



RTU  
Ceļu un tiltu katedra un  
Polimērmateriālu un tehnoloģijas katedra

sadarbībā ar

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu un  
SIA “Ceļu eksperts”

Pētījuma

**Meža ceļu atputeķlošana**

atskaite

Rīga, 2021. gada 30. decembris

|  |  |          |
|--|--|----------|
| Apstiprinu, 30. 12. 2021.  |  |          |
| (vārds, uzvārds, paraksts)   |  |          |
| Pētniecības projekta nosaukums: “Meža ceļu atputeķlošana”  |  |          |
| RTU līguma numurs  | Līguma reģ. Nr. 03000-3.1.2.2-e/56                         |          |
| Līguma slēgšanas datums  | 30.06.2021.  |          |
| Pētniecības projekta stadija   | 100%   |          |
| Starpziņojumu kopējais skaits  | 1. starpziņojums (14.09.2021.)                             |          |
| Ziņojuma nodošanas datums  | 30.12.2021.  |          |
| Pētniecības projekta stadijas izstrādes periods  | 30.06.2021.– 30.12.2022.                                   |          |
| Lappušu skaits   | 176  |          |
| Pētniecības projekta izpildītāji   | Vārds, uzvārds   | Paraksts |
| Pētniecības projekta vadītājs (RTU BIF Ceļu un tiltu katedra)  | Dr. sc. ing. Viktors Haritonovs                            |          |
| Galvenie izpildītāji   |  |          |
| SIA “Ceļu eksperts”  | Mg. sc. ing. Aigars Strežs                                 |          |
| Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts  | Dr. habil. ķīm. Galiņa Šulga                               |          |
| RTU MĻĶF Polimērmateriālu institūts  | Dr. sc. ing. Remo Merijs-Meri<br>Dr. sc. ing. Jānis Zicāns |          |
| Projektu finansē   | AS "Latvijas valsts meži"                                  |          |
| <p>Īss apraksts</p> <p>Šajā projektā uzsākta ilgtspējīgu un Latvijas apstākļiem jaunu meža autoceļu atputeķlošanas līdzekļu (AL) uz lignosulfonātu bāzes izpēti. Pētījuma analītiskajā daļā veikta vietējās un ārzemju pieredzes, specifiskāciju, meža apsaimniekošanas standartu un normatīvo aktu analīze. Eksperimentālajā daļā noteikta izvēlēto atputeķlošanas līdzekļu efektivitāte grants ceļa segumiem, kā arī noteikts lignosulfonātu AL ķīmiskais sastāvs un toksisko ķīmisko savienojumu (polihlorēto bifenilu (<i>PCB</i>) un poliaromātisko ogļūdeņražu (<i>PAH</i>)) daudzums. Iegūtie eksperimentālās daļas rezultāti apstiprina uz lignosulfonātu bāzes veidoto AL ekoloģiskumu un atputeķlošanas efektivitāti karstajos un sausajos vasaras periodos. Pētījumā sagatavotas rekomendācijas uz lignosulfonātu bāzes veidoto AL izmantošanai grants ceļa segumu atputeķlošanai, kā arī noteikti eksperimentālie ceļa posmi turpmākai šo AL novērtēšanai reālos meža autoceļos un ekspluatācijas apstākļos.</p> |  |          |
| Pielietojums/Pētījuma sfēra  | Meža autoceļi  |          |
| Papildus izstrādātie materiāli   | Zinātniskās publikācijas un rekomendācijas                 |          |

## Saturs

|  |    |
|--|----|
| Saturs.....  | 3  |
| Lietotie saīsinājumi un terminu skaidrojumi .....  | 6  |
| Ievads.....  | 8  |
| 1. Analītiskā daļa .....   | 9  |
| 1.1. Atputekļošanas mehānisma apraksts un pieejamo atputekļošanas līdzekļu<br>tirgus apskats .....       | 9  |
| 1.1.1. Neorganisko sāļu atputekļošanas līdzekļi.....   | 16 |
| 1.1.2. Bitumena emulsijas atputekļošanas līdzekļi.....   | 18 |
| 1.1.3. Lignosulfonāti un citi atputekļošanas līdzekļi uz dabiskā ceļā noārdošos<br>izejvielu bāzes ..... | 21 |
| 1.1.4. Ārzemju un Latvijas pieredzes apkopojums par atputekļošanas līdzekļu<br>izmantošanu .....         | 25 |
| 1.1.4.1. Igaunija.....   | 25 |
| 1.1.4.2. Zviedrija .....   | 29 |
| 1.1.4.3. Latvija.....  | 32 |
| 1.1.4.4. Lietuva .....   | 35 |
| 1.1.4.5. ASV .....   | 35 |
| 1.1.4.6. Dienvidāfrikas republika .....  | 43 |
| 1.1.4.7. ES valstis HORIZON2020 AIRUSE projekta ietvaros .....   | 51 |
| 1.1.5. Secinājumi .....  | 52 |
| 1.1.6. Rekomendācijas.....   | 53 |
| 1.2. Atputekļošanas efektivitāti ietekmējošie faktori .....  | 54 |
| 1.2.1. Atputekļošanas līdzekļa veids.....  | 54 |
| 1.2.2. Seguma materiāls.....   | 54 |
| 1.2.3. Autoceļa atrašanās vieta .....  | 55 |
| 1.2.4. Transportlīdzekļa braukšanas ātrums un svars .....  | 55 |
| 1.2.5. Secinājumi .....  | 56 |
| 1.2.6. Rekomendācijas.....   | 56 |
| 1.3. Atputekļošanas līdzekļu tirgu regulējošā dokumentācija.....   | 57 |
| 1.3.1. Standarti un specifikācijas.....  | 57 |
| 1.3.2. Atputekļošanas līdzekļu atbilstība meža apsaimniekošanas standartu<br>prasībām.....               | 59 |
| 1.3.2.1. Kalcija hlorīds.....  | 59 |

|  |     |
|--|-----|
| 1.3.2.2. Bitumena emulsija .....   | 64  |
| 1.3.2.3. Lignosulfonāti. ....  | 68  |
| 1.3.3. Valsts Vides dienesta prasības un Latvijas normatīvo aktu analīze par atputeķļošanas līdzekļu paredzamo ietekmi uz vidi ..... | 80  |
| 1.3.3.1. Ietekme uz cilvēka veselību.....  | 81  |
| 1.3.3.2. Ietekme uz dzīvniekiem un bioloģisko daudzveidību .....   | 82  |
| 1.3.3.3. Ietekme uz blakusesošo zemi un augsni.....  | 82  |
| 1.3.3.4. Ietekme uz gruntsūdeni un blakusesošajām ūdenstilpēm.....   | 83  |
| 1.3.3.5. Ietekme uz gaisa kvalitāti .....  | 83  |
| 1.3.4. Secinājumi.....   | 84  |
| 1.3.5. Rekomendācijas.....   | 85  |
| 2. Eksperimentālā daļa.....  | 86  |
| 2.1. Izvēlēto atputeķļošanas līdzekļu īpašības .....   | 87  |
| 2.1.1. Atputeķļošanas līdzekļu pH.....   | 87  |
| 2.1.2. Atputeķļošanas līdzekļu viskozitāte (viegliestrādājamība).....  | 87  |
| 2.1.3. Atputeķļošanas līdzekļu virsmas īpašības/virsmas spraigums .....  | 91  |
| 2.1.4. Lignosulfonātu ķīmiskās īpašības .....  | 92  |
| 2.1.4.1. Ķīmisko elementu sastāva noteikšana .....   | 92  |
| 2.1.4.2. Funkcionālā sastāva noteikšana .....  | 94  |
| 2.1.4.3. Lignosulfonātu ķīmiskās struktūras termostabilitāte .....   | 98  |
| 2.1.5. Atputeķļošanas līdzekļu ķīmiskā sastāva stabilitāte temperatūras un ultravioletā starojuma ietekmē .....                      | 100 |
| 2.2. Atputeķļošanas līdzekļu izmantošanas efektivitātes salīdzinājums uz grants segumiem.....  | 104 |
| 2.2.1. Grants paraugu ņemšana un analīze fizikālo īpašību noteikšanai un puteķļojošās frakcijas iegūšanai.....                       | 104 |
| 2.2.1.1. Smilts-grants paraugu ņemšana.....  | 104 |
| 2.2.1.2. Smilts-grants maisījuma fizikālā testēšana .....  | 105 |
| 2.2.2. Grants minerālmateriāla un atputeķļošanas līdzekļu mijiedarbības novērtēšana ar mikroskopijas metodi.....                     | 107 |
| 2.2.3. Žūšanas/mitruma saglabāšanas tests .....  | 107 |
| 2.2.3.1. Atputeķļotas grants mitruma izmaiņas dinamika klimata kamerā .....  | 107 |
| 2.2.3.2. Cikliskais mitrināšanas/žāvēšanas tests.....  | 114 |
| 2.2.4. Mitruma iespiešanās dziļuma noteikšana.....   | 117 |
| 2.2.5. Puteķļu aglomerācijas noteikšana, izmantojot granulometrisku testēšanas metodi .....  | 129 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.2.6. Atputeķļošanas līdzekļu ietekme uz grants seguma mehāniskajām īpašībām .....   | 144 |
| 2.2.7. Paraugu izgatavošana mehānisko īpašību testēšanai un tilpumblīvuma un mitruma noteikšana (Proktora tests) .....                            | 144 |
| 2.2.8. Atputeķļošanas līdzekļu un puteķļaino daļiņu sistēmas novecošanās izturība ultravioletā starojuma, temperatūras un mitruma iedarbībā ..... | 146 |
| 2.2.8.1. Novecināšana .....   | 148 |
| 2.2.8.3. Virsmas cietības izmaiņas .....  | 153 |
| 2.2.9. Laboratorijas eksperimentu rezultātu apkopojums .....  | 156 |
| 2.2.10. Secinājumi .....  | 159 |
| 2.2.11. Rekomendācijas .....  | 161 |
| 3. Prognozējamā tāme iespējamo atputeķļošanas darbu veikšanai 2022. gadā .....  | 162 |
| 3.1. Eksperimentālo posmu izvēle .....  | 162 |
| 3.2. Ieteicamie eksperimentālo atputeķļošanas darbu risinājumi .....  | 165 |
| 4. Pētījuma 2. kārtas izmaksas veidošanās principi .....  | 166 |
| 5. Izpētes rezultāti un piemērotāko atputeķļošanas līdzekļu izvēle pētījuma 2. etapam .....   | 168 |
| 6. Galvenie secinājumi .....  | 169 |
| 7. Galvenās rekomendācijas .....  | 171 |
| 8. Literatūra .....   | 172 |
| Pielikumi .....   | 175 |

## Lietotie saīsinājumi un terminu skaidrojumi

AL – atpūteklšanas līdzeklis

AADT – *Annual average daily traffic* (angļu val.) – ikgadējā vidējā diennakts satiksmes intensitāte

ADT – *Average Daily Traffic* (angļu val.) – vidējā diennakts satiksmes intensitāte  
apgr/min – apgriezienu skaits minūtē

BCF – *Bioconcentration factor* (angļu val.) – biokoncentrācijas faktors

BOD – *Biological oxygen demand* (angļu val.) – bioloģiskais skābekļa patēriņš (BSP)

BSP – bioloģiskais skābekļa patēriņš

CAS – *Chemical Abstracts Service* (angļu val.) – ķīmiskās vielas numurs ķīmisko vielu reģistrā

CBR – *The California Bearing Ratio* (angļu val.) – Kalifornijas nestspējas rādītājs

CC – CaCl<sub>2</sub> (kalcija hlorīds)

CLP – *Classification, Labelling and Packaging* (angļu val.) – klasificēšana, marķēšana un iepakšana

CMA – kalcija-magnija acetāts

C65B3 – katjonu nemodificētās bitumena emulsijas klase atbilstoši standartam LVS EN 13808

C<sub>50/30</sub> – šķembu drupināto un laužo virsmu kategorija

DTG – *Derivative ThermoGravimetric* (angļu val.) – TGA līknes pirmais atvasinājums pēc laika vai temperatūras (masas izmaiņu ātruma atkarība no temperatūras vai laika)

EC<sub>50</sub> – *Half maximal effective concentration* (angļu val.) – vidējā efektīvā koncentrācija

EK – Eiropas komisija

EPA – *Environmental Protection Agency* (angļu val.) – Vides aizsardzības aģentūra

EPD – *Environmental Product Declaration* (angļu val.) – produkta vides deklarācija

ESAO – Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācijas

FSC – *Forest Stewardship Council* (angļu val.) – Mežu uzraudzības padome

FTIR – *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (angļu val.) – Furjē transformācijas infrasarkanā starojuma spektroskopija

HCV – *High Conservation Value* (angļu val.) – augstas nozīmes saglabāšanas vērtība

H412 – *Harmful to aquatic life with long lasting effects* (angļu val.) – kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām

ISO – *The International Organization for Standardization* (angļu val.) – Starptautiskā standartizācijas organizācija

LA – Losandželosas koeficients

LAU – Latvijas autoceļu uzturētājs

LD – *Lethal Dose value* (angļu val.) – letālās devas vērtība

LD<sub>50</sub> – *Lethal Dose 50%* (angļu val.) – vielas koncentrācija, kas noteiktā laika intervālā izraisa 50% letālu iedarbību

LS – lignosulfonāti

LVC – VSIA “Latvijas Valsts ceļi”

LVKKI – Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts

LVM – AS “Latvijas valsts meži”

Mg/m<sup>3</sup> – Blīvuma mērvienība megagrams uz kubikmetru

MK – Ministru kabinets

*NEPD – Norwegian Environmental Product Declaration* (angļu val.) – Norvēģijas produkta vides deklarācija

*NOAEC – No Observed Adverse Effect Concentration* (angļu val.) – nenovērotās nelabvēlīgās ietekmes koncentrācija

*PAH – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (angļu val.) – policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži

*PEFC – Programme for the Endorsement of Forest Certification* (angļu val.) – meža sertifikācijas sistēmu novērtēšanas programma

*PCB – Polychlorinated Biphenyls* (angļu val.) – polihlorētie bifenili

*PM – Particulate Matter* (angļu val.) – gaisā suspendētās cietās daļiņas

*PM<sub>1,0</sub>* – putekļu cietās daļiņas, kuru izmēri ir mazāki par 1,0 μm

*PM<sub>2,5</sub>* – putekļu cietās daļiņas (smalkās daļiņas), kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds vai mazāks par 2,5 μm (mikrometriem)

*PM<sub>10</sub>* – putekļu cietās daļiņas, kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds vai mazāks par 10 μm (mikrometriem)

*PVA – polyvinyl alcohol* (angļu val.) – polivinilspirts

*PVC – polyvinyl chloride* (angļu val.) – polivinilhlorīds

*REACH – Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals* (angļu val.) – ķīmikāliju reģistrēšana, vērtēšana, licencēšana un ierobežošana

*RH – relative humidity* (angļu val.) – gaisa relatīvais mitrums

*SEM* – skenējošā elektronmikroskopija

*t* – temperatūra

*TGA – ThermoGravimetric Analysis* (angļu val.) – termogravimetriskā analīze, kas parāda vielas masas zudumus, temperatūras vai laika izmaiņu ietekmē

*TNI* – tūlītējās nestspējas indekss

*USEPA – U.S. Environmental Protection Agency* (angļu val.) – ASV Vides aizsardzības departaments

*UV* – ultravioletais

## Pētījumā izmantoto terminu skaidrojumi

**Aglomerācija** – daļiņu kopu veidošanās process, savācot mazas daļiņas, veidojot vāju fizisku mijiedarbību savā starpā.

**CBR**- Kalifornijas nestspējas vērtība, kuru izmanto, lai raksturotu ceļa segas nesaistīto vai hidrauliski saistīto maisījumu nestspēju, kas noteikta pēc sacietēšanas, vai pēc sablīvēšanas perioda.

**Higroskopisks** - materiāla īpašība uzsūkt mitrumu no gaisa, kas kapilāros kondensējas un pārvēršas par šķidrumu.

**TNI**- tūlītējās Kalifornijas nestspējas vērtības testēšana bez papildus slodzes

## Ievads

Saskaņā ar AS “Latvijas valsts meži” (turpmāk – LVM) sniegto informāciju, to valdījumā uz 2021. gada nogali atrodas 11550 km garš meža autoceļu tīkls visā Latvijas teritorijā. Saskaņā ar definīciju tie ir komersanta ceļi ar segumu, kas nodrošina meža apsaimniekošanu un ir ekspluatējami koksnes produktu transportēšanai.

99% no meža autoceļiem ir ar nesaistītu minerālo segumu (dabiska grants, drupināta grants, dolomīta šķembas). LVM gadā pārvadā ap 7 milj. m<sup>3</sup> kokmateriālu, kas sastāda ap 230 000 kravas kokvedēju reisus [1]. Meža autoceļu ekspluatācijas laikā, īpaši sausās vasarās, šādi nesaistītie segumi rada putekļus. Tas apgrūrina redzamību gan satiksmes dalībniekiem, gan traucē un rada neērtības vietējiem iedzīvotājiem, kuri dzīvo meža autoceļu tiešā tuvumā.

Jau vairākus gadus LVM saņem iebildumus no iedzīvotājiem, kuri dzīvo meža autoceļu tuvumā par meža autoceļu segumu puteklainību vasaras periodā. Līdz šim šo problēmu mēģināts risināt, izvietojot ceļazīmes, kas paredz ātruma samazināšanu māju tiešā tuvumā, tomēr tas pilnībā meža autoceļu putēšanas problēmu neatrisina. Tāpēc praktiski vienīgais veids, kā samazināt putekļu daudzumu, ir meža autoceļu atputeķošana. Atputeķošana lietojama ar saistvielām nesaistītu kārtu apstrādei, lai samazinātu putēšanu. Atputeķošana saglabā kārtas planējamību un profilējamību. Pēdējā gada laikā citi autoceļu īpašnieki (pašvaldības un VSIA “Latvijas valsts ceļi”) sākuši aktīvi izmantot atputeķošanu ceļu ikdienas uzturēšanā. LVM meža autoceļu ikdienas uzturēšanas darbos līdz šim šāds darbu veids – atputeķošana – nav izmantots. Tomēr, rūpējoties par satiksmes drošību un meža autoceļu tuvumā dzīvojošo iedzīvotāju dzīves kvalitāti, ir nepieciešams rast risinājumu, kā samazināt putekļu daudzumu uz meža autoceļiem sausos laikapstākļos.

Šajā projektā uzsākta ilgtspējīgu un Latvijas apstākļiem jaunu meža autoceļu atputeķošanas līdzekļu (AL) uz lignosulfonātu bāzes izpēti.

Pētījuma mērķis ir izvēlēties LVM meža autoceļiem piemērotāko atputeķošanas paņēmieni un līdzekli un noteikt kritērijus un specifikācijas šī ikdienas uzturēšanas darba pielietošanai.

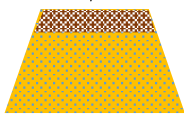
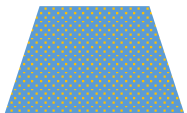
## 1. Analītiskā daļa

Analītiskajā daļā pēc LVM pasūtījuma apskatīta putekļveida piesārņojuma rašanās problēma, kā arī pēc uzkrātās pašu un pasaules pieredzes ieteikti meža autoceļu atputeķļošanas paņēmieni.

Biežāk izmantotie atputeķļošanas līdzekļi (AL) un to darbības principi apkopoti 1.1. tabulā, treknrakstā izceļot pētījumā analizētos AL veidus.

### 1.1. tabula.

#### Biežāk izmantotie AL un to darbības principi

| AL darbības mehānisms   | AL izcelsme                          | AL veids  |
|---|--------------------------------------|---|
| <b>Putekļveida daļiņu saistīšana, veidojot cietu seguma virskārtas slāni:</b><br><br>Saistītais seguma virskārtas slānis<br><br>Nesaistītais seguma slānis | No neatjaunojamiem resursiem iegūtie | AL uz jēlnaftas produktu bāzes  |
|   |                                      | <b>AL uz bitumena emulsiju bāzes</b>  |
|   |                                      | AL uz polimēra emulsiju bāzes   |
|   |                                      | AL uz nolietoto naftas produktu (nolietotās minerāleļļas) bāzes   |
|   | No atjaunojamiem resursiem iegūtie   | AL uz nolietoto augu eļļu bāzes   |
|   |                                      | <b>AL uz lignosulfonātu bāzes</b>   |
|   |                                      | AL uz melases bāzes   |
|   |                                      | AL uz hitozāna bāzes  |
| <b>Putekļveida daļiņu saistīšana, uzturot noteiktu mitrumu seguma slānī:</b><br><br><br>Ar mitrumu (■) saistītais ceļa seguma materiāla daļiņas (●)        | No neatjaunojamiem resursiem iegūtie | <b>AL uz neorganisko sāļu bāzes:</b><br>- Nātrijs hlorīds (NaCl);<br>- <b>Kalcija hlorīds (CaCl<sub>2</sub>)</b> ;<br>- <b>Magnija hlorīds (MgCl<sub>2</sub>)</b> ;<br>- Kalcija-magnija acetāts (CMA). |
|   |                                      | Ūdens kā AL   |
|   | No atjaunojamiem resursiem iegūtie   | Jūras ūdens kā AL   |
|   |                                      | Virsmas aktīvās vielas saturošs ūdens kā AL   |

### 1.1. Atputeķļošanas mehānisma apraksts un pieejamo atputeķļošanas līdzekļu tirgus apskats

Ceļu satiksme ir viens no galvenajiem antropogēnajiem putekļu veidošanās avotiem (autoceļu nesaistītā seguma un asfalta, riepu, bremžu nodilums, izplūdes gāzes,

piemēram, dīzeļa kvēpi u. c.) līdz ar sadzīves energoresursu sadedzināšanas iekārtām (krāsnis, malkas apkures sistēmas, kamīni), rūpniecību, centralizētajām siltumapgādes sistēmām un lauksaimniecību. Grants ceļu seguma nodiluma rezultātā veidojas putekļi, kas kaitīgi ietekmē cilvēka veselību un vidi. Par putekļiem uzskata nelielas, cietas minerālas vai organiskas izcelsmes daļiņas. Daļiņu izmēri var būt no mikrometra (milimetra tūkstošā daļa) līdz pat 0,1 mm. Atkarībā no to izmēriem putekļi spēj noteiktu laiku noturēties gaisā, kā rezultātā veidojas dispersa sistēma – aerosols, kad gaisā (dispersijas vidē) izkliedētas cietas daļiņas (dispersā fāze). Gaisa vides piesārņojumu ar putekļiem raksturo cieto daļiņu ķīmiskās īpašības, izmēri un koncentrācija 1 m<sup>3</sup> gaisa. Putekļus veidojošo cieto daļiņu ķīmiskās īpašības pamatā ir atkarīgas no ceļa seguma materiāla mineroloģiskā sastāva. Savukārt cieto daļiņu izmērus raksturo parametrs *PM* (*particulate matter*): putekļu daļiņas, kuru diametrs ir mazāks par 10 μm, tiek apzīmētas ar *PM10*, bet daļiņas, kuru diametrs ir mazāks par 2,5 μm, – ar *PM2,5*. Putekļi ar šāda izmēra cietajām daļiņām var viegli nonākt cilvēka iekšējā elpošanas sistēmā, tādējādi negatīvi ietekmējot veselību. Līdz ar to šīm putekļu frakcijām normatīvajos aktos ir piešķirta īpaša nozīme. Saskaņā ar ES direktīvu (2015/1480), kas ir saistoša arī Latvijai, dienas vidējie *PM10* rādītāji nedrīkst pārsniegt 50 μg/m<sup>3</sup> vairāk nekā 35 dienas katru gadu. Savukārt, atbilstoši MK noteikumiem Nr1290 “Noteikumi par gaisa kvalitāti” gada vidējais *PM10* rādītājs nedrīkst pārsniegt 40 μg/m<sup>3</sup>, bet gada vidējais *PM2,5* daudzums nedrīkst pārsniegt 20 μg/m<sup>3</sup> (skat. 1.2. tabulu). Jāatzīmē, ka šobrīd izstrādes stadijā ir “Gaisa aizsardzības likums”, kurā būtu jāparedz vēl stingrākas normas putekļu veida daļiņu klātbūtnei gaisa vidē, lai tās būtu saskaņā ar Pasaules veselības organizācijas (PVO) noteiktajām gada un dienas robežlielumu vērtībām – attiecīgi *PM10* daļiņām 20 μg/m<sup>3</sup> un 50 μg/m<sup>3</sup> (ne vairāk kā 3 reizes gaida laikā), bet *PM2,5* daļiņām 10 μg/m<sup>3</sup> un 25 μg/m<sup>3</sup> (ne vairāk kā 3 reizes gaida laikā).

## 1.2. tabula

### Putekļu piesārņojuma kritisko vērtību apkopojums Latvijas normatīvajos dokumentos

| Nr. p.k.                                | Robežlieluma veids   | Noteikšanas periods | Robežlieluma skaitliskā vērtība   | Pielāides robeža   | Datums, līdz kuram pieļaujama robežlieluma pārsniegšana, nepārsniedzot pielāides robežu |
|---|--|---------------------|---|--|---|
| Gaisa kvalitātes normatīvi daļiņām PM10 |  |                     |   |  |   |
| 1.                                      | Dienas robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai (R <sub>d</sub> ) | 24 stundas          | <b>50μg/m<sup>3</sup> (nedrīkst pārsniegt vairāk kā 35 reizes kalendāra gadā)</b> | sākotnēji 50 % virs robežlieluma vērtības. Aprēķinā to samazina, sākot ar 2001.gada 1.janvāri, un turpina vienādās daļās samazināt katrus 12 mēnešus, līdz sasniedz 0 % 2005.gada 1.janvārī. | 2005.gada 1.janvāris  |

| Nr. p.k.                                 | Robežlieluma veids   | Noteikšanas periods | Robežlieluma skaitliskā vērtība               | Pielaides robeža  | Datums, līdz kuram pieļaujama robežlieluma pārsniegšana, nepārsniedzot pielaides robežu |
|--|--|---------------------|---|---|---|
| Gaisa kvalitātes normatīvi daļiņām PM10  |  |                     |   |   |   |
| 2.                                       | Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai ( $R_g$ ) | kalendāra gads      | <b>40 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> | sākotnēji 20 % virs robežlieluma vērtības. Aprēķinā to samazina, sākot ar 2001.gada 1.janvāri, un turpina vienādās daļās samazināt katrus 12 mēnešus, līdz sasniedz 0 % 2005.gada 1.janvārī | 2005.gada 1.janvāris  |
| Gaisa kvalitātes normatīvi daļiņām PM2,5 |  |                     |   |   |   |
| 1. posms                                 |  |                     |   |   |   |
| 1.                                       | Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai ( $R_g$ ) | kalendāra gads      | <b>25 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> | sākotnēji 20 % virs robežlieluma vērtības. Aprēķinā to samazina, sākot ar 2009.gada 1.janvāri, un turpina vienādās daļās samazināt katrus 12 mēnešus, līdz sasniedz 0 % 2015.gada 1.janvārī | 2015.gada 1.janvāris  |
| 2. posms                                 |  |                     |   |   |   |
| 2.                                       | Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai ( $R_g$ ) | kalendāra gads      | <b>20 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> |   | 2020.gada 1.janvāris  |

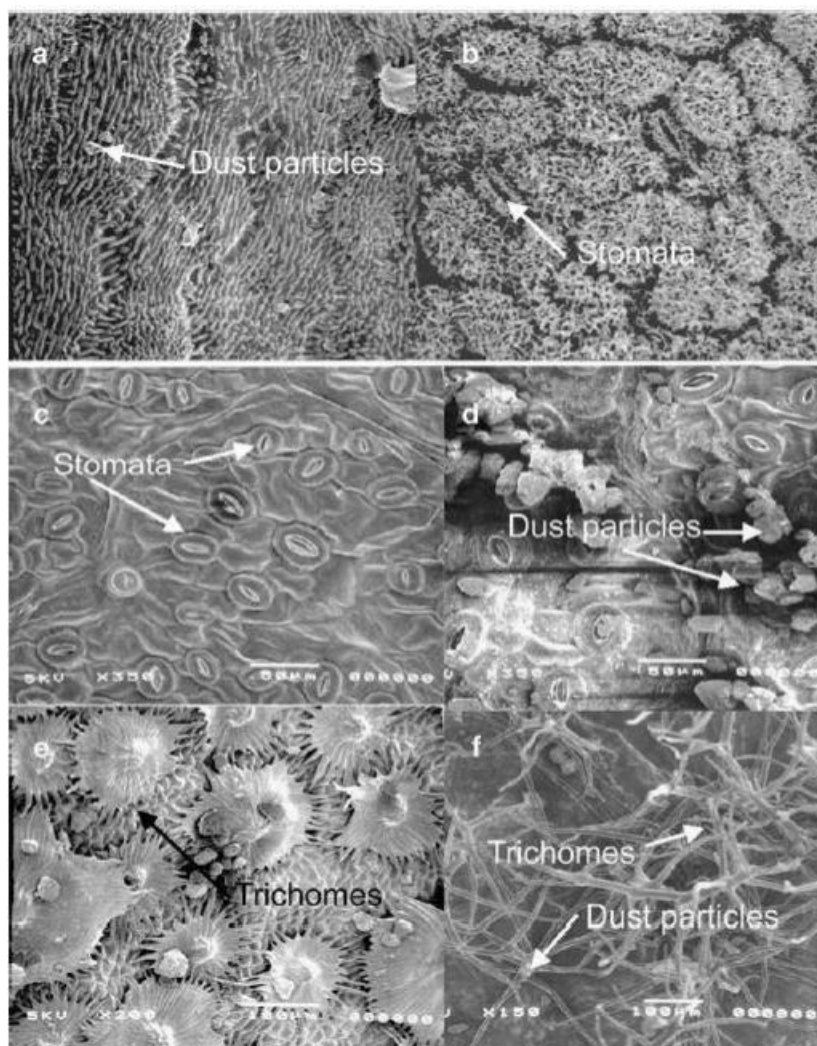
\* 2.posms – iesakāmo robežlielumu Eiropas Komisija pārskata 2013. gadā, ņemot vērā turpmāko informāciju par ietekmi uz veselību un vidi, tehniskajām iespējām un pieredzi dalībvalstīs attiecībā uz mērķlielumu.

†treknrakstā uz šo brīdi aktuālie normatīvo aktu rādītāji

Putekļu daudzumu uz nesaistītiem grants un meža autoceļiem ietekmē satiksmes intensitāte, lietotā grants seguma ceļa kvalitāte, kā arī laikapstākļi (vēja ātrums, temperatūra, mitrums). Piemēram, ASV Mežu dienesta veiktajā aprēķinā par aerosola veida putekļu rašanos grants nodiluma rezultātā noteikts, ka viens transportlīdzeklis, braucot reizi dienā pa grants ceļu, gadā rada 564 kg/km putekļu [2]. Savukārt apmežotās vietās tipisks augsnes zudums vienā gadā ir aptuveni 300 kg/ha [2]. Aerosola veida putekļu plūsma sausajā laikā izraisa putekļu uzkrāšanos ceļa malu veģetācijā, kas var

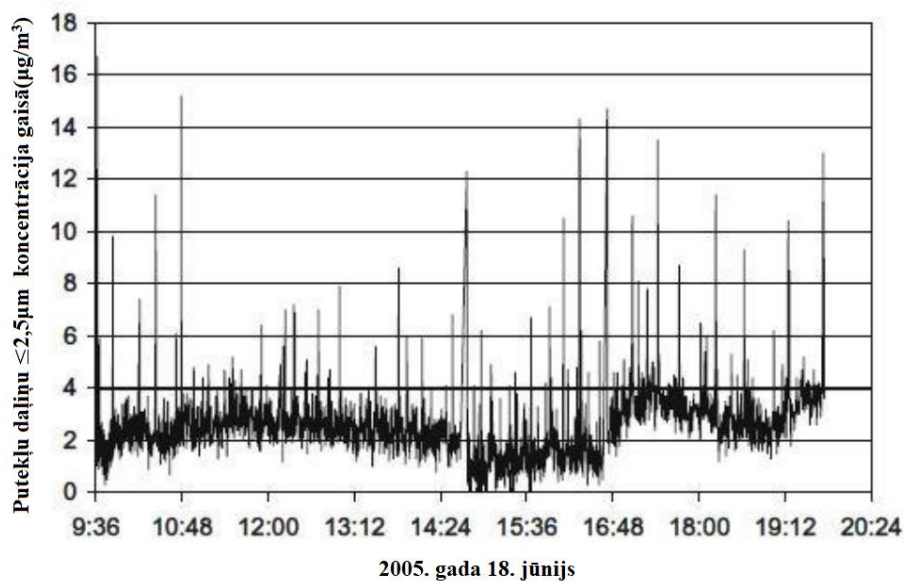
aizkavēt augu attīstību. Putekļi noberž virsmas, bojā lapotni, kā arī pasliktina augu kutikulu funkcijas. Savukārt putekļu mākoņi kairina cilvēka plaušas, ilgstošas iedarbības rezultātā var pasliktināties plaušu darbība.

Lai izprastu saikni starp transportlīdzekļa lietošanas intensitāti un putekļu radīšanu, pētījumā [2], izmantojot skenējošo elektronmikroskopu (SEM), veikta *PM*<sub>2,5</sub> daļiņu vizualizācija (1.1. att.) un konstatēti savāktu lapu paraugu kutikulu virsmas bojājumi un traucējumi fotosintēzi nodrošinošo atvārsnīšu darbībā. Savukārt, analizējot putekļu daļiņas, kas uzkrājas uz lapu virsmām no braucošiem transportlīdzekļiem, var redzēt, ka tās ir arī lielākas par 2,5 μm (skat. 1.1. att.).



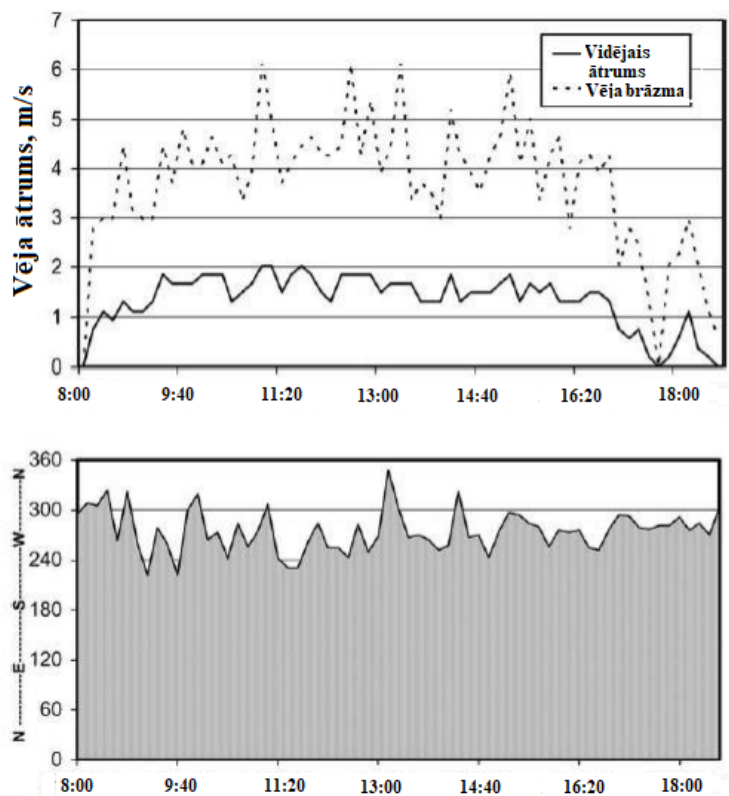
**1.1. att. Putekļu daļiņas uz augu lapām, vizualizētas ar skenējošo elektronu mikroskopu [2].**

1.2. attēlā parādīti putekļu daudzuma mērījumu rezultāti atklātā vietā, no kuriem labi redzams, ka putekļu daudzums gaisā sākotnēji saglabājas nemainīgs – ap 2,0 μg/m<sup>3</sup>, bet, pabraucot garām transportlīdzeklim, vidējā koncentrācija palielinās no 10 līdz 15 μg/m<sup>3</sup>.



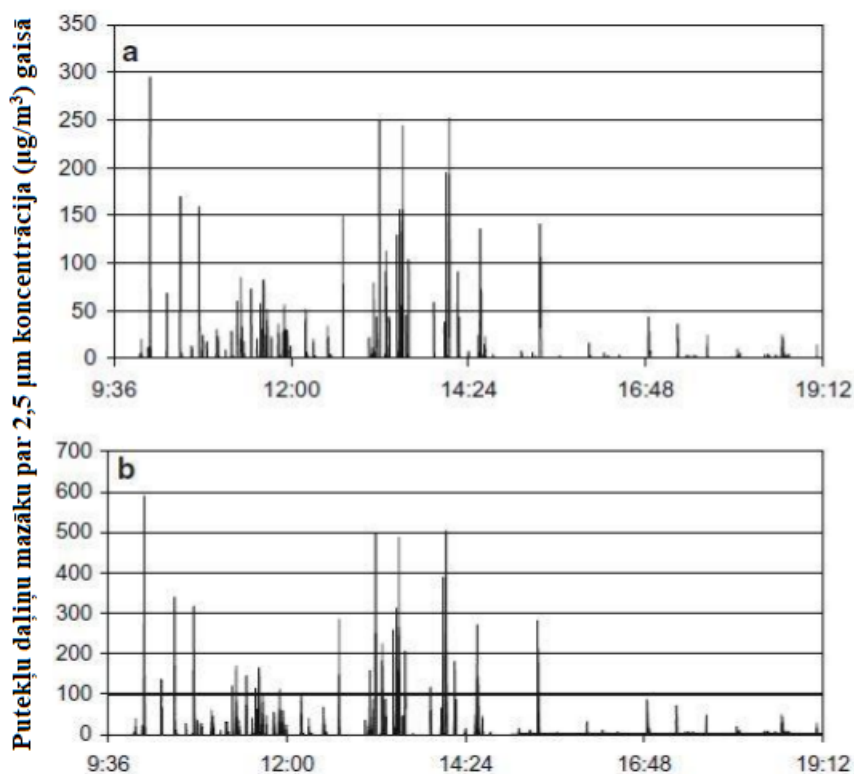
1.2. att. Putekļu daļiņu, mazāku par  $2,5 \mu\text{m}$ , koncentrācija gaisā braucoša automobiļa priekšējā zonā ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [2]

Vēja ātruma un virziena ietekme uz putekļu veidošanos parādīta 1.3. att.



1.3. att. Vēja ātruma (augšējais attēls) un virziena (apakšējais attēls) ietekme uz putekļu koncentrāciju [2].

Savukārt putekļu daudzuma koncentrācijas vietās ar blīvu apkārtnes veģetāciju, kas atbilst apmežotām vietām, bija ievērojami lielākas. Vidējā PM<sub>2,5</sub> koncentrācija gaisā transportlīdzekļu ietekmē svārstās no 50 līdz 300 µg/m<sup>3</sup> (skat. 1.4. att. a), bet maksimālā koncentrācija ir pat 1,5 – 2 reizes augstāka (skat. 1.4. att. b). Te gan svarīgi atzīmēt, ka atbilstoši ASV Vides aizsardzības aģentūras (EPA) interpretācijai, ja aptuvenais automobiļu skaits ir ≤ 150, to radītie putekļi cilvēkam nerada ilgtermiņa veselības problēmas.



