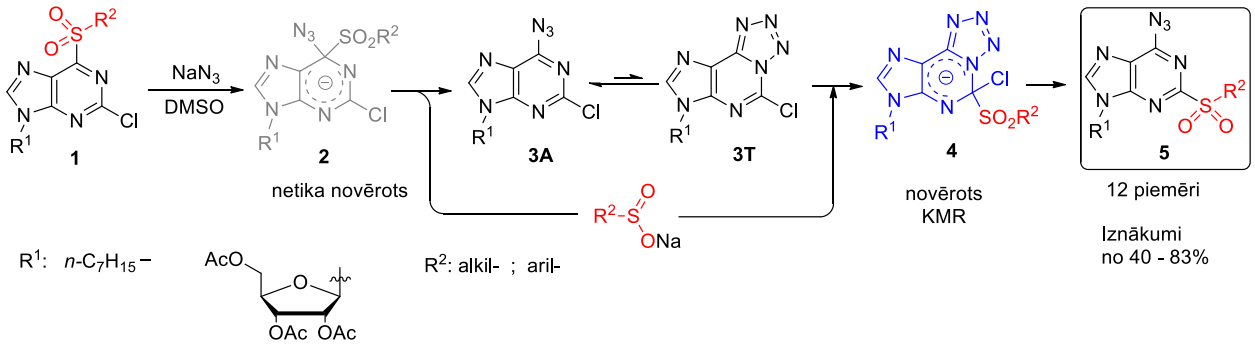
Jānis Miķelis Zaķis (2.kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

*Dr. chem.* Māris Turks, *Dr. chem.* Irina Novosjolova (zinātniskie vadītāji)

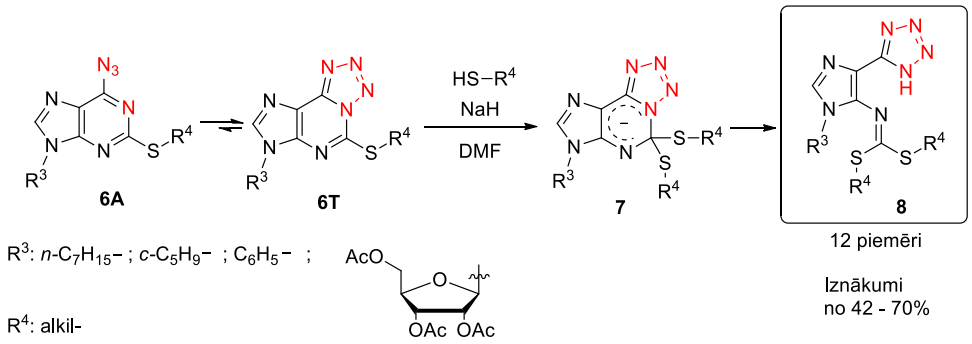
*Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* janismikzakis@gmail.com

Dažādi tiopurīnu atvasinājumus jau tagad tiek izmantoti vēža un autoimūno saslimšanu ārstēšanai. Kā piemēru var minēt tādus preparātus kā merkaptopurīns un tioguanīns [1].

Sulfonilpurīnu atvasinājumu **1** reakcijā ar $NaN_3$ tika novērots "sulfonilgrupas dancis", iegūstot savienojumu **5**. Reakcijas mehānismu iespējams izskaidrot ar azīda-tetrazola līdzsvaru. Līdzsvarā esošā tetrazola forma aktivē purīna cikla C2 pozīciju tālākai $S_NAr$ reakcijai. Sulfonilpurīnus **1** iespējams ģenerēt *in situ*, izmantojot sulfinātu sāļus, kas ļauj reakciju veikt maigos apstākļos. Reakcijas mehānisms un kinētika tika izpētīta izmantojot KMR eksperimentus, $^{15}N$ iezīmēšanu un FTIR analīzi. Rezultātā izdevās novērot Maizenhaimera kompleksu **4**, kas apstiprināja izvirzīto reakcijas mehānismu.




**1. shēma.** Maizenhaimera kompleksi sulfonilgrupas danča reakcijā.




**2. shēma.** Maizenhaimera komplekss purīna cikla atvēršanas reakcijā.

Pašreizējā izpēte fokusējas uz purīna cikla atvēršanas reakciju. Reakcijas mehānismu iespējams izskaidrot ar azīda-tetrazola līdzsvaru. Rezultāti liecina, ka tetrazols ir labāka aizejošā grupa no pārejas stāvokļa **7**, kas noved pie N1-C2 saites šķelšanas.

## LITERATŪRA

[1] Sahasranaman, S., Howard D., Roy S. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* **2008**, *64*, 753.

**Novel synthetic methodologies based on azidopurine-derived Meisenheimer type complexe**.
Synthesis of 6-azido-2-sulfonylpurine derivatives were developed by 6-sulfonylpurine derivative rearrangement *via* sulfonyl group dance. NMR and FTIR analysis indicate a presence of Maisenhaimer complex. A ring opening reaction can be performed using 6-azido-2-tiopurine derivatives and mercaptanes, presumably trough Meisenheimer transition state.

# Silikātu, augsttemperatūras un neorganisko nanomateriālu tehnoloģijas apakšsekcija

# Dažāda veida atkritumproduktu izmantošana keramikas izstrādājumu iegūšanai

Anete Ansberga (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Inna Juhņeviča (zinātniskā vadītāja)

*Silikātu materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*
*Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* anete.ansberga@rtu.lv

Atkritumu apglabāšana atkritumu poligonos ir videi kaitīgs process, tāpēc, lai samazinātu apglabājamo atkritumu daudzumu, ir nepieciešama to šķirošana un atkārtota pārstrāde. Šķirojot un pārstrādājot atkritumus, tiek taupīti dabas resursi un netiek piesārņota vide, tiek samazināti draudi dzīvajiem organismiem un cilvēku veselībai [1].

Atkritumproduktiem, kas rodas dažādu rūpniecisku darbību rezultātā, ir svarīgi atrast lietderīgu pielietojumu, lai ieekonomētu citus resursus un, iespējams, iegūtu jaunus produktus.

Paraugiem izmantoti devona māli – Liepas sarkanie māli un Kupravas māli, kā arī kvartāra māli – Apriķu māli, Nīcgales māli un Līvānu māli, dažādi atkritumprodukti - degakmens pelni, samalta E-stikla šķiedra un koksnes pelni. Paraugi izgatavoti ar plastisko veidošanu un apdedzināti četrās temperatūrās – 1000, 1050, 1100 un 1150 $^{o}$C. Apdedzinātiem paraugiem noteikts kopīgais sarukums, izmantojot standartu EN 623-2 noteikta paraugu ūdens uzsūce, šķietamā porainība un tilpuma masa. Mālu un apdedzinātas keramikas kristāliskais sastāvs noteikts ar rentgena staru difraktometru *Rigaka Ultima*$^{+}$, izmantojot Cu $K_{\alpha}$ starojumu.

Iegūtie apdedzinātie paraugi ir ar plašu īpašību spektru, kas ir atkarīgs gan no māla ķīmiskā sastāva, gan atkritumprodukta veida.

Vismazākais kopējais sarukums, ūdens uzsūce un šķietamā porainība ir keramikas paraugiem, kuru sastāvā ir E-stikla šķiedra, ko var sasaistīt ar apdedzināšanas procesa laikā šķidrās fāzes veidošanos.

Vismazākais šķietamais blīvums ir paraugiem ar degakmens pelniem, ko var sasaistīt ar degakmens pelnu sastāvā esošo aktīvo $SiO_2$ un CaO.

Koksnes pelnus nav ieteicams izmantot paraugos, kuri tiks apdedzināti temperatūrā zem 1150 $^{o}$C, jo tad ūdens uzsūce būs lielāka par 2,5%, kas ir saistīts ar koksnes pelnu heterogēnu ķīmisko un granulometrisko sastāvu.

## LITERATŪRA

[1] Latvijas vide skaitļos 2018.gadā: klimata pārmaiņas, dabas resursi un vides kvalitāte. Statistisko datu krājums. Centrālā statistikas pārvalde, 2019. 25.-28.lpp.

**Use of different types of waste products to produce ceramic products**.
Influence of different waste products – oil shale ash, E glass fibre and wood ash on the properties of Quaternary clays of Apriki, Nicgale and Livani and Devon clays of Liepa and Kuprava deposits were studied.
Samples were prepared and their properties were investigated. Samples were fired at 4 different temperatures: 1000 °C, 1050 °C, 1100 °C and 1150 °C. Common properties such as overall shrinkage, water absorption, apparent porosity and apparent density were determined. Water absorption, apparent porosity, apparent density was determined according to standard EN 623-2.
The lowest overall shrinkage, water absorption and apparent porosity are for ceramic samples containing E glass fibre that can be associated with the formation of the liquid phase during the firing process.
The lowest apparent density is for samples with oil shale ash that can be linked to the active $SiO_2$ and CaO of the oil shale ash.
It is not recommended to use wood ash in samples which will be burned below 1150 $^{o}$C, as the water absorption will be greater than 2.5% associated with heterogeneous chemical and granulometric composition of wood ash.

# Organiskās krāsvielas adsorbcija keramikas un aktīvās ogles kompozīta materiālam

Alise Bētiņa (4.kursa ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Ruta Švinka (zinātniskā vadītāja)

*Silikātu materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* alise.betina@rtu.lv

Termiski apstrādājot augstās temperatūrās Latvijas atradņu mālus kopā ar koksni ātrā apdedzināšanas procesā, tiek iegūts kompozīts, kas sastāv no keramikas un aktivētās ogles un kuram piemīt labas adsorbenta īpašības. Aktivēto ogli iegūst koksnes pirolīzes procesā, bet tās aktivācija notiek kompozīta materiāla iegūšanas procesa laikā. Kompozītu iegūšanas tehnoloģija ietekmē produkta fizikāli ķīmiskās īpašības. Kompozīta materiāla paraugu iegūšanai izmanto Liepas pelēkos un sarkanos devona mālus (71%), koksnes skaidas (29%), karboksimetilcelulozi, destilētu ūdeni. Sajauc komponentes, no plastiska izejvielu maisījuma ar rokām izveido kompozīta materiālu bumbiņu formā, žāvē. Apdedzināšana notiek jau uzkarsētā krāsnī 800, 900 un 1000˚C temperatūrās 5 minūtes.

Kompozīta materiāla paraugu kristālisko fāžu sastāvu nosaka ar rentgenstaru pulvera difrakcijas metodi izmantojot *Rigaku Ultima+* difraktometru. Adsorbcijas noteikšanai izmantota organiskā krāsviela - metilēnzilais. Metilēnzilā adsorbciju testē atkarībā no krāsvielas koncentrācijas, sorbcijas laika (kinētika), kā arī šķīduma pH un temperatūras.[1] Iegūtās granulas ievieto noteiktas koncentrācijas metilēnzilā šķīdumā un nosaka metilēnzilā koncentrāciju analizējamajā šķīdumā atkarībā no adsorbcijas laika. Krāsvielas sorbcija kompozīta materiālam veikta ar spektrofotometrijas metodi, izmantojot UV-Vis spektrometu *GENESYS 10S UV-Vis* pie gaismas viļņa garuma 665 nm.[2] Adsorbcijas mērījumi tika veikti arī tumsā, lai salīdzinātu metilēnzilā adsorbcijas aktivitāti atkarībā no apgaismojuma. Adsorbētais krāsvielas daudzums aprēķināts pēc adsorbētās metilēnzilā masas uz kompozīta materiāla granulas masu. Kompozīta materiālam noteikts poru tilpums un īpatnējai virsmas laukums ar slāpekļa adsorbcijas porozimetriju (BET metode), izmantojot *Quantachrome, Nova 1200 e* porozimetru. Zeta potenciālu, kas raksturo virsmas lādiņu, mēra ar *Malvern Zetasizer N* iekārtu. Ar skenējošo elektronu mikroskopu *Hitachi TM3000* iespējams analizēt kompozīta materiāla struktūras dažādību, kas palīdz analizēt iegūtos rezultātus.

Noteikts, ka kompozīta materiāla adsorbcijas aktivitāte atkarīga no izmantotajiem māliem un apdedzināšanas temperatūras. No pētītajiem materiāliem labākais adsorbents ir kompozīts ar Liepas pelēkajiem māliem. Īpatnējais virsmas laukums Liepas pelēko mālu kompozītam ir lielāks, salīdzinot ar kompozītu, kas iegūts no Liepas sarkanajiem māliem neatkarīgi no apdedzināšanas temperatūras. Termiski apstrādājot kompozīta materiālu temperatūrās virs 800˚C, tā poru tilpums un virsmas laukums samazinās materiāla saķepšanas dēļ un adsorbcijas aktivitāte samazinās.

## LITERATŪRA

(1) Hassan, A. F.; Elhadidy, H. Production of Activated Carbons from Waste Carpets and Its Application in Methylene Blue Adsorption: Kinetic and Thermodynamic Studies. *J. Environ. Chem. Eng.* **2017**, *5* (1), 955–963. https://doi.org/10.1016/J.JECE.2017.01.003.

(2) Amode, J. O.; Santos, J. H.; Md. Alam, Z.; Mirza, A. H.; Mei, C. C. Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solution Using Untreated and Treated (Metroxylon Spp.) Waste Adsorbent: Equilibrium and Kinetics Studies. *Int. J. Ind. Chem.* **2016**, *7* (3), 333–345. https://doi.org/10.1007/s40090-016-0085-9.

**Adsorbtion of organic dye of ceramic and activated carbon composite material.**
Composite materials obtained from Liepa clay deposit and wooden sawdust were fired at the temperatures 800, 900, 1000°C for 5 min. Composite material of ceramics and activated carbon has good adsorption properties and these properties depends on the thermal treatment temperature which causes change in the crystal structure of activated carbon and clay minerals. Determination of methylene blue concentration in the solution after adsorption process by spectrophotometric method exhibit that the best adsorbent is composite obtained from grey Liepa deposit clay and thermally treated at 800ºC. Activity of adsorption is calculated as adsorbed mass of methylene blue per gram of composite. Specific surface area of composite obtained by use of grey Liepa deposit clay is larger in comparison with composite obtained by use of red Liepa deposit clay.

# Sola-gēla sistēmas $CeO_2$-$ZrO_2$-$TiO_2$-$SiO_2$ pārklājumu ieguve nerūsējošam tēraudam AISI 304 - virsmas topogrāfijas un elektroķīmiskie pētījumi

Mairis Iesalnieks (4. kursa ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr. habil. sc. ing.* Gundars Mežinskis (zinātniskais vadītājs)

*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*
*Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* mairis.iesalnieks@rtu.lv

Pēdējo gadu laikā sola-gēla pārklājumi ir uzrādījuši perspektīvus rādītājus cīņā pret koroziju. Šie videi draudzīgie un viegli iegūstamie pārklājumi ir izrādījuši lielu potenciālu, lai ar tiem varētu aizstāt hroma savienojumus. Liela uzmanība tiek veltīta arī sola-gēla pārklājumu adhēzijas spēju uzlabošanai. Kā viens no iespējamajiem variantiem, darbā tiks apskatīta hidrotermālā fosfatēšana. Fosfatēšanas laikā rodas stabils fosfātu pārklājums, kas var veicināt sola-gēla pārklājumu adhēziju ar substrātu, šajā gadījuma - AISI 304 nerūsējošo tēraudu. Tiks apskatītas arī divas dažādas pārklājumu kristalizācijas metodes - bez papildus apdedzināšanas starp slāņiem un ar papildus apdedzināšanu starp pārklājuma slāņiem [1].

Izstrādātā darba mērķis bija iegūt sistēmu $ZrO_2$-$TiO_2$-$SiO_2$ un $CeO_2$-$ZrO_2$-$TiO_2$-$SiO_2$ sola gēla pārklājumus uz nerūsējošā tērauda un, izmantojot pieejamās pētīšanas metodes, noteikt to struktūru un īpašības.

Pārklājumi tika iegūti uz AISI 304 tērauda plāksnītēm, kas pirms tam tika rūpnieciski pulētas un attīrītas. Pārklājumos izmantotais sols tika novecināts 29 dienu laikā, uznesot pārklājumus ik pēc 3-4 dienām. Tika apskatīta arī dažādu slāņu skaita ietekme uz pārklājuma īpašībām. Pārklājumi tika uznesti, izmantojot 2 metodes. Tika iegūta arī pārklājumu sērija, kurā tika izmantots literatūrā aprakstītais fosfatēts tērauds [2].

Paraugi tika pētīti, izmantojot skenējošo elektronu mikroskopiju (SEM), atomspēka mikroskopiju (AFM), dinamisko slapēšanas leņķi, zīmuļu cietības testu (ISO 15184), rentgenstaru difraktometriju, Raman spektroskopiju, FTIR spektroskopiju, korozijas tempa noteikšanu izmantojot svara zuduma metodi, kā arī lineāro polarizāciju (LP), impedances spektroskopiju (EIS) un elektroķīmisko frekvences modulāciju (EFM).

Zīmuļu cietības tests uzrādīja pārklājumu cietības palielināšanos, palielinoties sola vecumam un pārklājumu skaitam, tomēr tie joprojām ir uzskatāmi par mīkstiem. Dinamiskā slapēšanas leņķa vērtības ir stabilas un salīdzinoši ar neapstrādātu tēraudu ir palielinājušās. Saskaņā ar FTIR spektroskopijas datiem ir redzams, ka paraugos, kas iegūti ar 2. metodi, novēro izteiktāku Zr-O-Si saišu veidošanos. Korozijas tests uzrāda pozitīvus rezultātus, salīdzinot ar neapstrādātu paraugu. Fosfatēšana pozitīvi ietekmē korozijas tempa vērtības. Elektroķīmiskie mērījumi uzrāda korozijas īpašību pasliktināšanos, tomēr ir nepieciešama detalizētāka informācija par izmantoto metodi. Fāžu sastāvs sakrīt ar literatūrā norādīto. Kserogēli ir amorfi, neskatoties uz izmantotajiem to apdedzināšanas apstākļiem.