**1.4. att. Putekļu daļiņu, mazāku par 2,5 µm, koncentrācija gaisā braucoša automobiļa aizmugurē (µg/m<sup>3</sup>) [2]**

Pasaulē nesaistītā klājuma autoceļu atputeķlošanai tiek izmantots plašs dažādu ražotāju ķīmisko atputeķlošanas līdzekļu klāsts (skat. 1.3. tabulu). Tomēr, ievērojot meža ekosistēmas jutīgumu, tradicionālie ceļu atputeķlošanas risinājumi ne vienmēr var būt izmantojami mežu autoceļu atputeķlošanai. Līdz ar to LVM pasūtītā pētījuma ietvaros tika meklēti videi draudzīgi, ilgtspējīgi risinājumi putekļu daudzuma samazināšanai uz meža autoceļu nesaistītajiem segumiem.

**1.3. tabula**

**Galvenie AL ražotāji un populārākās AL preču zīmes\***

| Ražotājs                    | Populārākās tirdzniecības markas    |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 3M (ASV)                    | 3M™ SDS-2 (biodegradējams AL)       |
| ACURO ORGANICS Ltd (Indija) | DUSTONIL DP (polimēra emulsijas AL) |
| The ACT Group (DĀR)         | DA600 (akrilpolimēra lateksa AL)    |

| Ražotājs  | Populārākās tirdzniecības markas   |
|---|--|
| <b>ADW (Polija)</b>   | <b>ZW-10 (AL akmeņogļu putekļu saistīšanai)</b>  |
| <b>AGATA (Polija)</b>   | <b>celluguard® tehnoloģija</b>   |
| <b>Alumichem A/S (Dānija)</b>   | <b>DUST-AWAY (Kalcija-magnija acetāta AL)</b>  |
| ADM, Archer Daniels Midland Company (ASV) (Caliber DC-1000, ksantāna sveķu AL, cietas AL) | Caliber M-1000 (MgCl <sub>2</sub> AL)  |
| Arclin, Inc. (ASV)  | DustCap®   |
| <b>BASF HOCK Mining Chemical Company Ltd. (Vācija/Kīna)</b>                               | <b>Master Roc RDS 711 (patentēta sastāva AL)</b>   |
| Benetech Inc. (ASV)   | Benetech BT-468 (lignosulfonātu AL)  |
| <b>Borregaard LignoTech (Norvēģija)</b>   | <b>Dustex® (lignosulfonātu AL)</b>   |
| Cargill Inc. (ASV)  | Dust-Off (MgCl <sub>2</sub> AL)  |
| Celanese Corporation (ASV)  | TufCOR® Emulsions (polimēra emulsijas AL)  |
| Chemtex Speciality Limited (Indija)   | Dustloc  |
| <b>CHRYSO GROUP (Francija)</b>  | <b>Chryso®Dust Primer (Na lignosulfonāta), Chryso Eco Dust 100 (polimēra emulsijas AL), Chryso Eco Dust 200 (polivinilacetāta emulsijas AL, izmantojams pēc AL CHRYSO®Dust Primer uzklāšanas), emulsijas tipa bioloģiski noārdošs AL (Chryso Eco Dust Oil)</b> |
| Crown Products & Services sadarbībā ar General Electric Compa (ASV)                       | DusTreat* DC9138E  |
| Cypher Environmental (Kanāda)   | DUST/BLOKR®, ROAD/STABILIZR® (enzīmu, electrolītu and virsmas aktīvo vielu AL)   |
| DowDuPont Inc. (ASV)  | PAVECRYL™ (akrilpolimēra emulsijas AL)   |
| DUST-A-SIDE HINCOL Ltd (Indija)   | AQUATARP (polimēra ūdens emulsijas AL), DASProduct (bitumena emulsijaa AL), HydroTac (lignosulfonāta AL), HYDROWET (virsmas aktīvās vielas saturošs AL).   |
| <b>Dust Solutions, Inc./pcp group (Īrija)</b>   | <b>DUSTELIM® Road</b>  |
| Ecolab ASV  | HAULAGE-DC™  |
| <b>FUCHS (Vācija)</b>   | <b>RENOCLEAN AIR (patentēta sastāva AL)</b>  |
| GelTech Solutions (ASV)   | Soil <sub>2</sub> O (patentēta sastāva AL)   |
| Global Road Technology International Holdings (HK) Ltd (Austrālija)                       | GRT Haul-Loc (polimēra AL), GRT Wet-Loc, GRT_Activate  |
| Huntsman International LLC (ASV)  | TERIC® 10A6N (AL uz etoksilētu taukskābju spirtu bāzes)  |
| Hexion Inc. (ASV)   | Senitel™ (patentēta sastāva AL dažādu smilts (SiO <sub>2</sub> ) frakciju saistīšanai)   |
| HollyFrontier Corporation (ASV)   | Anjonu un katjonu bitumena emulsijas   |

| Ražotājs   | Populārākās tirdzniecības markas  |
|--|---|
| I-CAT (DĀR)  | GreenBit (bitumena emulsijas AL), RDC20 (polimēra emulsijas un jonisku modifikatoru maisījums)  |
| Instral BV (Nīderlande)  | C-Force® (patentēta sastāva AL)   |
| LignoStar (Nīderlande)   | NODUST (lignosulfonātu AL)  |
| Mideco Pty Ltd (Austrālija)                                      | Dustron®  |
| Quaker Houghto (ASV)   | daudzfunkcionāli, elastīga seguma AL, cieta seguma AL   |
| RST, Reynolds Soil Technologies Pty Ltd / Wet Earth (Austrālija) | DustWorx® GX (lignosulfonātam alternatīvs polimēra emulsijas AL), Zero (videi draudzīgs AL), RT8 (modificētas dabas eļļas ūdens emulsijas AL), SHIELD AWR (polimēra emulsijas AL), Magnet (MgCl <sub>2</sub> AL). |
| SAMI Bitumen Technologies (Austrālija)                           | SAMIflex (bitumena emulsijas AL)  |
| Sappi (DĀR)  | Lignex (lignosulfonātu AL)  |
| Solenis (ASV)  | Zalta™ (patentēta sastāva AL)   |
| SUEZ (ASV)   | DusTreat (bionoārdošs AL)   |
| Syntron Industries Private Limited (Indija)                      | Dustron® (patentēts AL)   |

\* treknrakstā izcelti ES uzņēmumu piedāvātie AL

### 1.1.1. Neorganisko sāļu atputeķļošanas līdzekļi

Visbiežāk izmantotie AL uz neorganisko sāļu bāzes ir CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub>, kas ir higroskopiski (mitrumu piesaistoši) materiāli un no gaisa piesaista mitrumu, sasaistot kopā putekļu daļiņas un tā nodrošinot ilgāku putekļu emisijas nomākšanu. Galvenie CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub> ražotāji un populārākās AL tirgus markas apkopotas 1.4. tabulā.

**1.4. tabula**

### Galvenie CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub> ražotāji un populārākās AL tirgus

| Neorganisko sāļu AL | Galvenie ražotāji                          | Populārākās tirgus markas                         |
|---------------------|--|---|
| CaCl <sub>2</sub>   | Dow Inc. (ASV)                             | LiquiDow™<br>Dow Flake™                           |
|                     | Cargill Inc. (ASV)                         | Dustoff®  |
|                     | Occidental Petroleum Corp. (OxyChem) (ASV) | Liquidow™,<br>Dowflake™ Xtra,<br>Anhydrous 94-97% |
|                     | Tetra Chemicals (Zviedrija)                | Roadmaster™                                       |
|                     | Tangshan Sanyou Group Co., Ltd. (Ķīna)     | CaCl <sub>2</sub>                                 |
|                     | Solvay S.A. (Beļģija)                      | Caso®   |
|                     | Tiger Calcium Services (Kanāda)            | Formula 35 Plus Premium Dust Control™             |
|                     | Ward Chemicals (Kanāda)                    | Heavy Brine Plus<br>Calcium Chloride V 1.37       |

| Neorganisko sāļu AL | Galvenie ražotāji                                 | Populārākās tirgus markas   |
|---------------------|---|---|
|                     |   | Calcium Chloride Inhibited W1.32<br>Calcium Chloride W1.32<br>Calcium Chloride Prills<br>MG-30 – (Magnesium Hydroxide in a Calcium Chloride Slurry) |
|                     | Qingdao Huadong Calcium Producing Co. Ltd. (Ķīna) | CaCl <sub>2</sub>   |
|                     | Weifang Haibin Chemical Co. Ltd (Ķīna)            | CaCl <sub>2</sub> , MgCl <sub>2</sub>   |
|                     | Weifang Taize Chemical Industry Co. Ltd (Ķīna)    | CaCl <sub>2</sub>   |
|                     | Zirax Ltd (Krievija)                              | CaCl <sub>2</sub>   |
| MgCl <sub>2</sub>   | Nedmag B.V. (Nīderlande)                          | MgCl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub>   |
|                     | DEUSA International GmbH (Vācija)                 | MgCl <sub>2</sub>   |
|                     | NikoMag (Krievija)                                | MgCl <sub>2</sub>   |
|                     | Skyline Chemical Corporation (ASV)                | MgCl <sub>2</sub>   |
|                     | Compass Minerals (ASV)                            | DUSTGARD®   |
|                     | K+S KALI GmbH (Vācija)                            | MgCl <sub>2</sub>   |
|                     | ICL (Izraēla)                                     | MgCl <sub>2</sub>   |
|                     | HuiTai Investment Co., Ltd (Ķīna)                 | MgCl <sub>2</sub>   |

CaCl<sub>2</sub> ir pieejams gan šķidrā, gan cietā (pārslu vai granulu) veidā. CaCl<sub>2</sub> piesaista gaisa mitrumu un uztur ceļa virsmu pastāvīgi mitru pat salīdzinoši karstos un sausos apstākļos. Tā kā CaCl<sub>2</sub> grants ceļa segumā iekļūst vairāku centimetru dziļumā, tas var veicināt ceļa seguma stabilitātes palielināšanos. Vienlaikus CaCl<sub>2</sub> pazemina ūdens sasaldšanas temperatūru, līdz ar to samazinot grants ceļa segumam radīto kaitējumu ziemā. Līdzīgi darbojas arī MgCl<sub>2</sub>, taču to visbiežāk piegādā šķidrā veidā, aptuveni 30% koncentrācijā. MgCl<sub>2</sub> un CaCl<sub>2</sub> piemīt līdzīgas ūdens piesaistes īpašības, tomēr CaCl<sub>2</sub> saglabā savas gaisa mitrumu saistošās īpašības sausākos apstākļos nekā MgCl<sub>2</sub>. Kad CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub> tiek uzklāti uz grants ceļa seguma, mitruma saturs ceļa virsmā mainās, atkarībā no temperatūras un gaisa relatīvā mitruma. Ja gaisa relatīvais mitrums pārsniedz kritisko robežvērtību, neorganiskais sāls sāk piesaistīt ūdeni, lai mitrums ceļa virsmā līdzsvarotos ar gaisa mitrumu, bet, ja gaisa mitrums ir zems, tad neorganiskais sāls atdod kristalizācijas ūdeni ceļa seguma materiālam, saglabājot to mitru un samazinot putēšanu. CaCl<sub>2</sub> mitruma absorbcijas spēja ir atkarīga no temperatūras: piemēram, 25°C temperatūrā tas sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums jeb kritiskā robežvērtība ir 29%, kamēr 38°C temperatūrā tas sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa mitrums jeb kritiskā robežvērtība ir 20%. Savukārt MgCl<sub>2</sub> neatkarīgi no temperatūras sāk piesaistīt ūdeni no gaisa, ja gaisa relatīvais mitrums jeb kritiskā robežvērtība ir 32%.

Lai arī CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub> ķīmiskā iedarbība ir līdzīga, taču komerciāli pieejamo produktu faktiskā veiktspēja var būt ļoti atšķirīga. Komerciālie CaCl<sub>2</sub> AL ir pieejami augstākā koncentrācijā nekā MgCl<sub>2</sub> AL, kas nozīmē, ka ceļu uzturētāji, kas izmanto vienādu šo materiālu daudzumu, var apstrādāt lielāku virsmas laukumu, izmantojot CaCl<sub>2</sub> nekā MgCl<sub>2</sub>, vai arī, lai samazinātu putekļus vienā un tajā pašā ceļa posmā, būs nepieciešams mazāks daudzums CaCl<sub>2</sub> nekā MgCl<sub>2</sub>. Piemēram, salīdzinot CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub> šķidro AL

veikspēju, ir svarīgi atzīmēt, ka, piemēram, *LIQUIDOW* tehniskā līmeņa  $\text{CaCl}_2$  šķīdums ir pieejams koncentrācijā no 28 līdz 45% un ka putekļu ierobežošanai izmantotās koncentrācijas parasti ir no 35 līdz 45% [3]. Turpretim komerciālos šķīdros magnija hlorīda produktus parasti piegādā 30% koncentrācijā. Tā ir būtiska atšķirība, kā parādīts 1.5. tabulā. 1.6. tabulā parādīta arī sauso  $\text{CaCl}_2$  AL lielāko koncentrāciju priekšrocības salīdzinājumā ar  $\text{MgCl}_2$  AL.

**1.5. tabula**

**Šķidro  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  atputeķļošanas līdzekļu salīdzinājums [3]**

|   | Mērvienība           | $\text{CaCl}_2$ | $\text{MgCl}_2$ |
|---|----------------------|-----------------|-----------------|
| AL koncentrācija (komerciālie produkti)   | %                    | 38              | 30              |
| Aputeķļotā ceļa seguma garums, ko iespējams pārklāt ar vienu 15 141 l (4000 galonu) cisternu-izsmidzinātāju, braukšanas joslas km | Brauktuves kilometri | 2,56            | 1,76            |
| AL līdzekļa daudzums, lai sasniegtu atputeķļošanas efektu 1 km garai braukšanas joslai  | litrs                | 5800            | 8600            |

**1.6. tabula**

**Sauso  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  atputeķļošanas līdzekļu salīdzinājums [3]**

|   | Mērvienība           | $\text{CaCl}_2$ | $\text{MgCl}_2$ |
|---|----------------------|-----------------|-----------------|
| AL koncentrācijas (komerciālie produkti)  | %                    | 83 – 87         | 47              |
| Aputeķļotā ceļa seguma garums, ko iespējams pārklāt ar vienu 22 tonnu AL izklieģētāju, braukšanas joslas km | Brauktuves kilometri | 5,44            | 2,88            |
| AL līdzekļa daudzums, lai sasniegtu atputeķļošanas efektu 1 km garai braukšanas joslai                      | tonna                | 4,0             | 7,64            |

Zemāks  $\text{CaCl}_2$  lietošanas līmenis var nozīmēt arī transporta, cilvēkstundu un aprīkojuma izmaksu ietaupījumu. Savukārt kā  $\text{CaCl}_2$  trūkumi jāmin mitruma absorbcijas spējas atkarība no temperatūras. Vienlaikus abu neorganisko sāļu AL pielietojumu ietekmē laikapstākļi iestrādes brīdī un pēc tās, jo lietus laikā notiek  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  izskalošanās. Jāmin arī tas, ka gan  $\text{CaCl}_2$ , gan  $\text{MgCl}_2$  var palielināt transportlīdzekļu korozijas riskus.

**1.1.2. Bitumena emulsijas atputeķļošanas līdzekļi**

Samērā izplatīts produkts, daudzās pasaules valstīs, putekļu veidošanās ierobežošanai no grants seguma ceļiem ir lēni sadaloša bitumena emulsija, t.i., bitumena pilienu dispersija ūdens šķīdumā virsmas aktīvās vielas klātbūtnē. Virsmas aktīvās vielas īpašības nosaka emulsijas lādiņu, kas ļauj iegūt katjonu bitumena emulsijas, anjona

bitumena emulsijas vai nejoniskas bitumena emulsijas. Putekļu veidošanās ierobežošanai galvenokārt izmanto katjonu bitumena emulsijas.

Bitumena emulsijas sadalīšanās rezultātā bitumena daļiņas izdalās no ūdens fāzes, izveidojoties relatīvi cietam bitumena slānim, kas piesaistās nesaistītā seguma materiāla daļiņu virsmai. Bitumena daļiņu lielais izmērs ir par iemeslu tam, ka bitumens neiesūcas seguma dziļākos slāņos, kas rada risku, ka uz grants seguma virsmas var veidoties cieta, trausla "garoza", kura ir pakļauta sadrupšanas riskam satiksmes un klimata ietekmē. Šo problēmu risina bitumena emulsiju atšķaidot ar ūdeni un negaistošiem sveķiem, kuri izšķīdina asfaltēnus (asfaltēni ir viena no bitumena ķīmiskā sastāva daļām, kopā ar piesātinātajiem organiskajiem savienojumiem, aromātiskajiem savienojumiem un sveķiem), samazinot to daļiņu izmērus un nodrošinot labāku bitumena iesūkšanos ceļa segumā. Bitumena emulsijas lietošanas daudzums ir atkarīgs no daudziem faktoriem (ceļa seguma stāvoklis, atputeķļojamās kārtas biezums, bitumena emulsijas koncentrācija, nepieciešamā atputeķļošanas pakāpe u.tml.) un var svārstīties no 0,5 l/m<sup>2</sup> līdz 4,5 l/m<sup>2</sup>. Svarīgi atzīmēt, ka grants seguma kārtā, kas apstrādāta ar bitumena emulsiju, saglabā nesaistīta maisījuma īpašības un ir planējama. Neskatoties uz to, ka bitumena emulsijas atputeķļošanas efekts ir daudzgadīgs, šīs metodes pielietošana ir riskanta apkārtējai videi, jo, iestrādes laikā apkārtējā vidē intensīvi izdalās gaistošie organiskie savienojumi. Gaistošo organisko savienojumu izdalīšanos gan var samazināt, pievienojot specifiskas piedevas. Jāņem arī vērā, ka lietus pirmo 24 h laikā pēc iestrādes var aizskalot nesacietējušo bitumena emulsiju uz blakus esošajām teritorijām. Savukārt uz ceļiem, kurus regulāri apstrādā ar bitumena emulsiju, veidojas liela bitumena koncentrācija, kas ir vides problēma ilgtermiņā, jo neizbēgami tuvākā vai tālākā nākotnē būs jārisina jautājumi par šī bitumena iznīcināšanu, deponēšanu vai pārstrādi.

Bitumena emulsijas globālajā tirgū piedāvā gan pasaulē labi zināmas naftas pārstrādes kompānijas (tādas kā *British Petroleum, Chevron Texaco Corporation, Shell Global, Total S.A., Nynas AB, JX Nippon Oil & Energy Corporation, Indian Oil Corporation, China Petrochemical Corporation, RAHA Group, RAD group*) gan vairāki reģionālie ražotāji, piemēram, SIA Ceļu emulsija HL Latvijā.

Līdzīgi kā neorganisko sāļu AL tirgū (1.1.1.1. tabula), vairāki ražotāju piedāvātie bitumena emulsiju sastāvi ir patentēti. Piemēram, *Vägverket* – Zviedrijas ceļu administrācija – 1995. gadā ir reģistrējusi patentu E01C 7/36 "Putekļu saistīšana ar emulsiju", kurā aprakstīts gan atputeķļošanai lietojamās bitumena emulsijas sastāvs, gan arī tehnoloģiskie nosacījumi bitumena emulsijas lietošanai atputeķļošanas darbu izpildei.

Patentā aprakstītā metode ir paredzēta nesaistītu grants ceļu apstrādei, vispirms uzklājot grants kārtu, pēc tam šai grants kārtai uzklājot puteķļus saistošu bitumena emulsiju, nekavējoties to iemaisot grants kārtā un noslēgumā sablīvējot. Puteķļus saistošā bitumena emulsija sastāv no: 20-40 % bitumena, 0,1-0,3 % emulgatora, 1-4 % vieglā šķīdinātāja, 60-80 % ūdens un 0,1-0,3 % adhēzijas piedevas. Puteķļus saistošo bitumena emulsiju sagatavo, pamatemulsiju (kura sastāv no: 40-80% bitumena, 0,2-0,6% emulgatora, 2-8% vieglā šķīdinātāja, 30-40% ūdens un 0,2-0,6% adhēzijas piedevas), samaisot vienādās daļās ar ūdeni (50/50).

Kā pamatojums grants seguma atputeķļošanai ar bitumena emulsiju tika minēts tas, ka grants segumu atputeķļošanai tradicionāli lietotie hlorīdi izraisa transportlīdzekļu metāla virsmu koroziju. Turklāt ar hlorīdiem apstrādāta grants seguma virsma lietus laikā kļūst "dubļaina", tādējādi pasliktinot braukšanas apstākļus.

Definētie izgudrojuma mērķi bija:

- izstrādāt metodi grants ceļu apstrādei ar putekļus saistošu bitumena emulsiju, kas nodrošina atputeķļošanu, kā arī apmierina grants seguma funkcionālās īpašības ekonomiski izdevīgā veidā;
- radīt putekļus saistošu bitumena emulsiju un tās sagatavošanu no pamatemulsijas;
- nodrošināt, ka bitumena emulsija efektīvi saista putekļus, ka grants segumu pēc nepieciešamības var planēt, profilēt un sablīvēt, vienlaicīgi ievērojami samazinot ieguldījumu ikgadēji nepieciešamajai grants segumu uzturēšanai;
- ietekmes uz vidi samazināšana, salīdzinot ar hlorīdu lietošanu;
- priekšrocības satiksmes dalībniekiem ar to, ka transportlīdzekļu metāla virsmas netiek pakļautas korozijai.

Patentā rekomendēts putekļu saistošo bitumena emulsiju sagatavot divos posmos. Pirmajā posmā sagatavo pamatemulsiju, kura satur 40-80 % (parasti 60%) mīksto bitumenu, kura vidējā kinemātiskās viskozitātes vērtība 60 °C temperatūrā ir 2000 mm<sup>2</sup>/s. Šis mīkstais bitumens var sastāvēt no ceļu bitumena B180 ar kinemātisko viskozitāti 135 °C temperatūrā - 180 mm<sup>2</sup>/s, kurš ir sajaukts ar 20-30 % plastifikators. Plastifikatoram ir jābūt eļļas destilātam, kas iegūts destilācijas procesā, sagatavojot bitumenu no jēlnaftas. Mainot plastifikatora daudzumu, galaprodukta viskozitāti var regulēt pēc vajadzības. Mīkstā bitumena pagatavošanai var izmantot arī citu bāzes bitumenu, piemēram, B 60, B 85 u.tml. Lai paaugstinātu bitumena emulsijas viskozitāti, jāpievieno 2-8 % (parasti 5%) plastifikators (vieglais šķīdinātājs ar vārīšanās temperatūru 300-500 °C), 0,2-0,6 % (parasti 0,4%) emulgators, piemēram, *LILAMULS® EM 44* (atbilstoši *Berol Nobel AB* terminoloģijai), kas ir modificēts alkildiamīns, un 0,2-0,6 % (parasti 0,3%) diamīna tipa adhēzijas piedeva, piemēram, *DIAMIN HBG* (atbilstoši *Berol Nobel AB* terminoloģijai). Pēc tam visu samaisot emulsijas dzirnavās ar 30-40 % (parasti apmēram 35 %) ūdeni iegūst "pamatemulsiju". Otrajā posmā "pamatemulsiju" vienādās daļās samaisa ar ūdeni, rezultātā iegūstot putekļus piesaistošu bitumena emulsiju, kas tiek izmantota uz ceļa. Otrais posms parasti tiek veikts uz ceļa. Tādējādi noliktavās tiek uzglabāta tikai "pamatemulsija".

Patentā rekomendēts, ka, apstrādājot grants ceļu, papildus putekļu saistošajai emulsijai, ir jāiestrādā arī papildus grants maisījums, kura granulometriskajam sastāvam (0/16 mm vai 0/18 mm) jāatbilst Valsts autoceļu direkcijas prasībām. Pirms apstrādes grants segums jāpagatavo ar nepieciešamo garenprofilu un šķērsprofiliem, jābūt nodrošinātai labai ūdens atvadei no grants seguma virsmas, nepieļaujot stāvošu ūdeni.

Saskaņā ar patentā rekomendēto, pēc bitumena emulsijas izliešanas uz sagatavotā grants seguma virsmas uzreiz veic greiderēšanu ar autogreideri, kura lāpsta aprīkota ar sistēmu *SYSTEM 2000* (atbilstoši *Sandvik AB* terminoloģijai), putekļus piesaistošo bitumena emulsiju iemaisot grants kārtā. Greidera darba dziļumam jābūt no 2,0 līdz 3,5 cm. Ja nepieciešams, darba procedūru atkārto vēl vienu reizi, lai iegūtu ar bitumena emulsiju vienmērīgi samaisītu ceļa seguma materiālu. Sablīvēšanai var tikt izmantota atbilstoši pielāgota ūdens cisterna, nodrošinot arī korektu mitruma uzturēšanu maisījumā. Lai tiktu sasniegti labi rezultāti, blīvēšana jāveic precīzi.

Kopumā atputeķļošanu ar bitumena emulsiju patentā rekomendēts veikt 3 soļos:

- 1. solis. Grants maisījuma uzklāšana (7-15 l/m<sup>2</sup>), t.i., papildus grants materiāla pievešana un izlīdzināšana, ja nepieciešams, mitrinot.
- 2. solis. Putekļus saistošās bitumena emulsijas iestrāde
  - ✓ 2.1. solis. Putekļus saistošās bitumena emulsijas izsmidzināšana (0,5-2,0 kg/m<sup>2</sup>, vēlams 0,8-1,2 kg/m<sup>2</sup>).

- ✓ 2.2. solis. Tūlīt pēc bitumena emulsijas izsmidzināšanas, tās samaisīšana ar grants materiālu ar autogreideri. Samaisāmās grants kārtas biezums 2,0-3,5 cm.
- ✓ Pēc nepieciešamības putekļus saistošo bitumena emulsijas izsmidzināšanu ar sekojošu iemaisīšanu var atkārtot, nodrošinot augstāku iepaisīšanas pakāpi.
- 3. solis. Sablīvēšana (pēc tam, kad virsma ir nedaudz nožuvusi), piemēram, izmantojot pielāgotu laistīšanas transportlīdzekli. Var būt nepieciešama arī neliela pēclaistīšana.

Tūlītēja putekļus saistošās bitumena emulsijas samaisīšana ar grants materiālu (2. solis) nozīmē, ka samaisīšana jāveic pirms bitumena emulsijas sadalīšanās. Pēc putekļus saistošās bitumena emulsijas sadalīšanās, t.i., bitumena emulsijai pārejot divās atsevišķās fāzēs (mīkstais bitumens un ūdens), ūdens iztvaikos (virsma izzūs) un samaisītā kārta sastāvēs no mīkstā bitumena un grants maisījuma. Lai virsmas žūšanas laikā pirms sablīvēšanas novērstu caur atputeķļojamo posmu braucošo transportlīdzekļu savstarpēju notāšķīšanu (nosmērēšanu), ir jānosaka distances u.c. nepieciešami satiksmes organizācijas ierobežojumi.

Segums noformējas dažu stundu laikā pēc sablīvēšanas. Rezultātā iek iegūta samērā stingra virsma apmēram 2-3 cm biezumā. Eksploatācijas periodā segumam gan ir nepieciešama regulāra apkope, bet daudz mazākā apjomā kā iepriekš.

Patentā aplēsts, ka četru gadu laikā grants ceļa segums varētu tikt apstrādāts pēc šāda grafika:

- 1. gads. Uz grants seguma tiek uzklāts 7-15 l/m<sup>2</sup> jauns grants materiāls 0/18 mm vai 0/16 mm un aptuveni 2 kg/m<sup>2</sup> putekļus saistoša bitumena emulsija;
- 2. gads. Uz grants seguma netiek uzklāts jauns grants materiāls, vai tiek uzklāts 3-5 l/m<sup>2</sup> tāds pats jauns grants materiāls kā 1. gadā un aptuveni 1 kg/m<sup>2</sup> putekļus saistoša bitumena emulsija;
- 3. gads. Uz grants seguma netiek uzklāts jauns grants materiāls un putekļus saistoša bitumena emulsija, iespējams, ir nepieciešama grants seguma greiderēšana un blīvēšana;
- 4. gads. Tas pats, kas 3. gadā, vai, ja nepieciešams, tas pats, kas 2. gadā.

Šādas apstrādes rezultātā uz brauktuves tiek uzklāts 7-20 l/m<sup>2</sup> jauns grants materiāls un seguma virsējā kārtā iestrādātā bitumena daudzums līdzinās bitumena daudzumam, kas nepieciešams, piemēram, vienkārtas virsmas apstrādei.

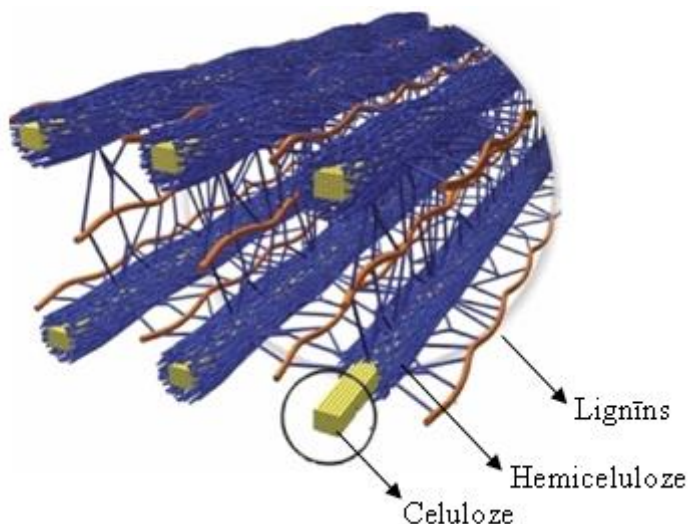
Izmaksas 1. gadā būs augstākas nekā atputeķļošanas izmaksas, piemēram, ar kalcija hlorīdu. 2. gadā izmaksas būs līdzīgas ar atputeķļošanas izmaksām, izmantojot kalcija hlorīdu. Savukārt sākot no 3. gada atputeķļošanas izmaksas būs zemākas.

### **1.1.3. Lignosulfonāti un citi atputeķļošanas līdzekļi uz dabiskā ceļā noārdošos izejvielu bāzes**

Atputeķļošanas līdzekļi, veidojušies uz dabiskā ceļā noārdošos izejvielu bāzes, ir organiskas izcelsmes produkti, kas tiek iegūti no koksnes, dažādiem augiem, baktērijām, micēlijā utt. Biežāk izmantotie dabisko savienojumu AL ir lignosulfonāti, hitozāns, guāra sveķi, ksantāna sveķi un kukurūzas ciete. Salīdzinājumā ar citiem no atjaunojamiem resursiem iegūtiem AL, izplatītākie ir lignosulfonāti (LS), jo tie ir plaši

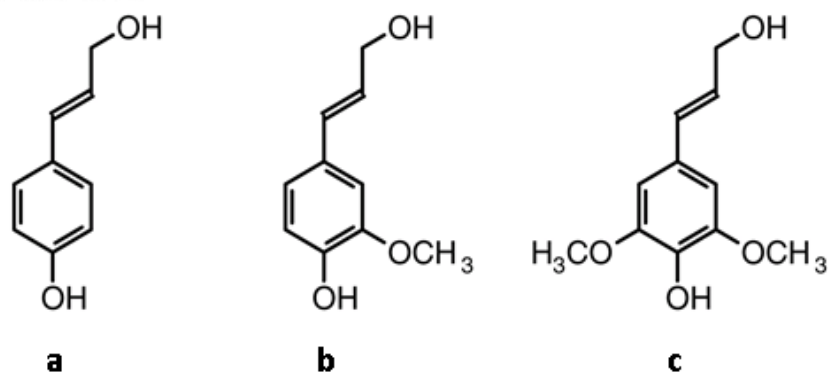
pieejami, to potenciālā atputeķļošanas efektivitāte ir relatīvi labi izpētīta, un noteiktos ekspluatācijas apstākļos to veikspēja ir salīdzināma vai pat labāka nekā neorganisko sāļu AL. Vienlaikus LS AL ir bionoārdāmi, to noārdīšanās produkti nav toksiski un ar laiku LS veido humusvielām līdzīgus savienojumus, kuri uzlabo ceļa apkārtņē esošo augsni. Līdz ar to sagaidāms, ka LS AL potenciālā negatīvā ietekme uz vidi būs mazāka nekā neorganisko sāļu un bitumena emulsiju AL gadījumā, kas ir īpaši nozīmīgi veicot meža autoceļu atputeķļošanu jutīgu biotopu tuvumā.

Lignocelulozes biomasa sastāv no celulozes, hemicelulozes un lignīna, kuri cits ar citu savienoti gan ar kovalentām, gan ūdeņraža saitēm. Lignīns kopā ar celulozi un hemicelulozi ir galvenā koku, kā arī augu un lauksaimniecības kultūru sastāvdaļa (skat. 1.5. att.). Pateicoties lignīna klātbūtnei, lignocelulozes biomasa ir izturīgāka, jo lignīns, aizpildot šūnu sienīņu telpu, kalpo par saistvielu celulozes šķiedru pastiprināšanai. Lignocelulozes biomasā lignīna saturs svārstās no 18 līdz 38%. Lignīna saturs dažādās lignocelulozes biomasas daļās ir ļoti mainīgs, visvairāk tas koncentrējas stumbra vidusdaļā un lejasdaļā. Lignīns ir liels oglekļa avots un līdz ar to arī bagātīgs enerģijas nesējs ar augstu siltumietilpību. Viena no svarīgām īpašībām, kas piemīt lignīna savienojumiem, ir spēja bionoārdīties mikroorganismu klātbūtnē, neradot toksiskus produktus, kas liecina par lignīna savienojumu nekaitīgumu videi.



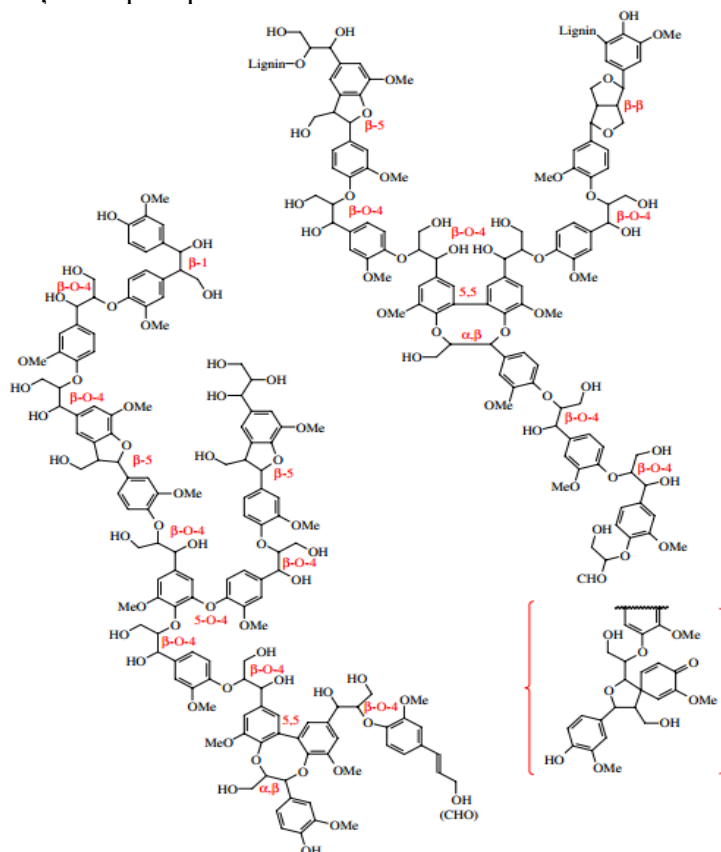
**1.5. att. Lignocelulozes biomasas shematiskā struktūra [4]**

Lignīna makromolekulas struktūra veidojas trīs monolignīnu – p-kumaril-, sinapil- un koniferilspirtu biosintēzes rezultātā (skat. 1.6. att.).



**1.6. att. Lignīna monomēri: a – kumarilspirts; b – koniferilspirts; c – sinapilspirts**

Lignīna makromolekulas struktūra ir kompleksa un sastāv no sazarotām polimēra ķēdēm (skat. 1.7. att.). Lignīns satur daudz funkcionālo grupu: hidroksil-, karboksil-, metoksil-, aldehīd- un keto- grupas. Pateicoties makromolekulas funkcionālajam sastāvam, lignīnam piemīt saistošas īpašības, kuras realizējas lignocelulozes biomasas šūnā celulozes šķiedru pastiprināšanai.



**1.7. att. Lignīna makromolekulas struktūra**

Lignosulfonāti ir lignīna sulfoatvasinājumi. Lignosulfonāta sāļus iegūst kā blakusproduktus koksnes sulfītdelignifikācijas procesā celulozes ražošanā 140 – 145°C

temperatūrā un 0,6 – 0,7 MPa spiedienā. Celulozi atdala no vārīšanas šķīduma, veicot filtrēšanu, cukurus fermentē ar raugiem, lai iegūtu etilspirtu, bet lignosulfonātus koncentrē, iztvaicējot ūdeni, un pārdod kā bioproduktu. Lignosulfonāta makromolekulas bez hidroksilgrupām un karboksilgrupām satur arī jonizētās sulfogrupas, kas piedod tām negatīvu lādiņu, kurš ir līdzsvarots ar pozitīvi lādētiem katjoniem un ļauj reaģēt ar ķīmiskajām vielām. Rezultātā veidojas modificētie lignosulfonāti, kam piemīt uzlabotas saistošās vai citas īpašības – atkarībā no izmantotā ķīmiskā modifikatora un modificēšanas metodes.

Lignosulfonātus izmanto:

- cementa rūpniecībā, lai atvieglotu cementa malšanu, palielinātu tā smalkuma pakāpi un kvalitāti;
- tekstilrūpniecībā – kubla krāsošanā, jo, pievienojot krāsai lignosulfonātu šķīdumu, iegūst vienmērīgāku krāsas sadalījumu uz šķiedrām;
- kā piedevas ģipsim (izgatavojot ģipša šķiedru plātnes);
- kā urbšanas eļļu piedevas;
- emulsiju stabilizācijai;
- kā flotācijas līdzekli;
- kā piedevu miecvielām;
- metalurģijā, pievienojot tos kā saistvielu veidzemes smilšu-mālu maisījumam;
- lopbarībai;
- **augšnes virsmas stabilizācijai pret ūdens un vēja eroziju, kā arī putekļu daudzuma samazināšanai nesaistītos ceļa segumos, piemēram, grants ceļos.**

Lignosulfonātu globālais pieprasījums Ziemeļamerikā (ASV, Kanāda), Eiropā (Norvēģija, Zviedrija, Vācijā), Āzijas Klusā okeāna reģionā (Ķīna, Japāna), Austrālijā, Malaizijā un Latīņamerikā (Brazīlija) 2019. gadā veidoja gandrīz 790,6 miljonus ASV dolāru un tiek prognozēts, ka līdz 2027. gadam tas pārsniegs 1033,63 miljonus ASV dolāru. Lignosulfonātu pasaules tirgus ir mēreni konsolidēts; tirgū dominē galvenie uzņēmumi ar spēcīgu ietekmi pasaulē (skat. 1.7. tabulu). Tomēr no praktiskās pielietojamības viedokļa liela nozīme ir jebkuram tuvākajā reģionā darbojošam celulozes rūpniecības uzņēmumam, piemēram, SIA KU OLDI, kas spētu nodrošināt lētu izejvielu LS AL ražošanai.

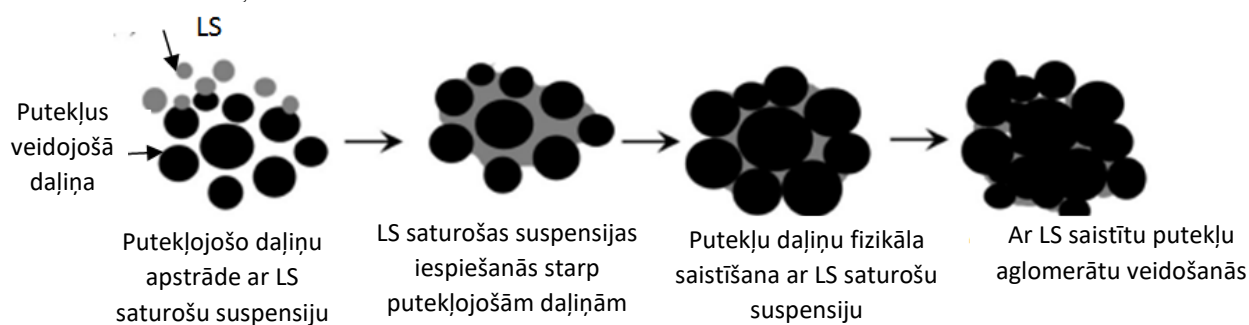
**1.7. tabula**

### **Galvenie LS tirgū darbojošies uzņēmumi**

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Lignosulfonātu AL galvenie ražotāji  | Populārākās tirdzniecības markas |
| <b>Borregaard, Norvēģija</b>   | <b>Dustex®</b>                   |
| <b>Burgo Group, Beļģija</b>  | <b>Lignīna produkti</b>          |
| <b>Lignostar, Nīderlande</b>   | <b>NODUST®</b>                   |
| Nippon Paper Industries Co., Japāna  | San X® sērijas produkti          |
| <b>Rayonier Advanced Materials/Tembec Inc., ASV, un Borregaard, Norvēģija, kopuzņēmums</b> | <b>Lignīna produkti</b>          |
| Sappi Limited, DĀR   | Lignex®                          |
| Shenyang Xingzhenghe Chemical Co. Ltd., Ķīna   | Lignosulfonāti                   |
| Wuhan Xinyingda Chemicals Co. Ltd., Ķīna   | Lignosulfonāti                   |

Ievērojot liela apjoma lignosulfonātu blakusproduktu veidošanos, celulozes pārstrādes uzņēmumi ne tikai meklē iespējas lignosulfonātu realizācijai, bet arī izstrādā savus modificētos produktus, kuru papildus pievienoto vērtību nosaka izcelsme no atjaunojamām izejvielām un noārdīšanās spēja. Ievērojot šo potenciālu vienlaikus interesi par specifisku produktu, tostarp, AL, izstrādi no lignosulfonātiem izrāda arī vietējais uzņēmums SIA VINCENTS.

LS piemīt izteiktas adhezīvās īpašības, pateicoties kurām tos plaši izmanto kā komponentus dažādās līmēs un saistvielās. Iestrādājot LS ūdens šķīdumu grants putekļainajā virsmā, tas fizikāli-ķīmiskās mijiedarbības rezultātā sasaista putekļu daļiņas: vispirms – primāros agregātos, pēc tam lielizmēra agregātos, kas pēc tam veido grants-putekļu aglomerātus (skat. 1.8. att.). Šo procesu var pielīdzināt grants virsmas cementēšanai LS šķīduma ievadīšanas rezultātā.



**1.8. att. Putekļu saistīšanās shēma ar lignosulfonātiem**

#### **1.1.4. Ārzemju un Latvijas pieredzes apkopojums par atputekļošanas līdzekļu izmantošanu**

##### **1.1.4.1. Igaunija**

Igaunijā ceļa segumu atputekļošanu ar kalcija hlorīdu reglamentē specifikācijas "Tehnoloģiskie norādījumi ceļu apkopes darbiem. Norādījumi atputekļošanai ar kalcija hlorīdu", kas apstiprinātas ar Igaunijas valsts Ceļu pārvaldes ģenerāldirektora 12.12.2007. direktīvu nr. 255 [5].

Specifikācijā norādīts, ka atputekļošanai  $\text{CaCl}_2$  var izmantot vai nu cietā (pārslas vai granulas) vai šķīduma veidā. Pārslās  $\text{CaCl}_2$  saturam jābūt 77 – 80%, bet maksimālajam  $\text{CaCl}_2$  saturam šķīdumā jābūt 37 – 41%.  $\text{CaCl}_2$  var izšķīdināt ūdenī arī objektā, izmantojot tam piemērotu maisītāju. Specifikācijā norādītas arī  $\text{CaCl}_2$  pielietošanas dozas. Piemēram, 1.8. tabulā parādīts tipiskākais  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums t/km, atputekļošanu veicot pavasarī.

**1.8. tabula**

**Tipiskākais  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums, atputekļojot pavasārī**

| Satiksmes intensitāte,<br>automašīnas/diennaktī | Ceļa platums, m/ $\text{CaCl}_2$ izlietojuma daudzumu, t/km |     |     |
|---|---|-----|-----|
|   | 5,0   | 6,0 | 7,0 |
| > 500   | —   | 2,0 | 2,5 |
| 200 – 500                                       | 1,2   | 1,6 | 2,0 |
| 100 – 200                                       | 0,9   | 1,3 | 1,5 |
| < 100   | 0,7   | 0,9 | 1,1 |

Lielāks  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums vēlams ceļa posmos atklātā apvidū, ja tiešā ceļa tuvumā ir apdzīvotas vietas vai augļu un ogu lauki.  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums var būt mazāks ceļa mežu posmos vai posmos ar zemu uzbērumu.

Specifikācijā noteiktas arī prasības grants frakcionālajam sastāvam. Maksimālais pieļaujamais grants frakcijas izmērs ir 16 mm. Ja 0/16 grants maisījuma struktūrā trūkst smalkās daļiņas (< 0,074 mm; 10 – 16 svara %), tad jāpievieno māls vai slānekļa pelni. Māla daļiņu (< 0,002 mm) saturam no smalko daļiņu daudzuma jābūt vismaz 25 svara %, bet labāk, ja māla daļiņu saturs ir > 50 svara %.

Pareiza materiāla izmantošana grants segumam nodrošina grants ceļa seguma izturību un noturību visos apstākļos. Ūdens neiesūcas ceļa konstrukcijā un nemīkstina grants segumu. Grants seguma virsējai kārtai jābūt 50 mm biezumā.

$\text{CaCl}_2$  iestrādes etapi parādīti 1.9. attēlā. Vispirms brauktuves vidū ar autogreideri izveido valni, tad abās ceļa joslās visā brauktuves platumā izklieš  $\text{CaCl}_2$  (skat. 1.5. att. a). Pēc  $\text{CaCl}_2$  izkliešanas grants materiālu ar autogreideri pārmaisa un izlīdzina (skat. 1.5. att. b). Lai  $\text{CaCl}_2$  labāk izšķīstu, ceļš ir jāapplaista (skat. 1.5. att. c). Beigās, kamēr ceļa segums vēl ir mitrs, ceļa virsmu pieblīvē, vislabāk darba izpildē iesaistīto tehniku aprīkojot ar uzkarināmu veltni vai blieti (skat. 1.9. att. d).

a

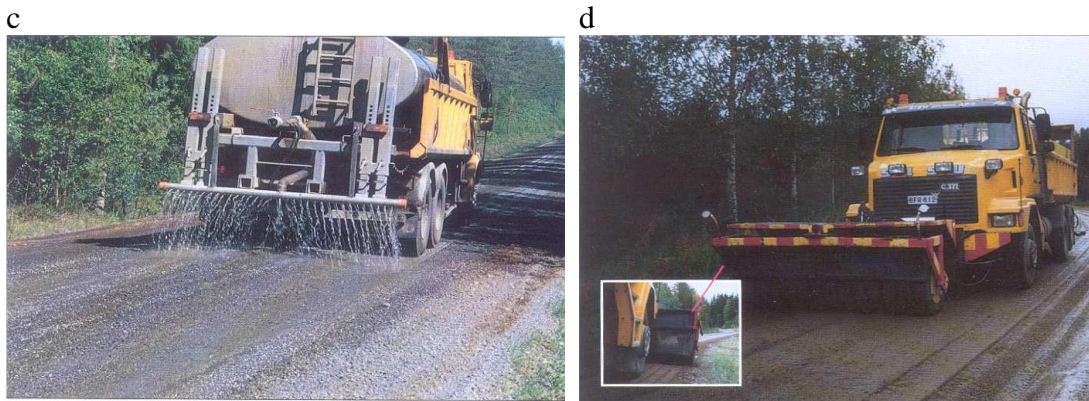


b



*(turpinājums nākošajā lapaspusē)*

(turpinājums no iepriekšējās lapaspuses)



**1.9. att. Kalcija hlorīda iestrāde: a) izkliešana; b) grants materiāla pārmaisīšana un izlīdzināšana; c) laistīšana; d) blīvēšana**

Kalcija hlorīda iestrāde jāveic tūlīt pēc lietus. Kalcija hlorīda daudzums jāizvēlas tā, lai rudenī nevajadzētu veikt papildapstrādi. 1.9. tabulā dots atbilstošās koncentrācijas AL šķīduma izgatavošanai nepieciešamais  $\text{CaCl}_2$  pārslu daudzums pie dažādām  $\text{CaCl}_2$  iestrādes devām.

**1.9. tabula**

**Šķīduma daudzums ( $\text{m}^3$ ) ar dažādu  $\text{CaCl}_2$  saturu, kas atbilst pārslu daudzumam**

| CaCl <sub>2</sub> saturs šķīdumā, % | Pārslu kalcija hlorīda saturs, t/km (CaCl <sub>2</sub> saturs 77%) |      |      |      |       |      |
|-------------------------------------|--|------|------|------|-------|------|
|                                     | 0,5  | 0,8  | 1,0  | 1,3  | 1,5   | 2,0  |
| 37                                  | 0,76   | 1,22 | 1,52 | 1,97 | 2,28  | 3,04 |
| 38                                  | 0,73   | 1,17 | 1,47 | 1,91 | 2,20  | 2,94 |
| 39                                  | 0,71   | 1,14 | 1,42 | 1,85 | 2,013 | 2,84 |
| 40                                  | 0,69   | 1,10 | 1,38 | 1,79 | 2,06  | 2,75 |
| 41                                  | 0,67   | 1,07 | 1,33 | 1,73 | 2,00  | 2,66 |
| 42                                  | 0,65   | 1,03 | 1,29 | 1,68 | 1,94  | 2,58 |
| 43                                  | 0,63   | 1,00 | 1,25 | 1,63 | 1,88  | 2,50 |
| 44                                  | 0,61   | 0,97 | 1,22 | 1,58 | 1,82  | 2,43 |

Specifikācijā rekomendēts apstrādi ar  $\text{CaCl}_2$  noslogotos vai atklātos grants ceļa posmos atkārtot vasarā. Papildu kalcija hlorīda iestrāde jāveic arī tad, ja ceļa virsma ir kļuvusi nelīdzena un to nepieciešams planēt. Nepieciešamais kalcija hlorīda daudzums, kas tiek izmantots papildu atputeķlošanai vasarā, ir mazāks nekā pavasarī.

Papildus  $\text{CaCl}_2$  Igaunijā nedaudz tiek izmantoti arī citi atputeķlošanas materiāli. Tie ir ģipsis, lignīns (10% vai 45% šķīduma veidā), kā arī  $\text{MgCl}_2$ , kas lietošanā ir līdzīgs  $\text{CaCl}_2$ . Tomēr pēc Igaunijas pieredzes var konstatēt, ka lielā kristalizācijas ūdens daudzuma dēļ  $\text{MgCl}_2$  jālieto par 10% vairāk nekā  $\text{CaCl}_2$ .

Igaunijas Ceļu pārvalde 2014. gadā uzsāka pētniecības un izstrādes darbu “Atputeķlošanas metodes grants ceļiem, lai no valsts viedokļa identificētu rentablus atputeķlošanas risinājumus” [6]. 2014. gadā *Ramboll Eesti AS* veica izstrādes darbu pirmo posmu, kā rezultātā tika identificēti atputeķlošanas materiāli un metodes, kuras

tika pārbaudītas izstrādes darba otrajā posmā 2015. un 2016. gadā. Turklāt tika pārbaudīti grants stabilizācijas materiāli, lai varētu izveidot vieglus pārklājumus bez putekļiem.

Pētījumā [6] sniegts pārskats par 2015. un 2016. gadā veikto materiālu un metožu pārbaudes rezultātiem atputeķļošanai un grants ceļu stabilizēšanai, tostarp materiālu un izmantoto metožu efektivitātes salīdzinājums, pamatojoties uz posmu vizuālajām pārbaudēm, laboratorijas testiem, mērījumiem un ekspluatācijas izmaksu analīzi (skat. 1.10. tab.).

Atputeķļošanas materiālu efektivitātes testēšana tika veikta uz otrās šķiras ceļa Nr. 16176 *Vanamōisa – Koonga – Ahaste, Mihkli – Koonga* posmā, no 11,8 km līdz 16,9 km. Atputeķļošana tika veikta 467 m garos posmos ar granulētiem kalcija un magnija hlorīdiem un to šķīdumiem, neapstrādātu rapšu eļļu, neorganiskā silīcija polimēra *LBS* (*Silicate Polymer*) un akrilāta šķīduma *LDC* (*Liquid Dust Control*) kombināciju, kā arī bitumena emulsiju (skat. 1.10. tab.). Turklāt tika izbūvēta papildināta (ķīlēta) virsmas apstrāde.

Grants seguma stabilizācija tika veikta arī uz otrās šķiras ceļa Nr. 24109 *Kōo – Kolga – Jaani* posmā, no 17,7 km līdz 19,1 km. Stabilizācijai vienā posmā tika izmantots cements ar *InfraCrete* modificējošo minerālpiedevu, bet otrā – cements un akrilāta polimēra M10 + 50<sup>TM</sup> un neorganiskā silīcija polimēra *LBS* maisījuma šķīdumu. Stabilizētie testa posmi tika izbūvēti ar ķīlētu virsmas apstrādi – ar bitumena emulsiju BE67B4 un sīkšķembām 8/12&4/8.

Pārbaudes posmos putekļu emisiju mērīja Igaunijas Vides izpētes centrs (skat. 1.10. att.). Pamatojoties uz izmērītajām putekļu emisiju koncentrācijām (miligrami uz kubikmetru, mg/m<sup>3</sup>), putekļu momentānajām emisijām (miligrami sekundē, mg/s) un putekļu īpatnējām emisijām (miligrami uz transportlīdzekļa kilometru, mg/m<sup>3</sup>/km) tika aprēķinātas un apkopotas smalko daļiņu frakcijas attiecībā uz *PM10*, *PM2,5* un *PM1,0*.



**1.10. att. Putekļu emisiju mērīšana**

Pamatojoties uz vienīgi uz atputeķļošanas efektivitātes rādītājiem (skat. 1.10. tabula), var secināt, ka grants segumi, kas apstrādāti ar granulētiem hlorīdiem, uzrāda vislabākos rezultātus.

## 1.10. tabula

### Izmērītā *PM10* emisija un aprēķinātās izmaksas

| Nr. | Materiāls                          | <i>PM10</i> emisija (mg/pārbrauciena km) |             | 25 gadu diskontētās ekspluatācijas izmaksas, EUR/km |
|-----|------------------------------------|--|-------------|---|
|     |                                    | 21.07.2015.                              | 19.08.2016. |   |
| 1   | Ķīlēta virsmas apstrāde (8/12&4/8) | 57,32                                    | 392,53      | 45 706  |
| 2   | Vienkārtas virsmas apstrāde (8/12) | 123,42                                   | 428,55      | 45 853  |
| 3   | Bitumena emulsija                  | 138,42                                   | 2 321,94    | 99 454  |
| 4   | Grants                             | 6 885,68                                 | 11 603,40   | 34 794  |
| 5   | Grants                             | 8 839,50                                 | 27 771,94   |   |
| 6   | LBS un LDC maisījums               | 1 951,63                                 | 26 507,06   | 13 6173   |
| 7   | Neapstrādāta rapšu eļļa            | 1 393,69                                 | 3 686,44    | 107 228   |
| 8   | CaCl <sub>2</sub> šķīdums          | 247,23                                   | 3 136,18    | 43 549  |
| 9   | MgCl <sub>2</sub> šķīdums          | 160,67                                   | 473,61      | 46 857  |
| 10  | Granulēts MgCl <sub>2</sub>        | 309,14                                   | 222,05      | 51 819  |
| 11  | Granulēts CaCl <sub>2</sub>        | 204,10                                   | 231,02      | 46 030  |

Kopumā, pamatojoties uz 2015. un 2016. gadā veiktās atputeķļošanas rezultātiem, var secināt, ka, ņemot vērā izmērīto puteķļu emisijas daudzumu un izvērtējot 25 gadu ekspluatācijas izmaksas, granulētajam CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub> starp visiem pētījumā izmantotajiem atputeķļošanas materiāliem dodama priekšroka, ja ikgadējā vidējā diennakts satiksmes intensitāte AADT ir līdz 100 automašīnām diennaktī. Savukārt, stabilizēta grants seguma vizuālā uzraudzība, mērījumi un testi liecina, ka grants seguma nestspējas uzlabošanai izmantotie *InfraCrete*, M10 + 50<sup>TM</sup> un *LBS* materiāli nav piemēroti vienkāršai atputeķļošanai šo metožu augsto ekspluatācijas izmaksu un zemākas atputeķļošanas efektivitātes dēļ.

#### 1.1.4.2. Zviedrija

Grants ceļi veido aptuveni 35% no Zviedrijas publisko ceļu tīkla. Kopumā Zviedrijā ir aptuveni 350 000 km grants ceļu no kuriem apmēram 75 000 km ir valsts subsidētie privātie publiskie ceļi un apmēram 30 000 km valsts/pašvaldību ceļi. [7]. Ceļi ar grants segumu Zviedrijā parasti tiek būvēti, izmantojot 0/16 mm minerālmateriālu maisījumu ar smalko daļiņu saturu 8 – 15 svara %. Ar smalkāku minerālmateriālu maisījumu nevar sasniegt nepieciešamo kohēziju starp materiāla daļiņām, jo ir pārāk daudz smalka materiāla, kas piesaista pārāk daudz mitruma, līdz ar to materiāls kļūst mīksts, nestabils, slidens, veidojas rīses. Zviedrijā tradicionāli grants seguma materiālam tiek pievienots māls, lai uzlabotu kohēziju un arī ierobežotu puteķļu veidošanos. Grants seguma segas pamata materiālam ir jābūt nedaudz blīvākam, ar lielāku smalko daļiņu saturu nekā asfalta seguma segas pamata materiālam, lai ierobežotu pārāk strauju grants seguma izžūšanu.

Lai grants segumu uzturētu pienācīgā stāvoklī, Zviedrijā regulāri tiek veikti grants seguma uzturēšanas darbi, kas parasti ietver minerālmateriāla papildināšanu, planēšanu, atputeķļošanu, grāvju tīrīšanu, attīrīšanu no veģetācijas. Planēšanu veic mitram grants segumam. Laba ūdens atvade ir grants segumam ar aptuveni 4% šķērskritumu un grāvju dziļumu aptuveni 0,8 m no seguma virsmas. Ceļa pārredzamība, līdz ar to satiksmes drošība, samazinās, ja regulāri netiek novākta ceļam pieguļošā veģetācija. Novākta veģetācija arī nodrošina grants seguma ātrāku nožūšanu. Tomēr sausos un karstos apstākļos intensīvāka ir puteķļu veidošanās.

Grants seguma ceļu atputeķļošanai pētījuma [8] ietvaros tika izmantota virkne dažādu AL:

- $MgCl_2$  šķīduma un granulu veidā,
- $CaCl_2$  šķīduma un granulu veidā,
- dažādi lignosulfonātu veidi,
- no kalcija karbonāta sastāvošs papīra rūpniecības blakusprodukts, kas tika izmantots mālu vietā, lai palielinātu smalkās frakcijas daudzumu,
- cietes šķīdums,
- rapšu eļļa,
- bitumena emulsija
- un šo AL dažādi maisījumi.

Pētījuma [8] ietvaros izstrādātas AL efektivitātes novērtēšanas laboratorijas un lauka metodes, kas ļāva pamatot vispiemērotākā atputeķļošanas līdzekļa izvēli, kā arī noteikt tā optimālo pielietošanas pakāpi. Izmantojot izstrādātās metodes, pētījumā [8] tika veikti gan lauka, gan laboratorijas pētījumi, lai novērtētu dažādu AL efektivitāti un tādu faktoru kā AL saturs un izskalošanās, kā arī minerālmateriālu smalko daļiņu daudzuma ietekme uz atputeķļošanas efektivitāti. Piemēram, AL atlikušās koncentrācijas noteikšanas laboratorijas metodes tika atzītas kā vērtīgas, lai provizoriski laboratorijā novērtētu atputeķļošanas ilgmūžību un līdz ar to varētu spriest par dažādu AL efektivitāti. Tādējādi pētījumā [8] autoru izmantotās AL iespīšanās dziļuma, kā arī AL izskalošanās metodes iespēju robežās tika izmantotas arī LVM pasūtītā pētījuma ietvaros.

Pētījumā [8] secināts, ka kopumā visu pārbaudīto AL efektivitāte bija pieņemama, izņemot polisaharīdus (t.i., lignosulfonātus), kā arī bitumena emulsiju, kuri veidoja trauslu seguma virsmas garozu. Salīdzinot izmantoto AL veikspēju, tika konstatēts, ka visefektīvāk puteķļus piesaistīja grants seguma posmi, kas tika apstrādāti ar magnija vai kalcija hlorīda šķīdumu. Šķīdumu pielietošana cieto sāļu vietā nodrošināja vienmērīgāku atputeķļošanas līdzekļa sadalījumu un līdz ar to, iespējams, efektīvāku sniegumu. Izmantojot kalcija vai magnija hlorīda šķīdumus, tradicionāli lietoto pārslu vai granulu vietā, ikgadējās atputeķļošanas izmaksas, kā arī to ietekmi uz apkārtējo vidi (ķīmisko vielu nonākšanu apkārtējā vidē) bija iespējams samazināt par 50%.

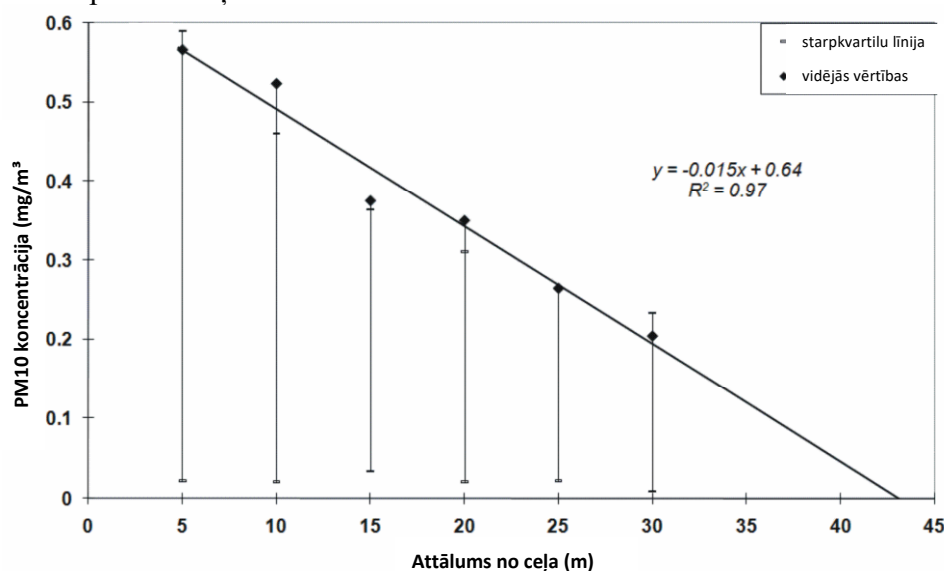
Vienlaikus pētījumā [8] veiktie toksiskuma testi parādīja, ka AL lietošana tradicionāli lietotajās devās nerada draudus jutīgiem ūdens organismiem. Ūdens paraugu testi uzrādīja paaugstinātu hlorīdu līmeni, kas, iespējams, varētu izraisīt ar šo ūdeni saskarsmē esošo metāla konstrukciju pastiprinātu koroziju, bet ne tik augstu, lai mainītu ūdens organoleptiskās īpašības.

Lai salīdzinātu atputeķļošanas līdzekļu veikspēju reālos apstākļos pētījumā [8] tika izstrādāta atputeķļošanas lauka programma. AL lietošanas apjomi tika mainīti, mēģinot noteikt minimālo materiāla daudzumu, kas vajadzīgs vēlamā atputeķļošanas efekta sasniegšanai. Lai lauka pētījumos izmērītu puteķļu emisiju, daudzus testa posmus, kas

apstrādāti ar dažādiem AL, tika izmantota jauna mobilā metodika, kuras izmantošana būtu apsverama arī LVM pasūtītā pētījuma 2. posma ietvaros. Ar izstrādāto mobilo *PM10* paraugu ņemšanas metodi var veikt relatīvus putekļu emisijas mērījumus ar labu izšķirtspēju, uzticamību un ekonomiju. *PM10* mērījumus var izmantot, lai novērtētu transportlīdzekļa radīto putekļu daudzumu, kas pasliktina redzamību uz grants ceļiem. Metode var aizstāt tradicionālos vizuālos novērtējumus.

Analizējot transportlīdzekļa veida un ātruma ietekmi uz putekļu veidošanos, pētījumā [8] tika gūts apstiprinājums tam, ka pastāv putekļu veidošanās ātruma sliekšnis, t.i., kad mazāks ātrums ne vienmēr samazina radīto putekļu daudzumu. Šis ātruma sliekšnis ir ap 25 – 35 km/h [8].

1.11. attēlā parādīta pētījumā [8] lauka apstākļos izmērītās *PM10* koncentrācijas izmaiņa pretvēja virzienā atkarībā no attāluma no neatputeķlota grants seguma ceļa. Katrs punkts attēlo vidēji aptuveni 700 novērojumus 12 minūšu laikā (t. i., laika izšķirtspēja ir viena sekunde) ar satiksmes intensitāti 1 transportlīdzeklis minūtē un vidējais transportlīdzekļa ātrums 55 – 60 km/h.

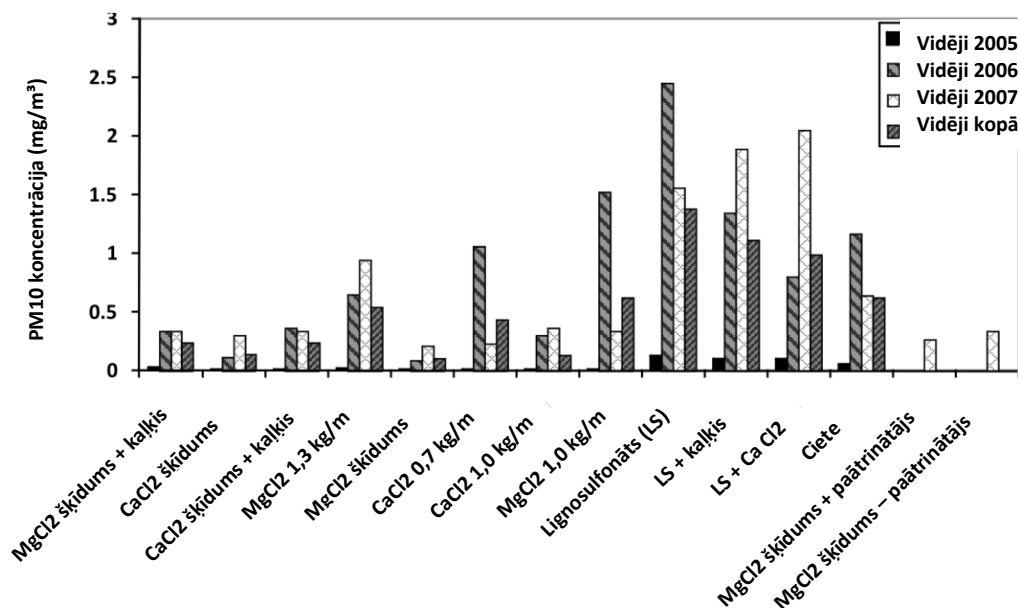


**1.11. att. *PM10* daļiņu koncentrācija atkarībā no attāluma no ceļa**

Kā redzams 1.11. attēlā putekļu daļiņu koncentrācijas samazināšanās gaisā atkarībā no attāluma no grants ceļa ir relatīvi strauja. Rezultāti nelielā mērā par tūlītēju risku pārsniegt maksimālo pieļaujamo *PM10* koncentrāciju apkārtējā gaisā saskaņā ar Eiropas Padomes direktīvu, ja *ADT* (vidējā diennakts satiksmes intensitāte)  $\leq 125$ .

1.12. att. parādītas vidējās putekļu emisijas no ar dažādiem AL apstrādātiem ceļa posmiem. Pēc kvantitatīvā un kvalitatīvā novērtējuma konstatēts, ka visefektīvāk atputeķoti ir ar hlorīdiem apstrādātie ceļa posmi. 1.12. att. arī parādīts, ka hlorīdu iestrādes daudzums ir ļoti svarīgs atputeķošanas efektivitātei, jo lielāks daudzums efektīvāk piesaista putekļus. Vienlaikus pētījumā [8] noteikts, ka  $\text{CaCl}_2$  pārslas ir efektīvākas nekā  $\text{MgCl}_2$  pārslas (ja hlorīdu masas % ir vienādi), kamēr  $\text{MgCl}_2$  šķīdums pie vienādas AL koncentrācijas (32 svara %) ir vismaz tikpat efektīvs kā  $\text{CaCl}_2$  šķīdums. Svarīgi atzīmēt, ka pētījumā [8] konstatēts, ka, lietojot magnija vai kalcija hlorīda šķīdumus, ir iespējams samazināt atputeķošanas līdzekļa daudzumu, vienlaikus panākot apmierinošu atputeķošanas efektu. Tas acīmredzot ir saistīts ar to, ka šķīdumu

izmantošana nodrošina vienmērīgāku atputeķļošanas līdzekļa izkliedi un līdz ar to arī efektīvāku tā darbību. Rezultātā tas samazina ķīmisko vielu izmantošanu un ietekmi uz vidi, kā arī izmaksas. Pieņemot, ka atputeķļošanas nolūkos optimālais 32 svara % hlorīda šķīduma iestrādes daudzums ir vismaz 0,8 m<sup>3</sup>/km, pētījumā [8], izteikta iespēja samazināt hlorīdu izmantošanas daudzumu un izmaksas aptuveni par 50% salīdzinājumā ar tradicionāli lietoto hlorīdu pārslu daudzumu. Tas ļautu par 50 procentiem samazināt vidē ievadīto ķīmisko vielu daudzums, kas ir vērā ņemams arguments šādas metodes ieviešanai.



#### 1.12. att. Vidējā PM10 emisija no visiem testa ceļa posmiem

Pētījumā [8] veiktie toksiskuma un indikatororganismu augšanas kavēšanas testi rāda, ka hlorīda izmantošana putekļu ierobežošanas nolūkā pie tradicionāli lietotajām devām nerada draudus videi.

Pētījumā [8] arī konstatēts, ka gan hlorīdu, gan lignosulfonātu labās šķīdības dēļ, tiem ir tendence izskaloties ar nokrišņiem un koncentrācijas samazināšanās dēļ apstrāde ar hlorīdiem un lignosulfonātu vismaz reizi gadā jāatkārto. Tomēr tika konstatēts, ka hlorīdi izskalojas mazākā mērā, tāpēc ilgākā laika periodā tie uzrāda efektīvāku sniegumu salīdzinājumā ar lignosulfonātu. Hlorīdi tika atzīti arī kā pārāki dēļ to spējas pārvietoties augšup līdz ar kapilāro mitrumu.

Pētījumā [8] analizēta arī izskalošanās atkarība no smalko daļiņu satura. Ir ļoti svarīgi, lai, lietojot lignosulfonātu, grants seguma smalko daļiņu ( $\leq 0,063\text{mm}$ ) saturs būtu aptuveni 15 svara %, kas samazinās izskalošanos. Savukārt optimālais smalko daļiņu procentuālais daudzums hlorīdu izskalošanās samazināšanai ir robežās no 10 līdz 16 svara %.

#### 1.1.4.3. Latvija

Latvijā prasības AL izmantošanai kopš 2005. gada nosaka Latvijas autoceļu specifikācijas. Šajās specifikācijās kā iespējamie AL minēti CaCl<sub>2</sub> (gan pārslas, gan

ūdens šķīdums), bitumena emulsija, kā arī citi AL, ja tie nekaitē videi. Specifikācijās minētas gan izmantojamās AL koncentrācijas, gan ceļa seguma materiālā iestrādājamās dozas un iestrādes tehnoloģija. Detalizētāka Latvijas autoceļu specifikāciju analīze veikta šī ziņojuma 1.3.1. daļā.

Pētījumā, kuru 2017./2018. gadā pasūtīja VSIA “Latvijas Valsts ceļi”, konstatēts, ka Latvijā grants ceļu atputeķļošananiecīgā apjomā tiek realizēta dažās pašvaldībās, piemēram, Babītes novadā, Ogrē, Ikšķilē, Dobelē, Kuldīgā, Līgatnē, Burtniekos, Carnikavā un dažas citās, nedaudz arī valsts autoceļu tīklā. Katrā pašvaldības vai VAS “Latvijas autoceļu uzturētāja” uzturēto ceļu rajonā gadā tiek atputeķļoti apmēram 5 – 15 km grants seguma ceļu. Kā atputeķļošanas materiāls tiek izmantots  $\text{CaCl}_2$  pārslās (pārsvarā) vai šķīdumā. Cenas atputeķļošanas nodrošināšanai, t. sk., ceļa profilēšanai, vienā sezonā pašvaldību līgumos ir ap 0,14 EUR/m<sup>2</sup> (bez PVN – gan šeit, gan arī turpmāk pētījumā), kas ir aptuveni līdz 1,00 EUR/m par 7 m plata ceļa atputeķļošanu. Cena ir salīdzinoši zema, bet tas, iespējams, tāpēc, ka tiek izvēlēta salīdzinoši mazāka  $\text{CaCl}_2$  norma (< 300 g/m<sup>2</sup>).

Pētījuma ietvaros veikti puteķļu daudzuma mērījumi gan pie grants ceļiem (atputeķļotiem, neatputeķļotiem), gan asfalta seguma ceļiem, kā arī dažādā attālumā un novietojumā no ceļa. Mērījumi veikti ar *Casella (Ideal Industries Ltd)* ražoto lāzeriekārtu *MICRODUST PRO<sup>TM</sup>* (skat. 1.13. att.).

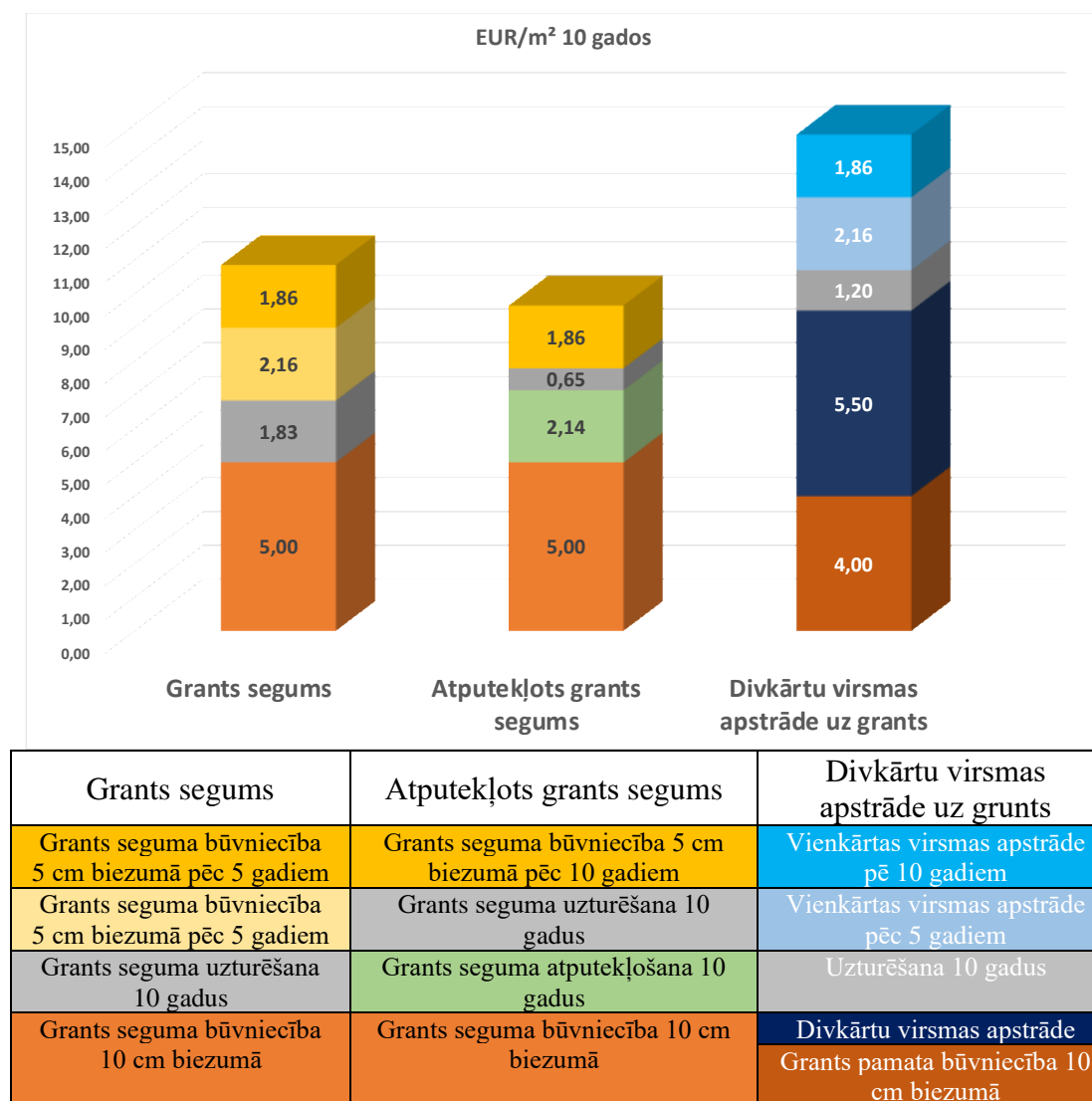


### 1.13. att. Iekārta puteķļu daudzuma mērīšanai gaisā *MICRODUST PRO<sup>TM</sup>*

Konstatēts, ka vislielākais puteķļu daudzums ir pie nesaistīta grants seguma ceļa un tas var būt ļoti atšķirīgs gan atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem, satiksmes intensitātes un sastāva, vēja virziena, tuvumā esošās apbūves, kokiem vai dzīvžogiem u. tml. Sagaidāms, ka 20 m zonā no ceļa puteķļu *PM10* daudzums transportlīdzekļu kustības rezultātā pārsniegs 50 µg/m<sup>3</sup>, kas pēc valsts normatīvajiem rādītājiem ir pieļaujams ne vairāk kā 35 reizes gadā.

Savukārt atputeķlots grants segums var nodrošināt zināmā mērā līdzvērtīgus apstākļus attiecībā uz transportlīdzekļu radīto putekļu daudzumu gaisā, salīdzinot ar asfaltētu vai bituminētu (piem., veikta divkārtu virsmas apstrāde) segumu. Sagaidāms, ka tādā gadījumā putekļu *PM10* daudzums transportlīdzekļu kustības rezultātā nepārsniegs 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pētījuma ietvaros aprēķinātas izmaksas 10 gadu periodam dažādu seguma veidu ceļiem (skat. 1.14. att.).