## LITERATŪRA

[1] M. Aparicio, A. Jitianu, G. Rodriguez, A. Degnah, K. Al-Marzoki, J. Mosa, L.C. Klein, Corrosion Protection of AISI 304 Stainless Steel with Melting Gel Coatings, Electrochim. Acta. 202 (2016) 325–332. doi:10.1016/j.electacta.2015.12.142.

[2] A. Valanezhad, S. Matsuya, Zinc phosphate coating on 316L-type stainless steel using hydrothermal treatment, (2010) doi:10.1016/j.surfcoat.2010.09.050.

**Sol-gel $CeO_2$-$ZrO_2$-$TiO_2$-$SiO_2$ system coatings on AISI 304 stainless steel - surface topography and electrochemical study.**
The information about $CeO_2$, $ZrO_2$, $TiO_2$ and $SiO_2$ properties in sol-gel systems, characterization of AISI 304 stainless steel, corrosion processes on stainless steel surface and necessity of phosphatization where gathered and processed in this study.
$CeO_2$-$ZrO_2$-$TiO_2$-$SiO_2$ and $ZrO_2$-$TiO_2$-$SiO_2$ sol-gel systems coatings where prepared for AISI 304 stainless steel using dip-coating method and two different temperature regimes. The impact of intermediate phosphate layer on the structure and properties of deposited coatings were studied. Coating topography and surface properties were studied using AFM, SEM, XRD, OM, FTIR and Raman spectroscopy. Electrochemical studies of coatings where conducted using EIS, LP and EFM data.

# Sola-gēla sistēmas – ZnO, $TiO_2$, $SiO_2$ – pārklājumu ieguve nerūsējošam tēraudam AISI 304 - virsmas topogrāfijas un antibakteriālo īpašību pētījums

Alise Ozoliņa (4. kursa ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. habil. sc. ing.* Gundars Mežinskis (zinātniskais vadītājs)

*Silikātu materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* alise.o@inbox.lv

Viena no visdaudzsološākajām sola-gēla metodes pielietošanas nozarēm ir antibakteriālo pārklājumu veidošana. Daudzas industrijas saskaras ar mikroorganismu radītām komplikācijām to darbībā. Tā skar tādas industrijas, kā medicīnas iekārtu un aprīkojuma, zobārstniecības, pārtikas ražošanas, transporta un citās. Lai antibakteriālie pārklājumi būtu efektīvi, tiem ir jābūt izturīgiem, spējīgiem saglabāt savu aktivitāti un virsmas īpašības, izturīgiem pret ķimikālijām, skrāpējumiem un mitrumizturīgiem. Tiem ieteicams būt netoksiskiem, bez smaržas, gludiem, bez porām un citiem virsmas defektiem, viegli tīrāmiem un ar aizsardzību pret ultravioletajiem stariem [1-4].

1. tabula. Izmantotās izejvielas

| Izejviela | Firma | Tīrība |
|---|---|---|
| Tetraetoksisilāns (TEOS) | *Sigma Aldrich* | 98 % |
| Titāna izopropoksīds | *Sigma Aldrich* | 97 % |
| Cinka acetāta dihidrāts | *EMSURE* | 99,5 % |
| Izopropanols | *Sigma Aldrich* | 99,5 % |
| Etiķskābe | *Merch* | 100 % |

Darbā tika salīdzināti 2 pārklājumi, kuru sastāvā ir $SiO_2$, $TiO_2$ un ZnO dažādās procentuālās attiecībās.

Pārklājums tika pētīts ar sekojošām metodēm:

1) skenējošā elektronu mikroskopija; 2) atomspēku mikroskopija; 3) slapinātā leņķa noteikšana; 4) zīmuļu tests cietības noteikšanai (ISO 15184:2012); 5) antibakteriālie pētījumi (modificēts ISO 22196:2011).

Skenējošā elektronu mikroskopa attēli un atomspēka mikroskopa attēli parāda to, ka, jo ilgāk tika vecināts sols, jo vairāk un lielākas daļiņas veidojas un ir redzamas uz metāla virmas. Slapinātais leņķis visiem paraugiem ir mazāks par 90°, kas norāda uz to, ka visi paraugi ir hidrofīli. Zīmuļa tests parāda, ka vecinot solu, pārklājuma izturība palielinās. Pārklājumi Zn5 un Zn10 uz apstrādāta metāla uzrāda aizsardzību pret gramnegatīvo *E.coli* baktēriju. Antibakteriālos pētījumus veica vecākais laborants Renārs Broks no Rīgas Stradiņu universitātes Bioloģijas un mikrobioloģijas katedras.

## LITERATŪRA

[1] Raghunath, A.; Perumal, E. Metal oxide nanoparticles as antimicrobial agents: a promise for the future. *Int. J. Antimicrob. Agents*, **2017**, *49* (2), 137–152.

[2] Graham, M.; Cady, N. Nano and microscale topographies for the prevention of bacterial surface fouling. *Coatings*, **2014**, *4* (1), 37–59.

[3] Tobin, E.J. Recent coating developments for combination devices in orthopedic and dental applications: A literature review. *Adv. Drug Deliv. Rev.*, **2017**, *112*, 88–100.

[4] Sperindio, M.; Lake, S. C.; Piras, R.; Lindstrom, M. J. Sol-gel compositions with improved hardness and impact resistance. WO 2015/179152 Al, November 26, 2015.

**Investigation of surface topography and antibacterial properties of sol-gel system – ZnO, $TiO_2$, $SiO_2$ – coatings for stainless steel AISI 304.**

Sol-gel system was prepared and AISI 304 stainless steel was coated. Then topographical and antibacterial properties of the coatings were investigated using following methods – scanning electron microscopy, atomic force microscopy, wetting contact angle measurements, pencil hardness test (ISO 15184:2012) and by the measurements of antibacterial activity (according to modified ISO 22196:2011), which was done by the senior lab assistant Renārs Broks of Rīgas Stradiņš University.

# Illītu mālu ietekme uz keramisko akmensmasu fāžu sastāvu un īpašībām

Ilmārs Pokšāns (4. kursa ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr. habil. chem*. Gaida Sedmale (zinātniskā vadītāja)

*Silikātu materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* ilmars.poksans@rtu.lv

Latvijā tradicionālās sadzīves, t.sk., arī dekoratīvās keramikas ražošanā arvien lielāku nozīmību iegūst keramiskās akmens masas, jo tām piemīt lielāka izturība, mazāki ūdens uzsūce un izstrādājumu sarukums salīdzinot ar tradicionālo podniecības-keramiku. Akmensmasās kā plastisko izejvielu izmanto ugunturīgus kaolinīta mālus, kas Latvijas teritorijā kā minerālā izejviela nav izplatīta. Kā aizvietotāju šiem māliem uzskata Latvijas Liepas atradnēs atrodamo pelēko illīta mālu pielietojumu, kas ir 'trekni', salīdzinoši viegli kūstoši un ar salīdzinoši augstu kaolinīta saturu [1, 2].

Šāds aspekts ir būtisks arī no ekonomiskā viedokļa divu apsvērumu dēļ:

-šī māla atradnes atrodas Latvijas teritorijā, līdz ar to ievērojami samazinās transporta izdevumi,

-tā pielietošana keramisko akmens masu izstrādē samazina izstrādājumu apdedzināšanas temperatūru.

Darba mērķis ir izstrādāt un pētīt keramiskās akmensmasas, sistemātiski aizvietojot ugunturīgos mālus ar vieglāk kūstošiem illītu māliem, saglabājot konstantu liesinātāju un kušņu sastāvdaļu.

Akmensmasu sastāvos kā liesinātājs tika izmantotas Latvijas Skudras atradnes kvarca smiltis un *Vaidavas Ceramics* keramikas lauskas, kā kušņi tika pielietoti Ukrainas Čupas atradnes laukšpats un pegmantīts. Savukārt par plastisko materiālu sastāvdaļu tika izmantoti Ukrainas Veselovas atradnes ugunturīgie kaolinīta māli un Latvijas Liepas atradnes pelēkie māli. Akmensmasu sagatavošanai pielietotās izejvielas ir smalcinātas līdz daļiņu izmēram ≤ 1mm.

Masas homogenizētas, tās maļot 5 stundas ūdens vidē bumbu dzirnavās, iegūstot ~40% šlikeri ar cieto daļiņu izmēru ≤ 63 μm. Taisnstūrveida paraugi 50×15×5 mm formēti pielietojot plastisko formēšanu. Paraugi tika apdedzināti temperatūru intervālā 1000°C-1300°C, temperatūru variējot ik pa 50°C, temperatūras celšanas ātrums- 5°/min.

Apdedzinātiem paraugiem noteiktas keramiskās īpašības – relatīvo izmēru izmaiņas, ūdens uzsūce (vaļējā porainība) un šķietamais blīvums. Tika veikta Rentgena fāžu analīze.

Iegūtie keramisko īpašību rezultāti ļauj secināt, ka akmensmasām atbilstoši rezultāti ir iegūti tos apdedzinot temperatūru intervālā 1150°C-1250°C, kurā paraugu ūdens uzsūce (vaļējā porainība) ir robežās 2-6%. Šo paraugu šķietamais blīvums 1,65-1,85 g/cm$^3$, bet sarukums ir 9-10%. Samazinoties illītu māla saturam, saķepšanas temperatūra likumsakarīgi pieaug, sasniedzot 1300°C. Rentgena fāžu analīzes rezultāti norāda, ka sastāvos dominē mullīta un kvarca kristāliskās fāzes, kā arī var novērot stiklveida fāzes klātieni atstarošanas leņķa 2θ diapazonā 18-30°.

LITERATŪRA

[1] G. Sedmale *Keramikas ķīmija un tehnoloģija*; RTU Izdevniecība: Riga, 2010, 169-170.lpp.
[2] V. Segliņš *Derīgie izrakteņi Latvijā*; LU Akadēmiskais apgāds: Rīga, 2013, 53-85.lpp

**Effect of the illite clay on the stoneware ceramics phases composition and properties.**

In recent years stoneware has gained huge popularity in ceramic business. Part of stoneware is made of fire-resistant kaolinite clay that can be found in Latvia. Grate alternative is Liepu grey illite clay for its easy melting and high content of kaolinite.
Stoneware bodies were developed systematically replacing fire-resistant kaolinite clay with easy melting illite clay with constant aggregate and flux. Prepared materials were fired in 1000°C-1300°C. Ceramic properties- relative size changes, water absorption (open porosity) and bulk density were studied for burned samples. XRC was performed.

# Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas un biomateriālu ķīmijas un tehnoloģijas sekcija

# Ar sārmu aktivizētu saistvielu izstrāde ceolītu saturošu granulu izgatavošanai

Pauls Pāvils Ārgalis (2.kursa Materiālzinātnes maģistra programmas students)

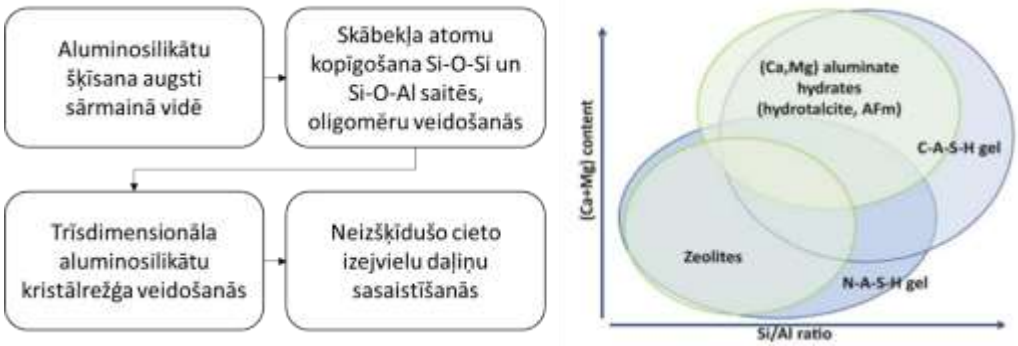
*Dr. sc. ing.* Kristīne Veģere, *Mg. sc. ing.* Laura Vītola (zinātniskās vadītājas)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* pargalis123@gmail.com

Sārmu aktivizētas saistvielas ir saistvielas, kuru aktivizēšana notiek ar kādu sārmzemju metāla šķīdumu. Šis process ir izrādījis interesi, jo kā pašu saistvielu var izmanto kalcinētus mālus, elektrofiltru pelnus un izdedžus, kas ir rūpniecības atkritumi. Šos atkritumus var pārstrādāt otrreiz un atrast tiem jaunu pielietojumu. Sārmu aktivizētas saistvielas izmantoja jau Senās Ēģiptes un Romas ēku būvniecībā.

Ceolīti ir homogēni sakārtotu tetraedru molekulu sistēma, kā pamatā ir alumīnija, silīcija un skābekļa atomi. Tie ir alumīnija silikāta minerāli, kurus iespējams atrast dabā, bet to īpašību uzlabošanai ir nepieciešama sintēze laboratorijā. Ceolītiem raksturīgs liels virsmas laukums, tāpēc tiem ir labas sorbcijas spējas. Ceolītus izmanto kā adsorbentus, bet tiem ir pārāk maza mehāniskā stiprība priekš industriāliem pielietojumiem, tāpēc tos veido kā kompozītus kopā ar saistvielām, kas palīdz uzlabot mehānisko stiprību. Izmantojot sārmu aktivizētu saistvielas, iespējams iegūt mehāniski stiprākas granulas ar lielāku sorbcijas spēju, salīdzinot tās ar granulām, kuras veidotas ar saistvielu, kas nav aktivizēta ar sārmzemju metāla šķīdumu. Sārmu aktivizētu saistvielu un ceolītu kompozītu izveide varētu kļūt par perspektīvu virzienu adsorbentu izstrādē ar plašāku pielietojumu klāstu kā citiem adsorbentiem.

Šī pētījuma ietvaros tiek izgatavotas granulas, kuru sastāvā ir sārmu aktivizēta saistviela un ceolīts 4A. Granulām būs pietikami liela mehāniskā stiprība, lai tās izmantotu industriāli, un arī lielāka sorbcijas spēja kā pašlaik industrijā pielietotajām [1]. Tiek izgatavotas arī granulas, kas sastāv tikai no kaolīna, lai varētu salīdzināt to kopējās un atsevišķās īpašības. Kā arī tiek veiktas pārbaudes komerciāli pieejamām ceolīta granulām to vispārēju īpašību noteikšanai.




**1. att.** Sārmu aktivizētu saistvielu pamatstruktūras jeb N-A-S-H gēla sintezēšanas shēma [2], un ceolītu un citu Si/Al saturošu savienojumu diagramma

LITERATŪRA

[1] M. A. Habib, O. E. Bamidele, M. Basha, N. A. A. Qasem, A. Peedikakkal, T. Laoui, and M. Ali, "Carbon capture by physical adsorption : Materials , experimental investigations and numerical modeling and simulations – A review," *Appl. Energy*, vol. 161, pp. 225–255, 2016.

[2] C. Shi, A. F. Jiménez, and A. Palomo, "Cement and Concrete Research New cements for the 21st century : The pursuit of an alternative to Portland cement," *Cem. Concr. Res.*, vol. 41, no. 7, pp. 750–763, 2011.

**Development of alkali-activated binders for the production of zeolite granules**.
The literature review contains information on alkali-activated binders, their history, as well as zeolites, and their applications. Information on the interaction between alkali-activated binders and zeolites was also summarized same as information about different adsorbents and their use. Experimental part describes raw materials, their chemical compositions and calculations for activation solution. Table was created for chemical composition of kaolinite, also collected information on the methods used to determine the properties of the material. The goal of this study is to create granules which contain alkali activated binder and zeolite 4A, which are better than nowadays commercially used zeolite granules for $CO_2$ adsorption. Also granules from kaolinite are made, to test their indivual properties. Summary will contain all the conclusions about granules and their properties.

# Antibiotiķi biomateriālu sastāvā kaulaudu inženierijai

Sofja Batalova (RSU 1.kursa maģistra Biomedicīnas programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Kristīne Šalma-Ancāne (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgas ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* sofja.batalova@rtu.lv

Būtisks priekšnoteikums materiāla kvalificēšanai par biomateriālu ir tas, ka tam jābūt bioloģiski saderīgam. Biomateriālu izstrāde kaulaudu reģenerācijai ir viena no svarīgākajām jomām audu inženierijā. Šie materiāli varētu atvieglot kaulu audu integrāciju ar implantu, veicinot kaulu atjaunošanos un sekmīgu kaulaudu audu izārstēšanu. Kaulu aizstāšana ar implantu ir viens no nopietnākiem iekaisuma riskiem, kas izraisa osteomielītu (kaulu infekciju). Osteomielīts izraisa kaulu nekrozi, kā arī salīdzinoši augstu mirstību. Tādēļ parasti pacientiem pēc operācijas izraksta pretiekaisuma zāles un antibiotiķus.