#### 1.14. att. Izmaksas 10 gadu periodam dažādu seguma veidu ceļiem

VSIA “Latvijas Valsts ceļi” 2017./2018. gadā pasūtītā pētījuma rezultātā izstrādāti šādi ieteikumi jeb rekomendācijas:

- grants ceļu posmos ar nelielu satiksmes intensitāti ( $AADT < 100$ ) putekļu daudzums nepārsniegs normatīvajos aktos noteiktās *PM10* robežvērtības (skat. 1.2. tabulu);
- grants ceļu posmos ar satiksmes intensitāti  $100 < AADT \leq 250$  nepieciešams nodrošināt adekvātus ceļa lietošanas apstākļus, un grants segums katru pavasara-vasaras-rudens sezonu ir jāatputeķo ar  $\text{CaCl}_2$ , kurš šobrīd uzskatāms par pieejamu,

adekvātu, apzinātu un prognozējamu AL. Turklāt grants seguma atputeķļošana ilgtermiņā potenciāli samazinās nesaistītā seguma izmaksas apmēram vidēji par 850 EUR/km gadā;

- grants ceļu posmos ar satiksmes intensitāti  $250 < AADT \leq 500$  lietderīgi veikt divkārtu virsmas apstrādi. Turklāt situācijās, kad nav nepieciešama ceļa segas pastiprinājuma izbūve, seguma izmaksas ilgtermiņā nepārsniegs vai tikai nedaudz pārsniegs nesaistītā grants seguma ilgtermiņa izmaksas;
- ceļu posmos ar satiksmes intensitāti  $AADT > 500$  lietderīgi izveidot bituminētu segumu (virsmas apstrāde uz ar bitumenu piesūcināta pamata, siltais vai karstais asfalts u. tml.), konkrēto tehnoloģiju nosakot atbilstoši satiksmes un citiem apstākļiem.

#### 1.1.4.4. Lietuva

Saskaņā ar statistikas datiem 2018. gada janvārī Lietuvā bija 6815 km grants ceļu. Tomēr, pateicoties valsts programmai par grants ceļu asfaltēšanu, grants ceļu daudzums Lietuvā pastāvīgi samazinās. Esošo grants ceļu atputeķļošanai paralēli tradicionāli izmantotajam  $\text{CaCl}_2$  izvērtēta dažādu videi draudzīgāku atputeķļošanas līdzekļu efektivitāte. Pētījumā [9] izvērtēta uz melases bāzēta komerciāla atputeķļošanas līdzekļa *Safecote* ietekme uz atputeķļošanas efektivitāti maisījumā ar  $\text{CaCl}_2$ . Pētījumā grants ceļa segumu apstrādāja ar dažādas koncentrācijas *Safecote* šķīdumu (10, 20 un 30%) maisījumiem ar 35,6%  $\text{CaCl}_2$  šķīdumu. Puteķļu koncentrāciju gaisā mērija dažādā attālumā no ceļa malas (0, 1, 2 un 3 m) atkarībā no šādiem meteoroloģisko apstākļu rādītājiem: gaisa temperatūras un mitruma, vēja ātruma, atmosfēras spiediena. Konstatēts, ka *Safecote* uzklāšana uz ceļa seguma dod iespēju efektīvi samazināt *PM10* daudzumu. Savukārt citā pētījumā [10] lauka apstākļos salīdzināta efektivitāte trīs atputeķļošanas līdzekļiem –  $\text{CaCl}_2$  (19% šķīdums), kalcija lignosulfonātam (19% šķīdums) un bitumena emulsijai. Ceļu apstrāde ar atputeķļošanas līdzekļiem veikta vairākas reizes, no kurām pirmajā reizē ceļš apstrādāts ar AL lielākā koncentrācijā, bet nākamās reizes – ar aptuveni divreiz mazāku. Konstatēts, ka sākotnēji  $\text{CaCl}_2$  (19% šķīdums) un kalcija lignosulfonāts (19% šķīdums) samazināja puteķļainību par 70%, kamēr bitumena emulsija – par 80%. Pagarinoties sausuma periodam, puteķļainība pieauga. Izstrādāti matemātiskie modeļi grants mitruma satura prognozēšanai atkarībā no lietotās  $\text{CaCl}_2$  un kalcija lignosulfonāta dozas un sausuma perioda ilguma. Konstatēts, ka kalcija lignosulfonāts uzrādīja nedaudz zemāku efektivitāti grunts mitruma satura saglabāšanā nekā  $\text{CaCl}_2$ . Viena laiku tika konstatēts, ka kalcija lignosulfonāta izskalošanās daudzums ir 5-15% lielāks par  $\text{CaCl}_2$  izskalošanās daudzumu, bet jāņem vērā, ka nebija nodrošināti identiski apstākļi eksperimenta laikā.

#### 1.1.4.5. ASV

ASV veiktajā pētījumā [11] salīdzināti vairāki atputeķļošanas līdzekļi, tostarp neorganiskie sāļi ( $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ , nātrija hlorīds), videi draudzīgi atputeķļošanas līdzekļi, veidoti uz dabisko produktu bāzes (lignosulfonāti, talleļļa, augu eļļas, melase), naftas pārstrādes rūpniecības/bitumenu saturoši līdzekļi (bitumena emulsijas, minerāleļļas, kas netika uzskatīti par atbilstošiem dabas parka izvirzītajiem kritērijiem).

Atputekļošanas līdzekļi lietoti Kalifornijas štata Kārnegī transporta atpūtas parka teritorijā. Tur ziemā gaisa relatīvais mitrums naktī ir 85 – 90%, pēcpusdienā tas samazinās līdz 60 – 70%, kamēr gada sausākajā periodā – rudenī tas ir 30 – 50%. Vidējais nokrišņu daudzums gadā ir 230 mm, kas salīdzinājumā ar Latvijas vidējo gada nokrišņu daudzumu ir aptuveni trīsreiz mazāks. Šo secinājumu apkopojums dots 1.11. tabulā.

## 1.11. tabula

### Pētījuma [11] secinājumu apkopojums

| Atputekļošanas līdzeklis     | Priekšrocības  | Trūkumi  |
|------------------------------|--|--|
| Magnija hlorīds ( $MgCl_2$ ) | Efektīvs, lai noturētu šķembas vietā un samazinātu putekļu daudzumu, efektīvāks par $CaCl_2$ ilgākos sausuma periodos, darbojas ilgāk nekā lignosulfonāti, minimāla ietekme uz ūdens kvalitāti (hlorīdu koncentrācijas zem USEPA noteiktajām sliekšņa vērtībām), nav toksisks jutīgiem ūdens organismiem, mazāk toksisks salīdzinājumā ar atputekļošanas līdzekļiem, veidotiem uz naftas produktu, akrilpolimēru un lignosulfonātu bāzes, lielāks virsmas spraigums nekā $CaCl_2$ , saglabā higroskopiskās īpašības augstākā temperatūrā nekā $CaCl_2$ | Periodiski uzklājams ikgadēji, izskalojas, var būt korozīvs pret tēraudu, bažas par ietekmi uz jutīgām augu sugām, nepieciešams minimāls mitruma līmenis (30%), lai piesaistītu gaisa mitrumu, virsmas ar augstu sīkdispersās frakcijas saturu var kļūt slidenas |
| Kalcija hlorīds ( $CaCl_2$ ) | Efektīvs putekļu daudzuma samazināšanai. Ekonomiski visefektīvākais salīdzinājumā ar pārējiem atputekļošanas līdzekļiem, mazāk toksisks salīdzinājumā ar atputekļošanas līdzekļiem, veidotiem uz naftas produktu, akrilpolimēru un lignosulfonātu bāzes. Darbojas labāk nekā $MgCl_2$ , lielā mitrumā, darbojas ilgāk nekā lignosulfonāti  | Periodiski uzklājams, izskalojas, augsti korozīvs pret alumīniju un tā sakausējumiem, virsmas ar lielu sīkdispersās frakcijas saturu var kļūt slidenas, bažas par ietekmi uz jutīgām augu sugām  |
| Nātrija hlorīds ( $NaCl$ )   | Vislētākais no hlorīdiem. Labs ceļu mehāniskai stabilizēšanai. Uzlabo  | Šķīdumos var veidoties sīkdispersas nogulsnes, nepieciešams augsts mitruma   |

| Atputeķļošanas līdzeklis | Priekšrocības  | Trūkumi   |
|--------------------------|--|---|
|                          | mitruma saglabāšanas, sasalšanas-atkušanas izturību, erozijas izturību   | saturs, lai nodrošinātu efektivitāti, izžuvīs var pakļauties vēja erozijai, liela izskalošanās iespēja, bažas par ietekmi uz jutīgām augu sugām, zemāka efektivitāte nekā Ca un Mg atputeķļošanas līdzekļiem  |
| Lignosulfonāti           | Efektīvi puteķļu daudzuma samazināšanai. Efektīvi šķembu saistīšanai. Lētāki nekā kalcija hlorīds. Efektīvāki sausos apstākļos | Kā organiski produkti var ietekmēt izšķīdušā skābekļa līmeni ūdenstīlēs pēc nokļūšanas tajās. Slideni mitros apstākļos. Trausli sausos apstākļos. Neapstrādāti var būt stipri skābi (zems pH), bet kopumā tas nav raksturīgi. Ilgtermiņā ne tik efektīvi kā $\text{CaCl}_2$ un $\text{MgCl}_2$ , nepieciešama biežāka uzklāšana. Var būt korozīvi alumīnijam un tā sakausējumiem. Nokļūstot ūdenstīlēs, var izmainīt krāsu, samazināt bioloģisko aktivitāti un kavēt zivju populācijas attīstību. Var notikt izskalošanās lietavu laikā. Var būt ar specifisku smaržu. Var slikti saistīties ar ceļa materiālu, kas iepriekš apstrādāts ar neorganiskajiem sāļiem |
| Naftas produkti          | Netika analizēti potenciālās bīstamības dēļ  | Netika analizēti potenciālās bīstamības dēļ   |

Pētījumā [11] apkopoti arī citu autoru pētījumi par AL potenciālo ietekmi uz ūdens un gaisa kvalitāti. Piemēram, Goodrich et al., 2009. gadā publicētajā pētījumā analizēta AL izskalošanās un potenciālā ietekme uz ūdens kvalitāti [12]. Pētījumā paraugi tika ņemti 16 vietās tuvumā grants ceļiem, kuri tika apstrādāti ar lignīna un  $\text{MgCl}_2$  atputeķļošanas līdzekļiem no vienas līdz trīs reizēm gadā. Ūdens paraugi tika ņemti reizi divās nedēļās, 20 – 50 m gan augšup, gan lejup pa straumi. Netika konstatēta nozīmīga  $\text{MgCl}_2$  migrācija tuvumā esošajās ūdenstīlēs. Piechota et al. (2004) veiktajā pētījumā salīdzināta akrilpolimēra emulsijas, lignosulfonātu,  $\text{MgCl}_2$  un citu atputeķļošanas līdzekļu izturība pret izskalošanos, simulējot lietuseģes un analizējot pārpalikušos ķīmiskos savienojumus [13], konstatējot, ka toksicitātes samazināšanās virzienā AL var klasificēt šādi: naftas produktu AL, akrilātu AL, lignosulfonātu AL,  $\text{MgCl}_2$  AL jeb naftas produktu AL toksicitāte samazinās vislētāk, bet  $\text{MgCl}_2$  AL - visātrāk. Konstatēts, ka AL samazināja suspendēto daļiņu saturu noteces ūdeņos. Vērtēta arī NaCl un  $\text{MgCl}_2$  pretledus līdzekļu ietekme uz ūdens kvalitāti, nekonstatējot

būtisku hlorīda jonu migrāciju; tikai vienā no testētajiem gadījumiem tā bija vienāda ar USEPA noteikto sliekšņa vērtību (250 mg/l) (Shi et al., 2009) [14].

Ietekme uz gaisa kvalitāti lielā mērā analizēta, balstoties uz jau iepriekš pie Zviedrijas pieredzes minētās zviedru pētnieku grupas (Edvardson et al, 2010) veiktajiem pētījumiem, kuros tika salīdzināti vairāki AL, tostarp  $MgCl_2$  un  $CaCl_2$  – gan šķīduma, gan pārslu veidā, kalcija lignosulfonāts, bitumena emulsija, rapšu eļļa, ciete, polisaharīdi, veicot gan laboratorijas, gan lauka eksperimentus [8]. Testus veica četrās vietās, kurās eksperimentālie ceļa posmi tika sadalīti 13 – 16 viena km garos ceļa posmos. Pētījuma nepieciešamību pamatoja statistiskie aprēķini no 40 000 paraugu rezultātiem par gaisa kvalitāti, iegūtiem 22 novērošanas punktos. Gan kvantitatīvie, gan kvalitatīvie mērījumi liecināja, ka hlorīdu izmantošana ir visefektīvākā, it īpaši šķīdumu veidā – pateicoties vienmērīgākai AL izkliedei. Lignosulfonātiem un bitumena emulsijai bija tendence veidot trauslu virskārtas slāni, kas bija viegli sagraujams transporta plūsmas izraisītās slodzes iedarbībā, tādējādi samazinot AL efektivitāti. Lignosulfonāti arī vieglāk izskalojās salīdzinājumā ar hlorīdiem. Attiecībā par potenciālo toksiskumu, pētījumā konstatēts, ka pie izmantotajām devām hlorīdi neizraisa apdraudējumu apkārtējai videi. Salīdzināmu efektivitāti uzrādīja arī no kukurūzas ģenerētā ciete.

Citā pētījumā (Surdahl et al., 2007) tika salīdzināti atputeķļošanas līdzekļi, veidoti uz sintētiskas polimēra emulsijas, enzīmu, lignosulfonāta,  $MgCl_2$  bāzes, kā arī uz atjaunojamo dabas resursu bāzes veidotu AL maisījumi ar neorganiskajiem sāļiem [15]. Tika konstatēts, ka visi šie produkti ir efektīvi un pieņemami. Tomēr kopējais augstākais novērtējums bija maisījumiem (lignosulfonāts +  $MgCl_2$  un augu eļļa +  $MgCl_2$ ), kam sekoja  $MgCl_2$  un lignosulfonāts. Prognozēts, ka uz enzīmiem bāzētie AL varētu būt efektīvāki mālainās augsnēs.

Citā pētījumā ASV [16] konstatēts, ka augstas temperatūras un zema gaisa relatīvā mitruma apstākļos no eksperimentālā ceļa posma, kas apstrādāts ar lignosulfonātiem, rodas mazāk putekļu nekā no eksperimentālā ceļa posma, kas apstrādāts ar hlorīdiem ( $CaCl_2$  un  $MgCl_2$ ), kaut gan turpmākajos lauka mērījumos šis apgalvojums neapstiprinājās, tieši otrādi – ar hlorīdiem apstrādātie ceļa posmi radīja mazāku putekļu daudzumu. Vienlaikus augstāks braukšanas komforts no putekļu daudzuma viedokļa konstatēts ceļa posmā, kas bija apstrādāts ar hlorīdiem, jo tika novērota bedru veidošanās uz ceļiem, apstrādātiem ar lignosulfonātiem. Attiecībā uz ceļa seguma materiāla eroziju, lielāks zudums tika konstatēts no ceļa posma, kas bija apstrādāts ar  $CaCl_2$  (1,5 t/jūdzi/gadu/transporta līdzekli), kamēr  $MgCl_2$  un lignosulfonāts bija efektīvāki (1 t/jūdzi/gadu/transporta līdzekli).

ASV veiktajā pētījumā apkopota pieejamā informācija [17] par dažādiem AL, kas izlases kārtībā parādīta arī 1.12. tabulā.

## 1.12. tabula

### Pētījuma [17] rezultātu kopsavilkums

| AL       | Raksturojums  | Ierobežojumi   | Pielietojums  | Izcelsme                           | Ietekme uz vidi  |
|----------|---|--|---|------------------------------------|--|
| $CaCl_2$ | Spēja absorbēt ūdeni no gaisa ir temperatūras un gaisa relatīvā mitruma funkcija, | Nepieciešama minimālā kritiskā relatīvā mitruma vērtība, lai | 1 – 2 apstrādes reizes sezonā. Sākotnējā doza pārslām, vienāda ar 0,5 – 1,1 | $Na_2CO_3$ sintēzes blakusprodukts | Parasti nenožīmīga, ja ir pietiekama buferzona. Ietekme uz ūdens organismiem var |

| AL                         | Raksturojums   | Ierobežojumi   | Pielietojums   | Izcelsme                            | Ietekme uz vidi   |
|----------------------------|--|--|--|-------------------------------------|---|
|                            | <p>piemēram, 25 °C temperatūrā sāk absorbēt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums ir vismaz 29%, bet 38°C temperatūrā sāk absorbēt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums ir 20%. Būtiski palielina virsmas spraigumu starp ūdens plēvīti un daļiņām, tādējādi kavējot ūdens iztvaikošanu un stiprinot sablīvēto grunti, žūšanas procesam turpinoties</p> | <p>absorbētu mitrumu no gaisa. Ilgstošos sausuma periodos nedarbojas tik labi kā <math>MgCl_2</math>, bet labāk par <math>MgCl_2</math> darbojas augstāka mitruma apstākļos. Nedaudz korozīvs pret tēraudu, bet ļoti korozīvs attiecībā pret alumīniju un tā sakausējumiem, piesaista mitrumu, tādējādi pagarinot korozijas periodu. Izskalojas ar lietus ūdeņiem. Lielas sīkdispersās frakcijas satura gadījumā slapja virsma var kļūt slidena. Koncentrācijās &lt; 20% efektivitāte līdzīga ūdenim</p> | <p>kg/m<sup>2</sup>; šķīdumam – 35 – 38% šķīdums. Atkārtotās dozas lielums - puse vai trešdaļa no sākotnējās dozas.</p>  |                                     | <p>parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija lielāka par 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm citām zivju sugām. Dažas koku sugas ir jutīgas pret ietekmi (piem., priede, papele, osis, egles, kļava). Potenciāli draudi šķidra koncentrāta izlīšanas gadījumā.</p>   |
| $MgCl_2$                   | <p>Spēja absorbēt ūdeni no gaisa, ja gaisa relatīvais mitrums ir lielāks par 32% neatkarīgi no temperatūras. Efektīvāk nekā <math>CaCl_2</math> palielina virsmas spraigumu starp ūdens plēvīti un daļiņām, tādējādi kavējot ūdens iztvaikošanu un stiprinot sablīvēto grunti, žūšanas procesam turpinoties.</p>                                   | <p>Nepieciešama minimālā kritiskā relatīvā gaisa mitruma vērtība, lai absorbētu mitrumu no gaisa. Stabilāks sausākos klimatiskajos apstākļos nekā <math>CaCl_2</math>. Koncentrētos šķīdumos ļoti korozīvs pret tēraudu, piesaista mitrumu, tādējādi pagarinot korozijas periodu. Izskalojas ar lietus ūdeņiem. Lielas sīkdispersās frakcijas satura gadījumā slapja virsma var kļūt slidena. Koncentrācijās zem 20% efektivitāte līdzīga ūdenim</p>   | <p>1 – 2 apstrādes sezonā. Sākotnējā doza pārslām – 1,4 – 2,3 l/m<sup>2</sup>; šķīdumam – 28 – 35% šķīdums. Atkārtotās dozas lielums - puse no sākotnējās dozas.</p> | <p>Sastopams dabā</p>               | <p>Parasti nenozīmīga, ja ir pietiekama buferzona. Ietekme uz ūdens organismiem var parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija lielāka par 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm citām zivju sugām. Dažas koku sugas ir jutīgas pret ietekmi (piem., priede, papele, osis, egles, kļava). Potenciāli draudi šķidra koncentrāta izlīšanas gadījumā</p> |
| Organiskie naftas produkti | <p>Bitumena adhezīvo īpašību dēļ saista ceļa</p>   | <p>Sausos apstākļos var nesaglabāties pietiekama ceļa</p>  | <p>Vidēji 1 – 2 apstrādes reizes sezonā, parasti</p>   | <p>Rūpnieciski ražotas bitumena</p> | <p>Iespējams plašs ietekmi izraisošo komponentu</p>   |

| AL                           | Raksturojums   | Ierobežojumi  | Pielietojums  | Izcelsme  | Ietekme uz vidi  |
|------------------------------|--|---|---|---|--|
|                              | seguma materiāla daļiņas   | seguma deformējamība/ elastīgā atjaunošanās. Liela sīkdispersās frakcijas un asfaltēnu satura gadījumā var veidot garozu un notikt plaisāšana transporta izraisītās slodzes iedarbībā.                  | koncentrācijā 0,5 – 4,5 l/m <sup>2</sup> atkarībā no ceļa virsmas stāvokļa un AL specifikas. Augstākas viskozitātes emulsijas tiek lietotas porainākiem ceļa seguma materiāliem. Atkārtotajās apstrādes reizēs uznesams mazāks AL daudzums. | emulsijas, modificētas bitumena emulsijas, emulģētas eļļas, minerāl-eļļas.  | spektrs, tostarp arī toksisks. Pirms izmantošanas nepieciešama detalizēta produkta analīze.  |
| Lignīna atvasinājumi         | Saista ceļa seguma materiāla daļiņas. Sausos apstākļos ievērojami palielina materiāla stiprību. Nodrošina efektivitāti ilgstošos sausuma periodos ar zemu mitruma saturu. Augsta mālu satura gadījumā kļūst nedaudz plastisks, nodrošinot papildu sablīvēšanos | Var izraisīt alumīnija un tā sakausējumu koroziju. Virsmas saistīšanās spēju var stipri mazināt spēcīgas lietavas. Slapjā stāvoklī – slidens, sausā stāvoklī – trausls. Grūti saglabāties cietai kārtai | Parasti 1 – 2 apstrādes reizes sezonā. 10 – 25% šķīdums ar dozām 2,3 – 4,5 l/m <sup>2</sup> . AL pieejams gan pulvera, gan šķidrās formas veidā.  | Papīra rūpniecības blakusprodukts. Sastāvs atkarīgs no izejmateriāla liem (gk. pulpas) un ķīmikālijām, kuras izmantotas, lai ekstrahētu celulozi; aktīvais komponents – lignosulfonāti. | Nozīmīga ietekme uz ūdens vidi nav sagaidāma. Noplūdes gadījumā var palielināties nelielu ūdenstilpju bioloģiskais skābekļa patēriņš. Nozīmīga ietekme uz augiem nav sagaidāma |
| Melasescukur-biešu ekstrakts | Nodrošina laicīgu virsmas daļiņu saistīšanu  | Ierobežota pieejamība   | Pētīts pamatā eksperimentālā kārtā  | Cukurbiešu pārstrādes nozares blakusprodukts  | Nav sagaidāma; nav zināms par būtisku negatīvu ietekmi   |
| Taleļļas atvasinājumi        | Nodrošina daļiņu salīpšanu. Ievērojami palielina materiāla sauso stiprību  | Daļiņu saistīšanās efektivitāte samazinās vai var pilnībā izzust spēcīgu lietavu gadījumā, jo labi šķīst ūdenī. Grūti ilgstoši saglabāt cietu virsmu  | Parasti viena apstrādes reize divos gados. 10 – 20% šķīdums ar dozu – 1,4 – 4,5 l/m <sup>2</sup>  | Papīrrūpniecības blakusprodukts   | Nav sagaidāma; nav zināms par būtisku negatīvu ietekmi   |
| Augu eļļas                   | Nodrošina daļiņu aglomerāciju  | Ātri oksidējas, tad kļūst trauslas  | Parasti viena apstrādes reize sezonā. Pielietojuma biežums atkarīgs   | Daži no produktiem: sojas eļļa, rapšu eļļa, linu eļļa   | Nav sagaidāma; nav zināms par būtisku negatīvu ietekmi   |

| AL | Raksturojums | Ierobežojumi | Pielietojums  | Izcelsme | Ietekme uz vidi |
|----|--------------|--------------|---|----------|-----------------|
|    |              |              | no produkta,<br>tipiski – 1,1 –<br>2,3 l/m <sup>2</sup> .<br>Sekojošās<br>apstrādes reizēs<br>parasti pietiek ar<br>zemāku dozu |          |                 |

Atputekļošanas līdzekļu izvēli lielā mērā nosaka arī transporta slodze un ceļa seguma apstākļi. Konstatēts, ka neorganiskie sāļi ( $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ ) un lignosulfonāti ir labi piemēroti vidējas satiksmes intensitātes līmeņa gadījumā – līdz 250 transportlīdzekļiem dienā. Tāpat gan neorganiskie sāļi, gan lignosulfonāti ir labāk piemēroti, ja seguma materiāla plasticitātes indekss ir augstāks (it īpaši – virs 8). Salīdzinājumā ar neorganiskajiem sāļiem tiek uzskatīts, ka lignosulfonāti ir labāk piemēroti plašākā ceļa seguma materiāla smalkdispersās frakcijas diapazonā, kā arī, ja ir lielākas klimatisko apstākļu svārstības.

Galvenās bažas, saistītas ar AL izmantošanu, ir to potenciālā ietekme uz gruntsūdeņiem. Ietekmi pamatā nosaka AL izmantotās ķīmiskās vielas. Ietekme uz tuvumā esošajām ūdenstilpēm parasti tiek raksturota pēc bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP), kā arī pēc AL sastāvā esošo letālās devas vielu *LD50* vērtībām. Parasti no atjaunojamajiem resursiem iegūtos AL raksturo lielas BSP vērtības, tomēr dabiskās noārdīšanās dēļ būtiska ietekme uz tuvumā esošajām ūdenstilpēm parasti nav sagaidāma. Attiecībā pret Ca un Mg sāļu izmantošanu ASV netiek pieļauta to izmantošana tuvāk par 20 jardi (18 m) [13] ūdenstilpēm, kā arī koku un augu sugām, kuras ir jutīgas pret šo sāļu ietekmi, piemēram, alkšņiem, lapeglēm, kļavām, dekoratīvajiem augiem un priedēm (Latvijā tādu ierobežojumu nav). Ja ir bažas par potenciālu AL ietekmi, jāveic vismaz BSP un *LD50* testi uz ķīmiskajām vielām, kuras potenciāli varētu būt AL sastāvā.

ASV Mežu dienesta veiktajā pētījumā [18] pēc 16 dažādu AL analīzes konstatēts, ka visekonomiskākie AL ir lignosulfonāti,  $MgCl_2$  šķīdums,  $CaCl_2$  pārslas un māli.

2002. gadā ASV uzsākta *BioPreferred*<sup>®</sup> programma [19], kas cita starpā paredz lielāku biobāzētu un bioloģiski noārdāmu savienojumu izmantošanu vietās, kur tas ir iespējams. Jāatzīmē, ka neskatoties uz to efektivitāti, hlorīdus saturošie AL neietilpst šajā biobāzēto un bioloģiski noārdāmo savienojumu kategorijā. Līdz ar to pastiprināta interese pēdējos gados ir pievērsta tādiem bioloģiskās izcelsmes savienojumiem kā lignosulfonāti, melases, augu eļļas, taleļļas u. c. Šīs programmas ietvaros izstrādāta detalizēta procedūra, piemērota videi draudzīga AL izvēlei atkarībā no ceļa stāvokļa, transporta slodzes un klimatiskajiem apstākļiem. Vienlaikus ASV nepastāv reglamentētas testēšanas metodes AL izvēlei, tā vietā AL izvēle notiek uz iepriekšējās pieredzes pamata, kā arī izmantojot piemērotas ceļu nozares metodes. ASV atļauts izmantot AL, kuri neietilpst toksisko vielu reglamentētajā sarakstā *US EPA for the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)* [20]. Savukārt vispiemērotākā metode izskalošanās raksturošanai tiek uzskatīta sintētiskā nokrišņu simulēšanas metode *Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP; US EPA Method 1312)* [21].

Atsevišķu AL potenciālā ietekme uz vidi apkopota 1.13. tabulā, lietošanas ierobežojumi – 1.14. tabulā.

### 1.13. tabula

#### Atputekļošanas līdzekļu ietekmes uz vidi novērtējums [18]

| Darbības princips  | AL veids                              | Ietekme uz vidi   |
|--------------------|---------------------------------------|---|
| Mitrumu saistošs   | CaCl <sub>2</sub> ; MgCl <sub>2</sub> | Ietekme uz ūdens kvalitāti: parasti niecīga, ja tiek ievērota buferzona starp ceļu un ūdenstilpēm. Ietekme uz ūdens organismiem: var parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija palielinās virs 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm (citām zivju sugām). Ietekme uz augiem: dažas koku sugas var būt jutīgas (priede, papule, osis, egļe, kļava), ja AL tiek lietots bieži un augstā koncentrācijā. Ietekme uz dzīvniekiem: sāls var pievilināt meža dzīvniekus. Potenciāla avārijas noplūde. |
| Adhēziju veicinošs | Lignosulfonāti                        | Ietekme uz ūdens kvalitāti: nav konstatēta. Ietekme uz ūdens organismiem: var parādīties noplūdes/izskalošanās gadījumā nelielās ūdenstilpēs. Ietekme uz augiem: nav konstatēta. Ietekme uz dzīvniekiem: nav konstatēta. Potenciāla avārijas noplūde  |
| Adhēziju veicinošs | Bitumena emulsija                     | Ietekme uz ūdens kvalitāti: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Ietekme uz ūdens organismiem: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Ietekme uz augiem: nav konstatēta, ja nenotiek tieša iedarbība. Ietekme uz dzīvniekiem: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Ietekme uz zīdītājiem: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Iekļāšanas laikā samazinās gaisa kvalitāte. Potenciāla avārijas noplūde  |

### 1.14. tabula

#### Atputekļošanas līdzekļu lietošanas ierobežojumi [18]

| Darbības princips | AL veids                              | Lietošanas ierobežojumi  |
|-------------------|---------------------------------------|--|
| Mitrumu saistošs  | CaCl <sub>2</sub> ; MgCl <sub>2</sub> | Nepieciešams minimālais kritiskais mitruma līmenis, lai absorbētu mitrumu no gaisa. CaCl <sub>2</sub> darbojas labāk nekā MgCl <sub>2</sub> , ja ir augstāks gaisa relatīvais mitrums, bet nedarbojas tik labi kā MgCl <sub>2</sub> pie zemāka gaisa mitruma. CaCl <sub>2</sub> ir korozīvs pret alumīniju un tā sakausējumiem un piesaista mitrumu, tādējādi paildzinot korozīvo efektu. MgCl <sub>2</sub> koncentrētos šķīdumos ir korozīvs pret tēraudu un piesaista mitrumu, tādējādi paildzinot korozīvo efektu. Nokrišņu ietekmē izskalojas, ja ceļš nav labi noblīvēts. Virsma var kļūt slidena, ja ir mitra un ja ir liels sīkdispersās frakcijas saturs – > 20% caurejošās daļiņas #200 |

|                    |                   |   |
|--------------------|-------------------|---|
|                    |                   | (0,075 mm). Šķīdumiem ar zemu koncentrāciju (< 20%) līdzīga ietekme kā apsmidzināšanai ar ūdeni   |
| Adhēziju veicinošs | Lignosulfonāti    | Veikspēja atkarīga no koku sugas, ekstrakcijas procesa, tīrības pakāpes (cukuru satura). Augstākas pievienotās vērtības produktu tirgus var ietekmēt atbilstošas kvalitātes produktu pieejamību (zemāks aktīvā komponenta saturs). Var izraisīt alumīnija un tā sakausējumu koroziju. Saistīšanās spēju var ietekmēt spēcīgi nokrišņi. Virsma var kļūt slidena, ja ir mitra un ja ir liels sīkdispersās frakcijas saturs – > 20% caurejošās daļiņas #200 (0,075 mm). Sausuma periodos virsma var kļūt trausla |
| Adhēziju veicinošs | Bitumena emulsija | Cena tieši atkarīga no jēlnaftas cenas un tādējādi ir ļoti mainīga. Var oksidēties un kļūst trausla. Grūti uzturama, nevar izmantot metodes, tradicionālas standarta grants ceļiem. Var būt klasificējami piemaisījumi, kuru klātbūtne ir ierobežota paaugstinātas jutības teritorijās.   |

#### 1.1.4.6. Dienvidāfrikas republika

Pētījumā [22] veikts atputeķļošanas līdzekļu izvēles, veikspējas un ekonomiskās racionalitātes novērtējums, uzmanību pievēršot derīgo izrakteņu ieguves vietu ceļu infrastruktūrai. Puteķļu veidošanās tendenci nosaka:

- mehāniskie iedarbības faktori uz ceļa seguma materiālu;
- enerģijas daudzums, kas tiek novadīts ceļa seguma materiālam;
- iedarbības faktoru mērogs un biežums.

Transportlīdzekļu kustība atstāj būtisku ietekmi uz puteķļu veidošanos:

- izraisot puteķļu emisiju, riteņiem tieši mijiedarbojoties ar ceļu seguma materiāliem;
- radot lokālas turbulentas plūsmas.

Tādējādi puteķļu veidošanās no ceļa seguma virsmas būs atkarīga no:

- vēja ātruma pie ceļa virsmas, kas ir lineāri saistīts ar radīto puteķļu daudzumu;
- satiksmes plūsmas intensitātes;
- daļiņu izmēru sadalījuma ceļa seguma virskārtā;
- sīkdispersās frakcijas daudzuma radītie ierobežojumi, kas būs atkarīgi no ceļa virsmas sablīvējuma, kohezivitātes un seguma materiāla saistīšanās, materiāla ilgtspējas un importēto sīkdispersās frakcijas daļiņu daudzuma;
- klimatiskajiem apstākļiem, galvenokārt gaisa relatīvā mitruma, nokrišņu daudzuma, vidējā ikdienas ūdens iztvaikošanas ātruma un valdošo vēju ātruma un virziena.

Dienvidāfrikas Republikas derīgo izrakteņu ieguves vietu ceļu kontekstā, kurus var attiecināt uz jebkuru ar asfalta segumu nepārklātu ceļu, šie iedarbības faktori izraisa šādas problēmas:

- ceļa seguma materiāla degradēšanos un zudumu;
- samazinātu drošību un gaisa kvalitāti;

- augstākas transporta līdzekļu ekspluatācijas izmaksas, tostarp biežāki remontu.
- Šajā pētījumā [22] noteiktas vārāki AL lietošanas izvēles kritēriji un prioritātes:
- AL izsmidzināšana ar dziļu iespiešanos tiek dota prioritāte pār AL iestrādi ar minimālu ceļa sagatavošanu (greiderēšana, AL iestrāde, kompaktēšana);
  - vienkārša AL iestrāde ar minimālu nepieciešamību pēcuzraudzībai;
  - īss ar AL apstrādātā ceļa seguma lietošanas gatavības laiks (ne ilgāk kā pēc 24 stundām ceļam jābūt publiski lietojamam);
  - AL izvēles un iestrādes izmaksu ekonomiskais pamatojums;
  - adekvāti pierādāma vai garantējama ilgizturība, efektivitāte un izturība pret nolietojanos, izskalošanās, iztvaikošanas, UV iedarbības un potenciālu ķīmisko reakciju rezultātā ar ceļa seguma materiālu vai iespējamām izlijušiem piesārņojošiem produktiem,
  - efektivitāte gan mitros, gan sausos periodos
  - atbilstība nacionālajiem un starptautiskajiem drošības standartiem un vides prasībām.

Pētījumā [22] salīdzināti šādi AL:

- ūdens;
- neorganiskie sāļi;
- lignosulfonāti;
- naftas produkti;
- polimēra emulsijas;
- darvas un bitumena emulsijas.

Konstatēts, ka ūdens kā atputeķļošanas līdzeklis ir salīdzinoši mazefektīvs, nedaudz efektīvāks ir jūras ūdens, pateicoties paaugstinātai mineralizācijas pakāpei (nātrija un hlorīda jonu klātbūtnē). Ūdens kā atputeķļošanas līdzekļa efektivitāte atkarīga arī no klimatiskajiem apstākļiem, gaisa temperatūras un relatīvā mitruma. Efektivitātes palielināšanai ūdenim var pievienot virsmas aktīvās vielas, kas samazina ūdens spraigumu pret gaisu un veicina ūdens penetrāciju augsnē. Lai arī pētījumā konkrētas virsmas aktīvās vielas nav minētas, tās varētu būt, piemēram, nātrija laurilsulfāts.

Pētījumā apstiprināts, ka šķīstošie neorganiskie sāļi kļūst efektīvi, sākot ar gaisa mitruma saturu 30-40%. Minēts, ka šķīstošo neorganisko sāļu mitrumu uzglabājotās īpašības nepieciešamības gadījumā var nodrošināt ar grants seguma apsmidzināšanu ar ūdeni.

Puteķļojošās daļiņas saistošie lignosulfonātu un melases AL parasti sākotnēji tiek iemaisīti grunts slānī, kamēr atkārtotajās apstrādes reizēs tiek izsmidzināti uz grunts virsmas. Norādīts, ka šie produkti ir pakļauti izskalošanai, tādēļ tie ir efektīvāki sausos apstākļos.

Bitumena emulsijas (piemēram uz 80/100 markas bitumena bāzes) līdzīgi kā lignosulfonāti sasaista grunts puteķļojošās/sīkdispersās daļiņas. Līdzīgi kā lignosulfonātu un melases šķīdumi bitumena emulsijas parasti sākotnēji tiek iestrādātas grunts slānī, bet atkārtotajās apstrādes reizēs izsmidzinātas. Atšķirībā no lignosulfonātu un melases šķīdumu AL, bitumena emulsiju sastāvs parasti ir komplicētāks, bez ūdens kā emulsijas vides, kompozīcijā ietilpst arī emulgatori un slapēšanas aģenti. Pētījuma autori salīdzinājuši dažādu AL ierobežojumus un devuši pielietojuma rekomendācijas, kuras apkopotas 1.15. tabulā.

**AL pielietojuma ietekmes faktori un ierobežojumi [22]**

|   | Neorganiskie sāļi  | Lignosulfonāti   | Naftas rūpniecības produkti  |
|---|--|--|--|
| Klimatiskie apstākļi                        | Zaudē efektivitāti ilgstošos sausuma periodos. Izvēle atkarīga no gaisa relatīvā mitruma vērtības un iespējas veikt ceļa seguma virsmas laistīšanu   | Saglabā efektivitāti ilgstošos sausuma periodos pie zemas relatīvā mitruma vērtības  | Pamatā efektīvi neatkarīgi no klimatiskajiem apstākļiem, bet var veidoties maza diametra bedres, ja ir liels sīkdispersās frakcijas saturs   |
| Prasības pret seguma materiālu              | Rekomendējami izmantošanai grants seguma materiālos ar vidēju sīkdispersās frakcijas saturu (max. 10-20% d<0,075 mm). Nav piemēroti seguma materiāliem ar zemu sīkdispersās frakcijas saturu vai augsta sarukuma produktiem/PI* vai materiāliem ar zemu CBR** vērtību vai slideniem materiāliem. | Rekomendējami izmantošanai grants seguma materiālos ar augstu sīkdispersās frakcijas saturu (<30%<0,075 mm) sablīvētā grantī bez brīva materiāla klātbūtnes  | Vislielāko efektivitāti parāda grants seguma materiālos ar zemu sīkdispersās frakcijas saturu (<10%<0,075 mm) salāgojot AL produktu viskozitāti ar grants seguma sablīvējuma pakāpi  |
| Apstrādes, apkalpošanas un remonta iespējas | Iestrādāt grantī mitros apstākļos. CaCl <sub>2</sub> ir efektīvāks izsmidzināšanas pielietojumā. Zema sarukuma materiāli var deformēties bīdē un veidot rievas zem ātri braucošu kravas automašīnu   | Vislabāk pielietojams sākotnējās iemaisīšanas veidā. Zema sarukuma materiāli var deformēties bīdē un veidot rises zem ātri braucošu kravas automašīnu radītās slodzes. Tendence deformēties bīdē un sausos apstākļos | Nepieciešams stabils pamats, uzmanība jāpievērš mitruma saturam sablīvēšanas/kompaktēšanas laikā. Mazi ātrumi/lēna kustība un mazi pagriezienu rādiusi veicina bīdes deformācijas, kuras nav pašdziedējošas, bet, kuras var lokāli remontēt. |

|   | Neorganiskie sāļi   | Lignosulfonāti  | Naftas rūpniecības produkti   |
|---|---|---|---|
|   | radītās slodzes. Bīdes deformācijas var pašdziedēties.                                      | veidot trauslu “biskvīta” slāni, bez kas nav pašdziedējošā jeb self-healing efekta.   |   |
| Izskalošanās un akumulēšanās/uzkrāšanās tendences | Izskalojās, atkārtotas iestrādes rezultātā uzkrājas   | Izskalojās lietū, ja nav pietiekami saistīts. Laika gaitā oksidēties un izskalosies. Atkārtotas iestrādes rezultātā akumulējas. | Neizskalojas. Atkārtotas iestrādes rezultātā akumulējas.  |
| Komentāri   | Pie augsta sīkdispersās frakcijas satura grants segumā var kļūst slidens slapjos apstākļos. | Parasti neefektīvs, ja seguma slānis satur maz sīkdispersā materiāla, vai ir daudz nesaistītas grants uz ceļa.                  | Salīdzinoši ilgizturīgs, vairāk efektīvs sausos klimatiskajos apstākļos, var izraisīt slāņošanas pēc vairākām apstrādes reizēm it īpaši, ja sīkdispersās frakcijas saturs ir >15%<0,075 mm. |

\*-PI- plasticitātes indekss, CBR- California bearing ratio (%)

Saskaņā ar AL raksturojošajām īpašībām 1.16. tabulā pētījuma autori devuši vispārīgas rekomendācijas par AL pielietojuma piemērotību atkarībā no seguma materiāla veida, iestrādes veida, nepieciešamās ilgdarbības, satiksmes intensitātes un klimatiskajiem apstākļiem.