Lielāku daļu no pēcoperacijas infekcijām izraisa gram-pozitīvas baktērijas (*S. aureus, S. epidermidis, S. pyogenes*) – aptuveni 60%, gram-negatīvas izraisa ~ 40% (*P. aeruginosa* u.c.), daļa no infekcijām ir polimikrobiālā. Visbīstamākā situācija attīstās, ja uz implanta veidojas bioplēve, jeb biofilm no baktērijām, jo bioplēve ir rezistentākā pret medikamentiem. Bioplēve ir baktēriju konglomerāts, kas saistītas savā starpā ar ekstracelulāro vielu, kurš apklāj koloniju, nedodot zālēm tikt iekšā. Implants var darboties kā bioplēves attīstības pamatne, ja higiēnas apstākļi operācijas laikā nav ideāli. Bakteriālas infekcijas attīstās aptuveni 10% gadījumos ja defekta novēršanai izmanto biomateriālus. Klasiski (enterāli, intravenozi utt.) lietojot antibiotiku, medikamentu deva ir ierobežota līdz zāļu toksicitāti, kā arī antibiotiķi nākot no asinīm nevar tikt cauri bioplēvei. Lai novērstu bioplēves veidošanos, ir zināma metode ar merķtiecīgu zāļu izdalīšanu no implantmateriāla. Ir zināmi komerciāli produkti CERAMENT® G un CERAMENT® V ar sastāvā esošam antibiotikam: vankomicīnu un gentamicīnu. Abus medikamentus izmanto dažādu lokālas zāļu piegādes sistēmu izstrādei uz porainas biokeramikas, biopolimēru un kompozītmaterālu bāzes [1]. Minētie preparāti pierādīja savas priekšrocības un RTU Rūdolfa Cimdiņa Rīgas Biomateriālu centrā darbā arī visplašāk lieto vankomicīnu un gentamicīnu

Vankomicīns pieder pie glikopeptīdu antibiotiku grupas. Šis ir šauras grupas antibiotiķis, kas darbojas tikai uz gram-pozitīvajām baktērijām, it īpaši stafilokoku infekciju ārstēšanu. Antibiotiķis izmaina šūnas membrānu caurlaidību un selektīvi inhibē RNS sintēzi un tādēļ ir bakteriostatisks preparāts [2]. Salīdzinājumā ar citiem antibiotiķiem (cefalosparīniem), vankomicīnam ir daudz zemāks alerģijas risks.

Gentamicīns ir antibiotiķis no aminoglikozīdas grupas, kura sastāvā ir aminocukuru atlikumi. Aminoglikozīdi antibiotiķi traucē baktērijas ģenētiskā koda pareizu transkripciju un translāciju olbaltumvielu sintēzē un darbojas baktericīdi jeb netikai nedod baktērijām vairoties, bet iznicina baktēriju šūnas, kas ir diezgan nopietna priekšrocība pēcoperāciju iekaisumu gadījumā. Aminoglikozīdi ir plaša darbības spektra antibiotiķi. Gentamicīnam ir mazāka toksicitāte salīdzinājumā ar pārējiem aminoglikozīdiem, tomēr pret to ir jutīgi tikai 34% patogēno mikroorganismu [3].

Kā nozīmīgāko gentamicīna trūkumu ir jāpiemin pret gentamicīnu rezistenti mikroorganismi, kas attīstās pēc tā lietošanas. Ir arī pazīstami pētījumi, kuros lieto abus medikamentus vienlaicīgi, lai novērstu abu medikamentu trūkumus.

## LITERATŪRA

[1] Dorati, R.et al. Biodegradable Scaffolds for Bone Regeneration Combined with Drug-Delivery Systems in Osteomyelitis Therapy. *Pharmaceuticals*. MDPI AG December 1, 2017.
[2] Purviņš Indulis; Purviņa Santa. Praktiskā farmakoloģija; Zāļu infocentrs: Rīga, 2011.
[3] Mouriño, V.; Boccaccini, A. R. Bone Tissue Engineering Therapeutics: Controlled Drug Delivery in Three-Dimensional Scaffolds. *Journal of The Royal Society Interface* **2009**, *7* (43), 209–227.

**Antibiotics in Biomaterials for Bone Tissue Engineering: A Review**.
In an about 10% of all bone implantation surgeries bacterial infection is developing. To reduce its toxic properties it can be used as a part of implant material. Mostly infections are caused by gram-positive bacteria. Gentamicin is a broad-spectrum antibiotic. Vancomycin is narrow-spectrum antibiotic with an action on gram-positive bacteria only.

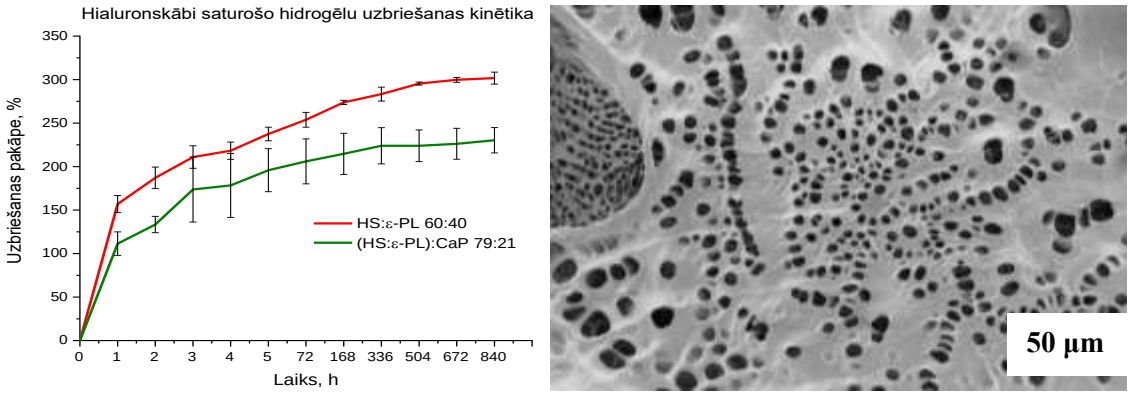
# Hialuronskābes/ε-polilizīna/kalcija fosfātu hidrogēli kaulaudu reģenerācijai

Kristīne Beļūne (3. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* kristine.belune@rtu.lv

Hidrogēli ir trīsdimensionāli polimēru tīkli, kas spēj absorbēt lielu ūdens daudzumu. Hidrogēli nodrošina fizioloģiski līdzīgu vidi šūnu augšanai, tāpēc tos bieži izmanto, lai atdarinātu ārpussūnas matricu [1]. Hialuronskābe (HS) ir biopolimērs, kam piemīt izcila biosaderība, tas pilnībā noārdās bioloģiskā vidē un tam piemīt augsta ūdens saistīšanas spēja un viskoelastīga uzvedība [2]. ε-Poli-L-lizīns (ε-PL) ir ūdenī šķīstošs, bionoārdāms un antibakteriāls biopolimērs [3]. Apvienojot biosaderīgus polimērus ar kalcija fosfātiem (CaP), kas ir galvenā neorganiskā komponente cilvēka kaula sastāvā, iespējams veidot kompozītmateriālus kaulaudu reģenerācijai. Darba mērķis bija pagatavot HS/ε-PL un HS/CaP/ε-PL hidrogēlus un noteikt to raksturīgās īpašības. Darbā pagatavoti HS/ε-PL hidrogēli ar HS un ε-PL masas attiecību 60:40 un HS/CaP/ε-PL hidrogēli ar biopolimēru un CaP masas attiecību 79:21. Eksperimentāli noteikta hidrogēlu uzbriešanas pakāpe (UP), gēla frakcija (GF) un raksturota kompozītu morfoloģija (skat. 1. att. B)). Hidrogēlu UP nosaka, iegremdējot liofilizētu hidrogēla paraugu 20 ml dejonizēta ūdens, kura temperatūra ir 37 °C, un novērtējot parauga masu katru stundu pirmo 4 stundu garumā un pēc tam 1 reizi nedēļā 5 nedēļu garumā. GF nosaka iegremdējot liofilizētu paraugu 200 ml dejonizēta ūdens, kura temperatūra ir 37 °C uz 48 h, tad paraugu atkārtoti sasaldē, liofilizē un nosver. HS/ε-PL hidrogēli līdzsvara uzbriešanas stāvokli sasniedz 3. nedēļā, kad UP ir 295.46% ± 1.74%, bet HS/ε-PL/CaP līdzsvara stāvokli sasniedz jau 2. nedēļā, kad UP ir 223.92% ± 20.82% (skat. 1. att. A)). Neorganiskās fāzes pievienošana statistiski nozīmīgi ietekmē hidrogēlu GF vērtības, kas HS/ε-PL hidrogēliem ir 75.28% ± 1.57%, bet HS/ε-PL/CaP paraugu gadījumā 82.31% ± 1.97%. Iegūtie rezultāti uzskatāmi parāda, ka neorganiskās komponentes pievienošana veicina kompozītmateriālu šķērssaistīšanās procesu, samazinot uzbriešanas pakāpi par >24% un palielinot gēla frakciju par >7%.




**1. att.** Hidrogēlu raksturojums: A) hidrogēlu uzbriešanas kinētika; B) HS:ε-PL hidrogēlu morfoloģija

## LITERATŪRA

[1] Xu, J.; Liu, Y.; Hsu, S. hui. *Molecules* **2019**, *24* (16), 1–21.
[2] Sokolova, M.; Locs, J.; Loca, D. *Key Eng. Mater.* **2017**, *721 KEM*, 219–223.
[3] Zou, Y.; He, S.; Du, J. *Chinese J. Polym. Sci.* **2018**, *36* (11), 1239–1250.

**Hyaluronic acid/ε-polylysine/calcium phosphates hydrogels for bone tissue regeneration**.
The aim of the study was to prepare hyaluronic acid (HA) based calcium phosphate (CaP)/ε-poly-L-lysine (ε-PL) hydrogels (inorganic phase content 21wt%) and HA/ε-PL (60:40) hydrogels and characterize them towards the swelling behaviour (SB) and gel fraction (GF). SB of HA/ε-PL hydrogels was reached within 3 weeks (295.46% ± 1.74%), while for HA/ε-PL/CaP hydrogels SB was already reached at the 2nd week of experiment (223.92% ± 20.82%). The addition of inorganic phase significantly increased the GF of hydrogels, resulting in GF of 75.28% ± 1.57% in the case of HA/ε-PL and GF of 82.31% ± 1.97% in the case of HA/ε-PL/CaP, thus indicating that addition of inorganic phase to HA/ε-PL hydrogels could favour the hydrogel crosslinking ability.

# Autologu fibrīna matricu izstrāde kontrolētai zāļu piegādei

Karina Egle (2.kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

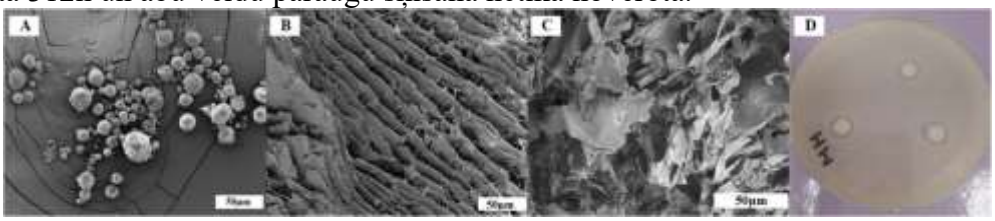
*Dr. sc. ing.* Arita Dubņika (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* karina.egle@rtu.lv

Fibrīns ir asins komponents, kas iesaistās asinsreces procesā, un to var izmantot kā matricu audu inženierijas vajadzībām [1]. Vankomicīna hidrogēnhlorīds (V-HCl), baktericīdā glikopeptīdu antibiotika, medicīnā tiek izmantots vairāk nekā 40 gadus [2]. Šī pētījuma mērķis izstrādāt autologas (A) un no komerciāliem izejmateriāliem veidotas (K) fibrīna matricas kontrolētai V-HCl piegādei un noteikt A-fibrīna matricu antibakteriālās īpašības pret *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). Paraugi gatavoti no donoru asinīm un komerciāliem trombīna, fibrinogēna, $CaCl_2$ izejmateriāliem. V-HCl iekapsulēts mikrokapsulās.

Mikrokapsulas sagatavo ar ūdens / eļļa / ūdens metodi. Polipien-ko-glikolskābes (PLGA) / dihlormetāna (DHM) šķīdumu (17 masas%) homogenizē un sajauc ar V-HCl ūdens šķīdumu (100 mg / ml). Iegūto šķīdumu pārnes uz polivinilspirtu (PVA) (4 masas%) un homogenizē, tad šķīdumu pārnes 2,5 litru ūdens un maisa 1 stundu. Suspensiju centrifugē, sasaldē un liofilizē, iegūstot mikrokapsulas (*sk. 1A att.*). Zāļu izdalīšanās kinētikas noteikšanai izmantota ultra augsti efektīvā šķidrumu hromatogrāfija (UPLC). ***Fibrīna matricu sagatavošana***. A-fibrīna matricas (*sk. 1B att.*), attiecīgi, ar trombocītiem bagāto fibrīnu (TBF) iegūst, centrifugējot donora asins paraugu pie 700 apgr./min. 3 minūtes. Pēc tam TBF atdala ar šļirci. V-HCl nesējus pievieno atdalītajam TBF, suspendējot tos TBF, izmantojot automātisko pipeti pirms recekļa veidošanās. Savukārt, K-fibrīna matricas (*sk. 1C att.*) sagatavo ar divu šļirču metodi. Vienā šlircē iesvērtam trombīnam sajauktam ar $CaCl_2$ pievieno fibrinogēnu un maisa. Homogēnu masu izformē tērauda formā, sagaidot šķērssaistīšanos. ***Antibakteriālās īpašības ar diska difūzijas metodi.*** *S.aureus* suspensiju pagatavo saskaņā ar EUCAST standartiem un inokulē uz sterila Millera-Hintona agara. Pēc *S.aureus* inokulācijas V-HCl / A-fibrīna matricas ievieto agarā un inkubē 24 stundas 37 °C temperatūrā. Pēc 24 stundām antibakteriālas īpašības analizē, izmērot sterilu laukumu (diametru) ap paraugiem (*sk. 1D att.*). Pēc mērījumiem paraugus pārnes uz jauno kultūras agaru un inkubē vēl 24 stundas 37 °C temperatūrā.

Centrifugējot īsāku laiku, tiek iegūts mazs TBF daudzums. Savukārt, centrifugējot ilgāk, TBP daudzums palielinās, bet tas varēja veicināt recekļa izveidi vakutainerī, ko tālāk nevarēja izmantot, lai izstrādātu zāļu ievadīšanas sistēmas. V-HCl / A-fibrīna matricu antibakteriālas īpašības tika novērotas pret *S.aureus* 48 stundas. Tika konstatēts, ka V-HCl izdalīšanās kinētika 48h ir lielāka no PLGA / V-HCl / A-fibrīna matricām - 24,9% nekā no PLGA / V-HCl / K-fibrīna matricām -12,6%. Kopēji paraugiem izdalīšanās kinētika noteikta 312h un abu veidu paraugu šķīšana netika novērota.




**1.att.** PLGA mikrokapsulas (A); A-fibrīna matrica(B); K-fibrīna matrica (C); Millera-Hintona agara plate ar sterilām zonām (D).

LITERATŪRA

[1] Wu, I et al. *Elsevier Inc*. **2014**, 235-241.
[2] Groman, R. P. *Elsevier Inc.* **2014**, 944-949.

**Development of autologous fibrin matrices for controlled drug delivery**.
The aim of the study was to develop autologous (A) and form commercially available raw materials (K) prepared fibrin matrices for controlled V-HCl delivery and to determine the antibacterial properties of autologous fibrin matrices against *Staphylococcus aureus* (S. aureus). Antibacterial properties of V-HCl/ A-fibrin matrices were observed against *S. aureus* for 48 hours. The release kinetics of V-HCl after 48h was higher from A-fibrin matrices – 24.9% than from K-fibrin matrices – 12.6%.

# Ropivakaīna šķīduma ražošana izmantojot BFS metodi

Normunds Eliņš (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

*Dr. sc. ing.* Voldemārs Ščerbaks, *Mg. chem.* Kaspars Kuprevičs (zinātniskie vadītāji)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* elins.normunds@gmail.com

Ropivakaīns ir anestēzijas līdzeklis, ko pielieto dažādu ķirurģisko operāciju laikā. Produkts ir pieprasīts tirgū tā uzlaboto īpašību dēļ, salīdzinot ar radnieciskajiem preparātiem, kuru aktīvā viela ir bupivakaīns vai levobupivakaīns.

BFS jeb izpūšana-iepildīšana-noslēgšana (*blow-fill-seal*) ir salīdzinoši jauna parenteriālu produktu ražošanas metode, kas jau atzīta, kā vienu no labākajām metodēm kvalitatīvu un pacientiem drošu produktu ražošanai, ja gala produktam jābūt sterilam. Baltijas valstīs šī tehnoloģija vēl nav ieviesta sterilo farmācijas produktu ražošanā.

A/S "Grindeks" ir iegādājusies apbūves zemi un šobrīd strādā pie tā iespējamajiem attīstības scenārijiem. Autora ieskatā viens no scenārijiem, ko ir vērts izvērtēt, ir parenteriālo farmācijas produktu ražotnes izbūve, kas balstītos uz BFS pildīšanas tehnoloģiju plastikāta iepakojumos, kuriem, salīdzinot ar stikla ampulām, ir vairākas priekšrocības. Autors veic arī vispārīgu sākotnējo ekonomisko izvērtējumu, lai pamatotu šo ideju, kā labu variantu kopējai koncerna ilgtspējīgai attīstībai.

Darba mērķis ir izvērtēt Ropivakaīna šķīduma ražošanas un ražotnes celtniecības iespējas Latvijā, un projektēt BFS ražošanas līniju un ražotni kopumā nodrošinot pilnvērtīga uzņēmumu atbilstoši Labas ražošanas praksei. Veikt ekonomisko pamatojuma izstrādi ražotnes celtniecībai saistībā ar konkrētā produkta ražošanu. Darbs tiek balstīts uz A/S "Kalceks", sniegto informāciju par produkta realizācijas iespējām un iespējamajiem ražošanas apjomiem.