**1.16. tabula**

**AL pielietojuma prioritātes**

|                                    | Augsts PI | Vidējs PI | Smilts | Slapja ceļa izbraucamība | Rampas ceļi | Liela satiksmes intensitāte | Īstermiņa | Ilgtermiņa | Izsmidzināšana | Iestrāde | Uzraudzība |
|------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|------------|----------------|----------|------------|
| Slapēšanas aģenti                  |           | X         |        |                          | X           |                             | X         |            | XI/R           |          | X          |
| Neorganiskie sāļi                  |           | X         |        |                          |             | X                           | X         |            | XR             | XI       | XM         |
| Lignosulfonāti                     | X         | X         | X      |                          |             |                             | X         | X          |                | XI/R     | XSO        |
| Naftas produktu emulsijas          | X         | X         | X      | X                        | X           | X                           | X         |            | XI             | XI       |            |
| Polimēru emulsijas                 | X         | X         |        | X                        | X           | X                           |           | X          |                | XI       | XSO        |
| Darvas/bitumena produktu emulsijas |           | X         |        | X                        | X           | X                           |           | X          | XR             | XI       | XSR        |

Apzīmējumi: I - sākotnējā AL pielietošana; R- atkārtota AL pielietošana; M- uzturēt, kad mitrināts; SO- uzturēt ar atkārtotām izsmidzināšanas reizēm

Pētījumā izstrādāti kritēriji vizuālai putekļainības novērtēšanai salīdzinot ar Hund tindalometa mērījuma datiem, ļaujot noteikt ceļa 5 putekļainības pakāpes, kā parādīts 1.17. tabulā.

### 1.17. tabula

#### PM10 koncentrācija gaisā uzreiz pēc kravas automašīnas nobraukšanas

| Atputekļošanas pakāpe | Putekļainības raksturojums  | PM10 koncentrācija, mg/m <sup>3</sup>             |
|-----------------------|---|---|
| 1. pakāpe             | Minimāla putekļainība   | <3,50 mg/m <sup>3</sup>                           |
| 2. pakāpe             | Putekļi uzreiz aiz kravas automašīnas   | 3,51 mg/m <sup>3</sup> – 23,50 mg/m <sup>3</sup>  |
| 3. pakāpe             | Putekļi aiz kravas automašīnas redzami, bet sekojošās automašīnas šoferim nerada diskomfortu, saglabājoties labai redzamībai    | 23,51 mg/m <sup>3</sup> – 45,00 mg/m <sup>3</sup> |
| 4. pakāpe             | Ievērojams putekļu daudzums, sekojošai automašīnai nepieciešams aizvērt logus, redzamība tik tikko pieņemama, apdzīšana bīstama | 45,01 mg/m <sup>3</sup> – 57,50 mg/m <sup>3</sup> |
| 5. pakāpe             | Būtisks putekļu daudzums, sekojošai automašīnai nepieciešams aizvērt logus, redzamība slikta, apdzīšana nav iespējama           | >57,50 mg/m <sup>3</sup>                          |

Pētījuma autori izstrādājuši vairākus matemātiskos modeļus putekļainības prognozēšanai, kas ļauj aprēķināt:

- putekļu, kā nesaistītā materiāla daudzumu, uz ceļa virsmas;
- kopējo putekļainību (ņemot vērā putekļu maksimumu un putekļu mākoņa saglabāšanās laiku);
- kopējo putekļainību kā funkciju no transporta līdzekļa veida, ātruma un nesaistītā materiāla uz ceļa virsmas.

Konstatēts novērojums, ka pie lielākas transporta plūsmas kopējā putekļainība, rēķinot uz transporta līdzekli, ir mazāka, kas saistīts ar lielāku ceļa seguma sablīvēšanos nekā pie retas/mazas transporta plūsmas. Pēc šī modeļa konstatēts, ka Dienvidāfrikas Republikā, kas atrodas mērenā subtropu joslā, ziemas periodā optimālais ūdens aplaistīšanas biežums ir 1 reizi stundā, bet vasaras periodā – 2 reizes stundā. Šie dati tika izmantoti kā atskaites punkts/reference salīdzinājumā ar AL. Pētījumā konstatēts, ka lielāko tūlītējo atputekļošanas efektivitāti (92% putekļu daudzuma samazinājums) sniedz bitumena emulsija (nemodificētā bitumena emulsija (75% putekļu daudzuma samazinājums pēc 86 dienām) un polimēra emulsija (72% putekļu daudzuma samazinājums pēc 118 dienām). Kopumā, izmantojot uzsmidzināšanas metodi, atputekļošanas pakāpe bija ap 40-60 % pirmajās 2 nedēļās, bet pēc tam strauji samazinājās, kamēr, izmantojot iemaisīšanas metodes, atputekļošanas pakāpe pirmo 7

nedēļu laikā svārstījās ap 60-70%, bet pēc tam samazinājās, kaut gan mazākā mērā, nekā izmantojot izsmidzināšanas metodes. Tomēr jāņem vērā, ka atkārtota AL iestrāde palielinās atputeķļošanas efektivitāti. Pie tam zināms, ka atkārtoto iestrāžu laikā iestrādājamā AL koncentrācija ir mazāka nekā pirmajā reizē, kas ļauj arī samazināt kopējās atputeķļošanas izmaksas. Pētījuma rezultātu apkopojums dots 1.18. tabulā.

### 1.18. tabula

#### Dažādu AL atputeķļošanas efektivitātes salīdzinājums

| Atputeķļošanas līdzeklis        | Pielietošanas metode |                                       |  | Atputeķļošanas pakāpe |   |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------------|--|-----------------------|---|
|                                 | Pielietošanas veids  | Iemaisīšanas doza (l/m <sup>2</sup> ) | Izsmidzināšanas doza (l/m <sup>2</sup> ) | Maksimālā (%)         | Vidējā (%) izvērtējuma periodā (dienās) |
| Higroskopiski neorganiskie sāļi | Pirmējā              | -                                     | 2,0                                      | 90                    | 45% 14 dienu laikā                      |
|                                 | Atkārtotā            | -                                     | 0,5                                      |                       |   |
| Lignosulfonāti                  | Pirmējā              | Nav datu                              | Nav datu                                 | 88                    | 66% 23 dienu laikā                      |
|                                 | Atkārtotā            | -                                     | 0,2                                      |                       |   |
|                                 | Pirmējā              | Nav datu                              | Nav datu                                 | 82                    | 70% 23 dienu laikā                      |
|                                 | Atkārtotā            | -                                     | 0,2                                      |                       |   |
|                                 | Pirmējā              | -                                     | 1,0                                      | 88                    | 47% 18 dienu laikā                      |
|                                 | Atkārtotā            | -                                     | 0,5                                      |                       |   |
| Bitumena emulsija               | Pirmējā              | 3                                     | -  | 88                    | 75% 86 dienu laikā                      |
|                                 | Atkārtotā            | -                                     | 3  |                       |   |
|                                 | Pirmējā              | 3                                     | -  | 78                    | 72% 62 dienu laikā                      |
|                                 | Atkārtotā            | -                                     | 3  |                       |   |
|                                 | Pirmējā              | 3                                     | -  | 92                    | 70% 20 dienu laikā                      |
|                                 | Atkārtotā            | -                                     | 1,5                                      |                       |   |

Ievērojot, ka pētījumā apskatīta derīgo izrakteņu ieguves vietu ceļu infrastruktūra, uzmanība pievērsta arī puteķļveida materiāla neplānotas izkaisīšanās problēmai. Secināts, ka izkaisītā materiāla greiderēšana parasti nedod vēlamu rezultātu, it īpaši, ja ceļš ir apsmidzināts ar AL. Līdzīgi arī gadījumos, ja AL ir iestrādāts ceļa seguma virskārtā, apstrādātais ceļa slānis var tikt sabojāts un līdz ar to atputeķļošanas efektivitāte var samazināties. Pētījumā rekomendēts, izkaisītā materiāla savākšanu veikt, izmantojot rotējošas birstes. Pētījumā izstrādātas arī rekomendācijas problemātiskiem ceļu posmiem (kravas iekraušanas punkti, transportlīdzekļu apgrīšanās vietas), kuros ceļš ir pakļauts lielām bīdes slodzēm transportlīdzeklim manevrējot, bremzējot, kā arī uzsākot kustību. Rekomendēts šādu ceļu posmu virskārtu stabilizēšanai izmantot cementu, jo AL izmantošana šādos posmos ir neefektīva. Esošā veicamā pētījuma un LVM pasūtījuma kontekstā šo pieredzi varētu attiecināt uz kokmateriālu vai derīgo izrakteņu (piem., smilts, grants) iekraušanas vietām, ja ir nepieciešama puteķļu daudzuma samazināšana šādās vietās, tādējādi ļaujot uzlabot strādājošo darba apstākļus. Vienaļcīgi pētījumā konstatēts, ka bez paša AL izvēles, būtiska loma ir arī ceļa pareizai sagatavošanai nodrošinot atbilstību nacionālajai ceļu specifikācijai (skat. 1.19. tab.).

**Prasības seguma slāņa materiālam un iespējamie defekti šo prasību neievērošanas gadījumā**

| Ietekme uz ceļa seguma veiktspēju, ja ietekmes parametrs atrodas zem minimālās robežas         | Ietekmes parametra rekomendējamās robežas |                                 |                  | Ietekme uz ceļa seguma veiktspēju, ja ietekmes parametrs atrodas virs minimālās robežas        |
|--|---|---------------------------------|------------------|--|
|  | Minimālā robeža                           | Ietekmes parametrs              | Maksimālā robeža |  |
| Samazināta slīdamība, bet tendence uz rupjās frakcijas zudumu                                  | 85  | Sarukums                        | 200              | Palielināta putekļainība un augsta slīdamība slapjos apstākļos                                 |
| Palielināts daudzums vaļīgu akmeņu un palielināts riepu bojājumu risks                         | 20  | Gradācijas koeficients          | 35               | Palielināta daļiņu iznešana, augsta slīdamība sausos apstākļos, vāja agregātu daļiņu gradācija |
| Samazināta putekļainība, bet brīvais materiāls ar tendenci uz iznešanu                         | 0,4                                       | Putekļu frakcijas īpatsvars*    | 0,6              | Palielināta putekļu veidošanās   |
| Palielināts vaļīgo akmeņu daudzums   | 17  | Šķidruma robeža (%)             | 24               | Tendence uz putekļu veidošanās, samazināta daļiņu izmešana                                     |
| Palielināts vaļīgo akmeņu daudzums   | 12  | Plastiskuma robeža (%)          | 17               | Tendence uz putekļu veidošanās, samazināta daļiņu izmešana                                     |
| Palielināts vaļīgo akmeņu daudzums, tendence uz iznešanu                                       | 4   | Plastiskuma indekss (%)         | 8                | Tendence uz putekļu veidošanās, liela slīdamība sausos apstākļos                               |
| Samazināta izbraucamība slapjos laikapstākļos, palielinātas deformācijas un erozijas tendences | 80  | Piesūcināta CBR vērtība pie 98% |                  | Palielināta izturība pret eroziju un risu veidošanos, uzlabota izbraucamība                    |
| Apkopes vieglums, nav riepu plīsuma draudi   |   | Maksimālais daļiņu izmērs       | 40               | Liels seguma virsmas nelīdzenums, bedru veidošanās tendences un riepu plīšanas draudi          |

\* - 0,075 mm sietam cauri izgājušo daļiņu attiecība pret 0,425 mm sietam cauri izgājušajām daļiņām

Ceļu segumos ar pārāk lielu grants smalko daļiņu daudzumu, AL var uzrādīt mazāku efektivitāti, it īpaši gadījumos, ja tie tiek izsmidzināti. Pateicoties neoptimālam daļiņu

izmēram (vājai izmēru gradācijai), AL neveicina virsmas sablīvēšanu un stabilas virsmas veidošanos. Vāja sablīvēšana var novest pie nesaistīta materiāla satura palielināšanās un līdz ar to palielinātas putekļu ģenerēšanas. Ūdenī šķīstošu AL gadījumā (tostarp, neorganiskie sāļi un lignosulfonāti) var rasties izskalošanas problēmas. Uz ceļiem, kuri apstrādāti ar AL izsmidzināšanas metodi, novērota arī bedru veidošanās pateicoties nesaistītās smalkās frakcijas aiznešanai/emisijai transporta plūsmas radītās slodzes dēļ. Faktiski pētījumā viennozīmīgi priekšroka dota AL iestrādei ceļa virskārtā, norādot, ka izsmidzināšanu ir lietderīga ceļa nomaļu apstrādei. Pētījumā veikta atputeķļošanas izmaksu analīze, iekļaujot sekojošus svarīgākos izmaksu elementus:

- kapitālieguldījumi (nepieciešamais pamataprīkojums);
- aprīkojuma ekspluatācijas izmaksas;
- ceļa apsaimniekošanas biežums;
- materiāla izmaksas (AL cena);
- ar atputeķļošanu saistītās izmaksas (virsmas sagatavošana, AL iestrāde, greiderēšana, mitrināšana).

Pētījumā aprakstītajā atputeķļošanas izmaksu modelī lietotie izejas dati apkopoti 1.20. tabulā.

## 1.20. tabula

### Nepieciešamais AL atputeķļošanas operāciju biežums un AL izmantošanas dozas noteiktas atputeķļošanas pakāpes sasniegšanai

| Atputeķļošanas līdzeklis        | Pielietošanas metode (l/m <sup>2</sup> un intervāls) dažādiem atputeķļošanas līmeņiem |                |   |  |
|---------------------------------|---|----------------|---|--|
|                                 | Pielietošanas veids   |                | Puteķļainības pakāpe 2:<br>3,51 mg/m <sup>3</sup> – 23,50 mg/m <sup>3</sup> | Puteķļainības pakāpe 4:<br>45,01 mg/m <sup>3</sup> – 57,50 mg/m <sup>3</sup> |
| Higroskopiski neorganiskie sāļi | Pirmējā   | Izsmidzināšana | 2 l/m <sup>2</sup>  | 2 l/m <sup>2</sup>   |
|                                 | Atkārtotā   | Izsmidzināšana | 0,5 l/m <sup>2</sup> katru 10. dienu  | 0,25 l/m <sup>2</sup> katru 12. dienu  |
| Lignosulfonāti                  | Pirmējā   | Iemaisīšana    | 1 l/m <sup>2</sup>  | 1 l/m <sup>2</sup>   |
|                                 | Atkārtotā   | Izsmidzināšana | 0,2 l/m <sup>2</sup> katru 10. dienu  | 0,1 l/m <sup>2</sup> katru 14. dienu   |
| Bitumena emulsija               | Pirmējā   | Iemaisīšana    | 3 l/m <sup>2</sup>  | 3 l/m <sup>2</sup>   |
|                                 | Atkārtotā   | Izsmidzināšana | 0,125 l/m <sup>2</sup> katru 15. dienu                                      | 0,063 l/m <sup>2</sup> katru 15. dienu                                       |

Pie norādītā AL izmantošanas biežuma pētījumā konstatēts, ka pēc ekonomiskā izdevīguma AL sarindojami sekojoši: bitumena emulsija > lignosulfonāti > higroskopiski neorganiskie sāļi. Svarīgi atzīmēt, ka pieaugot nepieciešamajai atputeķļošanas pakāpei (puteķļainības pakāpe samazinās) higroskopisko neorganisko sāļu ekonomiskā efektivitāte pieaug, it īpaši ilgtermiņā.

#### 1.1.4.7. ES valstis HORIZON2020 AIRUSE projekta ietvaros

Laika periodā no 2009. līdz 2012. gadam īstenots *LIFE+* projekts CMA+, kura ietvaros izvērtētas iespējas izmantot kalcija-magnija acetātu (CMA), lai aizvietotu nātrija hlorīdu atputeķļošanas novēršanai vasarā un apledošanas mazināšanai ziemā [23]. Šī projekta ietvaros veikti atsevišķi pētījumi par CMA izmantošanu puteķļu veidošanās novēršanai uz irdenajiem ceļu segumiem un būvobjektos, izdarot sekojošus secinājumus:

- rekomendēts apstrādāt irdenos ceļus ar CMA devu 100-200 g/m<sup>2</sup>;
- konstatēts, ka atputeķļošanas efekts, lielā mērā atkarībā no laikapstākļiem, transporta plūsmas intensitātes un ceļa seguma veida, var saglabāties vairākas nedēļas;
- rekomendējamā deva, izmantojot CMA ir 100-200 g/m<sup>2</sup>;
- apsmidzināmajam ceļa posmam jābūt mitram;
- apsmidzināšanas laikā iespējama etiķa smarža, bet tā nav kaitīga videi;
- pateicoties augstajai puteķļu saistīšanas spējai, puteķļi ar riepām var tikt transportēti lielākos attālumos, līdz ar to, ja plānota CMA izmantošana būvobjektos, jāparedz riepu mazgāšana. Stipru vēju gadījumā atvērtos laukumos CMA izmantošana nenodrošina pietiekamu atputeķļošanas efektu.

Projekta secinājumos minēts, ka Vidusjūras klimatiskajā zonā visdrīzāk pateicoties augstajām temperatūrām, kas veicināja irdeno ceļa segumu ātru izžūšanu, ķīmisko atputeķļošanas līdzekļu izmantošana nedeva būtiskas priekšrocības salīdzinājumā ar regulāru laistīšanu ar ūdeni [24]. Jāatzīmē gan, ka pētījumā tika izmantots ļoti ierobežots atputeķļošanas līdzekļu spektrs - MgCl<sub>2</sub> un CMA. Attiecībā uz LVM pasūtījumu, šī brīža klimatiskajos apstākļos sagaidāma lielāka neorganisko AL efektivitāte, ievērojot zemākas gaisa temperatūras un relatīvā mitruma vērtības. Šī problēma gan nākotnē var kļūt aktuāla, klimata izmaiņu dēļ.

Projektā dota arī informācija par ķīmisko AL izmantošanu ne tikai uz irdenajiem ceļu segumiem un minerālu ieguves industrijā, bet arī uz asfaltētajiem ceļu segumiem Norvēģijā, gan tuneļos, gan atklātos ceļu posmos jau kopš 1990. gada [25]. AL efektivitātes pētījumus pilsētvidē lielā mērā ietekmējušas ES noteiktās dienas PM10 robežvērtības saskaņā ar ES direktīvu 2008/50/EC (50 µg/m<sup>3</sup> ne vairāk kā 35 reizes kalendārā gada laikā).

Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācijas (ESAO) 2020. gadā publicētajos informatīvajos materiālos īpaši aktualizēts sauszemes transporta radītais ne-izplūdes gāzu gaisa piesārņojums, tostarp gaisa piesārņojums ar puteķļveida daļiņām gan no irdeno ceļu seguma materiāliem galvenokārt ārpuspilsētas vidē, gan pārpalikušajiem ceļu apstrādes līdzekļiem (piem., pret-apledošanas līdzekļiem) pilsētvidē [26].

Atbilstoši AIRUSE projektā analizētajam AL uz CMA bāzes, jāmin Dānijas firma Alumichem A/S, kas ir Ziemeļvalstīs vadošais funkcionālo alumīnātu un specifiskas nozīmes ķīmikāliju ražotājs, kas izstrādājis arī dažādus risinājumus ceļu infrastruktūras uzturēšanai, tostarp AL. Kā viens no perspektīvākajiem risinājumiem tiek piedāvāts kalcija magnija acetāta (Ca<sub>x</sub>Mg<sub>y</sub>(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2(x+y)</sub>) AL *Dust Away*, parasti pielietots 25% ūdens šķīduma veidā, kas vienlaikus kalpo arī kā pretapledošanas līdzeklis (līdz pat -32°C). Saskaņā ar ražotāja sniegto informāciju, CMA AL ir nekorozivs (pH=8,8), videi draudzīgs, viegli bionoārdāms, netoksisks, ļauj nodrošināt līdz pat 35% PM10 samazinājumu [27].

### 1.1.5. Secinājumi

- 1) Galvenie grants seguma putekļainību un defektus izraisošie faktori ir transportlīdzekļu satiksme un ūdens iedarbība. Šo faktoru iedarbības rezultātā no grants seguma materiāla zūd smalkās daļiņas (aizputot, aizskalojoties), tādējādi iniciējot defektu (bedrīšu, rišu) veidošanos un satiksmes drošības samazināšanos putēšanas dēļ.
- 2) Grants segumu putēšanu var ierobežot, samazinot kustības ātrumu līdz apmēram 30 km/h, pievienojot grants seguma materiālam māla daļiņas, optimāli > 50 svara % no kopējā smalko daļiņu daudzuma, būvējot grants seguma ceļa segas pamatkārtas no materiāliem, kam ir nedaudz palielināts putekļu daļiņu saturs salīdzinājumā ar ceļa segām ar saistītu segumu pamatkārtās, veicot grants seguma atputeķlošanu ar atputeķlošanas līdzekļiem.
- 3) Grants seguma noturību pret ūdens iedarbību var nodrošināt, grants segumam lietojot atbilstošu vienmērīgas granulometriskās struktūras minerālmateriālu ar optimālu putekļu daļiņu saturu (parasti 8 – 15 svara %), izveidojot un uzturot ceļa seguma virsmai vismaz 4% šķēršprofilu, nodrošinot ūdens atvadi no seguma virsmas (novācot veģetāciju un iztīrot sāngrāvjus).
- 4) Ievērtējot nosacījumus ceļa grants seguma materiālam, garenprofilam, šķēršprofilam, ūdens atvadei u. c. faktorus, secināms, ka atputeķlošana dos labu cerēto rezultātu tikai tādā gadījumā, ja ceļš būs uzturēts labā tehniskajā stāvoklī.
- 5) Aprēķinātā satiksmes intensitāte, pie kuras ir racionāli veikt atputeķlošanu, ir AADT 100 – 250 auto/diennaktī. Pie lielākas satiksmes intensitātes racionālāk ir būvēt segas konstrukcijas ar saistītu segumu.
- 6) Atputeķlošanas līdzekļus var saklasificēt piecās grupās: ūdens, neorganiskie sāļi (gk. NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaMgCH<sub>3</sub>COOH), naftas pārstrādes rūpniecības produkti (piem., bitumena emulsija, sulfonētie naftas produkti), polimēru emulsijas (piem., PVA un PVH emulsijas) un no atjaunojamajiem resursiem iegūtie produkti (piemēram, lignosulfonāti, melase, ciete, guāra sveķi, ksantāna sveķi, hitozāns).
- 7) Atputeķlošanas līdzekļi uz neorganisko sāļu bāzes (kalcija hlorīds, magnija hlorīds) atputeķlošanas efektu nodrošina, piesaistot gaisa mitrumu un vienlaikus samitrinot arī grants seguma minerālmateriāla daļiņas, kas tādējādi ar piesaistīto mitrumu tiek savstarpēji saistītas.
- 8) Latvijā grants ceļu atputeķlošanai uz pētījuma sagatavošanas laiku (2021. gada nogali) visplašāk izmanto kalcija hlorīdu, kurš tiek ražots un ievests no citām Eiropas valstīm (izplatītājs Latvijā SIA “Vincents Polyline”). Kalcija hlorīdu AL ceļu atputeķlošanai izmanto granulū/pārslu vai ūdens šķīdumu veidā (optimāli 32 – 42%). Kalcija hlorīda cena ir atkarīga no nepieciešamā daudzuma, piegādātāja, iesaiņojuma veida, piegādes vietas, un orientējoši tā svārstās robežās no 250 līdz 500 EUR/t. Vispopulārākie iesaiņojumi ir vai nu 25 kg maisos, vai 1 t lielajos maisos.
- 9) Pieaugošās vides prasības veicina lignosulfonātu kā atjaunojamu un ilgtspējīgu produktu izmantošanu dažādās nozarēs, jo tie nav toksiski un nav bīstami. Atputeķlošanas līdzekļi uz lignosulfonātu bāzes atputeķlošanas efektu nodrošina, saistot savā starpā putekļu daļiņas aglomerātos.
- 10) Lielākie pasaules uzņēmumi, kas ražo un tirgo lignosulfonātus, ir *Borregaard LignoTech*, *Sappi Limited*, *Tembec Inc.* (*Rayonier Advanced Materials*), *Nippon*

*Paper Industries Co, Wuhan Xinyingda Chemicals Co. Ltd., Shenyang Xingzhenghe Chemical Co. Ltd. utt.*

- 11) Ārvalstu pieredzes izvērtējums par AL izmantošanas efektivitāti nesaistīto ceļa segumu atputeķlošanai liecina par pretrunīgiem rezultātiem. Tomēr var secināt, ka
- pie relatīvā gaisa mitruma virs 30% priekšroka dodama neorganisko sāļu AL (galvenokārt  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$ ) izmantošanai, bet pie zemāka gaisa mitruma lignosulfonātu AL,
  - abu veidu AL izskalojās, it īpaši lignosulfonātu AL, līdz ar to, tie ir regulāri jāatjauno,
  - neorganisko sāļu AL veicina transportlīdzekļu koroziju,
  - lignosulfonātu AL dodama priekšroka no vides ilgtspējas viedokļa Eiropas Zaļā kursa ietvaros.

### 1.1.6. Rekomendācijas

- 1) Puteķļveida piesārņojuma samazināšanai, satiksmes drošības uzlabošanai un meža autoceļu tuvumā esošo dzīvojamo platību iedzīvotāju dzīves kvalitātes uzlabošanai ir rekomendējama AL izmantošana uz meža autoceļiem, kuri ir labā tehniskajā stāvoklī, ar garenprofilu, šķērsprofilu un sāngrāvjiem, kas nodrošina efektīvu ūdens atvadi.
- 2) Eiropas Zaļā kursa ietvaros prioritāte būtu dodama videi draudzīgiem AL ar pēc iespējas lielāku no atjaunojamiem resursiem iegūtu sastāvdaļu īpastavaru (piemēram, lignosulfonātus saturošiem AL),

Nolūkā nodrošināt AL plašāku darbības diapazonu (gan lielāka, gan zemāka gaisa relatīvā mitruma apstākļos) būtu rekomendējams izvērtēt lignosulfonātu maisījumu ar neorganiskajiem sāļiem pielietojamību Latvijas apstākļos detalizētāku un plašāka apjoma pētījumu ietvaros

## 1.2. Aputeķļošanas efektivitāti ietekmējošie faktori

Aputeķļošanas efektivitāti ietekmē šādi faktori:

- aputeķļojamā ceļa vai platības funkcionālais stāvoklis (grants materiāla struktūra un fizikāli-mehāniskās īpašības, šķērsprofils, ūdens atvades stāvoklis, veģetācija, ceļa segas kopējā nestspēja);
- aputeķļojamā ceļa vai platības atrašanās vieta (atklāta, noēnota, ceļa plāns un garenprofils, apdzīvotās vietas, ražotnes u. tml.);
- aputeķļojamā ceļa vai platības tiešā tuvumā esošie potenciālie puteķļu emisijas vai cita piesārņojuma avoti;
- transportlīdzekļu satiksme, tās režīms;
- klimatiskie apstākļi, īpaši, piemēram, ilgstošas lietavas vai ilgstoši karsta laika un sausuma periodi;
- aputeķļošanas līdzekļa veids un tā piemērotība grants seguma materiālam;
- aputeķļošanas līdzekļa izlietojuma daudzums un saglabšanās ilgums seguma materiālā;
- aputeķļošanas līdzekļa iestrādes kvalitāte.

### 1.2.1. Aputeķļošanas līdzekļa veids

Kā parādīts 1.1. sadaļā lignosulfonātu AL ir efektīvāki pie zemāka gaisa relatīvā mitruma, kamēr hlorīdu AL sāk strādāt, tikai pie noteiktas gaisa relatīvā mitruma vērtības, kura  $\text{CaCl}_2$  gadījumā ir atkarīga no temperatūras (piemēram,  $25^\circ\text{C}$  temperatūrā  $\text{CaCl}_2$  sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums ir 29%, kamēr  $38^\circ\text{C}$  temperatūrā tas sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa mitrums ir 20%), bet  $\text{MgCl}_2$  gadījumā nav atkarīga no temperatūras (t.i., ja gaisa relatīvais mitrums ir 32%). Tādējādi hlorīdu sāļu AL aputeķļošanas efektivitāte diennaksts laikā var mainīties: karstās pēcpusdienās uz ceļa var būt novērojama neliela puteķļu veidošanās, bet naktīs un no rītiem puteķļi neveidojas. Jāatzīmē arī, ka lietojot komerciālos AL pārslu vai granulu formā, lai nodrošinātu līdzīgu aputeķļošanas efektu,  $\text{MgCl}_2$  jālieto lielākā daudzumā nekā  $\text{CaCl}_2$ , kamēr, lietojot šķīdumus, abu hlorīdu AL būs līdzvērtīgs pie vienāda izmantošanas daudzuma.

Salīdzinot iestrādes metodes ietekmi, lielāka efektivitāte kopumā būs AL iestrādei ceļa seguma virskārtā līdz 4 cm dziļumam, neatkarīgi no AL veida.

Detalizētāka informācija par AL veidiem, to pielietojuma formām, ūdens šķīdumu koncentrācijām un iestrādes veidiem dota 1.1. sadaļā.

### 1.2.2. Seguma materiāls

Aputeķļošanai lietojot  $\text{CaCl}_2$  vai  $\text{MgCl}_2$ , grants seguma materiālam jābūt ar vienmērīgu granulometriskā sastāva līkni un puteķļu daļiņu ( $< 0,075$  mm) saturu 8 – 15 svara %, bet nav ieteicams izmantot  $\text{CaCl}_2$  vai  $\text{MgCl}_2$  tad, ja puteķļu daļiņu saturs ir mazāks par 5 svara % vai lielāks par 20 svara %. Savukārt lignosulfonātu AL rekomendējami izmantošanai grants seguma materiālos ar augstu sīkdispersās frakcijas saturu ( $< 30\% < 0,075$  mm) sablīvētā grantī bez brīva materiāla klātbūtnes. Detalizētāka informācija par AL piemērotību dažādiem segumu veidiem dota 1.1. sadaļā.

### **1.2.3. Autoceļa atrašanās vieta**

Atkarībā no autoceļa atrašanās vietas lielāks AL daudzums jāparedz atklātos un likumos ceļa posmos, apdzīvotās vietās, kā arī ražotņu un ēku tuvumā. Salīdzinoši mazāku AL daudzumu var paredzēt noēnotos meža posmos, kā arī posmos ar pazeminātu ceļa garenprofilu.

Jāņem vērā, ka visu AL izmantošanas gadījumā sezonas laikā var būt nepieciešama papildapstrāde ar AL, jo atputeķļošanas efekts var zust gan izskalošanās, gan mitruma iedarbības, gan autotransporta kustības, gan arī grants ceļa kopējās funkcionālās efektivitātes samazināšanās dēļ. Kopumā gan lignosulfoonātu, gan hlorīdu AL izskalojās ar laiku, līdz ar to sezonas garumā ir nepieciešams ceļa posma regulārs monitorings. Ceļa seguma remonts un atkārtota apstrāde ar AL var būt nepieciešama arī gadījumā, ceļš tiek bojāts transporta kustības rezultātā (veidojas plaisas), kas ir īpaši īpaši izteikti lignosulfonātu AL gadījumā, par ko liecina ārvalstu pieredzes apkopojums 1.1. nodaļā.

Ceļu posmos vai laukumos, kuru tiešā tuvumā ir citi puteķļu emisijas avoti, piemēram, grants vai smilts atradnes, vai citviet, kur blakus atputeķļojamajai platībai atrodas nesaistīti, nenostiprināti puteķļaini materiāli (smilts, grants krautnes u. tml.), jārēķinās, ka atputeķļošanas efekts būs īslaicīgs. Tas pats sagaidāms arī gadījumos, ja grants seguma materiāls ir neatbilstošs vai atputeķļojamie posmi tiek izmantoti īslaicīgi, to dislokācija bieži mainās, piemēram, būvobjektos vai to tuvumā, u. tml. Šādos gadījumos risinājums būtu iestrādāt mazāku atputeķļošanas līdzekļa daudzumu, bet atputeķļošanu veikt biežāk, periodiski ik pēc 1 – 2 vai 3 – 4 nedēļām – atkarībā no konkrētās situācijas un nepieciešamības.

### **1.2.4. Transportlīdzekļa braukšanas ātrums un svars**

Autoceļa putēšanas intensitāte ir tieši atkarīga no transportlīdzekļu veida un kustības ātruma. Smagie transportlīdzekļi izraisa ievērojami lielāku puteķļu emisiju nekā vieglie. Risinājums šai problēmai līdz ar AL lietošanu ir braukšanas ātruma samazināšana, jo, īpaši braucot smagajiem kravas transportlīdzekļiem, to radītā gaisa turbulence var ierosināt no ceļam blakus esošajām nomalēm vai nogāzēm nepiesaistīto puteķļu daļiņu emisiju. Piemēram, samazinot ātrumu no 40 līdz 20 km/h, puteķļu emisija samazinās par 65%. Ātruma ierobežojuma zīmes var kalpot kā efektīvs puteķļu daudzuma samazināšanas pasākums. Ātruma slapētāji – izciļņi un drenāžas kanāli – var samazināt puteķļu daudzumu to tuvumā un ir efektīvi apdzīvotās vietās. Šis risinājums nav piemērots neapdzīvotās vietās, jo gan smagajam transportam, gan vieglajiem transportlīdzekļiem tur ir pietiekami ātri jāpārvietojas, lai laikā nonāktu attiecīgajos gala mērķos. Normatīvie akti neparedz ātruma samazināšanu neapdzīvotās vietās pat tad, ja pieaug cilvēku skaits, kas vēlas dzīvot ārpus apdzīvotajām vietām un apbūvēt zemi, kas atrodas tuvu pie grants ceļiem vai netālu no tiem.

Izvērtējot AL efektivitāti, jāņem vērā ne tikai iepriekš minētie faktori, bet arī AL lietošanas ilgtermiņa izmaksas, risku analīze un ietekme uz vidi. Ilgtermiņa izmaksas ietver ceļa sagatavošanas un uzlabošanas, AL pirmējās un, atkārtoto iestrāžu, izmaksas un tās var aprēķināt no 2. posma darba tāmes. Vides apsvērumi savukārt ietver AL ietekmes uz vidi izvērtējumu, tostarp ietekmi uz ūdens kvalitāti, ūdens organismiem, veģetāciju un bioloģisko daudzveidību. Risku analīze savukārt saistīta ar potenciālo AL

ietekmi uz cilvēku, tostarp ceļu darbinieku, un apkārtējās vides veselību, kas ir detailzētāk analizēta 1.3. sadaļā.

### 1.2.5. Secinājumi

- 1) Grants meža ceļu atputeķļošanas efektivitāti un optimālās AL koncentrācijas nosaka tādi galvenie iedarbības faktori kā AL veids un iestrādes metodika, ceļa seguma materiāls un satiksmes intensitāte, autoceļa atrašanās vieta apkārtnes reljefā un biotopī, kā arī klimatiskie apstākļi.
- 2) Atputeķļošanas efektivitāti negatīvi ietekmējošais faktors, neatkarīgi no izmantotā AL, ir ilgstošs lietus. Ilgstošas lietavas garākā laika periodā pakāpeniski no ceļa seguma izskalo gan neorganisko sāļu, gan lignosulfonātu AL. Tādēļ pēc ilgstoša lietus perioda beigām atputeķļošana veicama atkārtoti.
- 3) Hlorīdu AL atputeķļošanas efektivitāte dažādā diennakts laikā, temperatūrā un gaisa mitruma apstākļos atšķiras.
- 4) Lignosulfonātu AL efektivitāti būtiski samazina transporta radītas plaisas virsmas slānī.

### 1.2.6. Rekomendācijas

- 1) Piemērotākā atputeķļošanas līdzekļa izvēle nosakāma pēc šādiem faktoriem: satiksmes raksturlielumiem (transportlīdzekļu ātruma, transportlīdzekļu kustības intensitātes, transportlīdzekļu masas), ceļa seguma īpašībām (grants daļiņu izmēriem un to sadalījuma pa frakcijām, virsmas stāvokļa), meteoroloģiskajiem apstākļiem (nokrišņiem, temperatūras, mitruma un tā iztvaikošanas, kas ietekmēs atputeķļošanas līdzekļu saglabāšanos ceļa segumā).
- 2) Saskaņā ar ārvalstu pieredzi (1.1. sadaļa), AL efektivitāti ietekmējošiem faktoriem (1.2. sadaļa), kā arī lai izvērtētu no atjaunojamajiem resursiem iegūto lignosulfonātu efektivitāti salīdzinājumā ar jau šobrīd izmantoto  $\text{CaCl}_2$ , LVM pasūtītā pētījuma eksperimentālajā daļā rekomendējams izvērtēt AL:
  - a. ietekmi uz mitruma saistīšanu grantī;
  - b. pH un ietekmi uz iestrādes aprīkojuma koroziju;
  - c. viegliestrādājamību;
  - d. mijiedarbību ar granti/adhezivitāti;
  - e. iespiešanās dziļumu grantī un potenciālo izskalošanos;
  - f. ietekmi uz grants mehāniskajām īpašībām (Proktora tests);
  - g. izturību pret UV starojumu.
- 3) Saskaņā ar šī LVM pasūtītā pētījuma analītiskās (1. daļa) un eksperimentālās daļas (2. daļa) datiem, veicams lignosulfonātu efektivitātes un ekonomiskā izdevīguma novērtējums un salīdzinājums ar references atputeķļošanas līdzekli  $\text{CaCl}_2$ . Aprobācija veicama lauka apstākļos uz LVM noteiktā meža autoceļa posma LVM izvēlētajā meža masīvā/-os.
- 4) Ievērojot, ka lignosulfonātu AL ir efektīvāks pie zema gaisa relatīvā mitruma, bet  $\text{CaCl}_2$  pie relatīvā gaisa mitruma  $\approx 30^\circ\text{C}$ , eksperimentālajā daļā jāizvērtē atputeķļošanas efektivitāti, apvienojot abus atputeķļotājus vienā noteiktas kompozīcijas maisījumā.