Balstoties uz Eiropas Komisijas Labas ražošanas prakses (EK LRP) rokasgrāmatu, tiek izstrādāti pamatprincipi funkcionējoša farmācijas uzņēmuma materiālu un personāla plūsmas, piemēram, lai arī process ir lineārs, autors piedāvā iekārtu izvietojumu veikt „S" burta veidā, lai visa procesa laikā izejvielas būtu ērtāk piegādāt no vienas puses, kas samazina nepieciešamo telpu platības, kā arī autora ieskatā dod lielākas priekšrocības uzņēmuma tālākai attīstībai, kurā tiek ietvertas vairāku ražošanas līniju uzstādīšana, kas iespējama uzņēmuma ēku veidojot modulāru, un paredzot, ka procesa plūsmas savstarpēji nekrustojas. Tiek izvēlētas un atlasītas procesu nodrošināšanas iekārtas un tehnoloģiskās sistēmas, kas ir atbilstošas farmācijas industrijas prasībām un ir pieejams šobrīd tirgū.

Tiek veiktas iespējamās ražotnes vizualizācijas izmantojot programmu "RoomSketcher" un ēkas un telpu pamata rasējumi, lietojot programmu "AutoCAD". Tiek veikti ventilācijas sistēmas un ražošanas līnijas pamata rasējumi, uz kuriem tiek balstīts un pamatots izvēlētais plānojums un telpu lielumi. Tiek veikts arī ražotnes vispārīgais plānojums atbilstoši EK LRP rokasgrāmatai, ietverot detalizēts plānojums un rasējumus konkrētu telpu grupām, kas atšķīrās gan pēc sava pielietojuma, gan tehniskās specifikācijas.

Sākotnējā hipotēze – Ropivakaīna injekciju šķīduma ražotnes celtniecība Latvijā ir ekonomiski izdevīga un ieguldītās investīcijas iespējams atpelnīt 10 gadu laikā – neapstiprinājās, toties ņemot vērā, ka ražošanas līnija konkrētā produkta ražošanai tiek noslogota tikai aptuveni par 50 procentiem tad, atlikušo kapacitāti izmantojot cita līdzvērtīga produkta ražošanai, tiktu panākta ražotnes celtniecības un izveides izmaksu atpelnīšana 10 gadu laikā, pie nemainīga produkcijas apjoma un cenas nesamazināšanās.

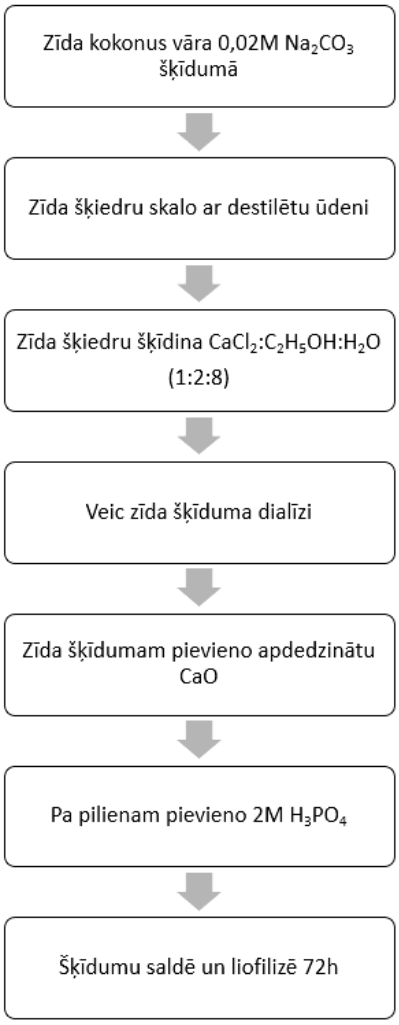
**Production of ropivacaine solution for injection using the BFS method**.
Ropivacaine solution for injections is demanded product in Europe and author studies possibilities and tries to prove that manufacturing with BFS (Blow-Fill-Seal) that is relative new technology for sterile pharmaceutical products and is not used in Baltic states yet can be good economical investment for company.

# *In situ* kalcija fosfātu sintēzes zīda šķīdumā

Andra Grava (3.kurss Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Arita Dubņika (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* andra.grava@inbox.lv




1.shēma. Kompozītmateriāla iegūšana.

Zīda fibroīna (SF) kompozītmateriālus izmanto kaulu reģenerācijai to elastības, biosaderības un biodegrabilitātes dēļ. Hidroksilapatīts (HAp) ir plaši pielietots, jo ir ķīmiski līdzīgs kaula minerālajai fāzei. Tomēr HAp keramika parasti ir trausla, tāpēc to var ierobežoti pielietot nesošajos audos. SF un HAp kompozītmateriāla izveide apvieno abu materiālu vērtīgās īpašības [1]. Līdz šim literatūrā nav analizēta dažādu parametru ietekeme uz *in situ* sintēzēm.

Darbā tika izanalizēta literatūra par kalcija fosfāta sintēzi, izstrādāta metodika kalcija fosfāta sintēzei zīda šķīdumā, kā arī izstrādāti priekšlikumi sintēzei. Shēmā parādīta zīda fibroīna un zīda fibroīna/kalcija fosfāta kompozītmateriāla iegūšana. Iegūstot zīda šķīdumu sarežģījumi rodas izšķīdināt sericīnu no zīda kokoniem, taču tika izpētīts, ka paaugstinot $Na_2CO_3$ šķīduma koncentrāciju, sericīns labāk izšķīst no kokoniem. 1. Shēmā parādīta kompozītmateriāla iegūšana. Pēc kompozītmateriāla izstrādes, veic Furjē infrasarkanospektroskopiju, lai noteiktu funkcionālās grupas un rentgendifrakcijas analīzi, lai noteiktu fāžu sastāvu.

Izstrādājot kompozītmateriālu, tika konstatēts, ka paaugstinoties pievienotajam ortofosorskābes tilpumam, pazemināsšķīduma pH. Līdz ar to, izmantojot rentgendifrakciju, tika noteikts, ka pie pH=8 veidojās SF/HAp kompozītmateriāls, savukārt pie pH=6 veidojās SF/β-TCP (beta trikalcija fosfāts) kompozītmateriāls.

Darbā tika izstrādāta metodika kalcija fosfātu sintēzei zīda šķīdumā. Tika izpētīts, ka paaugstinoties patērētajam ortofosforskābes tilpumam, pazemināsšķīduma pH un līdz ar to tiek iegūti dažādi kalcija fosfāti.

## LITERATŪRA

[1] Farokhi, M. *Biotechnol. Adv.* **2018**, *36* (1), 68–91.

***In situ* syntesis of calcium phosphate in silk solution.**
Silk fibroin composite materials are used for bone regeneration because of their elasticty, biocompality and biodegrability. Hydroxyapatite is widley used ceramic, due to its simmilarity to human bone minerals. Hydroxyapatie ceramics is fragile, thus creation of silk fibroin and hydroxyapatite composite material would combine the valuable proporties of both materials. A methodology for the synthesis of calcium phosphates in silk solution was developed. It was studied that increasing the volume of orthophosphoric acid would lower the pH of the solution and thus result in different calcium phosphates.

# Ketorolaka trometamīna kontrolētas piegādes sistēmas izstrāde uz poraina hidroksilapatīta bāzes

Nika Ijudina (2.kursa Materiālzinātnes maģistra programmas studente)

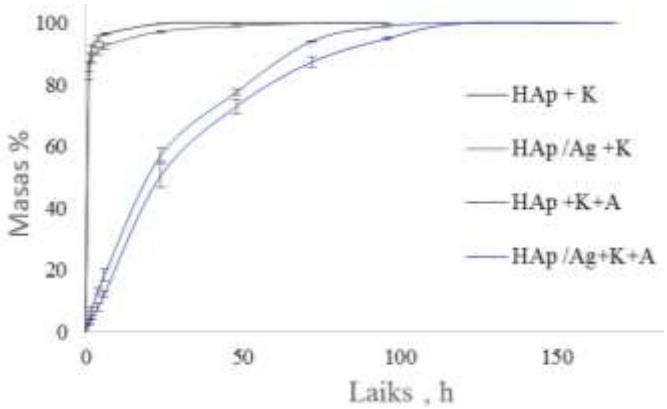
*Dr. sc. ing.* Arita Dubņika (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās kīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* glemka17@inbox.lv

Medikamentozās ārstēšanas trūkumi, tādi, kā priekšlaicīga zāļu noārdīšanās un mainīga zāļu koncentrācija asinīs, dažādām kaulu slimību smaguma pakāpēm mudina zinātniekus meklēt iespējas veidot lokālas zāļu piegādes sistēmas kaulu defektu ārstēšanai, vai kā papildus terapijas ķirurģisku operāciju gadījumā. Hidroksliapatītam (HAp), piemīt pietiekami laba biosaderība ar kaulaudiem, lai to izmantotu, kā pamatu kontrolētas zāļu piegādes sistēmas izveidei. Operācijas laikā ievērojami palielinās bakteriālās infekcijas risks. HAp nav antibakteriālu īpašību, tomēr šo trūkumu var novērst, ievadot sudraba jonus HAp struktūra. Ātrai kaulu reģenerācijai pēcoperācijas periodā ir nepieciešama sistēma, kas ļaus kaulam atjaunoties un nodrošinās nesāpīgu rehabilitācijas periodu, šim nolūkam izmanto ketorolaka trometamīnu, kas ir iedarbīgs pretsāpju līdzeklis [1, 2].

Porainās pamatnes zāļu lokālās piegādes sistēmu izveidošanai iegūtas no HAp un ar sudrabu aizvietota HAp pulveriem, izmantojot *in situ* uzputošanas metodi saķepinot tās 1100$^{o}$C un tad piesūcinot ar dažādas koncentrācijas ketorolaka trometamina ūdens šķīdumu vakuumā. Lai kontrolētu zāļu izdalīšanās kinētiku no porainām pamatnēm, tās pārklāja ar nātrija alginātu un šķērssaistīja ar kalcija hlorīdu. Izdalītās zāļu koncentrācijas mērījumi pētīti, izmantojot ultravioletā starojuma absorbcijas metodi (326 nm) pie istabas temperatūrās. Paraugi tika analizēti ar SEM, SEM-EDS, FTIR, XRD.

Pēc rezultātu apkopošanas atzīmēts, ka zāļu izdalīšanās ātrums paraugos bez pārklājuma ir diezgan augsts, pirmajās 48 stundās izdalās līdz 80% no kopējās masas, kas nav pieļaujams sistēmai ar lokālu, kontrolētu zāļu piegādi. Nātrija algināta pārklājums palēnināja zāļu izdalīšanos, pirmajās 48 stundās samazinot izdalīšanas ātrumu no 80% līdz 20% no zāļu kopējās masas. Izdalīšanās ātruma atšķirību starp divu veidu pamatnēm var izskaidrot ar cita savienojuma veidošanos, zālēm saskaroties ar sudraba joniem.




**1. att.** Zāļu izdalīšanās ātrums.

## LITERATŪRA

[1] Sukumaran, A., Asala, F., Ansar E., Beeran, Elna P., Chalisserry, Harikrishna P.R., Varma and Mohammad D., Drug *Delivery Systems in Bone Regeneration and Implant Dentistry*, **2015.**

[2] Chao-Feng, M., Jian liang, S., Jing, L., Hang-Sheng, Z., Yang,X., Ying-Hui W., Fanzhu L. Targeted drug delivery for tumor therapy inside the bone marrow. *Biomaterials*, **2018,** *155,*191-202.

**Development of keterolac tromethamine controlled delivery system based on porous hydroxyapatite**.
The aim of the research is to develop a drug delivery system based on hydroxyapatite and hydroxyapatite doped with silver ions. Samples were analyzed with FT-IR, SEM and XRD. The effect of sodium alginate on the rate of drug release was studied. Sodium alginate coating reduces drug release rate from 80% to 20% of the total weight.

# Mikroaļģes *Spirulina platensis* sastāvu ietekmējošie faktori

Sabīne Anna Irbe (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Agnese Stunda-Zujeva (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* irbe997@gmail.com

*Spirulina platensis* ir fotosintezējoša cianobaktērija. *S. platensis* jau izsenis izmanto pārtikā tās augstās uzturvērtības dēļ. *S. platensis* ir populārs uztura bagātinātājs ar komerciālo nosaukumu "spirulīna" [1]. No tās iegūst arī zilo pārtikas krāsvielu – fikocianīnu (Fc). Fc izmanto kā fluorescentu bioķīmisko marķētāju Eiropā vien spirulīnas tirgus pārniedz 350 milj. EUR un katru gadu pieaug par 10%.

*Darba aktualitāte*: barotne ir viena no lielākajām kultivēšanas izmaksu pozīcijām un izlietotā barotne ir jāutilizē, lai neatstātu ietekmi uz vidi, tāpēc katram mikroorganisma celmam attiecīgajos apstākļos ir jāpiemeklē optimāls sastāvs un barībasvielu koncentrācija. *Darba novitāte*: šis pētījums sekmē izpratni par noteiktu elementu nozīmīgumu *S. platensis* metabolismā, kas savukārt pieļauj lielāku kontroli komerciāli nozīmīgo bioaktīvo savienojumu producēšanā.

*Darba mērķis* ir uzlabot *S. platensis* barotnes sastāvu un izstādāt metodiku spirulīnas biomasas ražības un kvalitātes noteikšanai. *Darba uzdevumi* 1) adaptēt spektrofotometriskās metodes 1a) mikroaļģes biomasas koncentrācijas un 1b) sastāva (pigmentu) noteikšanai, 2) uzlabot barotnes sastāvu maksimālas biomasas un augsta pigmentu satura (sevišķi Fc) ieguvei.

*Biomasas koncentrācijas* noteikšanas pamatā tika ņemta metode [3], izvērtējot vairākas UV-VIS spektrofotometrijas metodes [4, 5], lai atrastu viļņa garumu un biomasas atšķaidījumu, kurš būtu piemērots šim mikroorganisma celmam, pētot, kurā viļņu garumā ir visizteiktākais absorbcijas maksimums.

*Pigmentu noteikšanai* pirmais solis ir atrast šūnu sagraušanas metodi ar pieejamajām iekārtām. Tika izmēģināta saldēšana un dažādas ultraskaņas iekārtas. Par efektīvāko metodi tika atzīts ultraskaņas homogenizators. Par fikocianīnam piemērotāko ekstrahentu tika atzīts 1,5% kalcija hlorīda šķīdums, savukārt hlorofilam a un karotenoīdiem – 100% acetons. Savukārt par mazāk efektīviem: fosfātu buferšķīdums, dejonizēts ūdens (Fc) un 80% acetons (karotenoīdiem un hlorofilam).

*Barotnes ietekme*. Tika salīdzināta standarta un modificēta *Zaruka* barotne, ko parasti izmanto, lai kultivētu spirulīnu laboratorijas apstākļos [1]. Tika izmēģinātas šādas modifikācijas: a) palielināts nātrija hlorīda saturs (no 1,0 g/l uz 5,0 g/l); b) samazināts nitrātu saturs (no 2,5 g/l uz 1,5 g/l), c) 0,005 mg kobalta nitrāta heksahidrāts aizvietots ar 49 mg niķeļa sulfāta heptahidrātu. Tika konstatēts, ka visaugstākais biomasas pieaugums un Fc saturs ir, izmantojot *a* barotni, karotenoīdu un hlorofila satura nemainījās.

LITERATŪRA

[1] Mühling, M. Characterization of arthrospira ( spirulina ) strains, PhD Thesis, University of Durham, 2000. (persistancemarket.com)
[2] Cohen, Z. The Chemicals of Spirulina. In *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology*; 2002; pp 175–204.
[3] Silveira, S.; Burkert, J.; Costa, J.; Burkert, C.; Kalil, S. Optimization of Phycocyanin Extraction from Spirulina Platensis Using Factorial Design. *Bioresource Technology*, 2007, *98* (8), 1629–1634.
[4] Soni, R. A.; Sudhakar, K.; Rana, R. Comparative Study on the Growth Performance of Spirulina Platensis on Modifying Culture Media. *Energy Reports* **2019**, *5*, 327–336.
[5] Chaiklahan, R.; Chirasuwan, N.; Bunnag, B. Stability of Phycocyanin Extracted from Spirulina Sp.: Influence of Temperature, pH and Preservatives. *Process Biochemistry* **2012**, *47* (4), 659–664.

**The factors influencing the cultivation of microalgae *Spirulina platensis.***

Microalgae *Spirulina* is a cyanobacteria or blue-green algae, a photosynthetic prokaryote with a characteristic helix shape. It has a high nutritious value and it's morphology allows industrial cultivation. The aim of this research was to work out an efficient and economically sensible methods for monitoring biomass concentration and pigment content. Modifying Zarrouk's medium microalgae was cultivated for certain time periods to determine if the pigment content changed depending on certain compound differences in the media.

# Aktīvās ogles pētījumi $CO_2$ adsorbcijai

Ilze Kalniņa (2.kursa Materiālzinātnes maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Kristīne Veģere, *Dr. sc. ing.* Aivars Žūriņš (zinātniskie vadītāji)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* Ilze.Kalnina_8@edu.rtu.lv

Kaut arī vides piesārņojums nav tikai pēdējo gadu problēma [1], mūsdienās, kad piesārņojuma radītās sekas un klimata pārmaiņas vairs nav nemanāmas, cilvēki sāk pastiprināti pievērst uzmanību ne tikai seku likvidēšanai, bet arī potenciālo piesārņotāju atpazīšanai un piesārņojuma likvidēšanai pirms tas ir nonācis apkārtējā vidē. Tā kā pilnībā likvidēt piesārņojuma avotus ir gandrīz neiespējami un kas nav izdarāms īsā laika periodā, viena no metodēm, kuru iespējams ieviest salīdzinoši ātri ir šos piesārņotājus atdalīt pirms tie nonāk apkārtējā vidē izmantojot adsorbentus. Adsorbentu klāsts ir ļoti plašs, daži no tiem, piemēram, silikagēls, ir lietojami mitruma kontrolei, citi, piemēram, aktivētā ogle ir ar daudz plašāku pielietojumu. Adsorbentu pielietojumu ietekmē ne tikai adsorbenta sorbcijas īpašības, bet arī virsmas ģeometrija, kas spēj izdalīt kādas konkrētas molekulas vai jonus, pateicoties daļiņu izmēru atšķirībai [2]. Prognozes par nākotnes klimata izmaiņām liek meklēt veidus, kā samazināt siltumnīcefekta gāzu izdalīšanos atmosfērā. Oglekļa dioksīds ($CO_2$) tā lielo emisiju dēļ tiek uzskatīts par galveno no siltumnīcas efekta izraisošajām gāzēm [3]. $CO_2$ gaisā nonāk gan no jebkuras dzīvas radības elpošanas procesā, gan no industriāliem uzņēmumiem, kas kā kurināmo izmanto organiskus materiālus. $CO_2$ uztveršana un uzglabāšana palīdz sasniegt mērķi samazināt oglekļa dioksīda emisijas, un adsorbentu izmantošana $CO_2$ uztveršanai ir viens no ekonomiskākajiem veidiem. Aktivētās ogles plašo izmantošanu dažādu vielu adsorbcijai sekmē aktivētās ogles dažādās aktivācijas un modifikācijas metodes, kas ļauj iegūt piemērotu aktivēto ogli atbilstoši plānotajam adsorbātam. Šī pētījuma ietvaros tika izgatavotas 2 aktīvās ogles paraugu sērijas ar vienādu sintēzes un aktivācijas procesu, no kurām vienas sērijas ogle pirms aktivēšanas tika samalta ložu dzirnavās. Adsorbcijas spējas noteikšanai iegūtajiem paraugiem tika veikti adsorbcijas pētījumi, izmantojot slāpekli un oglekļa dioksīdu. Iegūtie dati liecina, ka paraugi, kuri izgatavošanas procesā tika samalti, uzrāda lielāku virsmas laukumu nekā nesamaltie paraugi, lielāku mikroporu poru tilpumu un diametru (1.tabula) un augstāku $N_2$ un $CO_2$ adsorbcijas spēju. Iegūtie parametri skaidrojami, ar to, ka samaltās ogles aktivācijas procesā aktivācijas aģentam ir lielāks apstrādājamais virsmas laukums. Pētījumā iegūtā informācija ļauj secināt, ka gan virsmas laukums, gan arī daļiņu izmērs un sadalījums ietekmē adsorbenta adsorbcijas spēju. $CO_2$ adsorbcijai no izvēlētajiem paraugiem augstāku adsorbcija potenciālu uzrāda paraugi, kas pirms aktivēšanas tika samalti.

1.tabula. Aktīvās ogles īpašības.

| Paraugs | Virsmas laukums, $m^2/g$ | Poru tilpums, $cm^3/g$ | Poru diametrs, nm |
|---|---|---|---|
| **Malts** | $2{,}78 \cdot 10^3$ | 0,86 | 2,75 |
| **Nemalts** | $2{,}59 \cdot 10^3$ | 0,83 | 2,66 |

LITERATŪRA

[1] F. A. Bazzaz, "The Response of Natural Ecosystems to the Rising Global CO2 Levels," *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 21, no. 1, pp. 167–196, Nov. 1990.
[2] B. Crittenden and W. J. Thomas, *Adsorption Technology and Design*. 1998.
[3] United States Environmental Protection Agency, "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks," 2018. [Online]. Available: https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks.

**Research of activated carbon for $CO_2$ adsorption.**
Environmental pollution is a worldwide problem which, although has been solved for years, still poses serious problems. $CO_2$ is one of the greenhouse gases and, due to its high is considered as a significant pollutant. In order to stop $CO_2$ emissions from industrial plants to enter the environment, they can be removed before they are released into the air using adsorbents. In this case, activated carbon is offered as an adsorbent. In this study, two types of activated carbon have been produced, from which one series of samples was mechanically grounded before activation. Adsorption studies of the obtained samples show that the surface area, micropore volume and pore size of the grounded samples are larger than those of the ungrounded samples and provide a higher capacity for $CO_2$ adsorption.

# Stroncija jonus saturošs amorfais kalcija fosfāts

Kintija Katkovska (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Mg. sc. ing.* Jana Vecstaudža (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, RTU Rūdolfa Cimdiņa Rīgas Biomateriālu inovāciju un attīstības centrs,*
*Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*
*Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* kintija.katkovska@rtu.lv

Amorfais kalcija fosfāts (AKF) ir bioaktīvs materiāls, kas spēj veicināt kaulaudu reģenerāciju [1]. AKF struktūrā $Ca^{2+}$ spēj aizvietot joni ar līdzīgu diametru, piemēram $Sr^{2+}$. Pēc jonu apmaiņas mainās AKF īpašības, jo $Sr^{2+}$ labvēlīgi ietekmē kaulu veidošanos, samazina to rezorbciju un stabilizē amorfo struktūru [2].

Darba mērķis ir iegūt stroncija jonus saturošu AKF (Sr-AKF). Darba uzdevumi: 1) sintezēt Sr-AKF, kurš saturēs 10, 25 un 50 reizes lielāku $Sr^{2+}$ koncentrāciju, nekā kaulā, kurā ir 0,05 masas % $Sr^{2+}$ no kopējās kaula masas [3]; 2) iegūt Sr-AKF granulas, 3) veikt Sr-AKF granulu fosfātjonu izdalīšanās testu dejonizētā ūdenī.

Darbā tika izmantota RTU RBIAC izstrādāta AKF sintēzes metode [4], kura tika modificēta pievienojot 2,5 masas %, 3,2 masas % un 5 masas % $Sr(NO_3)_2$. Metode balstīta uz AKF nogulsnēšanu, ko ierosina strauja sintēzes vide pH maiņa līdz pH 10-11. Sintēzē nepieciešamais $Sr(NO_3)_2$ daudzums tika aprēķināts ar kalibrācijas līknes palīdzību. Līkne tika izveidota balstoties uz reālo $Sr^{2+}$ daudzumu Sr-AKF, kas tika noteikts ar SEM-EDS palīdzību.

Lai iegūtu granulas, Sr-AKF tika sasmalcināts piestā un sijāts, izmantojot 100 μm un 150 μm sietus. Šādā veidā tika iegūtas neregulāras formas granulas 100-150 μm izmērā, kā arī atsijas ar izmēru <100 μm. Tomēr šāds granulēšanas veids ir neefektīvs, jo ieguva 72,85 masas % atsiju ar izmēru <100 μm. Izmērot granulu vidējo diametru, tika noskaidrots, ka vislielākais granulu izmēra īpatsvars ir 70 μm, to var izskaidrot ar to, ka granulas ir neregulāras formas. Granulu blīvums tika noteikts ar hēlija gāzes piknometru un iegūts, ka neaizvietotu un līdz 3,2 masas % saturošu Sr-AKF granulu blīvums ir 2,59 g/cm$^2$, bet 5 masas % saturošu Sr-AKF granulu blīvums ir 2,60 g/cm$^2$. Var secināt, ka $Sr^{2+}$ pievienošana koncentrāciju diapazonā 2,5-5 masas % neietekmē AKF granulu blīvumu.

Sr-AKF atsijas tika izmantotas fosfātjonu izdalīšanās eksperimentā, kurā tās uz 24 h tika ievietotas dejonizētā ūdenī istabas temperatūrā (22 °C) un inkubatorā (37 °C). Ar rentgenstaru difrakcijas analīzes metodi (XRD) un Furjē transformācijas spektroskopiju (FT-IR) tika noskaidrots, ka pēc 2 h inkubatorā tikai 5 masas% Sr-AKF saglabāja savu amorfo struktūru, bet pēc 4 h tas bija kristalizējies. Istabas temperatūrā AKF ir kristalizējies jau pirmajās 2 h, bet 2,5 masas % un 3,2 masas % Sr-AKF pēc 8 h. 5 masas % saglabāja savu amorfo struktūru pat pēc 24 h. Ar ultravioletās un redzamās gaismas spektrometriju (UV/VIS) tika analizēti šķīdumu paraugi, kuros bija atradušās Sr-AKF granulas, un noskaidrots, ka istabas temperatūrā neaizvietots AKF ik divas stundas izdala vidēji 0,000313 ppm fosfātjonu, bet 5 % ik divās stundās izdala 0,000268 ppm. Pēc šķīdumu paraugu analīzes, kas atradās inkubatorā, tika konstatēts, ka pēc 2 h neaizvietots AKF izdala 0,000603 ppm fosfāt jonu, bet 5 % pirmās 6 h neizdala fosfātjonus. Neaizvietota AKF gadījumā fosfātjonu izdalīšanās pirmajās divās stundās bija divreiz straujāka paraugiem, kas atradās inkubatorā (37 °C) salīdzinot ar paraugiem istabas temperatūrā (22 °C).

## LITERATŪRA

[1] Dorozhkin, S.V., *Materials.* **2009**, 2, 399–498.
[2] Frasnelli, M., Cristfaro, F., Sglavo, M. *et.al. Mater. Sci. Eng. C.* **2017**, 71, 653–662.
[3] Boanini E., Gazzano M. and Bigi A., *Acta Biomater.* **2010**, 6, 1882-1894.
[4] Vecstaudza, J. Locs, J., *Journal of Alloys and Compounds,* **2017**, 700, 2015-222.

**Strontium ion containing amorphous calcium phosphate.**
Calcium phosphates are important bone replacing materials. Substituting calcium ions in ACP with strontium can improve material biological and physical properties and improve bone growth. The aim of the study was to synthesize Sr-ACP and prepare Sr-ACP granules and test phosphate ion release in *in vitro.*

# Biodegradējamu kompozītmateriālu izstrāde uz biopolimēra bāzes

Inta Kreicberga (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

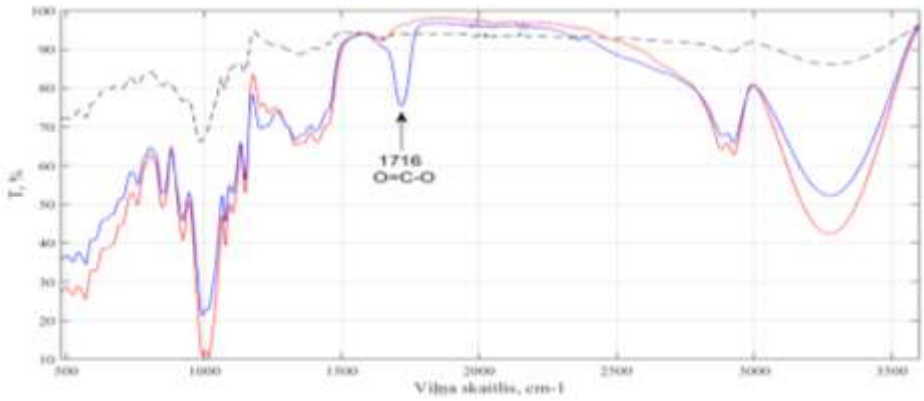
*Dr. sc. ing.* Olita Medne (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* iscm-1@inbox.lv

Pēdējos gados ir liela interese par jaunu, biodegradējamu biopolimēru ražošanas izstrādi no polisaharīdiem. Rūpniecības vajadzībām plaši pētīta ciete, tās izmaksu, vieglās pieejamības un bioloģiskās noārdīšanās spējai bez kaitīgu blakusproduktu veidošanās [1]. Cietei ir daudzsološas īpašības, kuras iespējams fizikāli un ķīmiski modificēt, bet reakcijai nepieciešami katalizatori [2].

Pētīta cietes struktūras modificēšana ūdens vidē ar dažādiem šķērssaistītāja, plastifikatora un pildvielas daudzumiem bez katalizatora klātbūtnes, lai novērtētu cietes reakcijas spēju un raksturotu izejvielu ietekmi uz modificētās cietes īpašībām - stiepes izturību, elastīgumu, ūdens uzsūkšanas spēju u.c.

Rezultātā izstrādāta polimēra sintēzes shēma, kurā iegūta plastificēta ciete ar kovalentām saitēm saistītu šķērssaistītāju, kura veicama ūdens vidē bez agresīvu katalizatoru klātbūtnes. Paraugos ar šķērssaistītāju Furjē transformācijas infrasarkanās spektroskopijas spektros pierādīta jaunu estersaišu veidošanās pie 1716 $cm^{-1}$ (1. att.).




**1. att.** FT-IR spektri: --- ciete, – ciete ar plastifikatoru, – ciete ar plastifikatoru un šķērssaistītāju.

Ar $^{13}C$ un $^{1}H$ Kodolu magnētiskās rezonanses (KMR) spektriem raksturota jaunizveidotā cietes polimēra struktūra 1D un 2D spektros. Ar Rentgena staru difrakcijas (XRD) analīzi apstiprināta modificētas cietes polimēra struktūra ar zemu kristāliskās fāzes saturu un raksturota struktūras stabilitāte laikā. Diferenciālā skanējošā kalorimetrijā (DSK) salīdzinātas stiklošanās temperatūras izmaiņas, bet paraugu termiskā stabilitāte noteikta ar Termogravimetrsiko analīzi (TGA). Atklāts, ka struktūras stiepes stiprību būtiski uzlabo papildus sķērssaistīšana ar 0,5% $CaCl_2$ ūdens šķīdumu, bet pildviela stiepes stiprību neuzlabo.

## LITERATŪRA

[1] Gurgel, M. *Eur. Polym. J.* **2011**, *47(*3*)*, 254–263.
[2] Punia, S. *Int. J. Biol. Macromol.* **2020**, *144*, 578–585.

**Development of biodegradable composite material based on biopolymer.**
In the last years have been extensively studied for bio-degradable film preparation from the starch polysaccharides. The starch is considered to be one of the most promising materials for biodegradable plastics because of its universality, renewability and low cost. The starch can be physically and chemically modified, but the reaction requires a catalyst. The starch is modified by a reaction with a polyol and crosslinking agent. As a result, a polymer modification synthesis scheme has been developed that can be performed in an aqueous environment without aggressive catalyst. The modified starch films were characterized by tensile tests, XRD, FT-IR, DSC, TGA and $^{1}H$ and $^{13}C$ NMR spectroscopy.

# Augsttemperatūras apstrādes ietekme uz α-trikalcija fosfāta īpašībām

Anta Krūmiņa (2.kursa Ķīmijas tehnoloģija maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* antakrumina@gmail.com

Kalcija fosfāti (CaP) ir bioaktīvi un osteokonduktīvi materiāli, kurus izmanto kaulaudu reģenerācijā. Pēdējos gados arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta amorfu kalcija fosfātu sintēzei no kuriem iegūst α-trikalcija fosfātus (α-TCP). Salīdzinot ar citiem CaP, kas pašlaik tiek izmantoti klīniskajā praksē, (hidroksilapatīts (HAp), β-trikalcija fosfāts (β-TCP) un bifāziska CaP (HAp/ β-TCP) biokeramika), α-TCP bionoārdīšanās īpašības ir piemērotākas kaulaudu reģenerācijai. α-TCP izmanto kā izejmateriālu CaP kaulu cementu pagatavošanai. Izmantojot augsttemperatūras apstrādi, no amorfiem kalcija fosfātiem (ACP) iegūst α-TCP, kuru īpašības un tālākā izmantošana ir tieši saistīta ar pielietoto augsttemperatūras apstrādes režīmu [1].

Pētījuma eksperimentālajā daļā no amorfiem kalcija fosfātiem sintezēts α-TCP un pētīta fosfātjonu koncentrācijas, fāžu sastāva un blīvuma atkarība no α-TCP sintēzes temperatūras (650, 700 un 750 °C). Fosfātjonu koncentrācija izejvielai (ACP) un produktam (α-TCP) noteikta, izmantojot UV-VIS spektrofotometru. Fāžu sastāva raksturošanai izmantota rentgenstaru difraktometrija. Lai noteiktu blīvumu izejvielai un produktam, izmantota piknometrija.

Apkopojot iegūtos rezultātus secināts, ka temperatūras izmaiņa no 650 līdz 750 °C apstrādes procesā statistiski ticami neietekmē α-TCP blīvumu. Iegūtie rezultāti uzrāda statistiski ticamu atšķirību starp fosfātu jonu saturu ACP un α-TCP, kas varētu būt skaidrojams ar ACP daļiņu hidratēta ūdens slāņa apvalka klātesamību. Novērtējot augsttemperatūras apstrādes ietekmi uz cementu sacietēšanas laiku secināts, ka pieaugot sintēzes temperatūrai, pieaug cementu sacietēšanas laiks, kas varētu būt skaidrojams ar daļiņu izmēru pieaugumu pie augstākām sintēzes temperatūrām. Sintēzes temperatūrai paaugstinoties par 50 °C, sacietēšanas laiks pieaug 1,2-1,3 reizes, apstrādes temperatūrai paaugstinoties par 100 °C, CaP cementa sacietēšanas laiks pieaug 1,6 reizes.

## LITERATŪRA

[1] Carrodeguas, R. G. *Acta Biomater*. **2011**, 7(10), 3536–3546.