### 1.3. Atputekļošanas līdzekļu tirgu regulējošā dokumentācija

Lai AL varētu izmantot praktiskai meža autoceļu atputekļošanai, nepieciešams izvērtēt, kāda ir normatīvā bāze un AL izmantošanas regulējums, vai spēkā esošie normatīvie akti pieļauj dažādu AL praktisku pielietošanu.

Kā parādīja pasaules pieredzes analīze, kas apkopota 1.1. nodaļā, kā arī atputekļošanas efektivitāti ietekmējošo faktoru izvērtējums, kas aprakstīts 1.2. nodaļā, nesaistīto ceļu putekļainības samazināšanai pieļaujama dažādu AL izmantošana, galvenokārt, atkarībā no satiksmes intensitātes, transportlīdzekļu braukšanas ātruma un svara, ceļa seguma materiāla veida, ceļa konstrukcijas tipa, klimatiskajiem apstākļiem (vēja ātrums, nokrišņu daudzums, temperatūra, gaisa relatīvais mitrums), ģeogrāfiskajiem faktoriem (reljefs), kā arī apkārtnes veģetācijas.

Ievērojot, ka piemērotākā AL izvēli nosaka ne tikai efektivitāte konkrētās vides apstākļos, bet arī ekoloģiskais nekaitīgums un ekonomiskā racionalitāte, zemāk veikta atšķirīgu ražotāju dažādu AL veidu specifikāciju analīze (SIA “*Vincents Polyline*” izplatītā uz  $\text{CaCl}_2$  bāzes veidotā AL *CC Road*, *Borregaard* ražotā uz lignosulfonātu bāzes veidotā AL *Dustex-50*, *Sappi Limited* ražotā AL *Lignex-201*, SIA *KU Oldi* tehnisko lignosulfonātu AL, SIA *Ceļu emulsija-HL* ražotā bitumena emulsijas AL *CELEM C65B3*), šo AL potenciālās ietekmes uz vidi analīze, šo AL atbilstības meža apsaimniekošanas standartu (PEFC un FSC) prasībām novērtējums, kā arī Valsts vides dienasta prasību izvērtējums, izsākot grants ceļu atputekļošanu.

#### 1.3.1. Standarti un specifikācijas

Analizējot Satiksmes ministrijā lietotās Ceļu specifikāciju redakcijas no 2005. līdz 2017. gadam [28-34], konstatēts, ka prasības attiecībā uz grants ceļa segumu atputekļošanu ir šādas:

- atputekļošanas materiāli – bitumena emulsija vai  $\text{CaCl}_2$  – granulās vai ūdens šķīdumā, pieļaujot arī citu atputekļošanas materiālu izmantošanu, piemēram, rūpniecības (papīra u. c.) atlikuma produktus, ja tie nekaitē videi;
  - ✓ bitumena emulsija – ar bitumena saturu 50%, kas pirms izsmidzināšanas objektā jāatšķaida ar ūdeni proporcijā 1:1 turklāt pirmajā gadā grants segumā iemaisāmais daudzums –  $2 \text{ l/m}^2$  (neatšķaidītas emulsijas daudzums), nākamajos 2 – 4 gados –  $1 \text{ l/m}^2$  gadā;
  - ✓ kalcija hlorīds – granulās vai ūdens šķīdumā, pirmajā gadā iestrādājama daudzums –  $0,3 \text{ kg/m}^2$ ;
- specifikācijās noteikts, ka atputekļošanas materiāls segumā jāiemaisa, vispirms izveidojot valni, tad izmidzinot vai izkliešējot atputekļošanas materiālu un pēc tam to iemaisot. Noteikts, ka bitumena emulsija jāizlej un jāiemaisa vairākos tvērienos, katrā tvērienā izlejot līdz  $1,0 \text{ l/m}^2$  bitumena emulsijas un ūdens maisījuma. Bitumena emulsijas iestrādes dziļumam jābūt 2,5 – 4,5 cm;
- specifikācijas arī paredz, ka atputekļotā seguma kopšana jānodrošina visas sezonas garumā, nepieciešamības gadījumā veicot planēšanu un papildu atputekļošanas materiāla iestrādi.

2019. gada Ceļu specifikācijās [34] veikti divi grozījumi (Nr. 1 un Nr. 2), ieviešot šādas izmaiņas:

- 1) no atputeķļošanas specifikācijas izslēgta seguma iepriekšēja planēšana vai profilēšana (ja planēšana vai profilēšana ir nepieciešama, tad tas paredzams kā atsevišķs darbs);
- 2) nav noteikts, kā tieši jāiestrādā kalcija hlorīds – tas var tikt gan iemaisīts, gan arī izkaisīts vai izliets uz grants seguma virsmas;
- 3) rekomendēts kalcija hlorīda ieteicamais lietošanas daudzums ir 0,2 – 0,3 kg/m<sup>2</sup>;
- 4) attiecībā uz bitumena emulsijas lietošanu izņemta prasība par iemaisīšanas dziļumu;
- 5) papildus iekļauta augstākas koncentrācijas bitumena emulsiju ar bitumena saturu  $\geq 65\%$  izmantošana kopā ar sīkšķembu frakciju – atbilstoši virsmas apstrādes specifikācijai;
- 6) atļauta arī citu atputeķļošanas materiālu lietošana, neierobežojot izvēli;
- 7) izslēgta atputeķļotā seguma kopšana.

Latvijā grants segumam izmantojami minerālmateriālu maisījumi 0/16, 0/22 (iekļauti no 2019. gada) un 0/32 ar vienmērīgu granulometrisku sastāvu. Smalko daļiņu saturs ( $< 0,063$  mm) 0/16 maisījumam noteikts no 8 līdz 15 svara %, bet maisījumiem 0/22 un 0/32 – no 4 līdz 15 svara %.

Šīs specifikācijas tiek lietotas gan valsts ceļu tīklā, gan arī vairumā pašvaldību. Jāatzīmē gan, ka šajās specifikācijās netiek izvirzītas konkrētas prasības lietojamajam atputeķļošanas līdzekļa veidam, ja vien tas nekaitē apkārtējai videi, kā arī specifikācijās nav noteikti konkrēti kritēriji atputeķļotu posmu puteķļu emisiju novērtēšanai.

Savukārt Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijā Nr. 32 “Meža autoceļu atputeķļošana” (Apstiprināta ar AS „Latvijas valsts meži” 20.04.2021. rīkojumu Nr. 3.1-2\_002j\_230\_21\_8), minēts, ka grants-šķembu segumu atputeķļošanai paredzētais līdzeklis ir CaCl<sub>2</sub>. Šajā specifikācijā ir iekļautas arī prasības darbu izpildei, kuras nosaka, ka

- AL iestrādājama apjoms ir 0,30 kg/m<sup>2</sup> izmantojot granulu vai pārslu veidā;
- izmantojot AL šķidrā veidā tā koncentrācijai un iestrādes devai jābūt tādai, lai iestrādātais AL apjoms būtu identisks granulu vai pārslu iestrādes apjomam. Pirms AL šķīduma iestrādes, tā norma un iestrādes metode jāsapasina ar pasūtītāju;
- atputeķļošanu ieteicams veikt pavasarī pēc ceļa klātnes pilnīgas atkuššanas vai vasaras sākumā;
- darbus var veikt, kad apkārtējā gaisa temperatūra ir ne zemāka par +5°C;
- darba izpildi nedrīkst plānot dienās, kad tiek prognozēts lietus;
- atputeķļošanas reaģents jāiestrādā uz mitra, bet ne slapja seguma.

Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijā Nr. 32 izvirzītās kvalitātes prasības izpildītajiem darbiem nosaka, ka

- AL ir jāiestrādā vienmērīgi visā ceļa klātnes platumā,
- pēc atputeķļošanas reaģenta iestrādes jāveic ceļa seguma pieblīvēšana ar darbu izpildē iesaistīto tehniku,
- izpildītais darbs kontrolējams visā darba uzdevumā norādītajā posmā,
- vizuāli jākontrolē atputeķļošanas rezultāts, nodrošinot, ka meža ceļa segums neput, kad pa to sausā laikā brauc transportlīdzekļi.

Jāatzīmē, ka Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijā Nr. 32 nav precīzi norādīti kritēriji gaisa vides piesārņojumam PM<sub>10</sub> un/vai PM<sub>2,5</sub> veidā.

### 1.3.2. Atputekļošanas līdzekļu atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām

LVM plāno un kontrolē savus biznesa procesus atbilstoši abu pasaulē vadošo meža sertifikācijas sistēmu – PEFC un FSC standartu nosacījumiem. Tādēļ ir būtiski, lai arī LVM apsaimniekojamie meža autoceļi atbilstu šo sertifikācijas sistēmu prasībām. Pētījuma ietvaros analizēts PEFC Mežu apsaimniekošanas sertifikācijas standarts Latvijai un sertifikācijas organizāciju izstrādātie pagaidu FSC meža apsaimniekošanas standarti Latvijai (turpmāk – meža apsaimniekošanas standarti). Atbilstoši standarta nosacījumiem, tika analizētas visu AL aktīvās vielas, pārbaudot to atbilstību FSC pesticīdu politikai (FSC-POL-30-001a EN) un Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstam.

Izskatītas pētījumā paredzēto trīs atputekļošanas līdzekļu (AL) grupu – lignosulfonātu, bitumena emulsijas un kalcija hlorīda – darba drošības lapas, kā arī veikts AL provizorisks ietekmes uz vidi novērtējums atbilstoši meža apsaimniekošanas standartu prasībām, salīdzinot un nosakot, vai potenciālos atputekļošanas līdzekļus atļauts izmantot LVM meža autoceļos no PEFC un FSC sertifikācijas sistēmu viedokļa.

Saskaņā ar LVM pētījuma pasūtījuma darba uzdevumu, kā arī ievērojot pētījuma ierobežotību laikā un ierobežoto finansējumu, tika analizēti tie AL, kuru ražotāji (SIA “*Vincent's Polyline*” izplatītais  $\text{CaCl}_2$  AL, SIA Ceļu emulsija-HL izgatavotais bitumena emulsijas AL, *Borregaard*, *Sappi Limited*, SIA KU OLDI ražotie/izplatītie lignosulfonātu AL) pirmie atbildēja uz informācijas pieprasījumu, un bija gatavi savlaicīgi piegādāt nepieciešamo AL daudzumu.

#### 1.3.2.1. Kalcija hlorīds

SIA “*Vincent's Polyline*” AL CC Road pēc drošības datu lapas ir maisījums, kas sastāv no kalcija hlorīda  $\text{CaCl}_2$  (75 – 99%; CAS 10043-52-4) un kalcija hidroksīda  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (< 1%; CAS 1305-62-0) (skat. 1.21. tab.) [35]. Saskaņā ar EK Regulu Nr. 1272/2008 kalcija hlorīds netiek klasificēts kā bīstams videi, nav nepieciešama arī tā klasificēšana pēc degamības. Kalcija hlorīds ir kairinošs ādai un acīm. Kalcija hlorīds tiek klasificēts kā kairinošs acīm un tam ir piešķirta 2. bīstamības kategorija. Tomēr tā tiek uzskatīta par lokālu iedarbību, un uzkrāšanās vai cita sistēmiska toksiska ietekme saskares ar acīm dēļ nav sagaidāma. Kalcija hlorīda AL normālos apstākļos nesadalās un ir stabils, var spēcīgi reaģēt ar dažiem stipriem reducēšanas un oksidēšanas aģentiem, var izraisīt dažu nerūsošā tērauda marķu punktveida bojājumus un koroziju, augstā temperatūrā un sprieguma apstākļos var veicināt plaisāšanu sprieguma korozijas dēļ. Ievērojot iepriekš minētās kalcija hlorīda īpašības, lai mazinātu ietekmi uz veselību, atkarībā no veicamo darbu veida jāizmanto atbilstoši personīgās aizsardzības līdzekļi: respirators ar atbilstošu filtru, atbilstoša materiāla cimdi (piem., neoprēna vai nitrila gumijas), darba aizsargapģērbs un apavi, acu aizsargi. Kalcija hlorīda AL CC Road var tik izmantots gan pārslu, gan šķidrums veidā.

## 1.21. tabula

### **CC Road (SIA “Vincent Polyline”) sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 35]**

| <p><b>Atputekļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:</b> kalcija hlorīda (<math>\text{CaCl}_2</math>) atputekļošanas līdzeklis CC Road /SIA “Vincent Polyline”</p> <p><b>Aktīvā viela:</b> aktīvā viela ir <math>\text{CaCl}_2</math>, CAS numurs (CAS 8061-51-7), blakusprodukts ir kalcija hidroksīds (<math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math>) ar koncentrāciju zem 1%, CAS numurs (CAS 1305-62-0)</p> <p><b>Piegādes forma:</b> pārslas (77%)</p> <p><b>Sagatavošana:</b> nepieciešamības gadījumā pārslu izšķīdināšana ūdenī, lai iegūtu vēlamās koncentrācijas AL ūdens šķīdumu (skat. 1.1.1., 1.1.4., 1.3.1.)</p> <p><b>Pielietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības:</b> iestrādājot AL pārslu vai noteikt koncentrācijas ūdens šķīduma veidā atbilstoši Latvijas ceļu specifikācijām 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijai Nr. 32 (skat. 1.3.1.)</p> <p><b>AL ķīmiskais sastāvs:</b> CC Road darba drošības lapā deklarētās ķīmiskās vielas nav iekļautas <b>FSC sertifikācijas sistēmas</b> aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši <b>PEFC sertifikācijas</b> prasībām, CC Road darba drošības lapā deklarētās ķīmiskās vielas nav iekļautas Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. Normālos apstākļos CC Road nesadalās. Šo vielu lietošanu neaizliedz vietējie un starptautiskie normatīvie akti. Tomēr, saskaņā ar (EK) Regulu Nr.1272/2008 CC Road koncentrētā veidā tiek klasificēts kā nopietnus acu bojājumus/ acu kairinājumu izraisošs, bīstamības kategorija 2 (H319).</p> <p><b>Secinājums:</b> CC Road ir neorganisks AL, kas pie Latvijas ceļu specifikāciju 2019, Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 (skat. 1.3.1.) un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāzu izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām ir mazticama. Līdz ar to CC Road izmantošana nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī ar pašreizējo ES likumdošanu attiecībā pret PCB un PHB maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām. Vienlaikus, saskaņā ar Eiropas Zaļo kursu, pēc iespējas priekšroka būtu jādod korozīvi mazāk agresīviem un videi draudzīgākiem savienojumiem.</p> |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Ietekmes elementi   | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                             | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)  | Riska samazināšanas stratēģijas  |
| Vides   | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana) | Nav informācijas par būtisku ietekmi normālos ekspluatācijas apstākļos:<br>- nereagē, nesadalās un ir stabils,<br>- $\text{CaCl}_2$ saistās ar gaisa mitrumu,<br>- var spēcīgi reaģēt ar dažiem stipriem reducēšanas un oksidēšanas aģentiem.<br>Var izraisīt augsnes pH izmaiņas, it īpaši neplānotu noplūžu gadījumā.<br>$\text{CaCl}_2$ ir disociēts kalcija un hlorīda jonus. Kalcija jons var pievienoties augsnes daļiņām vai veidot stabilus neorganiskos sāļus ar sulfāta un | AL izmantošana meža autoceļu atputekļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas Latvijas ceļu specifikāciju 2019, Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 (skat. 1.1.1., 1.3.3.), kā arī AL darba drošības datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  |   | karbonāta joniem, savukārt hlorīda joni neadsorbējas uz cietām daļiņām.  |  |
|  | Ūdens<br>(gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)  | <i>CC Road</i> sastāvā dominējušais $\text{CaCl}_2$ netiek klasificēts kā bīstams videi. Var izraisīt gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdenstilpju pH izmaiņas, it īpaši neplānotu noplūžu gadījumā. Pielietojot atputeķļošanai piemērotās darba koncentrācijās, vides pH būtiska izmaiņa apkārtesošās ūdenstilpēs nav sagaidāma. Ietekme uz ūdens kvalitāti nenožīmīga, ja tiek ievērota buferzona starp ceļu un ūdenstilpēm.  |  |
|  | Atmosfēra<br>(gaisa kvalitāte, siltumnīcefektu veidojošās gāzes)                                  | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan <i>PM10</i> , gan <i>PM2,5</i> )   |  |
|  | Ārpus-mērķa sugas<br>(veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Kalcijs un hlorīds ir dabiskas organisma sastāvdaļas. Līdz ar to nav sagaidāms, ka <i>CC Road</i> ir genotoksiska. <i>CC Road</i> nav kancerogēns.<br>$\text{CaCl}_2$ viegli disociē kalcija un hlorīda jonus, tie abi ir būtiskas visu dzīvnieku organismu sastāvdaļas. Nav sagaidāms, ka $\text{CaCl}_2$ varētu bioloģiski uzkrāties vai bioloģiski koncentrēties.<br>Nav informācijas par būtisku negatīvu ilgtermiņa ietekmi: <i>CC Road</i> sastāvā dominējošais $\text{CaCl}_2$ nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai, nav endokrīno sistēmu sagraujošs. Tomēr izmainītais augsnes un/vai ūdens pH var ietekmēt bioloģisko daudzveidību.<br>Ietekme uz ūdens organismiem: var parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija palielinās virs 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm (citām zivju sugām).<br>Ietekme uz augiem: dažas sugas var būt jutīgas (priede, papele, osis, egle, |  |

|          |  |   |   |
|----------|--|---|---|
|          |  | <p>kļava), ja AL tiek lietots bieži un augstā koncentrācijā, taču hlorīda līmenis netika uzskatīts par nozīmīgu ilgtermiņa apdraudējumu veģetācijas izdzīvošanai [36].</p> <p>Ietekme uz dzīvniekiem: sāls var pievilināt meža dzīvniekus. Potenciāla avārijas noplūde.</p>   |   |
|          | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas   | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.  |   |
|          | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)  | Nav informācijas par būtisku ietekmi: atsevišķos gadījumos var veidoties izsālījumi, kas var ietekmēt estētiku.   |   |
|          | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvestrācija, tūrisms)   | Nav informācijas par būtisku ietekmi: pie plānotajām izmantošanas devām pH būtiskas izmaiņas mazticamas. Var veidoties izsālījumi, kas, iespējams, var ietekmēt estētiku un tūrismu.  |   |
| Sociālie | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t.sk kultūrvēsturiskās un rekreācijas   | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Izmainoties augsnes un ūdens pH, var pastiprināties korozijas procesu norise. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.   | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|          | Veselība (auglība, reprodutīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās) | <p>Darbiniekiem, kas strādā ar AL, jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un AL datu drošības lapās norādītās prasības.</p> <p>Uz darbībām ar pulverveida <i>CC Road</i> piemērojamas 8 stundu arodekspozīcijas robežvērtības putekļiem (<math>10 \text{ mg/m}^3</math>), ieelpojamiem putekļiem (<math>4 \text{ mg/m}^3</math>) un <math>\text{Ca(OH)}_2</math> (<math>5 \text{ mg/m}^3</math>).</p> <p><i>CC Road</i> sastāvā dominējošais kalcija hlorīds nav ne kancerogēns,</p> |   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi)                                 | ne mutagēns, ne reproduktīvo sistēmu ietekmējošs, ne endokrīno sistēmu sagraujošs. Koncentrētā veidā <i>CC Road</i> var būt kairinošs gan acīm, gan ādai.<br>Nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme uz atputekļoto vietu izmantotājiem.  |  |
|  | Labklājība   | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta. |  |
|  | Pārtika un ūdens   | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.  |  |
|  | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atveseļošanas infrastruktūra) | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.   |  |
|  | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                      | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā.          |  |
|  | Tiesības   | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekšņu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.  |  |

**Slēdziens/secinājums un skaidrojums:** *CC Road/SIA "Vincent's Polyline"* izmantošana paredzētajā koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar *meža apsaimniekošanas* standartu prasībām. Atputekļošanas līdzelis *CC Road* ir izmantojams LVM meža autoceļu atputekļošanā, ja tas būs nepieciešams. Tomēr, ievērojot Eiropas Zaļo kursu, priekšroka iespēju robežās būtu dodama bioloģiskas izcelsmes AL.

### 1.3.2.2. Bitumena emulsija

SIA “Ceļu emulsija-HL” ražotā bitumena emulsijas *AL CELEM C65B3* tiek izmantota šķidrums veidā, kas satur 65 – 69% bitumena (CAS 8052-42-4), 0,06 – 0,25% alkildiamīnu atvasinājumus (7173-62-8/68603-75-8) un ūdeni [36]. Bitumena emulsija atbilstoši regulai 1272/2008/EK (CLP) nav jāklasificē, tā ir trešās bīstamības kategorijas maisījums ar akūti hronisku ietekmi uz ūdens organismiem (kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām), bet produkts neatbilst ne noturīgas, bioakumulatīvas un toksiskas vielas (PBT), ne ļoti noturīgas, ļoti bioakumulatīvas vielas (vPvB) kritērijiem saskaņā ar REACH regulas (Regula (EK) Nr. 1907/2006) XIII pielikumu. Produkts nesatur arī citas bīstamas sastāvdaļas, kuras var ietekmēt klasifikāciju, virs koncentrācijām, pie kurām tās ir jāuzrāda. Normālos uzglabāšanas un lietošanas apstākļos bitumena emulsija ir stabila, inerta, nav sagaidāma bīstamu ķīmisku reakciju norise un bīstamu noārdīšanās produktu veidošanās. Atputeķļošanas laikā vai arī, produktam nonākot saskarē ar augsni, emulsija sadalīsies un bituma fāze paliks uz augsnes virsmas, mazinot putekļu veidošanās iespēju. Nonākot saskarē ar ūdeni, emulsija izkliedēsies pa virsmu un tiks atšķaidīta, bituma fāze sacietēs. Lai novērstu negatīvu ietekmi uz veselību, darbā ar bitumena emulsijas AL jāizmanto piemēroti personīgās aizsardzības līdzekļi: drošības brilles vai sejas aizsargs (ja pastāv bažas par šļakatu veidošanos), pilna sejas maska ar atbilstošo filtru (ja pastāv risks ieelpot bitumena emulsijas tvaikus, kā arī darbojoties vietās, kur iespējama sērūdeņraža izdalīšanās), aizsargķivere ar integrētu pilnu sejas sejsegu un kakla aizsardzību (iekraušanas/izkraušanas operācijās), nitrila gumijas darba cimdi (ja paredzams darbs ar ķīmikālijām); nepieciešamības gadījumā cimdiem jābūt izturīgiem pret karstumu un ar termisko izolāciju, atbilstošs aizsargtērps un aizsargapavi.

SIA “Ceļu emulsija-HL” ražotās bitumena emulsijas *AL CELEM C65B3* atbilstība FSC sertifikācijas sistēmas un PEFC sertifikācijas prasībām apkopota 1.22. tabulā.

### 1.22. tabula

#### **CELEM C65B3 (SIA “Ceļu emulsija - HL”) sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 36]**

**Atputeķļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** *CELEM C65B3* /SIA “Ceļu emulsija - HL”.

**Aktīvā viela:**

- a) bitumens, 65 – 69% (CAS: 8052-42-4);
- b) alkildiamīnu atvasinājumi (kā virsmaktīvā viela), 0,06 – 0,25% (CAS: 7173-62-8/68603-75-8).

**Piegādes forma:** bitumena emulsija ūdenī.

**Sagatavošana:** speciāla sagatavošana nav nepieciešama.

**Pielietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtība:** tieša uznešana ceļa segumam atbilstoši Latvijas ceļu specifikāciju 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 (skat. 1.1.2., 1.1.4., 1.3.1.) prasībām.

**AL ķīmiskais sastāvs:** *CELEM C65B3* sastāvā esošo aktīvo vielu lietošanu neaizliedz vietējie un starptautiskie normatīvie akti. *CELEM C65B3* drošības datu lapā deklarētās vielas nav iekļautas FSC sertifikācijas sistēmas aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši PEFC sertifikācijas prasībām, *CELEM C65B3* datu drošības lapā deklarētās vielas nav iekļautas Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa

aizliegto vielu sarakstā. *CELEM C65B3* sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un pēc to lietošanas neuzkrājas barības ķēdē. *CELEM C65B3* neatbilst noturīgu-bioakumulējošos-toksisku (*PBT*) un ļoti noturīgu-ļoti bioakumulējošos (*vPvB*) ķīmisko savienojumu kritērijiem saskaņā ar *REACH* regulas (Regula (EK) Nr. 1907/2006) XIII pielikumu. Tomēr *CELEM C65B3* jāklasificē atbilstoši regulai 1272/2008/EK (*CLP*) kā kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām (H412).

**Secinājums:** nav paredzams, ka *CELEM C65B3* pie ražotāja noteiktajām pielietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā atstās būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda  | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)   | Riska samazināšanas stratēģijas   |
|-------------------|--|---|---|
| Vides             | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana)                        | Nav informācijas par būtisku ietekmi vai kritisku bīstamību: nav noturīgs augsnē, neatbilst <i>PBT</i> un <i>vPvB</i> ķīmisko savienojumu kritērijiem saskaņā ar <i>REACH</i> regulas (Regula (EK) Nr. 1907/2006) XIII pielikumu.   | <i>CELEM C65B3</i> un tam līdzīgu produktu izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, Latvijas ceļu specifikāciju 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 (skat. 1.1.4., 1.3.3.) prasības, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                   | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)  | <i>CELEM C65B3</i> klasificējams kā kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām (H412). Tomēr, pateicoties zemajai mobilitātei, produkta nonākšana saskarē ar ūdenstilpēm mazticama. Paredzams, ka emulsija izkliedēsies pa virsmu un tiks atšķaidīta, bet bitumena fāze sacietēs.   |   |
|                   | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)   | Nav informācijas par būtisku ietekmi: viegli gaistošās bitumena frakcijas rada raksturīgo bitumena smaržu, it īpaši apstrādes laikā. Sērūdeņraža izdalīšanās un uzkrāšanās lielākoties iespējama produkta sagatavošanas un aprīkojuma tīrīšanas laikā. Citādi ietekme pozitīva, jo izmantošanas gadījumā samazinās putekļu koncentrācija gaisā (tostarp gan <i>PM10</i> , gan <i>PM2,5</i> ). |   |
|                   | Ārpus-mērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi: produkts netiek klasificēts kā bioakumulējošs mutagēns, kancerogēns, reprodukciju ietekmējošs vai endokrīno sistēmu sagraujošs.  |   |

|          |   |   |  |
|----------|---|---|--|
|          | Nekoksnes produkti  | Nav attiecināms.  |  |
|          | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas  | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās <i>CELEM C65B3</i> pielietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.   |  |
|          | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)   | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Izmainīsies ceļa seguma dabiskā krāsa un fizikālās īpašības.  |  |
|          | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvestrācija, tūrisms)  | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nonākot saskarē ar augsni, emulsija sadalīsies un bitumena fāze paliks uz augsnes virsmas. Nonākot kontaktā ar ūdenstilpēm, sagaidāms, ka bitumena emulsija izkliedēsies pa virsmu un tiks atšķaidīta, bet bitumena fāze sacietēs.  |  |
| Sociālie | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūr-vēsturiskās un rekreācijas   | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.  | <i>CELEM C65B3</i> un tam līdzīgu produktu izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, Latvijas ceļu specifikāciju 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 prasības, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|          | Veselība (auglība, reproduktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav informācijas par <i>CELEM C65B3</i> būtisku mutagēnu vai kancerogēnu iedarbību, toksisku ietekmi reprodukcijai. Ir ziņas par bitumena emulsiju endokrīno sistēmu ietekmējošu iedarbību. Darbiniekiem, kas strādā ar <i>CELEM C65B3</i> , jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un <i>CELEM C65B3</i> datu drošības lapās norādītās prasības. Ir noteiktas arodekspozīcijas robežvērtības sērūdeņraža izgarojumiem. Nav sagaidāma negatīva ietekme uz atputeķļoto vietu izmantotājiem. |  |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | Labklājība   | Nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme uz augsni, gruntsūdeņiem un tuvumā esošajiem ūdens baseiniem bitumena frakciju zemās mobilitātes dēļ, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks būtiski negatīvi ietekmēta. |  |
|  | Pārtika un ūdens   | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.         |  |
|  | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atveseļošanas infrastruktūra) | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.  |  |
|  | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                      | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā.                              |  |
|  | Tiesības   | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekšņu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.   |  |
| Slēdziens/secinājums un skaidrojums: <i>CELEM C65B3</i> un tam līdzīgu produktu izmantošana paredzētajā koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām un to izmantošana LVM meža autoceļu atputeķļošanā nav aizliegta, tomēr saskaņā ar Eiropas Zaļo kursu, pēc iespējas priekšroka būtu jādod videi draudzīgākiem atputeķļošanas risinājumiem. |  |   |  |

### 1.3.2.3. Lignosulfonāti.

*Borregaard* ražotā *Dustex* lignosulfonāta ūdens šķīduma specifikācija dota 1.23. tabulā.

#### 1.23. tabula

**Lignosulfonāta *Dustex* (*Borregaard*) specifikācija [37]**

| Materiāls                                   | Īpatsvars, % |
|---|--------------|
| Ca lignosulfonāta sausna<br>(CAS 8061-52-7) | 51           |
| Ūdens                                       | 49           |

*Dustex* drošības datu lapā norādīts, ka nav nepieciešamas specifiskas prasības darbā ar lignosulfonāta AL. Darbā ir jāizvairās no kontakta ar ādu un acīm, izmantojot atbilstošus personīgās aizsardzības līdzekļus (aizsargbrilles, darba apģērbu, cimdus). Glabāšanas aprīkojums jānodrošina ar iespējamo noplūdes gadījumu kontroli, lai laikus būtu iespējama noplūžu savākšana. No ķīmisko īpašību viedokļa *Dustex* lignosulfonāts ir inerts, ķīmiski stabils materiāls, bīstamas ķīmiskās reakcijas, tāpat kā bīstami reakciju produkti nav zināmi. *Dustex* lignosulfonāts nav savietojams ar stipriem oksidētājiem. Attiecībā pret akūtu toksiskumu ieelpojot vai norijot, acu un ādas kairināšanu, kā arī kancerogēnajām īpašībām produkts nav jāklasificē. Nav zināmi arī *Dustex* negatīvi iedarbības efekti uz šūnu mutagēniskumu, elpceļu un ādas jutīguma palielināšanu, acu kairinājumu. Minēts, ka AL sastāvā ietilpstošā aktīvā viela – kalcija lignosulfonāts – neatstāj negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. *Dustex* lignosulfonāts ir daļēji bionoārdošs, ūdenī šķīstošs, pilnībā sajaucas ar augsni, nav bioakumulējošs, nesatur kaitīgus piemaisījumus, kā arī neuzrāda cita veida nelabvēlīgu/kaitīgu iedarbību.

Svarīgi atzīmēt, ka *Borregaard* atputeķļošanas līdzeklis *Dustex* saņēmis ilgtspēju apliecināšanu produkta vides deklarāciju (EPD) saskaņā ar ISO 14025 “ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION in accordance with ISO 14025 Lignosulfonate liquid NEPD-2974-1657-EN”, kura ir spēkā no 2021. – 2026. g. Deklarācija attiecas uz ietekmes uz vidi novērtējumu 1000 kg lignosulfonāta sausnai, iekļaujot transportu līdz patērētājam. Vienlaikus jāatzīmē, ka *Borregaard* saņēmis PEFC un FSC sertifikātus, kas apliecina, ka to produkti, tostarp arī lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļi, tiek iegūti no ilgtspējīgi apsaimniekotiem mežiem.

*Borregeerd* ražotā lignosulfonāta AL *Dustex* atbilstība FSC sertifikācijas sistēmas un PEFC sertifikācijas prasībām apkopota 1.24. tabulā.

**Dustex 50 sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 37]**

**Atputeķlošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** *Dustex 50/Borregaard*

**Aktīvā viela:** aktīvā viela ir kalcija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-7).

**Piegādes forma:**

- a) pulveris (95%);
- b) ūdens šķīdums (~50%).

**Sagatavošana:** noteiktas koncentrācijas šķīdums – pēc nepieciešamības, kuru var sagatavot no pulvera vai ~50% ūdens šķīduma, samaisīšanos optimālā gadījumā nodrošinot ar recirkulācijas sūkni (skat. 1.1.3., 1.1.4.).

**Pielietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības** (skat. 1.1.3., 1.1.4.):

- a) Izsmidzinot uz ceļa seguma virsmas  $\leq 15\%$  ūdens šķīduma veidā:
  - i) pirmreizējo apstrādi vēlams veikt īsi pēc lietus, kad augsne ir mitra, vai arī ceļa seguma virsmu nepieciešams viegli samitrināt ar ūdeni (ūdens doza –  $0,5\text{l/m}^2$ ),
  - ii) apstrādi turpina vairākos paņēmienos, kamēr tiek sasniegta vēlamā doza (piem.,  $1 - 2\text{ kg/m}^2$ ),
  - iii) ilgtermiņa pielietojuma rekomendācijas apstrādes dozas (piem., 1. gads –  $1\text{ kg/m}^2$  ar ikmēneša atjaunināšanu –  $\pm 0,150\text{ kg/m}^2$ ; 2. gads –  $0,75\text{ kg/m}^2$  ar atjaunināšanu katru otro mēnesi –  $\pm 0,150\text{ kg/m}^2$ ; 3. gads –  $0,5\text{ kg/m}^2$  ar atjaunināšanu katru trešo mēnesi –  $\pm 0,150\text{ kg/m}^2$ ).
- b) Iestrādājot ceļa seguma virskārtā šķīduma veidā:
  - i) pirmajā reizē  $2 - 4$  paņēmienos iestrādājot  $85\%$  no paredzamā AL šķīduma daudzuma,
  - ii) pēc optimālā mitruma sasniegšanas formējot ceļu nepieciešamajā augstumā un sablīvējot,
  - iii) otrajā apstrādes reizē iestrādājot atlikušos  $15\%$ , kamēr ceļa virskārta vēl mitra.

**AL ķīmiskais sastāvs:** AL aktīvais komponents, proti, kalcija lignosulfonāts nav iekļauts **FSC sertifikācijas sistēmas** aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši **PEFC sertifikācijas prasībām**, kalcija lignosulfonāts nav iekļauts Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. Sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un neuzkrājas barības ķēdē pēc to lietošanas. AL sastāvā konstatētā polihlorēto bifenilu (PCB) un poliaromātisko ogļūdeņražu (PAH) klātbūtne (atbilstoši akreditētās SIA “Vides audits” laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka  $PCB < 0,02\text{ mg/kg}$ , bet  $PAH = 0,31\text{ mg/kg}$ ) ir zem MK noteikumu Nr. 804 maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām augsnē ( $PAH < 1\text{ mg/kg}$ , bet  $PCB < 0,02\text{ mg/kg}$ ), kā arī ES noteiktajām maksimāli pieļaujamās koncentrācijas robežām dažādos produktos (piem.,  $PAH$  gadījumā  $17\text{ mg/kg}$  mulčas plēvei un noliektoto riepu granulām (ES regula 2021/1199) vai  $PCB$  gadījumā ( $50\text{ mg/kg}$  regula 2019/1021)).

**Secinājums:** *Dustex 50* ir videi draudzīgs, bioloģiski noārdāms AL, kas pie ražotāja noteiktajām pielietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāzu vai ilgstošu lietau izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām nav sagaidāma. Līdz ar to *Dustex 50* izmantošana nav pretrunā ar mežu apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī ar pašreizējo ES likumdošanu attiecībā pret *PCB* un *PHB* maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks) | Riska samazināšanas stratēģijas |
|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|

|       | komponentu rinda   |  |  |
|-------|--|--|--|
| Vides | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana)                        | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav noturīgs augsnē (bionoārdāms), sadalīšanās puslaiks augsnē aptuveni gads.  | AL izmantošana meža autoceļu atputeķlošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.3.). |
|       | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)  | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav toksisks ūdens organismiem, nav noturīgs augsnē, ir bionoārdāms, nav bioakumulējošs, pielietojot atputeķlošanai darba koncentrācijās (līdz 15% šķīdumam), bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP) būtiska palielināšanās vai vides skābuma (pH) būtiska samazināšanās apkārtesošās ūdenstilpēs mazticama. |  |
|       | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)   | Nav informācijas par būtisku ietekmi: raksturīga smarža. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan <i>PM10</i> , gan <i>PM2,5</i> ).  |  |
|       | Ārpus-mērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi: nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai (1000 mg/kg dienā (augstākā testētā doza)), nav endokrīno sistēmu sagraujošs.   |  |
|       | Nekoksnes produkti   | Kritērija izpilde tiek veicināta, jo lignosulfonāti ir iegūti koksnes pārstrādes procesos un, izmantojot tos kā AL, lignīns tiek atgriezts atpakaļ tā dabiskajā vidē.  |  |
|       | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                           | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.   |  |

|          |   |  |   |
|----------|---|--|---|
|          | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)   | Nav informācijas par būtisku ietekmi: mainās ceļa seguma krāsa, kas var ietekmēt estētiku.   |   |
|          | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvestrācija, tūrisms)  | Nav informācijas par būtisku ietekmi: pie plānotajām izmantošanas dozām pH būtiska samazināšanās un BSP būtiska palielināšanās mazticama, mainās ceļa seguma krāsa, kas, iespējams, var nebūtiski ietekmēt estētiku un tūrismu.  |   |
| Sociālie | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūrvēsturiskās un rekreācijas  | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.  | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|          | Veselība (auglība, reproduktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Atputeķļoto vietu izmantotājiem nav sagaidāma negatīva ietekme. Darbiniekiem, kas strādā ar AL, jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un AL datu drošības lapās norādītās prasības.  |   |
|          | Labklājība  | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav sagaidāma negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, kā arī eutrofikācijas procesu intensificēšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta. |   |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  | Pārtika un ūdens  | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.   |  |
|  | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atvēršanas infrastruktūra) | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.  |  |
|  | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                   | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā. |  |
|  | Tiesības  | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekļu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.  |  |
| <p><b>Slēdziens/secinājums un skaidrojums:</b> <i>Dustex 50/Borregaard</i> AL izmantošana ražotāja noteikto koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, un AL ir izmantojams LVM meža autoceļu atputeķlošanā, ja tas būs nepieciešams.</p> |   |   |  |

Savukārt uzņēmuma *Sappi Limited* ražotie lignosulfonāti tiek piedāvāti pulvera *Lignex 201* un jau sagatavota šķīduma *Lignex 101* veidā. To specifikācijas dotas 1.25. tabulā.