**Effect of high temperature treatment on the properties of α-tricalcium phosphate**.

Calcium phosphates are bioactive and osteoconductive materials used in the bone regeneration applications. Using 3 high temperature treatment modes 650, 700 and 750 °C, α-tricalcium phosphates (α-TCP) were obtained from amorphous calcium phosphate and the effect of temperature treatment on such α-TCP properties as concentration of phosphate ions, phase composition and density was evaluated. Furthermotre, α-TCP was used as a solid phase for the bone cement preparation and impact of α-TCP temperature treatment on cement setting time was determined.

# Aktivēto ogli un alginātu saturošas porainas mālu keramikas granulas ūdens attīrīšanai no smagajiem metāliem

Beāte Lācīte (2.kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Inga Jurgelāne (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* beate.lacite@gmail.com

Ūdens un notekūdeņu piesārņojums ar smagajiem metāliem ir pasaules mēroga problēma. Smago metālu iedarbība var izraisīt dažādas slimības, piemēram, vēzi, hipertensiju un nieru disfunkciju. Ir daudz metožu smago metālu atdalīšanai no ūdens - ķīmiska izgulsnēšana, jonu apmaiņa, adsorbcija, reversā osmoze, koagulācija un flokulācija, membrānas atdalīšana utt. Tomēr šīm metodēm ir daži trūkumi, un starp šīm metodēm adsorbcija tiek uzskatīta par visefektīvāko un ekonomiski izdevīgāko. Adsorbcijas procesā ir arī adsorbenta reģenerācijas iespēja, kā arī neveidojas nogulsnes [1]. Ir daudz un dažādi adsorbenti, kuri tiek izmantoti ūdens attīrīšanai no smagajiem metāliem, bet protams tiek meklēti tādi adsorbenti, kuri ir ar zemām izmaksām, videi draudzīgi un viegli iegūstami, kā piemēram dažādi dabiski materiāli, rūpniecības blakusprodukti vai lauksaimniecības atkritumi. Kā viens no smago metālu adsorbentiem tiek izmantota aktivētā ogle (AO), jo tas ir efektīvs adsorbents sakarā ar tās lielo virsmas laukumu un plašo poru struktūru. Trūkums pulverveida AO ir apgrūtināta filtrēšana un blīva slāņa veidošanās procesa laikā smalko daļiņu dēļ [2]. Plaši tiek pētīts arī kalcija alginmāts (KA), kas uzrāda augstu sorbcijas kapacitāti [3]. Ir veikti arī pētījumi par AO un KA kompozītmateriālu sorbcijas īpašībām, bet nav pētīta šo materiālu pH ietekme uz sorbcijas īpašībām. Līdz ar to darba mērķis ir izpētīt AO un KA kompozītmateriāla pH ietekmi uz spēju adsorbēt svinu un varu. Efektīvākais materiāls tiks izmantots porainu mālu keramikas granulu pārklāšanai.

Līdz šim ir izgatavotas mālu granulas ar trīs poru veidojošiem aģentiem: NaCl, kartupeļu cieti un skaidām un apdedzinātas 850°C un 1050°C. Vislielāko porainību uzrādīja mālu granulas ar kartupeļu cieti pēc apdedzināšanas 1050°C. Izgatavotas KA lodītes un KA/AO kompozītmateriāla lodītes ar nemainītu pH un pH 4, 5, 6 un 7, un veikti sorbcijas pētījumi ar Pb(II) joniem pie pH 5 (skat.1.tab.). Plānots veikt analīzes ar 50 mg/L izejas koncentrāciju Pb(II) un Cu(II) pie pH 4, 5, 6. Kā arī apskatīt traucējošo jonu (Mg un Ca) ietekmi uz sorbcijas procesu. Sorbcijas norises laiks ir 30 min, 1h, 2h, 6h un noteikšanas metodei izmanto UV-VIS. Veicot sorbcijas pētījumus, var secināt, ka straujāk svina jonus adsorbē AO nekā KA un kompozītmateriāls. Balstoties uz literatūru, KA/AO materiālam būtu jābūt lielākai sorbcijai nekā KA, bet pašlaik iegūtie rezultāti par to neliecina. Iespējams, ka ir nepieciešams ilgāks sorbcijas laiks.

1.tabula Sorbcijas kapacitātes rezultāti

| Materiāls | Vidējā sorbcijas kapacitāte, mg/g | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 30 min | 1 h | 2 h | 6 h |
| AO | 2.9±0.07 | 3.3±0.06 | 3.0±0.04 | 3.2±0.03 |
| 3% KA/AO | 0.4±0.06 | 0.5±0.05 | 1.0±0.06 | 2.1±0.02 |
| 1% KA | 0.4±0.01 | 0.7±0.03 | 1.4±0.12 | 2.4±0.06 |

## LITERATŪRA

[1] Vhahangwel, M. Heavy Metals. – IntechOpen, 2018. 116-128.
[2] Tripathi, A. Heavy Metal Removal from Wastewater Using Low Cost Adsorbents. *J. Bioremed. Biodeg*. 2015, *6*(6), 2-5.
[3] Ehrlich, H. *Int. J. Mol. Sci*. 2016, *17*(9), 1453.

**Activated carbon and alginate containing porous clay ceramic granules for water purification from heavy metals.**
Sorption studies shows that activated carbon adsorbs lead ions faster than calcium alginate and composite material. Based on the literature, calcium alginate/activated carbon composite material should have higher adsorption than pure calcium alginate, but the current results do not indicate this. Longer sorption time may be required.

# Ekoloģiskas saistvielas ieguve un izpēte no bērza tāss

Raimonds Makars (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing.* Jānis Rižikovs, *Dr. sc. ing.* Jurijs Ozoliņš (zinātniskie vadītāji)

*Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts*
*e-pasts:* rmakars@yahoo.com

Viens no Pasaules un Latvijas nozīmīgākajiem bioresursiem ir koksne, no kuras var iegūt dažādus vērtīgus produktus. Ļoti nozīmīga koksnes ģints Latvijā ir bērzs. Izejmateriāls, kas rodas kā ražošanas blakusprodukts bērza koksnes pārstrādē (galvenokārt finiera ražošanā) mūsu valstī, ir bērza miza, kas sastāv no iekšējās mizas jeb lūksnes un ārējās mizas jeb tāss, ko pārsvarā izmanto kā kurināmo, bet lietderīgāk būto to ķīmiski pārstrādāt. Viens no nozīmīgiem komponentiem tāsī ir biopoliesteris suberīns. Suberīnam piemīt vairākas vērtīgas īpašības – zems blīvums, zema gāzu un ūdens caurlaidība, ķīmiskā stabilitāte, spēja veidot šķērssaistītas struktūras, kas dod iespēju tās izmantot noderīgu materiālu ieguvē [1, 2]. Depolimerizējot suberīnu, ir iespējams iegūt suberīnskābju saturošu saistvielu, kas ir rūpnieciski gatavs produkts. No šīs saistvielas ir iespējams izgatavot noderīgus koksnes plātņu materiālus (saplāksni un skaidu plātnes) [3]. Darba ietvaros tika veikta BT suberīna hidrolītiskā depolimerizācija bāziskā vidē līdz suberīnskābēm un to oligomēriem, kā arī to primāro produktu analīze, pēc kuras rezultātiem iespējams izstrādāt optimālos parametrus ekoloģiskas saistvielas iegūšanai no ar etanolu izekstrahētas bērza tāss. Balstoties uz iepriekš iegūtiem rezultātiem, bija jau zināmi sākotnējie optimālie apstākļi un parametri bērza tāss depolimerizācijai, samazinot mainīgo skaitu līdz minimumam. Rezultātā izkristalizējās 3 mainīgie parametri saistvielas iegūšanai (KOH masas daļa ūdens šķīdumā, depolimerizācijas procesa (apstrādes) laiks, paskābināšanas vides pH). Pēc šiem mainīgajiem tika sastādīts eksperimentālais plāns pilno faktoru eksperimentam 2 līmeņos pēc 3 mainīgajiem lielumiem ($2^3$), kuru vērtības dotas 1. tabulā. Saistvielas raksturošanai pavisam tika izmantoti 4 atsauces raksturlielumi (sausnes šķīdība dimetilsulfoksīdā, skābes skaitlis, epoksigrupu saturs, pelnu saturs). Attiecīgie raksturlielumi tika izmantoti kā atsauces vērtības, lai veiktu regresijas analīzi starp mainīgajiem lielumiem un iegūti 4D regresijas modeļi. Vēl saistviela tika raksturota ar FTIR spektroskopiju. Rezultātā KOH tika pierādīts kā gana efektīvs depolimerizācijas aģents bērza tāss suberīna depolimerizācijā. No visiem depolimerizācijas parametriem, vislielākā ietekme tieši bija KOH masas daļai šķīdumā, kas ļoti nozīmīgi ietekmēja gan saistvielas šķīdību dimetilsulfoksīdā, gan tās pelnu saturu un skābes skaitli. Paskābināšanas pH vērtība ļoti būtiski ietekmēja epoksigrupu saturu saistvielā. Depolimerizācijas (apstrādes) laiks gana nozīmīgi ietekmēja skābes skaitļa vērtību, jo pie ilgāka apstrādes laika tiek sagrauts lielāks daudzums esteru struktūru suberīnā. FTIR spektru analīze uzrādīja, ka ar šo metodi ir iespējams kontrolēt esteru grupu konversiju no suberīna tīrās suberīnskābēs.

1. tabula. Mainīgo faktoru līmeņu vērtības pilno faktoru eksperimentālajam plānam

| **Mainīgais faktors** | **Faktora līmenis** | |
|---|---|---|
| | Augšējais | Apakšējais |
| KOH masas daļa ūdens šķīdumā | 2% | 4% |
| Depolimerizācijas procesa (apstrādes) laiks | 0,5 h | 1,5 h |
| Paskābināšanas vides pH | 1 | 3 |

## LITERATŪRA

[1] Graça, J. *Front. Chem.* **2015**, *3* (October), 1–11.
[2] John, G.; Nagarajan, S.; Vemula, P. K.; Silverman, J. R.; Pillai, C. K. S. *Prog. Polym. Sci.* **2019**, *92*, 158–209.
[3] Tupciauskas, R.; Rizhikovs, J.; Grinins, J.; Paze, A.; Andzs, M.; Brazdausks, P.; Puke, M.; Plavniece, A. *Eur. Polym. J.* **2019**, *113* (January), 176–182.

**Obtaining and research of an ecological binder from birch outer bark**.
Birch (*Betula*) outer bark suberin can be used for preparation of an ecological binder for manufacturing wood composites, such as particle boards. In this work binder was prepared by hydrolytic alkali depolymerization of outer birch bark suberin to suberinic acids and its properties depending on alkali concentration, depolymerization time, acidification pH were investigated using the design of experiments. The binder was also characterised with FTIR spectroscopy.

# Amorfu kalcija fosfātu sintēze ar kontrolējamu Ca/P molāro attiecību

Marika Mosina (2.kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Jānis Ločs (zinātniskais vadītājs)

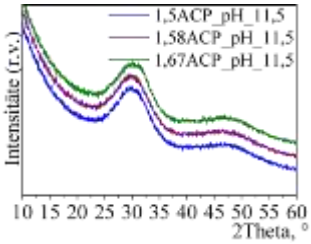
*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* marika.mosina@rtu.lv

Amorfajam kalcija fosfātam (ACP) ir izmantošanas potenciāls kā trešās paaudzes biomateriālam kaulu reģenerācijā. Salīdzinot ar citiem kalcija fosfātu (CaP) materiāliem, tam ir labākas bioloģiskās īpašības, piemēram, osteokonduktivitāt [1]. Tāpat ACP piemīt augsta šķīdība un aktivitāte ūdenī, kas nodrošina tādas īpašības kā bioaktivitāte un bioloģiskā noārdīšanās. ACP Ca/P molārā attiecība ir 1.5, dažādiem kristāliskiem CaP Ca/P molārā attiecība ir no 1.5-2.0 un tā ietekmē materiāla fizikālās un bioloģiskās īpašības. Darba mērķis ir iegūt ACP ar dažādu Ca/P molāro attiecību un izpētīt reaģentu Ca/P molārās attiecības un sintēzes beigu pH ietekmi uz iegūtā ACP īpašībām.

ACP sintezēts ar atkārtotās ķīmiskās nogulsnēšanas metodi ar dažādu reaģentu Ca/P molāro attiecību (1.5; 1.58; 1.67) [2]. Kā izejvielas izmantotas kalcija oksīds un orto fosforskābe, kurus izšķīdināja sālsskābē, iegūstot kalcija un fosfātu jonu bagātu šķīdumu. No šķīduma izgulsnē ACP ar strauju pH maiņu ātri pievienojot stipru bāzes šķīdumu. Sintēzes veiktas pie dažādiem beigu pH - 9.5 un 11.5. Iegūtās ACP nogulsnes centrifugētas, skalotas ar dejonizētu ūdeni un liofilizētas. Ca/P molāro attiecība noteikta termiski apstrādātiem paraugiem (1100°C 1h) ar rentgenstaru difraktometriju (XRD). ACP pulverim Ca/P molāro attiecība noteikta ar šķīduma ķīmiskām analīzes metodēm. ACP pulvera stabilitāte pētīta istabas temperatūrā gaisā (XRD). Ķīmiskās grupas raksturotas ar Furjē transformācijas infrasarkano spektroskopiju (FT-IR). Īpatnējais virsmas laukums (SSA) noteikts ar BET metodi.

ACP pulveri veiksmīgi iegūti pie dažādiem sintēzes parametriem, to apstiprina XRD ainas (sk. 1.att.). Iegūtajiem ACP pulveriem raksturīgs SSA robežās no 103 līdz 139 $m^2/g$ un daļiņu izmērs no 17 līdz 23 nm. Pēc termiskas apstrādes tiek iegūti kristāliski CaP ar dažādu fāžu sastāvu, pie pH 9.5 veidojas tīrs β-trikalcija fosfāts (β-TCP) un pie pH=11.5 divfāžu β-TCP/hidroksilapatīta maisījums. Noteiktā Ca/P molārā attiecība ACP pulverim ir robežās no 1.60 līdz 1.87, savukārt kristāliskiem CaP tā ir 1.67-1.93 un 1.50-1.55 (XRD metode). Ar šķīduma ķīmiskās analīzes metodēm produkta Ca/P molāra attiecība ir noteikta lielāka nekā dabā ar XRD metodi un dabā esošam ACP, kas ir saistīts ar $Ca^{2+}$ jonu noteikšanas metodes neprecizitāti, tādēļ nepieciešams veikt šīs metodes uzlabošanu turamākajos pētījumos.

Netiek novērota korelācija starp mikrostruktūras radītājiem (SSA, blīvums, daļiņu izmērs) un sintēzes parametriem. Savukārt palielinoties pH un reaģentu Ca/P molārai attiecībai pieaug hidroksilapatīta fāzes daudzums. Iegūtie ACP pulveri ar atšķirīgu Ca/P molāro attiecību ir strukturāli stabili līdz vismaz 5 mēnešiem istabas temperatūrā.




**1. att.** ACP rentgenogrammas ar atšķirīgu reaģentu Ca/P molāro attiecību (sintēzes beigu pH = 11,5).

LITERATŪRA

[1] Narayan, R. J. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci*. **2010**, 368, 1831–1837.
[2] Vecstaudza, J. Locs, J. *J. Alloys Compd*. **2017**, 700, 215–222.

**Synthesis of amorphous calcium phosphates with controlled Ca/P molar ratio**.
ACP was prepared via chemical re-precipitation method with different reagents Ca/P molar ratios (1.5, 1.58 and 1.67). The aim of the study was to study the influence of Ca/P molar ratio and synthesis end pH (9.5 and 11.5) on properties of obtained ACP.

# Gaļas pārstrādes notekūdeņu primāro dūņu masas plūsmas matemātiskā modelēšana

Igors Sivačovs (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Mg. sc. ing.* Imants Kreicbergs (zinātniskais vadītājs)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* igors.sivacovs@inbox.lv

Rūpnieciskie notekūdeņi, ja tie netiek atbilstoši attīrīti, nopietni apdraud apkārtējo vidi. Gaļas pārstrādes gadījumā, notekūdeņi ir īpaši piesārņoti. Lopu kautuves darbības procesā šķidro atlikumu plūsmā nonāk asins, dzīvnieku gremošanas trakta saturs, tauki, gaļas un kaulu daļiņas, spalvas, kā arī, mikrobioloģiskais piesārņojums. Neizbēgami notekūdeņos arī nonāk mazgāšanas līdzekļi un virsmu dezinfekcijas līdzekļi [1].

Darba mērķis ir izpētīt gaļas pārstrādes notekūdeņu primāro dūņu reoloģiskās īpašības. Prognozēt primāro dūņu viskozitāti ar matemātiskās modelēšanas palīdzību un eksperimentāli pārbaudīt iegūto datu atbilstību. Lai sasniegtu izvirzītos mērķus, tika pētīta primāro dūņu viskozitātes izmaiņas skābās apstrādes laikā, kā arī veikti eksperimentālie siltumprocesu pētījumi, brīvās un piespiedu konvekcijas režīmos. Pēc iegūtiem datiem tika modelēti primāro dūņu siltuma apmaiņas procesi un plūsmas režīmi plūsmas reaktorā to pārstrādes laikā.

Matemātiskas modelēšanas mērķiem, gaļas pārstrādes primārās dūņas tika pieņemtas par divkomponentu sistēmu, kur ūdens ir disperģēts cūku taukos. Tādas emulsijas viskozitāti var aprakstīt kā funkciju no disperģētās fāzes tilpuma daļas ϕ, komponentu viskozitātes attiecības k un temperatūras T. Eksistē vairāki matemātiskie modeļi, kuri raksturo tādas sistēmas [2].