### 1.25. tabula

#### *Sappi* lignosulfonātu *Lignex 101* un *Lignex 201* specifikācijas [38, 39]

| Materiāls  | Sausnes īpatsvars, % |
|--|----------------------|
| Nātrija lignosulfonāta šķīdums <i>Lignex 101</i><br>(CAS 8061-51-6)  | 45                   |
| Nātrija lignosulfonāta pulveris <i>Lignex 201</i><br>(CAS 8061-51-6) | 93                   |

Ievērojot, ka *Sappi Limited* priekšizpētei par velti piešķīra nepieciešamo *Lignex 201* pulvera daudzumu, turpmākā analīze veikta tikai *Lignex 201*. *Lignex 201* drošības datu lapā norādīts, ka produkts nav jāklasificē saskaņā ar vielu un maisījumu klasificēšanas, marķēšanas un iepakojšanas (CLP) regulu. Nav konstatēta savienojuma bīstamība, līdz ar to noturīgu, bioloģiski akumulatīvu un toksisku (PBT), kā arī ļoti noturīgu un bioloģiski ļoti akumulatīvu (vPvB) vielu klātbūtne nav noteikta. Uzglabāšanā jāizvairās no putekļu uzkrāšanās, kas var veidot eksplozīvus maisījumus ar gaisu, kā arī jānodrošina laba ventilācija; jāizvairās uzglabāt kopā ar stipriem oksidācijas aģentiem, ar kuriem var notikt spēcīga ķīmiskā reakcija, kā arī uzglabāt mitrā vidē. *Sappi* lignosulfonātam nav noteikta tādu materiālu piemaisījumu klātbūtne, kuru vērtības darba vidē būtu jāmonitorē. Darbiniekiem jāizmanto standarta personīgie aizsardzības līdzekļi: cimdi, aizsargbrilles, darba aizsargtērps. *Sappi* lignosulfonāts *Lignex 201* ir brūnas krāsas pulveris ar raksturīgu smaržu (smaržas sliekšņa koncentrācija nav noteikta), pH vērtību 5 – 10 (10% šķīdumam), tilpumblīvumu 600 kg/m<sup>3</sup>. Produkts ir inerts un stabils paredzētajos izmantošanas apstākļos: nenotiek tā ķīmiskā sadalīšanās, nav informācijas par bīstamām ķīmiskajām reakcijām un bīstamu reakcijas produktu veidošanos. Produkts nav jāklasificē ne pēc viena no toksikoloģiskajiem rādītājiem: tas nav akūti toksisks, nav ādu un acis kairinošs, nav elpceļus kairinošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, tam nepiemīt specifiska orgāna mērķa toksicitāte (STOT SE), tas neuzrāda aspirācijas bīstamību. *Sappi Lignex 201* Na lignosulfonāts netiek klasificēts ne pēc viena no ekoloģiskajiem rādītājiem, jo tas ir bionoārdošs, nav noturīgs, neuzrāda akūtu toksiskumu ūdens vidē.

*Sappi Limited* ražotā lignosulfonāta AL *Lignes 201* atbilstība FSC sertifikācijas sistēmas un PEFC sertifikācijas prasībām apkopota 1.26. tabulā.

#### 1.26. tabula

##### ***Lignex 201 (Sappi)* sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 38, 39]**

**Atputekļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** *Lignex 201/Sappi*

**Aktīvā viela:** aktīvā viela ir nātrijs lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-6).

**Piegādes forma:**

- a) pulveris (93%);
- b) ūdens šķīdums (40 – 55%).

**Sagatavošana (skat. 1.1.3., 1.1.4.):**

- a) 10% šķīdums;
- b) 20% šķīdums;
- c) cita šķīduma koncentrācija – pēc nepieciešamības.

**Pielietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības (skat. 1.1.3., 1.1.4.):**

- a) izsmidzinot 10% vai 20% ūdens šķīduma veidā (ieteicams pirms iestrādes ceļa seguma virsmu viegli samitrināt);
  - i) pirmā iestrādes reizē dozas robežās no 1 l/m<sup>2</sup> līdz 2 l/m<sup>2</sup> ieteicams vairākos paņēmienos,
  - ii) atkārtotajās iestrādes reizēs dozas robežās līdz 0,5 l/m<sup>2</sup> ieteicams vairākos paņēmienos, iestrādātajai AL koncentrācijai kopumā nepārsniedzot 3 l/m<sup>2</sup>;
- b) iestrādājot ceļa seguma virskārtā;
  - i) pirmajā uznešanas reizē ar iestrādes dozu 3 l/m<sup>2</sup> – vairākos paņēmienos;

- ii) pēc optimālā mitruma sasniegšanas formējot ceļu nepieciešamajā augstumā un sablīvējot,  
iii) otrajā uznešanas reizē ar iestrādes dozu 1 l/m<sup>2</sup>, lai iestrādātā AL koncentrācija nepārsniegtu 4 l/m<sup>2</sup>.

**AL ķīmiskais sastāvs: atbilstoši FSC pesticīdu politikai FSC-POL-30-001a EN**, AL sastāvā esošā aktīvā viela – nātrijs lignosulfonāts – nav iekļauta FSC sertifikācijas sistēmas aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši PEFC sertifikācijas prasībām nātrijs lignosulfonāts nav iekļautas Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. AL sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un neuzkrājas barības ķēdē pēc to lietošanas. AL sastāvā konstatētā polihlorēto bifenilu (PCB) un poliaromātisko ogļūdeņražu (PAH) klātbūtne (atbilstoši akreditētās SIA “Vides audits” laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka PCB < 0,02 mg/kg, bet PAH = 0,31mg/kg) ir zem MK noteikumu Nr. 804 maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām augsnē (PAH<1 mg/kg, bet PCB<0,02 mg/kg), kā arī ES noteiktajām maksimāli pieļaujamās koncentrācijas robežām dažādos produktos (piem., PAH gadījumā 17 mg/kg mulčas plēvei un nolietoto riepu granulām (ES regula 2021/1199) vai PCB gadījumā (50 mg/kg regula 2019/1021)).

**Secinājums:** *Lignex 201* ir videi draudzīgs AL un bioloģiski noārdās, kas pie ražotāja noteiktajām pielietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāzu un ilgstošu lietu izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām ir mazticama. Sekojoši *Lignex 201* izmantošana nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī pašreizējo ES likumdošanu attiecībā pret PCB un PHB maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                             | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)   | Riska samazināšanas stratēģijas  |
|-------------------|---|---|--|
| Vide              | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana) | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka AL nav noturīgs augsnē (bionoārdās), sadalīšanās laiks augsnē – aptuveni gads.  | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.3.). |
|                   | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)                     | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka nav sagaidāma būtiska ietekme, jo AL nav toksisks ūdens organismiem, nav noturīgs augsnē un bionoārdās, nav bioakumulējošs, pielietojot atputeķļošanai darba koncentrācijās (līdz 20% šķīdumam), bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP) būtiska palielināšanās vai vides skābuma (pH) būtiska samazināšanās apkārtesošās ūdenstilpēs mazticama. |  |
|                   | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)                          | Nav informācijas par būtisku ietekmi: raksturīga smarža. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan PM10, gan PM2,5).   |  |

|          |  |  |   |
|----------|--|--|---|
|          | Ārpus-mērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme: nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai (1000 mg/kg dienā (augstākā testētā doza)), nav endokrīno sistēmu sagraujošs.                        |   |
|          | Nekoksnes produkti   | Ietekmes elementa izpilde tiek veicināta, jo lignosulfonātus iegūst koksnes ķīmiskās pārstrādes procesā un, tos izmantojot kā AL, lignīns tiek atgriezts atpakaļ tā dabīgajā vidē.   |   |
|          | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                           | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.   |   |
|          | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)  | Mainās ceļa seguma krāsa, kas var ietekmēt estētiku – viuzālo pievilcību.  |   |
|          | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvestrācija, tūrisms)                       | Esošā pieredze rāda, ka nav būtiskas ietekmes: pie plānotajām izmantošanas dozām pH būtiska samazināšanās un BSP būtiska palielināšanās mazticama, mainās ceļa seguma krāsa, kas, iespējams, var nebūtiski ietekmēt estētiku un tūrisma.                       |   |
| Sociālie | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūrvēsturiskās un rekreācijas                         | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi. | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|          | Veselība (auglība, reprodūktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās,                   | Nav sagaidāma negatīva ietekme, ja darbinieki, kas strādā ar AL, ievēro vispārējos darba drošības pasākumus un AL datu drošības lapās norādītās prasības.  |   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) |  |  |
|  | Labklājība, vides kvalitāte  | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka nav sagaidāma negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, kā arī eutrofikācijas procesu intensificēšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta. |  |
|  | Pārtika un ūdens   | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.  |  |
|  | Cits   | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.   |  |
|  | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                            | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā.  |  |
|  | Tiesības   | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekļu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.   |  |

**Slēdziens/secinājums un skaidrojums:** *Lignex 201/Sappi AL* izmantošana ražotāju noteikto koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī vietējiem un starptautiskajiem normatīvajiem aktiem. AL ir izmantojams LVM meža autoceļu atputekļošanā, ja tas būs nepieciešams.

SIA KU OLDI ražotā tehniskā lignosulfonāta AL atbilstība FSC sertifikācijas sistēmas un PEFC sertifikācijas prasībām apkopota 1.27. tabulā.

## 1.27. tabula

### Pulverveidīgo lignosulfonātu OLDI (KU SIA “OLDI”) sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas prasībām [13, 17, 18, 40]

**Atputekļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** pulverveidīgie lignosulfonāti/OLDI

**Aktīvā viela:** aktīvā viela ir kalcija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-7)

**Piegādes forma:** pulveris (75,3%)

**Sagatavošana:** noteiktas koncentrācijas šķīdums – pēc nepieciešamības (skat. 1.1.3., 1.1.4.)

**Pielietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.1.):**

- a) parasti sākotnēji tiek pagatavots  $\approx 50\%$  bāzes šķīdums (labākai lignosulfonāta izšķīdināšanai, samaisīšana veicama 40 – 50 °C temperatūrā);
- b) izsmidzinot lietotājam parocīgas koncentrācijas ūdens šķīduma veidā;
- c) iestrādājot ceļa seguma virskārtā lietotājam parocīgas koncentrācijas ūdens šķīduma veidā.

**AL ķīmiskais sastāvs:** kalcija lignosulfonāts nav iekļauts **FSC sertifikācijas sistēmas** aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši **PEFC sertifikācijas sistēmas** prasībām, kalcija lignosulfonāts nav iekļauts Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. Sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un neuzkrājas barības ķēdē pēc to lietošanas. Šo vielu lietošanu neaizliedz vietējie un starptautiskie normatīvie akti. AL sastāvā konstatētā polihlorēto bifenilu (PCB) un poliaromātisko oglekļa hidrokarbonu (PAH) klātbūtne (atbilstoši akreditētās SIA “Vides audits” laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka  $PCB < 0,02$  mg/kg, bet  $PAH = 0,31$  mg/kg) ir zem MK noteikumu Nr. 804 maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām augsnē ( $PAH < 1$  mg/kg, bet  $PCB < 0,02$  mg/kg), kā arī ES noteiktajām maksimāli pieļaujamās koncentrācijas robežām dažādos produktos (piem.,  $PAH$  gadījumā 17 mg/kg mulčas plēvei un nolietoto riepu granulām (ES regula 2021/1199) vai  $PCB$  gadījumā – 50 mg/kg (regula 2019/1021)).

**Secinājums:** OLDI pulverveidīgie lignosulfonāti ir videi draudzīgs bioloģiski noārdāms AL, kas pie ražotāja noteiktajām pielietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāzu un ilgstošu lietau izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām nav sagaidāma. Sekojoši OLDI pulverveidīgo lignosulfonātu izmantošana nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī ar pašreizējo ES likumdošanu attiecībā pret PCB un PHB maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                             | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)   | Riska samazināšanas stratēģijas  |
|-------------------|---|---|--|
| Vides             | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana) | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav noturīgs augsne (bionoārdās), sadalīšanās laiks augsnē – aptuveni gads. | AL izmantošana meža autoceļu atputekļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  | Ūdens<br>(gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)  | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav toksisks ūdens organismiem, nav noturīgs augsnē, bionoārdās, nav bioakumulējošs, pielietojot atputekļošanai piemērotās darba koncentrācijās, bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP) būtiska palielināšanās vai vides skābuma (pH) būtiska samazināšanās apkārtesošās ūdenstilpēs mazticama. | kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.3.). |
|  | Atmosfēra<br>(gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)   | Nav informācijas par būtisku ietekmi: raksturīga smarža. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan <i>PM10</i> , gan <i>PM2,5</i> ).   |   |
|  | Ārpus-mērķa sugas<br>(veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi: nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai, nav endokrīno sistēmu sagraujošs.   |   |
|  | Nekoksnes produkti  | Kritērija izpilde tiek veicināta, jo lignosulfonāti ir iegūti koksnes pārstrādes procesos un, tos izmantojot kā AL, lignīns tiek atgriezts atpakaļ tā dabiskajā vidē.   |   |
|  | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                              | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL lietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.   |   |
|  | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)   | Nav informācijas par būtisku ietekmi: mainās ceļa seguma krāsa, kas var ietekmēt estētiku.  |   |
|  | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvestrācija, tūrisms)                          | Nav informācijas par būtisku ietekmi: pie plānotajām izmantošanas dozām pH būtiska samazināšanās un BSP būtiska palielināšanās mazticama, mainās ceļa seguma krāsa, kas, iespējams, var nebūtiski ietekmēt estētiku un tūrismu.   |   |

|          |   |  |   |
|----------|---|--|---|
| Sociālie | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūr-vēsturiskās un rekreācijas   | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL pielietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.   | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|          | Veselība (auglība, reproduktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Atputeķļoto vietu izmantotājiem nav sagaidāma negatīva ietekme. Darbiniekiem, kas strādā ar AL, jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un AL datu drošības lapās norādītās prasības.  |   |
|          | Labklājība  | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav sagaidāma negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, kā arī eutrofikācijas procesu intensificēšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta. |   |
|          | Pārtika un ūdens  | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.  |   |
|          | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atvēršanas infrastruktūra)   | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.   |   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)</p>  | <p>Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā.</p> |  |
| <p>Tiesības</p>   | <p>Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekšņu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.</p>   |  |
| <p><b>Slēdziens/secinājums un skaidrojums: pulverveidīgo lignosulfonātu/OLDI AL izmantošana paredzētajā koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām un AL ir izmantojams LVM meža autoceļu atputeķlošanā, ja tas būs nepieciešams.</b></p> |  |  |

### 1.3.3. Valsts Vides dienesta prasības un Latvijas normatīvo aktu analīze par atputeķlošanas līdzekļu paredzamo ietekmi uz vidi

Lai pārliecinātos par Latvijas normatīvo aktu prasībām attiecībā uz atputeķlošanas līdzekļu izmantošanu, veicams izvērtējums, vai normatīvie akti nosaka, ka atputeķlošanas līdzekļu izmantošanai nepieciešami saskaņojumi no vidi uzraugošām institūcijām.

Latvijā nepieciešamību veikt ietekmes uz vidi novērtējumu nosaka likumi “Par piesārņojumu” un „Par ietekmes uz vidi novērtējumu”, kā arī MK noteikumi Nr.1082 “Kārtība, kādā piesakāmas A, B un C kategorijas piesārņojošas darbības un izsniedzamas atļaujas A un B kategorijas piesārņojošo darbību veikšanai”. Šajā sakarā pirms plānotās darbības (šī LVM pasūtītā pētījuma ietvaros – grants ceļu atputeķlošanas) uzsākšanas Valsts vides dienests piedāvā digitāli saņemt informāciju (izziņu) par to, vai plānotajai darbībai saskaņā ar normatīvajiem aktiem ir nepieciešams:

- ietekmes uz vidi novērtējums;
- ietekmes uz vidi sākotnējais izvērtējums vai
- tehniskie noteikumi.

Paredzētās darbības ietekmes uz vidi sākotnējais izvērtējums nepieciešams, lai objektīvi izvērtētu paredzamās darbības iespējamo ietekmi uz vidi, dabu un cilvēku veselību un lemtu par ietekmes novērtējuma piemērošanu – tehnisko noteikumu izsniegšanu vai ietekmes uz vidi novērtējuma piemērošanu. Tehniskie noteikumi ir nepieciešami darbībām, kurām pēc sākotnējā izvērtējuma veikšanas nav nepieciešams ietekmes uz vidi novērtējums saskaņā ar „Likumu par ietekmes uz vidi novērtējumu”, vai arī darbībām, kuras minētas Ministru kabineta 2015. gada 27. noteikumu Nr. 30 “Kārtība, kādā Valsts vides dienests izdod tehniskos noteikumus paredzētajai darbībai” pielikumā. Citi vispārīgie normatīvie akti, kas jāņem vērā, veicot ietekmes uz vidi novērtējumu un kuri var būt aktuāli arī meža autoceļu atputeķlošanas kontekstā, ir “Aizsargjoslu likums”, aktuālie MK noteikumi “Noteikumi par valsts nodevu par

paredzētās darbības ietekmes uz vidi sākotnējo izvērtējumu” (šobrīd Ministru kabineta noteikumi Nr. 689), MK noteikumi Nr. 300 “Kārtība, kādā novērtējama ietekme uz Eiropas nozīmes īpaši aizsargājamo dabas teritoriju (Natura 2000)” un MK noteikumi Nr. 18 “Kārtība, kādā novērtē paredzētās darbības ietekmi uz vidi un akceptē paredzēto darbību”.

Attiecībā uz AL izmantošanu netika atrasta informācija par unificētām atbilstības prasībām. Konkrētā AL izvēli un darbības efektivitāti lielā mērā nosaka pielietojuma vietas ceļu infrastruktūra, ģeoloģiskie apstākļi, klimatiskie apstākļi, apkārtesošie ūdens resursi, biotopu un dzīvo būvju sugu bioloģiskā daudzveidība, kā arī tuvumā esošie sociālekonomiskas un kultūrvēsturiskas nozīmes objekti. Līdz ar to AL izvēle lielā mērā ir atkarīga no tā ķīmiskās dabas un potenciālās mijiedarbības ar apkārtējo vidi.

### 1.3.3.1. Ietekme uz cilvēka veselību

Ietekme uz cilvēka veselību ir atkarīga no AL sastāvā esošo komponentu koncentrācijas un toksikoloģijas. Potenciāla AL ietekme uz cilvēka veselību iespējama AL šķīdumu pagatavošanas un transportēšanas procesos, kā arī AL noplūdes gadījumā. Latvijā izstrādāti MK noteikumi Nr. 325 “Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskajām vielām darba vietās”, kuros ir noteiktas arodekspozīcijas maksimālās vērtības noteiktiem ķīmiskajiem savienojumiem.

Kā minēts SIA “*Vincent's Polyline*” izplatītā CC Road drošības datu lapā AL aktīvā viela ir  $\text{CaCl}_2$  (CAS numurs (CAS 8061-51-7), bet kā blakusprodukts - kalcija hidroksīds ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ar koncentrāciju zem 1% (CAS numurs (CAS 1305-62-0)). Līdz ar to darba devējam vietā, kurā notiek AL šķīduma pagatavošana, jānodrošina laba ventilācija, lai netiku pārsniegtas 8 stundu arodekspozīcijas robežvērtības  $\text{CaCl}_2$  – 2  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Vienlaikus darbiniekiem, kuri strādā pie CC Road AL šķīdumu pagatavošanas no sausa maisījuma jāievēro visi nepieciešamie personīgās drošības pasākumi, kas attiecas uz darbu ar  $\text{CaCl}_2$ , tostarp jālieto respirators ar atbilstošu filtru, neoprēna (hloroprēna) vai nitrila gumijas cimdi, piemēroti acu aizsargi. Kalcija hlorīds var kairināt barības vadu un kuņģi, var izraisīt balsenes un rīkles gļotādas kairinājumu un nepatīkamu sajūtu mutē jau pēc pirmajām ieelpošanas reizēm, ja putekļu koncentrācija ir liela.  $\text{CaCl}_2$  tiek klasificēts kā kairinošs acīm (2. Kategorija), tomēr tā ir lokāla iedarbība, un uzkrāšanās vai cita sistēmiska toksiska ietekme caur saskari ar acīm nav sagaidāma. Vienlaikus  $\text{CaCl}_2$  ilgstošā saskarē ar ādu var izraisīt iekaisumu vai ādas jūtīgumu un dermatītu.

Kā minēts SIA “*Ceļu emulsija-HL*” produkta CELEM C65B3 drošības datu lapā AL aktīvā komponente ir bitumens, 65 – 69% (CAS: 8052-42-4), un alkildiamīnu atvasinājumi (kā virsmaktīvā viela), 0,06 – 0,25% (CAS: 7173-62-8/68603-75-8). Bīstamākā komponente, kura potenciāli var veidoties darbā ar bitumena emulsiju ir ūdeņraža sulfīds, kura 8 stundu arodekspozīcijas robežvērtība ir 7  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Līdz ar to darba devējam vietās, kur iespējama ūdeņraža sulfīda uzkrāšanās ir jānodrošina atbilstoša ventilācija. Šādās vietās darbiniekam jāizmanto apstiprināti elpceļu aizsardzības līdzekļi: pilna sejas masku ar B tipa kasetni/filtru (pelēku – neorganiskiem tvaikiem, tostarp  $\text{H}_2\text{S}$ ) vai autonomos elpošanas aparātus (SCBA). Citos gadījumos darbiniekam jāvalkā drošības brilles, lai izvairītos no šķidrums šļakatām, miglas vai putekļiem. Iekraušanas/izkraušanas operācijās darbiniekam jāvalkā aizsargķivere ar integrētu pilnu sejas sejsegu un kakla aizsardzību. Roku ādas aizsardzībai darbiniekiem jālieto ķīmiski izturīgi, necaurlaidīgi nitrila gumijas cimdi. Elļas izgarojumu vai tvaiku

ieelpošana var izraisīt elpceļu kairinājumu. Vēss produkts var izraisīt apsārtumu un pārejošas sāpes pēc nokļūšanas acīs.

Savukārt izmantoto lignosulfonātu AL aktīvā viela ir vai nu kalcija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-7) (*Borregrrrd Dustex-50* vai *SIA KU OLDI* tehniskie lignosulfonāti) vai nātrija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-6) (*Sappi Limited Lignex-201*). Ja tiek veikta AL šķīdumu pazgatavošana, jāņem vērā standarta drošības pasākumi darbā ar pulverveidīgām vielām. Šajā sakarā darba devējam jānodrošina laba ventilācija. Darbiniekam jālieto gumijas cimdi un aizsargbrilles.

### **1.3.3.2. Ietekme uz dzīvniekiem un bioloģisko daudzveidību**

Ietekme uz bioloģisko daudzveidību ir atkarīga no AL veidojošo komponentu toksikoloģijas, kas nosaka ierobežojumus AL pielietojumā. Ievērojot, ka Latvija ir ratificējusi ANO “Konvenciju par bioloģisko daudzveidību”, kā arī pieņēmusi likumus, tostarp “Par 1992. gada 5. jūnija Riodežaneiro Konvenciju par bioloģisko daudzveidību” un “Sugu un biotopu aizsardzības likumu”, lai ilgtermiņā nodrošinātu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu teritoriju apsaimniekošanā, tostarp arī ceļu infrastruktūras uzturēšanā, ir nepieciešams izmantot ilgtspējīgas attīstības principus. Viens no šiem principiem paredz ekonomiskajās darbībās iespēju robežās izmantot ķīmiskos savienojumus, kas atstāj pēc iespējas mazāku ietekmi uz apkārtējo vidi. Īpaši aktuāli šos principus ir ievērot teritorijās, kurām ir noteikts mikrolieguma vai citas aizsargājamas teritorijas statuss, kas nereti var atrasties arī mežu autoceļu tuvumā. Līdz ar to, lai nodrošinātu Eiropas Zaļā kursa un Eiropas Savienības Bioloģiskās daudzveidības stratēģijas 2030. gadam sekmīgu ieviešanu, no šajā pētījumā analizētajiem AL, saskaņā ar pieejamo toksikoloģisko informāciju, priekšroka būtu dodama lignosulfonātiem, jo tie ir videi draudzīgi un bioloģiski noārdās. Neorganisko sāļu, piemēram, kalcija hlorīda pielietojamību ierobežo tā potenciālā korozivitāte, kā arī izsālījumu veidošanās, kas var pievilināt meža dzīvniekus ceļa braucamajai daļai, tādā veidā radot potenciālu apdraudējumu gan satiksmes drošībai, gan bioloģiskajai daudzveidībai. Savukārt bitumena emulsijas tiek klasificētas kā bīstamas ūdens organismiem, turklāt virsmaktīvās vielas nelielās koncentrācijās var saturēt savienojumus, kas videi var būt potenciāli bīstami. Tādējādi bitumena emulsiju pielietojums atputeķlošanai rūpīgi jāapsver, it īpaši trauslos un jutīgos biotopos, pat zinot, ka, ievērojot produkta ražotāja pielietojuma rekomendācijas, to nonākšana līdz ūdenstilpēm ir mazticama bitumena zemās mobilitātes dēļ. Jāņem vērā arī fakts, ka bitumena emulsijas tiek iegūtas no neatjaunojamajiem fosilajiem resursiem.

### **1.3.3.3. Ietekme uz blakusesošo zemi un augsni**

LR Ministru Kabineta „Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem” (Noteikumi Nr. 804; prot. Nr. 61 25. §, 2005.10.25.) nosaka kvalitātes normatīvus augsnei un gruntij Latvijas teritorijā neatkarīgi no to izmantošanas veida. Noteikumos ir šādi augsnes un grunts kvalitātes normatīvi (A, B un C vērtības):

- mērķlielums, kas norāda maksimālo līmeni, kuru pārsniedzot, nevar nodrošināt ilgtspējīgu augsnes un grunts kvalitāti;
- piesardzības robežlielums, kas norāda maksimālo piesārņojuma līmeni, kuru pārsniedzot, iespējama negatīva ietekme uz cilvēku veselību vai vidi, kā arī līmeni, kāds jāsasniedz pēc sanācijas;

- kritiskais robežlielums, kas norāda, ka to sasniedzot vai pārsniedzot, augsnes un grunts funkcionālās īpašības ir nopietni traucētas vai piesārņojums tieši apdraud cilvēku veselību vai vidi.

Lai noteiktu grunts piesārņotības līmeni, ir nepieciešams noteikt vielu koncentrāciju augsnē un gruntī, izmantojot šādas paraugu sagatavošanas un testēšanas metodes smagajiem metāliem – LVS ISO 11466:1995, LVS ISO 11047:2003 un LVS 346:2005. Naftas produktu koncentrācijas noteikšanai izmanto paraugu sagatavošanas un testēšanas metodes, kuras lieto naftas produktiem ar koncentrāciju, mazāku par 1,0 mg/kg. Nosakot piesārņojuma koncentrāciju augsnē un gruntī, nepieciešams ņemt vērā augsnes un grunts granulometriskā sastāvu. Augsnes un grunts granulometriskā sastāva nosaka, ņemot vērā māla (< 0,002 mm), putekļu (0,002 – 0,05 mm) un smilts (0,05 – 2,00 mm) daļiņu relatīvās attiecības augsnē un gruntī. Poliaromātisko oglekļa savienojumu (*PAH*) piesārņojuma robežkoncentrācijas vidē, kura satur daļiņas intervālā no 0,05 – 2,00 mm, saskaņā ar A, B un C piesārņojuma līmeņiem attiecīgi ir 1 mg/kg, 12 mg/kg un 40 mg/kg. Savukārt polihlorētajiem bifeniliem (*PCB*) piesārņojuma robežkoncentrācijas vidē, kura satur daļiņas intervālā no 0,05 – 2,00 mm, saskaņā ar A, B un C piesārņojuma līmeņiem attiecīgi ir 0,02 mg/kg, 0,1 mg/kg un 1 mg/kg.

**Ievērojot, ka pētījumā analizētajos AL pēc to drošības datu lapās sniegtās informācijas nav sastopami šajā standartā minētie smagie metāli, kā arī *PCB* un *PHB* koncentrācijas ( $PCB < 0,02$  mg/kg un  $PAH = 0,31$  mg/kg) ir mazākas par noteiktajām robežvērtībām, nav sagaidāma negatīva analizēto AL ietekme uz blakusesošo augsni un zemi.**

#### 1.3.3.4. Ietekme uz gruntsūdeni un blakusesošajām ūdenstilpēm

Galvenais ES valstu, tostarp arī Latvijas, tiesiskais regulējums rīcībai ūdens politikas jomā ir ES Ūdens struktūrdirektīva 2000/60/EK. Atbilstoši šīs direktīvas stratēģijai un mērķiem spēkā esoša ir Direktīva 2008/105/EK, ar ko pieņem vides kvalitātes standartus ūdens resursu politikas jomā. Ar šo direktīvu nosaka vides kvalitātes standartus prioritārajām vielām un astoņām citām problemātiskajām vielām, kuras ir bīstamas ūdens videi. Līdz ar to AL sastāvā ietilpstošo ķīmisko savienojumu toksikoloģiskā informācija un to koncentrācija primārā kārtā noteiks AL ietekmi uz gruntsūdeni un blakusesošajām ūdenstilpēm. Līdztekus svarīgs ūdens vidi ietekmējošs faktors ir AL sastāvā esošo ķīmisko savienojumu mobilitāte gan augsnē, gan gruntsūdeņos. Latvijā galveno ūdens vidi piesārņojošo vielu maksimāli pieļaujamās koncentrācijas nosaka MK noteikumi Nr. 118 “Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti”, bet potenciāli problemātiskākie ķīmiskie savienojumi uzskaitīti MK noteikumos Nr. 34 “Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī”. Šajos normatīvajos aktos nav minēts neviens no pētījumā izmantoto AL pamatkomponentiem. Niecīgos daudzumos lignosulfonātu AL sastāvā konstatētie poliaromātiskie oglekļa savienojumi un polihlorētie bifenili atrodas zem pieļaujamajām koncentrācijām un nav paredzams, ka tie radīs būtisku negatīvu ietekmi uz ūdens vidi ne īstermiņā, ne ilgtermiņā.

#### 1.3.3.5. Ietekme uz gaisa kvalitāti

Kopumā AL pielietošanas ietekmi uz gaisa kvalitāti var iedalīt divās daļās: 1) īstermiņa ietekme – AL iestrādes procesa laikā un 2) ilgtermiņa ietekme – ar AL pārklātā ceļa

efektīvas ekspluatācijas laikā. Sagaidāms, ka AL iestrādes laikā ietekme uz gaisa kvalitāti (ceļu būves tehnikas izplūdes gāzes, AL gaistošo frakciju emisija) nebūs lielāka kā ceļa seguma standarta uzturēšanas/remonta laikā. Lielākā negatīvā īstermiņa ietekme uz gaisa kvalitāti sagaidāma bitumena emulsijas iestrādes laikā un ir saistīta ar bitumena gaistošo frakciju iztvaikošanu. Vienlaikus atzīmējams, ka bitumena emulsijas izmantošana nav šī pētījuma tvērumā un LVM to nav paredzējusi izmantot meža autoceļu atputeķļošanai. Savukārt kalcija hlorīda un lignosulfonātu AL ietekme uz gaisa kvalitāti ir maznozīmīga. Ilgtermiņā AL pielietošanas ietekme uz gaisa kvalitāti vērtējama pozitīvi, jo ir vērsta uz gaisa piesārņojuma ar putekļveida daļiņām samazināšanu, kas Latvijai kā ES dalībvalstij ir saistoša sakarā ar Eiropas Padomes 1999. gada 22. aprīļa direktīvu par sēra dioksīda, slāpekļa dioksīda un citu slāpekļa oksīdu, putekļveida daļiņu un svina koncentrācijas samazināšanu apkārtējā gaisā, kā arī 2016. gada 31. decembrī pieņemto Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvu 2016/2284 par dažu gaisu piesārņojošo vielu valstu emisijas samazināšanu. Šī direktīva nosaka samazināšanas mērķus 5 galvenajiem gaisa piesārņotājiem, starp kuriem ir arī cietās putekļveida daļiņas ar izmēriem  $< 2,5 \mu\text{m}$  ( $PM_{2,5}$ ). Šī direktīva nosaka, ka Latvijai gaisa piesārņojums ar  $PM_{2,5}$  daļiņām līdz 2030. gadam jāsamazina par 43%. Vienlaikus gaisa kvalitātes normatīvus putekļveida daļiņām (gan  $PM_{10}$ , gan  $PM_{2,5}$ ) Latvijā nosaka MK noteikumi Nr. 1290 "Noteikumi par gaisa kvalitāti". 2020. gada 16. aprīlī tika pieņemts MK rīkojums Nr. 197 "Par gaisa piesārņojuma samazināšanas rīcības plānu 2020. – 2030. gadam", kas cita starpā paredz arī putekļveida emisijas samazinājumu, it īpaši attiecībā uz  $PM_{2,5}$  daļiņām. Uz pētījuma sagatavošanas brīdi (2021.gada nogalē) izstrādes stadijā atrodas arī "Gaisa aizsardzības likums" (paredzams, ka tas stāsies spēkā 2022. gada 1. decembrī), kas paredz gaisa kvalitātes novērtēšanu un emisiju uzskaiti, gaisa aizsardzības mērķu un rīcības plāna aktualizēšanu, dažādu darbību radītā gaisa piesārņojuma samazināšanu, iesaistīto iestāžu kompetences gaisa aizsardzības jomas politikas īstenošanu, informācijas un ziņojumu izplatīšanas veicināšanu, lielākas atbildības noteikšanu administratīvo pārkāpumu gaisa piesārņojuma jomā.

#### 1.3.4. Secinājumi

1. AL ražošanu, izplatīšanu un pielietošanu Latvijā regulē Pasaules Veselības organizācijas, Eiropas Savienības un Latvijas vispārīgā dokumentācija par rūpniecisko produktu nekaitīgumu.
2. Atbilstoši akreditētās SIA "Vides audits" laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka no visu trīs lignosulfonātu AL izskaloto poliaromātisko ogļūdeņražu ( $PAH < 1 \text{ mg/kg}$ ) un polihlorēto bifenilu ( $PCB < 0,02 \text{ mg/kg}$ ) koncentrācijas nepārsniedz MK Nr. 804 "Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem" prasības.
3. Neviena no pētījumā izmantotajiem AL nav aizliegts meža autoceļu atputeķļošanai atbilstoši mežu apsaimniekošanas standartu PEFC un FSC prasībām, tomēr saskaņā ar Eiropas Zaļo kursu, priekšroka pēc iespējas būtu jādod videi draudzīgākiem AL, tos sarindojot sekojošā rindā ekoloģiskuma samazināšanās virzienā: lignosulfonātu AL > hlorīdu AL > bitumena emulsiju AL.
4. Pēc ražotāju sniegtās informācijas AL drošības datu lapās, kā arī SIA "Vides audits" rezultātiem pētījumā izmantoto AL lietošana ražotāju rekomendēto dozu ietvaros meža autoceļu atputeķļošanai neatstās būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi,

tostarp bioloģisko daudzveidību, blakusesošo augsni, gruntsūdeņiem un ūdenstilpēm, kā arī apkārtējā gaisa kvalitāti.

5. Pēc ražotāju sniegtās informācijas AL drošības datu lapās saskarsme ar pētījumā izmantotajiem AL ražotāju rekomendēto dozu ietvaros meža autoceļu atputeķlošanai neatstās būtisku negatīvu ietekmi uz strādājošo veselību.
6. Atputeķlošanas līdzekļu īpašību un to mijiedarbības ar ceļa seguma materiāliem pārbaudei ne Eiropā, ne Latvijā nav izstrādāti oficiāli vispāratzīti standarti un metodes.

### **1.3.5. Rekomendācijas**

1. Meža ceļu atputeķlošanai LVM visoptimālākais būtu iegādāties jau gatavu AL šķīduma veidā;
2. No vides ilgtspējas viedokļa prioritāte jādod lignosulfonātu AL izmantošanai, kā arī jaunu AL izstrādei uz lignosulfonātu AL un neorganisko sāļu AL bāzes;
3. Sagatavojoties eksperimentālajiem atputeķlošanas darbiem un pirms eksperimentālajiem atputeķlošanas darbiem ir nepieciešams veikt
  - atputeķlojamo ceļa posmu vispārīgu raksturojumu (atklātas vietas, noēnotas vietas, apkārtējā veģetācija, gruntsūdens līmenis, tuvumā esošās ūdenstilpes, apdzīvotas vietas, raksturīgais ceļa plāns un garenprofils u. tml.);
  - atputeķlojamā grants seguma tehniskā stāvokļa novērtējumu, gan vizuālo, gan laboratorisko: granulometriskais sastāvs, Proktora īpašības, TNI, CBR, nestspēja ar krītoša svara deflektometru;
  - standarta AL kvalitātes kontroli: pH, viskozitāte un potenciāli toksiskās komponentes (PCB, PAH)
  - iecerētās atputeķlošanas programmas izstrādi.
4. Eksperimentālo atputeķlošanas darbu izpildes laikā nepieciešams veikt:
  - faktiskā tehnoloģiskā risinājuma fiksāciju salīdzinājumā ar iecerēto;
  - AL izlietojuma daudzuma kontroli;
  - AL iestrādes vienmērīguma novērtējumu;
  - grants seguma mitruma kontroli – sagatavotam segumam un pēc AL iestrādes;
  - nestspējas noteikšanu ar krītoša svara deflektometru.
5. Atputeķlotā seguma ekspluatācijas periodā ir nepieciešams monitorings, piemēram, ik pēc 2 nedēļām, veicot:
  - putekļu emisijas mērījumus ar portatīvu iekārtu, mērīšanas brīdī fiksējot vietu, laiku, temperatūru, gaisa mitrumu, transportlīdzekļu satiksmes intensitāti un sastāvu;
  - nestspējas noteikšanu ar krītoša svara deflektometru;
  - grants seguma mitruma kontroli;
  - atputeķlotā ceļa posma vizuālo novērtējumu
  - no reāla ceļa ņemta parauga mikroskopisko analīzi, lai novērtētu AL un grants mijiedarbību;
  - grants ūdens izvilkuma pH noteikšanu;
  - AL izskalošanās analīzi, nosakot AL koncentrāciju gruntsūdenī un, ja attiecināms, tuvumā esošajās ūdenstilpēs;
  - Ietekmes uz tuvumā esošo veģetāciju fotogrāfisku izvērtējumu.

## 2. Eksperimentālā daļa

Apkopojot rezultātus par 1. nodaļā aprakstītajiem eksperimentiem ar analizētajiem AL (lignosulfonāti, neorganiskie sāļi un bitumena emulsija), tika izdarīts objektīvs secinājums, ka potenciāli piemērotākie AL, kas var tikt izmantoti LVM mežu autoceļos ir lignosulfonāti, kā arī tradicionāli Latvijā lietotais kalcija hlorīds. Lai analizētu lignosulfonātu potenciālo atputekļošanas efektivitāti attiecībā uz grants segumiem, tika izvēlēti trīs ražotāju lignosulfonāti (Sappi, Dustex un OLDI), kā arī referencei – viena ražotāja neorganiskā sāls (kalcija hlorīds – CC Road), eksperimentālo pārbaužu veikšanai laboratorijas apstākļos. Galvenie laboratorijas apstākļos nosakāmie parametri:

- AL viegliestrādājamība (viskozitāte);
- AL pH;
- AL izraisītais aglomerācijas efekts jeb AL ietekme uz grants (ceļa seguma materiāla) putekļveida daļiņu salīmēšanās spēju;
- lignosulfonātu novecošanās izturība;
- AL ietekme uz grants seguma mehāniskajām īpašībām;
- mitruma iedarbības ietekme uz ar AL pārklātu granti (ceļa seguma materiālu).

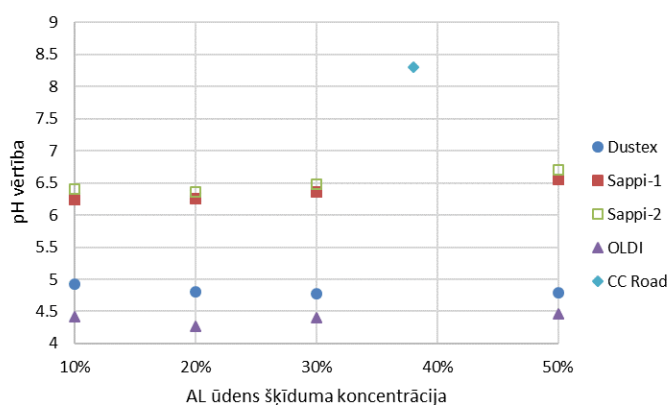
## 2.1. Izvēlēto atputeķļošanas līdzekļu īpašības

### 2.1.1. Atputeķļošanas līdzekļu pH

AL pH var veicināt ne tikai autotransporta metālisko daļu pāatrinātu koroziju, bet arī negatīvi ietekmēt apkārtējo vidi, piemēram, izmainot pH līmeni augsnē, gruntsūdeņos vai nokļūstot tuvumā esošajās ūdens tilpnēs un ezeros. Tāpēc viens no svarīgākajiem šī pētījuma eksperimentiem ir atputeķļošanas līdzekļu pH līmeņa noteikšana.