Darba izpildei tika izmantoti digitālie termometri, ūdens vanna ar termostatu un viskozimētrs *HAAKE Viscotester 6 plus*. Primāro dūņu paraugs tika izkausēts, attīrīts no rupjiem ieslēgumiem, homogenizēts un ievietots ūdens vannā viskozitātes noteikšanai pie dažādām temperatūrām. Viskozitātes izmaiņas tika mērītas gan sildīšanas, gan dzesēšanas procesā. Balstoties uz eksperimentāliem datiem, tika pārbaudīti 10 matemātiskie modeļi, kuri apraksta viskozitāti kā funkciju no disperģētās fāzes tilpuma daļas, un 2 matemātiskiem modeļi, kuri apraksta to kā funkciju no temperatūras. Vislabāk primāro dūņu viskozitātes izmaiņas apraksta apvienojot Sibrī un Andrades matemātiskos modeļus (1.att.).

$$Ae^{\frac{B}{T}} = \frac{1}{1-\sqrt[3]{h\phi}}\,\mu_{vides}$$

**1.att**. Sibrī un Andrades modeļu kombinācija, kur A – empīriskais koeficients, Pa·s ; B- empīriskais koeficients, K; h – daļiņu izmēra korekcijas koeficients (bezdimensionāls); ϕ – disperģētās fāzes tilpuma daļa, (bezdimensionāls); T – sistēmas absolūta temperatūra, K; $\mu_{vides}$ – vides dinamiska viskozitāte, Pa·s.

.

Sildīšanas procesam matemātiskais modelis ir adekvāts temperatūras intervāla no 55 līdz 90 °C, ja konstantes ir: A = $1.73\cdot10^{-6}$ Pa·s, B = 3755 K, h = 1.52, bet $\mu_{vides}$ apraksta dispersas vides dināmisko viskozitāti, Dzesēšanas procesam temperatūru intervālā no 85 līdz 45 °C, ja konstantes A = $1.43\cdot10^{-6}$ Pa·s, B = 3745 K, h = 1.26.

LITERATŪRA

[1] Harris, P. W.; McCabe, B. K. Review of Pre-Treatments Used in Anaerobic Digestion and Their Potential Application in High-Fat Cattle Slaughterhouse Wastewater. *Applied Energy* **2015**, *155*, 560–575.

[2] Zhu, J.; Zhu, H.; Cao, G.; Peng, J. A New Mechanistic Model for Oil-Water Emulsion Rheology and Boosting Pressure Prediction in Electrical Submersible Pumps ESP. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*; 2019.

**Mathematical modelling of meat processing wastewater primary sludge mass stream.**
The rheological properties of slaughterhouse primary sludge treatment were investigated in this work. The experimental part of the chemical treatment is used to improve and develop mathematical models. Most effective description of viscosity changes describe combination of J.O.Sibree and Andrade mathematical models. The main purpose is fit the mathematical models to flow and heat transfer which will be used for technical calculations. The final goal is model of the flow reactor for the primary sludge treatment with acidic hydrolysis.

# Kalcija fosfāta cements 3D printētu porainu titāna pamatņu aizpildīšanai

Mārīte Skrinda (2. kursa Materiālzinātnes maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Jānis Ločs (zinātniskais vadītājs)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* marite.skrinda@rtu.lv

Titāna implantus plaši izmanto dažādu kaulu defektu ārstēšanā, bet $TiO_2$ ķermeņa vidē ir bioinerts. Lai nodrošinātu efektīvu un ātru kaulaudu reģenerāciju un implanta nostiprināšanu organismā, kā arī nodrošinātu lokālu antibiotiku piegādi, jāuzlabo titāna implantu bioaktivitāte, veidojot poraina Ti implanta un antibiotikas saturoša kalcija fosfāta cementa kompozītmateriālu [1, 2].

α-trikalcija fosfāts (α-TCP), kas ir cementa cietā fāze, iegūts, amorfo kalcija fosfātu (ACP), kas sintezēts ar šķīdumu ķīmiskās nogulsnēšanas metodi, apdedzinot 600-700°C 1 h. Cements iegūts, samaisot α-TCP un sāļu šķīdumu ($Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ un $NaH_2PO_4$ maisījumu, kura pH = 7,25), ar masu attiecību 0,3–0,6. Izgatavoti cilindriskas formas (10 × 5 mm) cementa (CPC) paraugi, kas satur 100 μg (CPC+GENTA) un 400 μg (CPC+4xGENTA) gentamicīna sulfāta (GENTA). Porainās Ti pamatnes izgatavotas no Ti6Al4V, izmantojot 3D printēšanas tehnoloģiju, kuras pamatā ir selektīvā lāzera saķepināšanas metode. Ti pamatņu aizpildīšana veikta, izmantojot iespiešanas (IM), lāpstiņas (LM) un negatīvās formas (NFM) metodi. Paraugu raksturošanai izmantotas sekojošas analīzes metodes: rentgenstaru difraktometrija (XRD), gāzes piknometrija (GP), skenējošā elektronu mikroskopija (SEM), Brunauera-Emeta-Tellera metode (BET), Vika adatas metode, porainības aprēķins, kohēzijas tests, *in vitro* tests, stereomikroskopija (SM) un datortomogrāfija (DT). Izmantojot XRD, analizēts sintezēto pulveru fāžu sastāvs, nosakot, ka iegūts ACP un α-TCP ar 98 % tīrību. ACP blīvums ir 2,66 ± 0,04 g/cm$^3$ un α-TCP blīvums ir 2,87 ± 0,01 g/cm$^3$, kas noteikts ar GP. ACP daļiņām ir neregulāra forma, tās ir aglomerējušās, un to izmērs ir 32 ± 6 nm, bet α-TCP daļiņām ir garena forma ar līdzenu un noapaļotu virsmu, taču kristālu augšas rezultātā tās ir saplūdušas, un to izmēri ir 218 ± 28 nm, kas noteikts attiecīgi ar SEM un BET metodi. Izmantojot Vika adatas metodi, noteikts cementa sastāvu sabiezēšanas un sacietēšanas laiks attiecīgi CPC: 10 ± 0 min un 85 ± 1 min, CPC+GENTA: 12 ± 1 min un 86 ± 1 min, CPC+4xGENTA: 13 ± 1 min un 88 ± 1 min. Cementa sacietēšanas reakcija ilgst 24 stundas (noteikts ar XRD), kuru laikā α-TCP reaģē ar šķidro fāzi un pakāpeniski pāriet sīkkristāliska CDHAp fāzē, kā arī no 1. līdz 20. reakcijas stundai novērojama spontāna oktakalcija fosfāta starpprodukta veidošanās. Visu cementa sastāvu morfoloģija ir līdzīga, to veido haotiski izvietoti plākšņveida CDHAp kristāli, kas sakopoti ziediem līdzīgos veidojumos. Cementiem ir augsta porainība (P), kas palielinās, palielinot GENTA daudzumu cementa sastāvā: CPC P = 81,0 ± 0,2 %, CPC+GENTA P = 82,3 ± 0,3 % un CPC+4xGENTA P = 83,8 ± 0,1 %. Cementa paraugu kohēzijas testa rezultāti parāda, ka to kohēzija ir laba, jo vizuāli netika novērota cementa daļiņu atdalīšanās, un cements neizraisa krasas apkārtējās vides šķīduma pH izmaiņas, kas secināts pēc *in vitro* testa. Labākā Ti pamatņu aizpildīšanas metode ir NFM, jo tā nodrošina labāko paraugu virsmas morfoloģiju (noteikts ar SM), augstāko aizpildījuma pakāpi, kas ir 88,69 % (noteikts ar DT) un labas paraugu kohezīvās īpašības. Iegūto cementu uz α-TCP bāzes iespējams ievadīt 3D printētā porainā Ti pamatnē, tam ir pietiekami ilgs sabiezēšanas laiks, kurā to iespējams formēt, un tā īpašības ir atbilstošas izmantošanai ķermeņa vidē.

## LITERATŪRA

*[1]* De Viteri, V.S. et al. *Tribology - fundamentals and advancements.* **2013**, 155-181.
*[2]* Mifsud, M. et al. *Orthop. Trauma.* **2019**, *33*(3), 160-165.

**Calcium phosphate cement for filling 3D printed porous titanium scaffolds.**
98 % pure α-TCP - cement solid phase obtained by thermal treatment of ACP synthesized by wet precipitation method. Cement and GENTA containing cement obtained by mixing α-TCP and saline solution with a mass ratio of 0.3 - 0.6. The resulting cement has a sufficiently long setting time in which it can be formed, and its properties (porosity, cohesion, *in vitro*) are suitable for use within the body. 3D printed porous Ti scaffolds were filled using NFM because it provides the best surface morphology and the highest degree of filling.

# Ķīmiski šķērssaistītu hidrogēlu uz ε-polilizīna un hialuronskābes bāzes antibakteriālās īpašības

Artemijs Ščeglovs (RSU 1. kursa biomedicīnas maģistra programmas students)

*Dr. sc. ing.* Kristīne Šalma-Ancāne, *Dr. sc. ing.* Aigars Reinis (zinātniskie vadītāji)

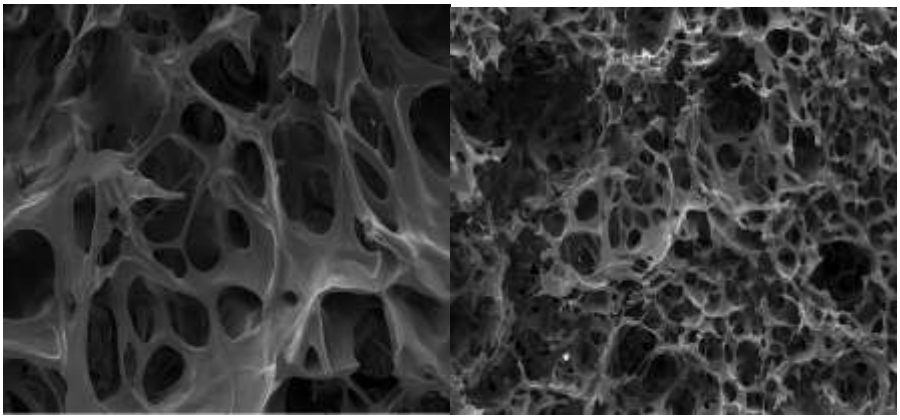
*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*Medicīnas fakultāte, Bioloģijas un mikrobioloģijas katedra, Rīgas Stradiņa universitāte*
*e-pasts:* artemijs.sceglovs@rtu.lv

Pēdējo gadu laikā viens no aktuālākajiem biomedicīnas pētījumu virzieniem ir inovatīvi biomateriāli un tehnoloģijas bakteriālās infekcijas un antibiotiku rezistence novēršanai. Antibakteriālu injicējamu biomateriālu izstrāde uz hidrogēlu bāzes ir daudzsološs pētniecības virziens audu inženierijā. Darba mērķis ir antibakteriālo īpašību izpēte ķīmiski šķērssaistītiem hidrogēliem uz antibakteriāla ε-polilizīna (ε-PL) un bioaktīvās hialuronskābes (HA) bāzes .

Eksperimentālā darba mērķis ietver ķīmiski šķērssaistītu hidrogēlu sintēzi uz ε-PL un HA bāzes (ε-PL un HA masas attiecība ir 50:50, 60:40 un 70:30 masas%) un antibakteriālo aktivitātes izpēti pret Gram-pozitīvām (*S. aureus*) un Gram-negatīvām (*E.coli*) baktērijām. Hidrogēlu *in situ* šķērssaistīšanas sintēze tika veikta, izmantojot, izmantojot 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil)karbodiimīdu (EDC) un *N*-hidroksisukcinimīdu (NHS) šķērssaistīšanas aģentus.

Sintezētiem hidrogēliem noteikts molekulārais (Furjē transformācijas infrasarkanā spektroskopija jeb FTIS) un fāžu (rentgenstaru difrakcija jeb XRD) sastāvs, analizēta morfoloģija (skenējošā elektronu mikroskopija jeb SEM), kā arī hidrogēlu matricas īpašības, nosakot gēla frakciju un uzbriešanas pakāpi. Antibakteriālās aktivitātes pētījumu ietvaros tika noteikta ε-PL minimālā inhibējošā koncentrācija (MIC) pret *E. coli* un *S. aureus* baktēriju kultūrām, veicot ε-PL dažādu koncentrāciju šķīdumu inkubēšanu suspensijā ar baktēriju koncentrāciju $3 \cdot 10^8$ CFU/mL uz 24h pie 37°C.

FTIS spektri uzrādīja ε-PL-HA kopolimēra raksturīgajās absorbcijas joslas. Pie 1560 $cm^{-1}$ detektēta jauna absorbcijas josla, kas liecina par [CONH] grupas veidošanos un kopolimēra šķērssaistīšanas reakcijas norisi. XRD ainās konstatēts difrakcijas maksimums pie 2Θ 21-22°, kas atbilst ε-PL-HA amorfajai fāzei. Izstrādāto hidrogēlu SEM attēlos konstatēta augsti poraina homogēna struktūra. Izstrādāto hidrogēlu gēla frakcija robežās no 62-65%, bet uzbriešanas dinamika uzrāda masas pieaugumu 10 reizes. MIC testi apliecināja ε-PL antibakteriālu iedarbību uz *E. coli* un *S. aureus* pie 25 μg/mL, uzrādot baktēriju koncentrāciju samazināšanu jeb inhibēšanu par 99,9%.



**1. att.** Liofilizēto ε-PL-HA hidrogēlu (60:40 masas%) SEM mikrofotogrāfijas

**Antibacterial activity of chemically cross-linked hydrogels based on ε-polylysine and hyaluronic acid**.
In the present study, novel hydrogels based on ε-polylysine and hyaluronic acid copolymer systems were synthesized and investigated. Samples were analysed with FT-IR, SEM and XRD. FTIR spectra proved that hydrogels were crosslinked through amide bond linkage. The antibacterial tests indicated that the developed hydrogels can be considered as promising antibacterial biomaterials for tissue engineering.

# Hialuronskābes/kalcija fosfātu hidrogēli palēninātas izdalīšanās zāļu piegādes sistēmu izveidei

Alise Švarca (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts: alisesvarca18@inbox.lv*

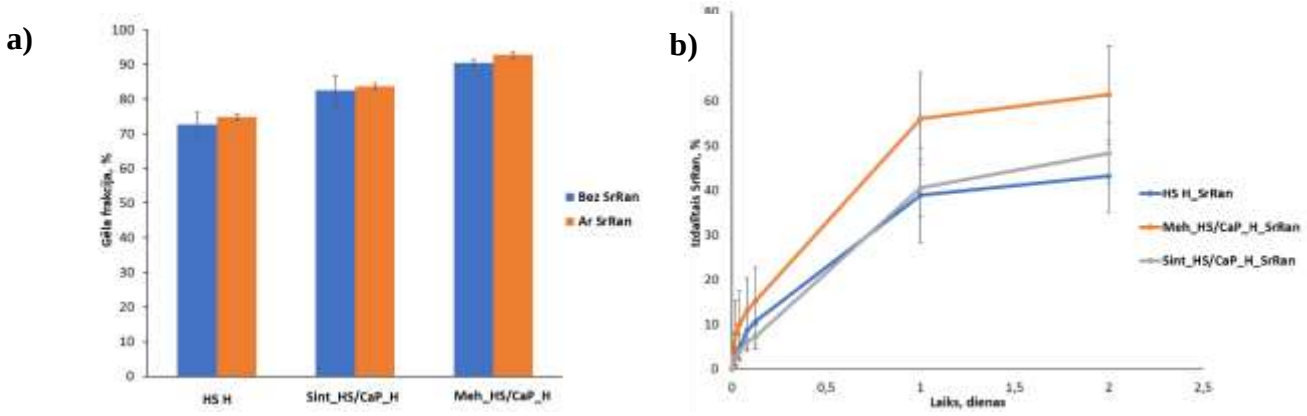
Osteoporozes ārstēšanai un tās izraisītai kaulu lūzumu novēršanai ir pieejami dažādi perorāli vai parenterāli lietojami medikamenti, taču to regulāra un ilgstoša lietošana var izraisīt nevēlamas blakusparādības [1]. Apvienojot hialuronskābes (HS) un kalcija fosfātu (CaP) īpašības, būtu iespējams iegūt jaunus kompozītmateriālus kaulaudu inženierijas jomā, kurus modificējot ar pretosteoporozes medikamentu stroncija ranelātu (SrRan), tiktu izveidotas lokālas, kontrolētas izdalīšanās zāļu piegādes sistēmas, novēršot tradicionālo zāļu piegāžu sistēmu nevēlamās blaknes [2].

Pētījuma metodiskajā daļā pagatavoti HS, HS/SrRan, HS/CaP un HS/CaP/SrRan hidrogēli, un novērtēta CaP un SrRan ietekme uz hidrogēlu uzbriešanas pakāpi un gēla frakciju. Tāpat raksturota paraugu molekulārā struktūra, morfoloģija un SrRan izdalīšanās kinētika no pagatavotajiem paraugiem.

Iegūtie rezultāti parādīja, ka HS saturošu hidrogēlu šķērssaistītā daļa CaP klātbūtnē palielinās par 17,74%, ja hidrogēlu pagatavošanas procesā hialuronskābei pievieno CaP nanodaļiņas (Meh_HS/CaP_H). Savukārt, ja kalcija fosfātus sintezē hialuronskābes šķīdumā un iegūto kompozītu izmanto hidrogēlu pagatavošanā, iegūtā materiāla (Sint_HS/CaP_H) gēla frakcija pieaug par 9,81% (skat. 1. att. a).

Savstarpēji salīdzinot hidrogēlu uzbriešanas pakāpju vērtības, secināts, ka hidrogēlu uzbriešanas pakāpe palielinās rindā Meh_HS/CaP_H_SrRan<Sint_HS/CaP_H_SrRan<HS_H_SrRan.

SrRan sākotnējā straujā izdalīšanās no pagatavotajiem hidrogēliem novērtēta pirmajās 48 h. Iegūtie rezultāti parādīja, ka no hidrogēliem, kas nesatur CaP, pirmajās 48 h izdalās 40,17% aktīvās vielas, savukārt CaP klātbūtne hidrogēlos palielina aktīvās vielas izdalīšanās ātrumu, un pēc 48 h šķīdumā ir pārgājuši 61,42% SrRan Meh_HS/CaP_H_SrRan gadījumā un 48,29% SrRan Sint_HS/CaP_H_SrRan gadījumā (skat. 1. att. b).




**1. att.** a) Hialuronskābi saturošu hidrogēlu gēla frakcija; b) SrRan sākotnējās straujās izdalīšanās novērtējums

LITERATŪRA

[1] A. Shuid, N. Ibrahim, M. Amin, I. Mohamed. Drug delivery systems for prevention and treatment of osteoporotic fracture. *Curr. Drug Targets*, **2013**, *14*(13), 1558–1564.

[2] T. A. Asafo-Adjei, A. J. Chen, A. Najarzadeh, D. A. Puleo. Advances in controlled drug delivery for treatment of osteoporosis. *Curr. Osteoporos. Rep.*, **2016**, *14*(5), 226–238.

**Hyaluronic acid/calcium phosphate hydrogels for development of controlled release drug delivery systems.**
Within the current research hyaluronic acid (HA), HA/strontium ranelate (HA/SrRan), HA/calcium phosphate (HA/CaP) and HA/CaP/SrRan hydrogels were prepared and characterized. Obtained results indicated that addition of CaP to the hydrogels decreased their swelling degree, increased the sample gel fraction as well as led to the higher burst release of the strontium ranelate within the first 48 h.

# Kontrolētas izdalīšanās lokālu gentamicīna sulfāta piegādes sistēmu izveide un analītisko metožu izstrāde aktīvās vielas izdalīšanās kinētikas noteikšanai

Elīza Tračuma (1. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgā ķīmijas tehnoloģijas institūts,, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* eliza.tracuma@rtu.lv

Kalcija fosfātu kaulu cementi (KFC) cilvēka organismā var tikt ievadīti, izmantojot mazinvazīvas ķirurģiskas procedūras. Tomēr, katra ķirurģiska iejaukšanās paaugstina infekcijas risku, tāpēc, lai to novērstu, kaulu cementiem pievieno antibiotikas [1]. Izmantojot kontrolētas izdalīšanās lokālas zāļu piegādes sistēmas ir iespējams samazināt tādus tradicionālo medikamentozo terapiju radītos blakus efektus, kā antibiotiku rezistenci [2]. Gentamicīna sulfāts (GENTA) ir plaša spektra antibiotiķis, kas galvenokārt efektīvi darbojas uz gram-negatīvajām baktērijām [3]. Lai kontrolētu lokālu aktīvās vielas izdalīšanos, KFC var tikt modificēti ar GENTA saturošām mikrokapsulām. Šī darba mērķis bija izstrādāt analītisko metodi GENTA satura noteikšanai ūdens vidē, pagatavot un raksturot GENTA saturošas polilaktāta (PLA) mikrokapsulas, kā arī noteikt aktīvās vielas izdalīšanās kinētiku no GENTA/PLA mikrokapsulām un ar mikrokapsulām modificētiem KFC.

GENTA satura noteikšanai ūdens vidē, izstrādāta UPLC analītiskā metode, izmantojot ACQUITY UPLC BEH C18 kolonnu un gaismas izkliedes detektoru. GENTA iekapsulēts PLA matricā, noteikts aktīvās vielas kopējais saturs mikrokapsulās, novērtēta aktīvās vielas izdalīšanās kinētika no pagatavotajām mikrokapsulām, raksturota mikrokapsulu virsmas morfoloģija un vidējais daļiņu izmērs, kā arī aprēķināta GENTA iekapsulēšanas efektivitāte mikrokapsulās. Pagatavoti GENTA mikrokapsulas saturoši KFC, izmantojot α-trikalcija fosfātu (α-TCP) un nātrija fosfātu šķīdumu.

Izstrādātā un validētā UPLC gentamicīna noteikšanas metode ir specifiska attiecībā uz GENTA, lineāra, precīza, pareiza un, izmantojot izstrādāto UPLC metodi, gentamicīna saturu ūdens šķīdumos iespējams noteikt jau pie koncentrācijām, kas ≥ 10 μg/ml. Iegūtas GENTA/PLA mikrokapsulas, ar GENTA kopējo saturu 3,27 ± 0,2 masas%, iekapsulēšanās efektivitāti 26 % un vidējo daļiņu izmēru $d_{50}$ = 30 ± 1 μm. 76 ± 1 % GENTA no pagatavotajām mikrokapsulām izdalās pirmo 24 h laikā, kamēr 240 h intervālā šķīdinošajā vidē ir pārgājuši 88 ± 2 % no mikrokapsulās esošā gentamicīna satura. Uzsākot gentamicīna izdalīšanās pētījumus no ar GENTA mikrokapsulām modificētiem KFC secināts, ka kalcija fosfātu klātbūtne šķīdumā rada fonu, kurš vairākas reizes pārsniedz signālu pie GENTA drošas koncentrācijas aprēķināšanas robežas.

Lai noteiktu GENTA saturu kalcija fosfātus saturošos materiālos, jāizvērtē CaP matricas efekts, kuru iespējams novērst, pirms analīzes izmantojot paraugu cietfāzes ekstrakciju vai arī derivatizāciju ar o-ftalaldehīdu.

## LITERATŪRA

[1] D. Loca, M. Sokolova, J. Locs, A. Smirnova, Z. Irbe, Mater. Sci. Eng. C. **2015**, 49(1), 106-113
[2] J. Li, D.J. Mooney, Nat. Rev. Mater. **2018,** 53(10), 7112-7124
[3] J. Colpo, C. Pigatto, N. Brizuela, J. Mater. Sci. **2018**, 53(10), 7112-7124

**Development of local controlled release gentamicin sulfate delivery systems and development of analytical methods for the determination of an active substances release kinetics.**

The aim of the current study was to prepare local controlled release gentamicin sulfate (GENTA) delivery systems and develop analytical method for the determination of a active substance release kinetics. For this purpose, GENTA was microencapsulated in poly-L-lactic acid (PLA) and prepared vehicles were homogenously dispersed within the calcium phosphate bone cement (CPC) matrix.

# Amorfā kalcija fosfāta saķepināšana ar auksto saķepināšanas procesu

Signe Zemjāne (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Kristaps Rubenis (zinātniskais vadītājs)

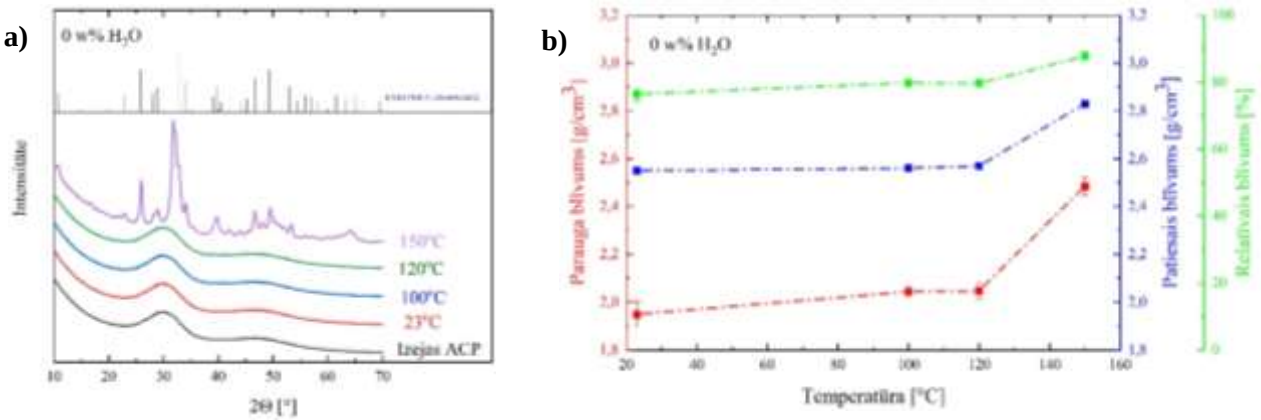
*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* signe.zemjane@rtu.lv

Amorfais kalcija fosfāts (ACP) ir daudzsološs biomateriāls kaulaudu reģenerācijai, jo tā ķīmiskais sastāvs ir līdzīgs dabīgo kaulu neorganiskajai fāzei. Tā biorezorbcija ir ātrāka nekā visplašāk izmantotajam kalcija fosfātam biomateriālu jomā - hidroksilapatītam. Tomēr ACP termiskā nestabilitāte rada problēmas tā saķepināšanai un iegūšanai monolītā formā [1]. Šajā pētījumā ACP saķepināšanai izmantota jauna keramisko materiālu saķepināšanas metode, kas tiek saukta par auksto saķepināšanas procesu (CSP) - tā paver iespējas iegūt blīvus keramikas materiālus ļoti zemās temperatūrās (<300 $^{o}$C). Metode balstās uz uniaksiāla spiediena (parasti līdz 500 MPa) pievadīšanu saķepināmajam paraugam, vienlaikus paraugu karsējot salīdzinoši zemās temperatūrās (<300 $^{o}$C), neliela šķīdinātāja daudzuma klātbūtnē [2].

Šajā pētījumā izmantotais ACP iegūts ar šķīdināšanas-izgulsnēšanas metodi [3]. CSP eksperimenti veikti divās sērijās, saķepināmajam ACP pulverim pievienojot šķidro fāzi (20 w% dejonizēts $H_2O$) un bez tās, dažādās temperatūrās – istabas, 100 °C, 120 °C un 150 °C zem konstanta 500 MPa spiediena. CSP veikts izmantojot hidraulisko laboratorijas presi un apsildāmu presformu ar iekšējo diametru 13 mm.

Iegūtie paraugi analizēti ar rentgenstaru difrakciju, Furjē transformācijas infrasarkano spektroskopiju, skenējošo elektronu mikroskopiju, termogravimetriju, kā arī noteikts to blīvums. Rentgenstaru difrakcijas ainā (1.a. att.) novērojams, ka paraugi, kuriem netika pievienota šķidrā fāze, pat pēc saķepināšanas 120 °C saglabāja ACP raksturīgo struktūru. Šo paraugu relatīvais blīvums sasniedza ~80% (1.b. att.).

Izvērtējot iegūtos rezultātus, var secināt, ka ar auksto saķepināšanas procesu ir iespējams iegūt ACP keramiku ar salīdzinoši augstu relatīvo blīvumu. Šis process paver iespējas izveidot jaunus biomateriālus kaulaudu reģenerācijai.




**1. att.** a) Rentgenstaru difrakcijas aina paraugiem bez pievienotas šķidrās fāzes; b) patiesā blīvuma, parauga tilpummasas un relatīvā blīvuma proporcijas paraugiem bez pievienotas šķidrās fāzes.

LITERATŪRA

[1] Dorozhkin, S. V. *Int. J. Mater. Chem.* **2012**, *2*(1), 19–46.
[2] Guo, J. *et al. Angew. Chemie - Int. Ed.* **2016**, *55*(38), 11457–11461.
[3] Vecstaudza, J., Locs, J. *J. Alloys Compd.* **2017**, *700*, 215–222.

**Sintering of amorphous calcium phosphate using cold sintering process.**
Cold sintering process allows to obtain amorphous calcium phosphate ceramics with relative density of ~80%, thus revealing new opportunities for the development of new biomaterials for bone regeneration.

# Bakteriofāgus saturošu antibakteriālu pārklājumu izstrāde uz biopolimēru bāzes

Elena Zhavoronkova (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Līga Stīpniece (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*
*e-pasts:* ezhavoronkova3@gmail.com

Implantējamās medicīniskās ierīces ir kļuvušas par neatņemamu mūsdienu medicīnas sastāvdaļu. Tomēr biomateriālu izraisītas infekcijas ir viens no galvenajiem implantmateriālu mazspējas cēloņiem, kas bieži prasa ķirurģisku operāciju tā aizvākšanai, sarežģītu brūču ārstēšanu un ilgstošu antibiotiku kursu. Antibiotikas ir veiksmīgākā infekciju ārstēšanas forma, bet to efektivitāte pazeminās attīstoties antibiotiku rezistentu patogēnu dēļ. Attiecīgi, tiek uzskatīts, ka tādi alternatīvi antibakteriālie preparāti kā bakteriofāgi (fāgi) varētu nodrošināt efektivitāti cīņā pret infekcijām. [1-3]. Darba mērķis ir izveidot kontrolētas izdalīšanās antibakteriālus pārklājumus, kuru pamatā ir fāgus saturoši biopolimēri.

Darbā izmantoti komerciālas fāgu suspensijas - *S.aureus* (Staph) un *S.aureus* (Pyo). Baktēriju celms *S.aureus* ATCC 25923 izmantots bakteriofāgu aktivitātes noteikšanai un pavairošanai. Fāgu imobilizēšanai izmantotie biopolimēri ir Na-alginmāts un hitozāns. Tika pagatavots 1 masas% Na-algināta un 0,5 masas% hitozāna šķīdums un autoklavēts pie 121 $^{o}$C 20 min. Fāgus saturošu pārklājumu izgatavošanai biopolimēru šķīdumiem pievienoti fāgu lizāti ($10^9$ PFU/mL) attiecībā 1:10. Biopolimēru plēves izgatavotas konkrētu tilpumu šķīduma ielejot polistirola svēršanas "laiviņās" un žāvējot 40 $^{o}$C 24 h. Kā substrāts pārklājumiem izmantota augsti poraina (92 ± 2%) hidroksilapatīta biokeramika. Biokeramikas substrāti piesūcināti ar biopolimēru šķīdumiem zem vakuuma pie -0,03 MPa. Molekulārā struktūra pētīta, izmantojot Furjē transformācijas infrasarkano spektrometru (FT-IR). Mikrostruktūra analizēta ar skenējošo elektronu mikroskopu (SEM). Biopolimēru plēvju šķīdība pētīta, inkubējot biopolimēru plēves TRIS-HCl buferšķīdumā (pH 7,4, 6 h), kas pagatavots saskaņā ar EN ISO 10993-14:2001.

FT-IR rezultāti liecina, ka Na-alginmāta molekulārā struktūra netiek izmainīta plēvju izgatavošanas procesā. Savukārt, hitozāna FT-IR spektros novērojams, ka izmainīts amīdu raksturīgo absorbcijas joslu izskats. Salīdzinot FT-IR spektrus pirms un pēc autoklavēšanas secināts, ka izvēlētā biopolimēru sterilizācijas metode ir piemērota. Novērtēta biopolimēru plēvju stabilitāte fizioloģiskos apstākļos, inkubējot TRIS-HCl šķīdumā un nosakot masas izmaiņas. Na-alginmāts izšķīda momentāni (<1 h), tāpēc, lai paildzinātu noārdīšanas laiku, to šķērssaistīja ar $Ca^{2+}$ joniem, izmantojot 1,5 masas% $CaCl_2$ šķīdumu. Ca-alginātam novērots masas zudumus pēc inkubēto paraugu žāvēšanas, t.i., plēves daļēji izšķīda; turpretī hitozāna gadījumā novērots masas pieaugums. Tas liecina par iespēju modificēt fāgu izdalīšanās mehānismu. Salīdzinot fāgus saturošo plēvju FT-IR spektrus ar attiecīgo fāgu lizātu un biopolimēru, konstatēts, ka fāgi imobilizēti biopolimēru matricās, būtiski neizmainot komponenšu molekulāro struktūru. FT-IR un SEM analīze apstiprināja pārklājumu esamību uz biokeramikas pamatnēm. Visbeidzot, pēc SEM attēliem tika secināts, ka vakuuma piesūcināšana ar Ca-alginātu ļauj iegūt salīdzinoši viendabīgus pārklājumus, jo netika novērotas būtiskas biokeramikas pamatņu porainās struktūras izmaiņas. Savukārt, gadījumā ar hitozānu varēja novērot pārklājuma defektus, proti, pārklājums nav viendabīgs.

## LITERATŪRA

[1] Caplin, J.D.; Garcia, A.J. *Acta Biomater.* **2019**, *93*, 2-11.
[2] Yue, C.; Zhao, B.; Kuijer, R.; van der Mei, H.C.; Busscher, H.J.; Rochford, E.T.J. *Eur. Cells Mater.* **2015**, *29*, 303-313.
[3] Blair, J.M.A.; Webber, M.A.; Baylay, A.J.; Ogbolu, D.O.; Piddock, L.J.V. *Nat. Rev. Microbiol.* **2015**, *13* (1), 42-51.

**Development of biopolymer controlled release entrapment platforms for bacteriophage-containing antimicrobial coatings**.
The aim of this study was to develop an alternative strategy for local antimicrobial agents' delivery. From analysis data it has been concluded that the embedding of phages into the biopolymers does not substantially affect their molecular structure, as well as there is no significant difference in bioceramic microstructure after coating. In this way, bacteriophage-functionalized biopolymer coatings are functional materials that can be used as antimicrobial surfaces for bone scaffolds.