AL pH vērtības tika noteiktas, analizējot dažādas koncentrācijas AL ūdens šķīdumus (10, 20, 30 un 50%), izmantojot *Mettler Toledo* pH-metru. Testi tika veikti atbilstoši pH-metra darba metodikai.

Dažādas koncentrācijas AL šķīdumu pH vērtības parādītas 2.1. attēlā. Redzams, ka izmantotos AL to pH vērtības samazināšanās virzienā var sarindot šādi: *CC Road* (vissārmainākais) > *Sappi* > *Dustex* > *OLDI* (visskābākais). Iegūtie rezultāti liecina, ka, lai arī izmainītais vides pH var ietekmēt augsnē esošo jonu mobilitāti, pie ražotāju rekomendētajām AL izmantošanas devām (skat. 1.21., 1.24., 1.26, 1.27. tabulas) nav sagaidāma to būtiska negatīva ietekme uz apkārtējo vidi.

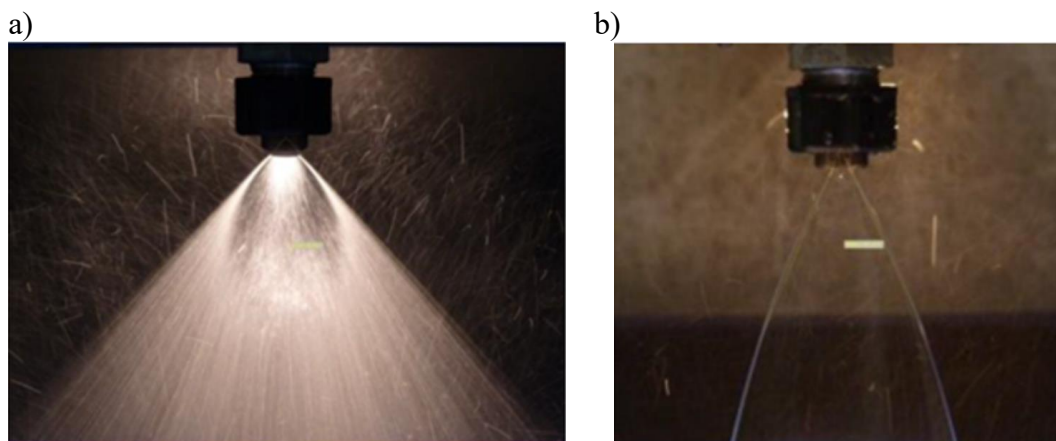


2.1. att. Atputeķļošanas līdzekļu dažādas koncentrācijas ūdens šķīdumu pH vērtības

### 2.1.2. Atputeķļošanas līdzekļu viskozitāte (viegliestrādājāmība)

Tā kā AL pieejami gan cietā (hlorīdi – pārsļu vai granulu veidā; LS – pulvera veidā), gan šķidrā formā, AL šķīduma sagatavošanas procesā var būt nepieciešama to samaisīšana ar ūdeni. Bez tam, ja neorganiskos sāļus var izkliedēt grants segumā gan sausā veidā, gan izsmidzināt sajaucot ar ūdeni, tad AL uz LS bāzes tiek iestrādāti grants segumā ar izsmidzināšanas (izkliedēšanas) paņēmieni, izmantojot speciālu tehniku. Līdz ar to ir svarīgi novērtēt dažādu AL/ūdens šķīdumu koncentrāciju viegliestrādājāmību (plūstamību), kas piemēram, var noderēt veicot AL sagatavošanu no cietā stāvoklī piegādāta izejas materiāla, kā arī izvēloties izkliedētāja sprauslas vai veicot to noregulēšanu, jo neatbilstoši izvēlētas sprauslas var samazināt gan šķidrums izkliedēšanas leņķi, gan plūsmas ātrumu (skat. 2.2. att.). Svarīgi atzīmēt, ka sprauslu

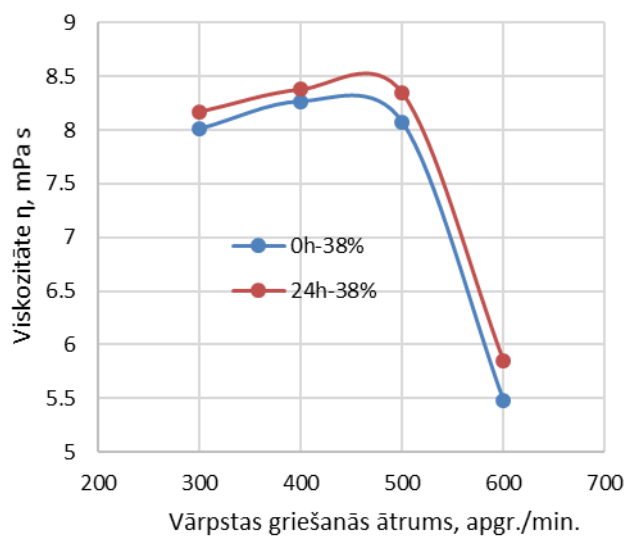
izvēle ir atkarīga no izvēlētā šķidruma viskozitātes. Piemēram ūdens viskozitāte 20°C ir 1,0mPa·s. Atbilstoši uzņēmuma *Lechler* katalogam (<https://www.lechlerusa.com/en/resources/spray-facts/viscosity>), šķidrumiem ar viskozitāti līdz 200mPa·s jālieto parastas sprauslas, bet pie lielākas viskozitātes izvēlas dvīņu jeb *twin-nozzle* sprauslas.



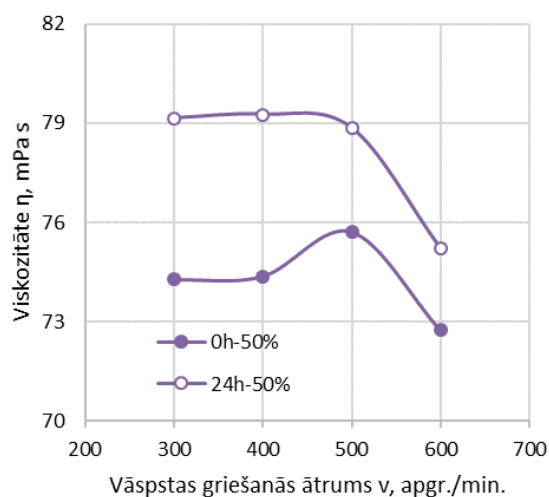
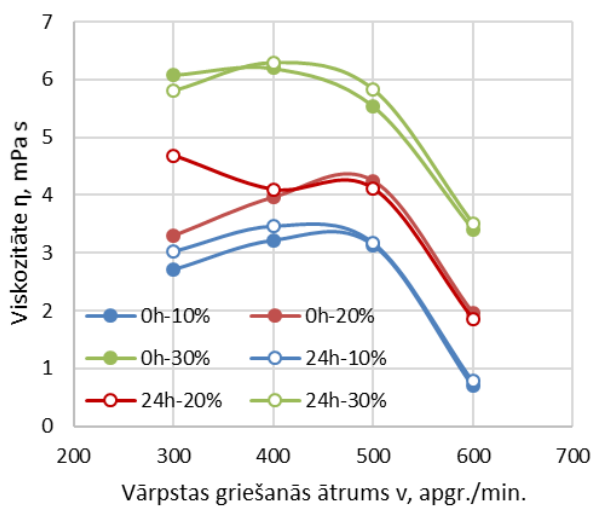
**2.2. att. Sprauslu darbība ar ūdeni (a) un eļļu (b).**

AL viegliestrādājamība tika noteikta, analizējot dažādas koncentrācijas AL ūdens šķīdumu (10, 20, 30 un 50%) viskozitātes vērtības, izmantojot *Lamy* rotācijas reometru. Testi tika veikti atbilstoši rotācijas reometra darba metodikai.

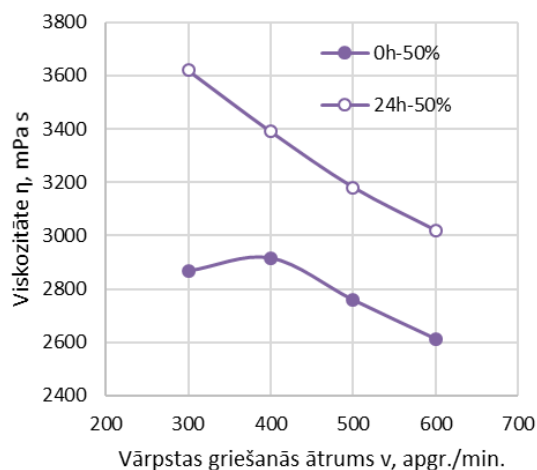
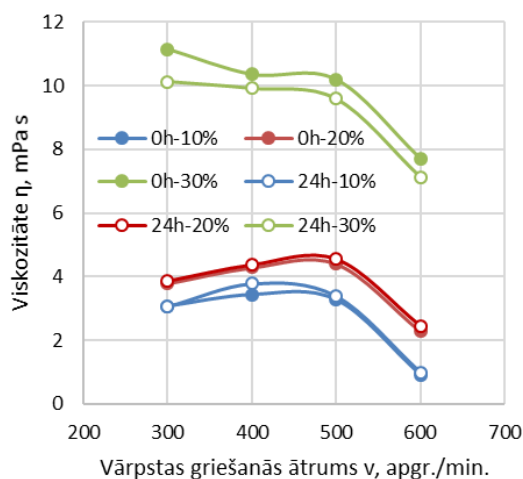
Izmantoto AL ūdens šķīdumu viskozitāte pie dažādām koncentrācijām (10, 20, 30 un 50%) apkopota piecu attēlu sērijā (skat. 2.3. – 2.7. att.). Redzams, ka kopumā visu izmantoto AL ūdens šķīdumu viskozitātes atkarību no maisīšanas ātruma raksturo līdzīgas tendences. Palielinot maisīšanas ātrumu no 300 līdz 500 apgr/min, novērojamas salīdzinoši nelielas viskozitātes izmaiņas un šķīdumiem ir tendence parādīt dilatantas īpašības (viskozitātes pieaugumu, palielinoties maisīšanas ātrumam), it īpaši pie 50% koncentrācijas. Šāda tendence acīmredzot ir izskaidrojama ar aglomerātu veidošanos augstas koncentrācijas AL ūdens šķīdumos. Savukārt maisīšanas ātrumam sasniedzot 600 apgr/min, notiek strauja viskozitātes samazināšanās. Lielāko viskozitāti uzrāda *OLDI*, kurš 50% koncentrācija sasniedz 3600mPa·s, savukārt *Sappi*, *Dustex* un *CC Road* viskozitāte dažādos maisīšanas ātrumos un koncentrācijās ir <100mPa·s, kas nozīmē, ka šo atputekļošanas līdzekļu šķīdumus dažādās koncentrācijās var izkliegt ar parastām sprauslām, bet *OLDI* pie koncentrācijas 50% jāizmanto speciālās dvīņu jeb *twin-nozzle* sprauslas. Četros attēlos parādīta arī viskozitātes atkarība no laika, proti, 24 stundu izturēšanas (skat. 2.3. – 2.6. att.). Redzams, ka pēc 24 stundām AL viskozitāte ir izmainījusies, it īpaši 50% AL šķīdumiem. Šīs izmaiņas ir skaidrojamas ar pakāpenisku AL šķīdumu noslāņošanos/izgulsnēšanos, it īpaši augstas koncentrācijas gadījumā. Par AL šķīdumu viskozitātes izmaiņām laikā liecina arī ciklisko testu rezultāti, kas parādīti 2.7. attēlā. Tomēr jāpiebilst, ka šīs izmaiņas AL šķīdumiem līdz 30% koncentrācijai ir salīdzinoši nelielas.



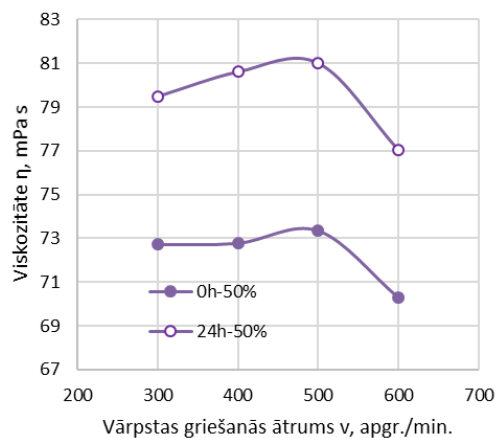
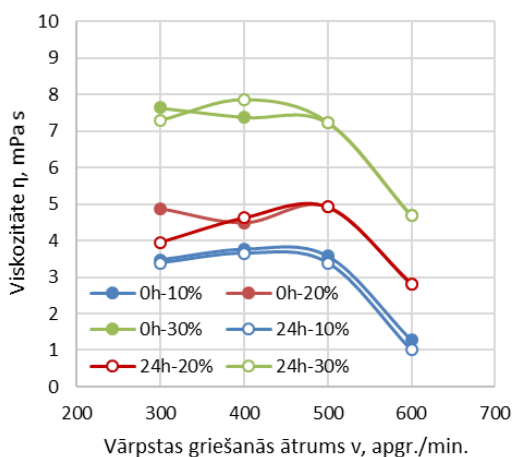
**2.3. att. CC Road šķīduma viskozitātes atkarība no reometra vārpstas griešanās ātruma uzreiz un 24 stundas pēc šķīduma sagatavošanas**



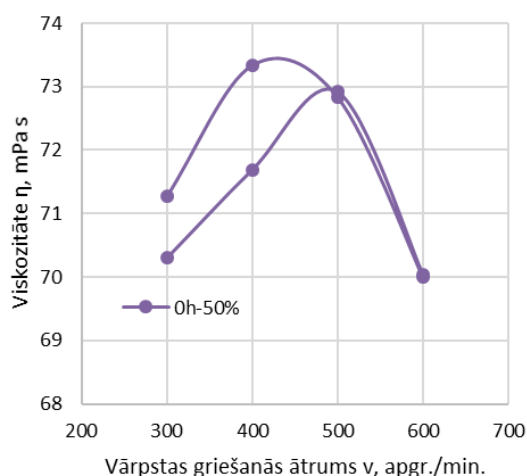
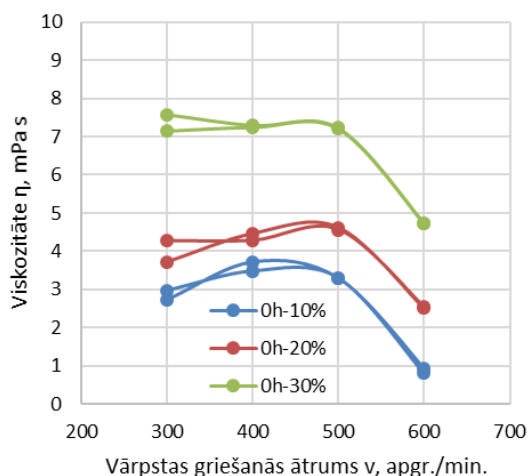
**2.4. att. Dustex dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no reometra vārpstas griešanās ātruma uzreiz un 24 stundas pēc šķīduma sagatavošanas**



**2.5. att. OLDI dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no reometra vārpstas griešanās ātruma uzreiz un 24 stundas pēc šķīduma sagatavošanas**



**2.6. att. Sappi dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no reometra vārpstas griešanās ātruma uzreiz un 24 stundas pēc šķīduma sagatavošanas**



**2.7. att. Sappi dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no secīgas reometra vārpstas griešanās ātruma palielināšanas un samazināšanas**

### 2.1.3. Aputeķļošanas līdzekļu virsmas īpašības/virsmas spraigums

AL virsmas īpašības parāda savienojuma spēju savienot grants seguma putekļainās daļiņas vienotā monolītā jeb aglomerātā. Zemāks virsmas spraigums nozīmē labāku mijiedarbību (salipšanu) starp AL un grants seguma putekļu daļiņām.

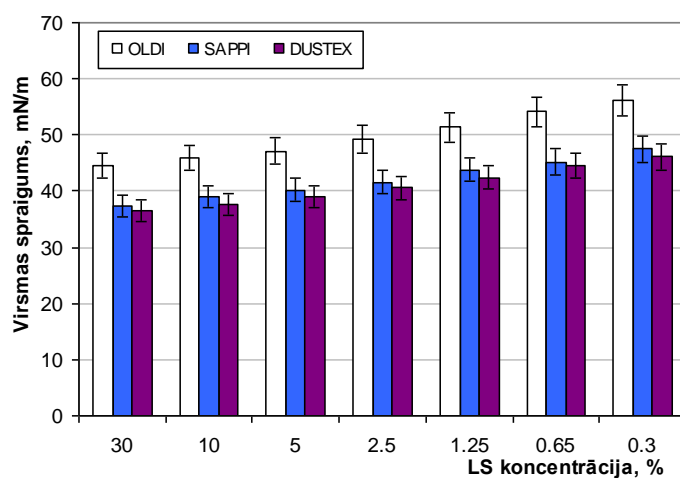
Lignosulfonātu virsmas spraigums robežā ūdens-gaiss tika pētīts ar Vilhelmi plāksnes metodi, izmantojot digitālo tensiometru K 100M (KRÜSS, Vācija). Šī statistiskā metode ir balstīta uz spēka mērījumu, kāds nepieciešams, lai izvilktu iegremdētu platīna plāksni no šķidrums. Virsmas spraigums tika kalibrēts, izmantojot dejonizētu ūdeni (īpatnējā elektrovadītspēja  $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ), ko izmantoja arī LS paraugu sagatavošanai (skat. 2.8. att.). Mērījumus atkārtoja piecas reizes katram ūdens šķīdumam ar LS koncentrāciju intervālā no 0,3 līdz 30% 25 °C temperatūrā pēc 2 stundu uzglabāšanas istabas temperatūrā.



**2.8. att. LS paraugi virsmas spraiguma mērīšanai**

Saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem (skat. 2.9. att.), līdz ar koncentrācijas pieaugumu ūdens šķīdumā, visu LS virsmas aktivitāte robežā ūdens-gaiss palielinājās. Virsmas spraiguma vērtību salīdzinājums parādīja, ka *Dustex* un *Sappi* lignosulfonāti labāk adsorbējas robežvirsmā ūdens-gaiss gan ar mazāku, gan ar lielāku lignosulfonātu koncentrāciju šķīdumā salīdzinājumā ar *OLDI*. Starpība virsmas spraiguma vērtībās starp *Dustex/Sappi* un *OLDI* ir 8 – 10 mN/m atkarībā no lignosulfonātu koncentrācijas ūdens šķīdumā. Līdz ar to konstatēts, ka *Dustex* un *Sappi* labāk adsorbējas robežvirsmā salīdzinājumā ar *OLDI* lignosulfonātiem, kas norādīja uz to lielāko virsmas aktivitāti.

Uz virsmas aktivitātes pieaugumu norāda arī ar AL apstrādātu paraugu slapēšanas leņķa samazināšanās salīdzinājumā ar grants paraugu, kas nozīmē uzlabotu AL un grants putekļaino daļiņu salīmēšanas jeb aglomerācijas spēju.



**2.9. att. Virsmas spraigums robežā ūdens-gaiss dažādas koncentrācijas *OLDI*, *Dustex* un *Sappi* ūdens šķīdumiem**

### 2.1.4. Lignosulfonātu ķīmiskās īpašības

Pētījumā izmantotie lignosulfonātu paraugi - *Dustex*, *Lignex 201* (*Sappi*) un *OLDI* - kā potenciālie atputeķļošanas līdzekļi tika analizēti pēc elementu, funkcionālā un komponentu sastāva. Eksperimenti tika veikti trīs atkārtojumos, un šeit apkopotie rezultāti ir rādītāju vidējās aritmētiskās vērtības.

#### 2.1.4.1. Ķīmisko elementu sastāva noteikšana

Katram komerciālajam lignosulfonātam piemīt savs ķīmiskais sastāvs, kuru nosaka celulozes apstrādes (varīšanas) tehnoloģiskais režīms. Lignosulfonātu līmvielas īpašības, kuras notiek uz lignosulfonāta-grants putekļainās daļiņas mijiedarbības rēķina ir atkarīgas no lignosulfonātu elementu un funkcionālā sastāva. Elementu sastāvs liecina par lignosulfonāta virsmas aktivitāti, konkrēti oglekli, skābekli, sēru, ūdeņradi un slāpekli saturošo grupu saturu un to savstarpējām attiecībām. Vienlaikus lignosulfonātu elementu sastāvs norāda uz potenciālo piemaisījumu klātbūtni.

Lignosulfonātu elementu sastāva noteikšanai izmantots analizators *Elementar Analysensysteme GmbH* (skat. 2.10. att.). Elementu sastāva noteikšanas metodes princips ir analizējamā parauga pilnīga sadedzināšana augstā temperatūrā, sadegšanas produktu (slāpekļa  $N_2$ , sēra dioksīda  $SO_2$ , oglekļa dioksīda  $CO_2$  un ūdens  $H_2O$ ) reducēšana un kvantitatīva uztveršana atsevišķās sorbcijas kolonnās [41].



**2.10. att. *Elementar Analysensysteme GmbH* iekārta**

Analizatora sadedzināšanas sistēma sastāv no divām caurulēm: sadedzināšanas caurules ( $t = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kas pildīta ar volframa oksīda  $WO_2$  granulām – sadedzināšanai papildus īslaicīgi tiek pievadīts skābeklis  $O_2$  – un reducēšanas caurules ( $t = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kas pildīta ar vara skaidiņām, kurā slāpekļa oksīdi un sēra trioksīds  $SO_3$  kvantitatīvi reducējas par slāpekli  $N_2$  un sēra dioksīdu  $SO_2$ . Lieko skābekli un iespējamus halogēnus aiztur sudraba šķiedra. Tādējādi gāzes plūsma sastāv tikai no nesējgāzes – hēlija  $He$ , slāpekļa  $N_2$ , oglekļa dioksīda  $CO_2$ , ūdens  $H_2O$  un sēra dioksīda  $SO_2$ . Gāzes plūsma iet caur sēra dioksīda  $SO_2$ , ūdens  $H_2O$  un oglekļa dioksīda  $CO_2$  adsorbcijas kolonnām. Slāpekļa  $N_2$  plūst uz mērīšanas šūnu un tiek nomērīts kā pirmais komponents. Kad slāpekļa daudzuma integrācija ir pabeigta un iegūtais lielums saglabāts, tiek mērīti citi komponenti cits pēc cita šādā secībā: oglekļa dioksīds  $CO_2$ , ūdens  $H_2O$  un sēra dioksīds  $SO_2$ . Integrējot šos mērījumus, tiek noteikts elementu oglekļa  $C$ , ūdeņraža  $H$ , slāpekļa  $N$  un sēra  $S$  saturs paraugā. Pēc pelnu satura korekcijas, atņemot no 100% oglekļa  $C$ , ūdeņraža  $H$ , sēra  $S$  un slāpekļa  $N$  saturu, tiek noteikts procentuālais skābekļa  $O$  saturs lignīna paraugā. Temperatūra: oglekļa dioksīda  $CO_2$  kolonnai –  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ūdens  $H_2O$  kolonnai –  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sēra dioksīda  $SO_2$  kolonnai –  $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Paraugu sagatavošana notiek šādi: homogēnu lignīna paraugu iesaiņo alvas folijā, jo tā sadegot paaugstina temperatūru, nosver un pievieno volframa oksīda  $WO_2$  pulveri (katalizators, lai kolonnas stiklu aizsargātu no nātrija  $Na$ , kālija  $K$  un citu metālu iedarbības) attiecībā no 1:1 līdz 1:3 atkarībā no parauga dabas. Paraugu sapresē tabletē un ievieto automātiskajā paraugu padevējā. Ja nav zināms pētāmās vielas sastāvs, tad analīzei tiek ņemti 50 mg paraugi, savukārt maksimālais iesvars ir 100 mg. Iegūtais analizējamo lignosulfonātu elementsastāvs dots 2.1. tabulā.

**2.1. tabula**

**Tehnisko lignosulfonātu elementanalīze**

| Rādītājs | <i>Dustex</i> | <i>Lignex 201</i> | <i>OLDI</i> |
|----------|---------------|-------------------|-------------|
| C, %     | 45,56         | 36,45             | 45,15       |
| O, %     | 43,12         | 50,56             | 40,11       |
| H, %     | 5,53          | 4,66              | 5,37        |
| S, %     | 5,59          | 8,03              | 8,50        |
| N, %     | 0,20          | 0,30              | 0,87        |
| C/O      | 1,06          | 0,72              | 1,13        |
| O/C      | 0,95          | 1,39              | 0,88        |

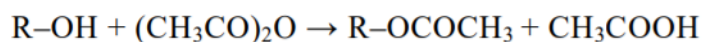
**2.1.4.2. Funkcionālā sastāva noteikšana**

Lignosulfonātu funkcionālo grupu saturs ļauj spriest par tā reaģētspēju, antioksidanta un citām īpašībām. Savukārt komponentsastāvs norāda uz lignosulfonātu tīrību un metālu piemaisījumu daudzumu. Lignosulfonātu fenol- ( $\text{OH}_{\text{fenola}}$ ), karboksil- ( $\text{OH}_{\text{COOH}}$ ) un sulfo- ( $\text{OH}_{\text{SO}_3\text{H}}$ ) hidroksilgrupu noteikšanai izmanto “skābes – bāzes” konduktometriskās un potenciometriskās titrēšanas metodes. Ievadot titrējamā vidē sārmu (tiešā titrēšana), fenolgrupu un karboksilgrupu jonizācijas pakāpe pieaug, līdz ar to sistēmā pieaug summārā elektrovadītspēja. Sulfogrupu satura noteikšanai šādu sistēmu titrējot ar skābi, notiek pretējais (apgrieztā titrēšana), un atbilstoši skābumam titrējas vispirms sulfogrupas, pēc tam vājāk skābās  $\text{OH}_{\text{fenola}}$ , un visbeidzot  $\text{OH}_{\text{COOH}}$  grupas. Potenciometriskā un konduktometriskā lignīna titrēšana skābo OH grupu satura noteikšanai tika veikta, izmantojot titrēšanas iekārtu *INOLab* (skat. 2.11. att.).



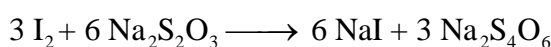
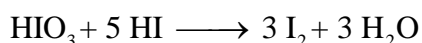
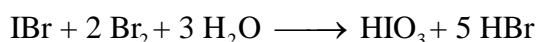
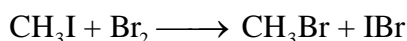
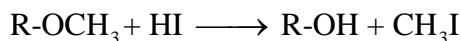
**2.11. att. Titrēšanas iekārta *INOLab***

Lai noteiktu kopējo hidroksil OH grupu saturu lignīnā, izmantoja acetilēšanu ar etiķskābes anhidrīda un piridīna maisījumu:

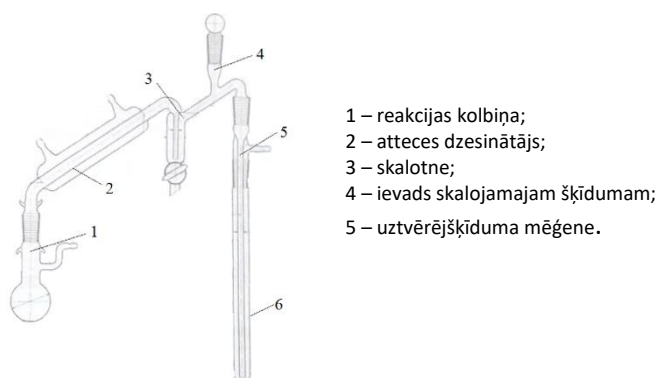


Analizējamā preparāta iesvaram pielika acetilējošā maisījuma precīzu daudzumu, pēc reakcijas norises etiķskābes anhidrīda  $\text{Ac}_2\text{O}$  pārākumu sadalīja ar ūdeni un etiķskābi  $\text{AcOH}$  titrēja ar sārmu. Paralēli veica tukšo mēģinājumu bez parauga iesvara. Pēc tukšā mēģinājuma un parauga attitrēšanai patērētā sāрма tilpumu starpības atrada reakcijā

saistīto etiķskābes AcOH daudzumu, kas ir ekvivalents acetilējamo OH grupu saturam. Alifātisko hidroksilgrupu saturu aprēķina kā starpību starp kopējo acetilējamo hidroksilgrupu saturu un skābo titrējamo hidroksilgrupu saturu. Metoksigrupu noteikšanai tika lietota Fībeka-Švapaha metode (skat. 2.12. att.). Metode balstās uz kvantitatīvi notiekošām reakcijām:



Analīzes procedūra ir sekojoša: Ieslēdz termostatu, no kura caur dzesētāju 2 cirkulē ūdens ar temperatūru 50 °C. Reakcijas kolbiņā 1 ar precizitāti 0,1 mg iesver analizējamo paraugu; iesvara aptuveno daudzumu nosaka, izejot no sagaidāmā metoksigrupu OCH<sub>3</sub> satura. Kolbiņā 1 pievieno ~ 0,5 g fenola, 6 pilienus etiķskābes anhidrīda (lai panāktu reakcijas vides homogenizāciju, šķīdinot lignīnu) un 3 ml 57% jodūdeņraža HI. Caur pievadu 4 skalotni 3 līdz pusei piepilda ar sarkanā fosfora suspensiju ūdenī. Uztvērējmgēnē 6 caur piltuvīti ielej 15 ml broma šķīdumu un ievieto barbotieri 5. Uztvērējmgēni caur novadu savieno ar skalotni, kurā ir 10% skudrskābes HCOOH šķīdums, kas absorbē broma tvaikus un novērš to nonākšanu atmosfērā. Reakcijas kolbiņas sānu pievadu ar gumijas caurulīti caur regulējošu mikroventili savieno ar oglekļa dioksīda CO<sub>2</sub> avotu (no balona, Kipa aparāta vai Djuāra trauka ar sauso oglekļa dioksīdu CO<sub>2</sub>, plūsmu noregulējot tā, lai caur barbotieri 5 izplūstu apmēram 2 burbulīši sekundē).



## 2.12. att. Metoksigrupu noteikšanas aparāts

Metiljodīda CH<sub>3</sub>I atšķelšanai reakcijas kolbiņu 30 minūtes iztur termoregulējamā vannā 140 °C temperatūrā, vienlaikus sekojot vienmērīgai oglekļa dioksīda CO<sub>2</sub> plūsmai. Uztvērējšķīdumu ar destilētu ūdeni H<sub>2</sub>O kvantitatīvi ieskalo 250 ml Erlenmeiera kolbā ar pieslēpētu aizbāzni, kurā iepriekš ielieti 25 ml 20% nātrija acetāta CH<sub>3</sub>COONa. Spēcīgi saskalojot, sarkanbrūnajam šķīdumam no biretes pievieno 4% skudrskābes HCOOH, sākumā uzreiz 4 ml, pēc tam pa pilienam līdz atkrāsošanai. Tad piepilina 2

pilienus metilsarkanā šķīduma un novēro krāsas izmaiņu. Kad viss broms pārākums sadalīts, kolbā ievada 20 ml 10% sērskābes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> un 5 ml 10% kālija jodīda KI, kolbu noslēdz ar aizbāzni un atstāj uz 5 minūtēm. Izdalīto jodu titrē ar 0,1 M nātrija tiosulfātu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> līdz gaiši oranžai nokrāsai, tad pieliek 2 ml cietes šķīduma un, intensīvi saskalojot, nobeidz titrēšanu.

Metoksigrupu saturu nosaka pēc formulas:

$$[\text{OCH}_3] = \frac{v \cdot 0,5172}{G_w \left(1 - \frac{W_r}{100}\right)} \cdot 100, \%$$

kur:

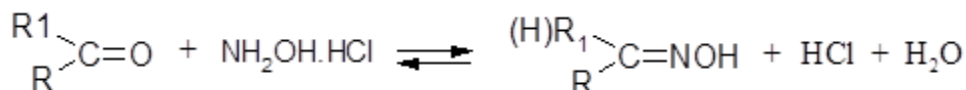
v – titrēšanā patērētais 0,1 M nātrija tiosulfāta šķīdums Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ml;

0,5172 – metoksigrupu OCH<sub>3</sub> masa, kas atbilst 1 ml 0,1 M nātrija tiosulfāta šķīdumam Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mg;

G<sub>w</sub> – analizējamais iesvars, mg;

W<sub>r</sub> – parauga relatīvais mitrums, %.

Karbonilgrupas lignocelulozes komponentu sastāvā ietilpst ketogrupu un aldehīdgrupu veidā. To kvantitatīvai noteikšanai galvenokārt lieto oksidēšanas metodi. Uz analizējamo paraugu iedarbojas ar hidroksilamīna hidrohlorīda šķīdumu:



Apstrādāto paraugu noslēgtā mēģenē inertos apstākļos 80 °C temperatūrā termostatē 2 stundas. Paraugu kvantitatīvi pārnēs uz titrēšanas glāzīti un trietanolamīna pārākumu titrē ar 0,1 M sālsskābi HCl līdz pH 3,3.

Karbonilgrupu saturu aprēķina pēc formulas:

$$[\text{CO}] = \frac{v \cdot 2,801}{m} \cdot 100, \%$$

kur:

v – titrēšanā patērētais 0,1 M sālsskābes šķīdums HCl, ml;

m – analizējamā iesvara masa, mg;

2,801 – karbonilgrupu CO masa, kas atbilst 1 ml HCl, mg.

Lai noteiktu sausas vielas saturu, lignosulfonātu šķīdumus žāvē žāvskapī temperatūrā 105 ± 5 °C saskaņā ar DIN 52183 līdz konstantai masai.

Lignosulfonātu funkcionālais sastāvs dots 2.2. tabulā.

**2.2. tabula**

**Lignosulfonātu funkcionālais sastāvs**

| Rādītājs  | <i>Dustex</i> | <i>Sappi</i><br>( <i>Lignex 201</i> ) | <i>OLDI</i> |
|---|---------------|---------------------------------------|-------------|
| Sulfogrupas, %                                      | 4,82          | 5,49                                  | 5,75        |
| Alifatiskās un<br>aromatiskās<br>hidroksilgrupas, % | 7,09          | 10,25                                 | 7,54        |
| Metoksilgrupas, %                                   | 8,83          | 5,19                                  | 5,98        |
| Karbonilgrupas, %                                   | 2,55          | 1,32                                  | 1,89        |
| Karboksilgrupas, %                                  | 2,96          | 0,95                                  | 1,07        |

Lignosulfonātu komponentsastāva noteikšanai izmantota zemmmolekulāro saharīdu (reducējošo vielu RV) noteikšanas metode (Bertrāna metode). Metode balstās uz cukuru spēju sārmainā vidē divvērtīgo varu reducēt par vienvērtīgu. Lai reakcijas vidi padarītu homogēnu, vara(II)hidroksīdu  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  stabilizē, pievienojot Segneta sāls (K-Na-tartrāta) šķīdumu (Fēlinga II šķīdumu), kurš sarkanu vara(I)oksīda  $\text{Cu}_2\text{O}$  nogulšņu veidā izdalās no reakcijas maisījuma; to atdala filtrējot, tad izšķīdina dzelzs-amonija alauna šķīdumā, no kura izdalītos divvērtīgos jonus  $\text{Fe}^{++}$  (Fēlings III) notitrē ar kālija permanganātu  $\text{KMnO}_4$ . Pēc titrēšanā patērētā kālija permanganāta  $\text{KMnO}_4$  daudzuma, lietojot empīriskās tabulas, nosaka attiecīgo cukuru daudzumu (b) miligramos, kas ekvivalents analizējamā vara(I)oksīda  $\text{Cu}_2\text{O}$  daudzumam.

$$\text{RV} (\%) = (b \cdot 100) : 20 = 5 \cdot b;$$

Lignosulfonātu komponentsastāvs dots 2.3. tabulā.

**2.3. tabula**

**Tehnisko lignosulfonātu komponentsastāvs**

| Rādītājs                                   | <i>Dustex</i> | <i>Sappi</i><br>( <i>Lignex 201</i> ) | <i>OLDI</i> |
|--|---------------|---------------------------------------|-------------|
| Lignosulfonāti, %                          | 79,0          | 71,9                                  | 70,7        |
| Cukuri<br>(zemmmolekulārie<br>saharīdi), % | 7,5           | 8,8                                   | 10,2        |
| Pelni (metālu joni), %                     | 13,5          | 19,3                                  | 19,1        |

Pelnu daudzuma noteikšana lignosulfonātos tika veikta, vadoties pēc LVS CEN/TS 14775 “Cietās biodegvielas. Pelnu satura noteikšanas metode” rekomendācijām.

Pelnu tests ietver zināma parauga daudzuma ņemšanu, nosvērtā parauga ievietošanu žāvētā/iepriekš nosvērtā porcelāna tīģelī, vielas sadedzināšanu gaisa atmosfērā temperatūrā virs 500 °C un tīģeļa nosvēršanu pēc atdzišanās līdz istabas temperatūrai eksikatorā. Paraugu nosver pirms un pēc sadedzināšanas, lai noteiktu tajā esošo pelnu saturu paraugā:

$$\text{pelni} (\%) = M_{\text{LS1}} - M_{\text{LS2}} / M_{\text{LS1}} \cdot 100,$$

kur:

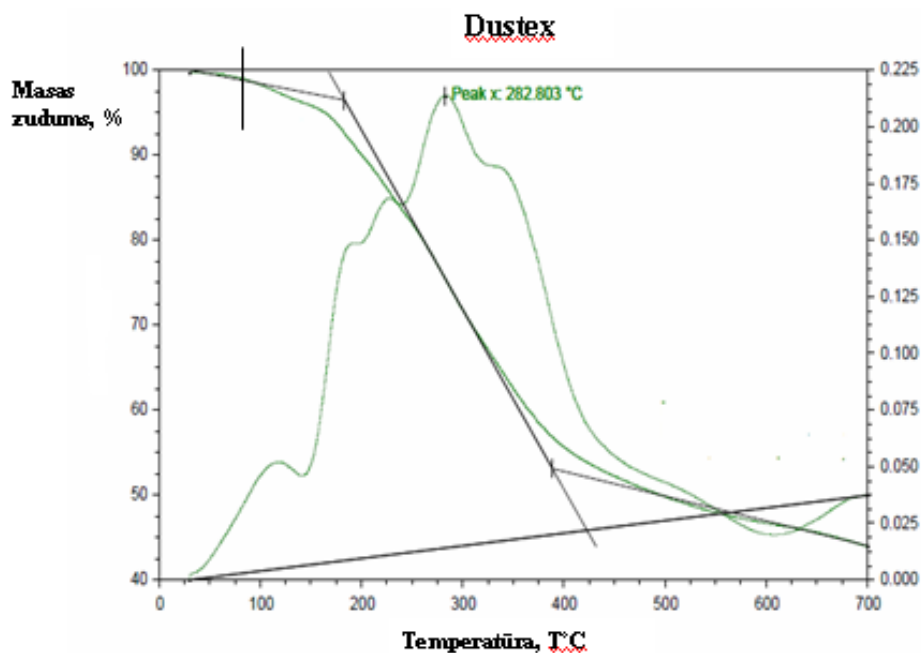
$M_{LS1}$  – izejas lignosulfonāta parauga masa, g;

$M_{LS2}$  – lignosulfonāta parauga masa pēc sadedzināšanas, g.

#### 2.1.4.3. Lignosulfonātu ķīmiskās struktūras termostabilitāte

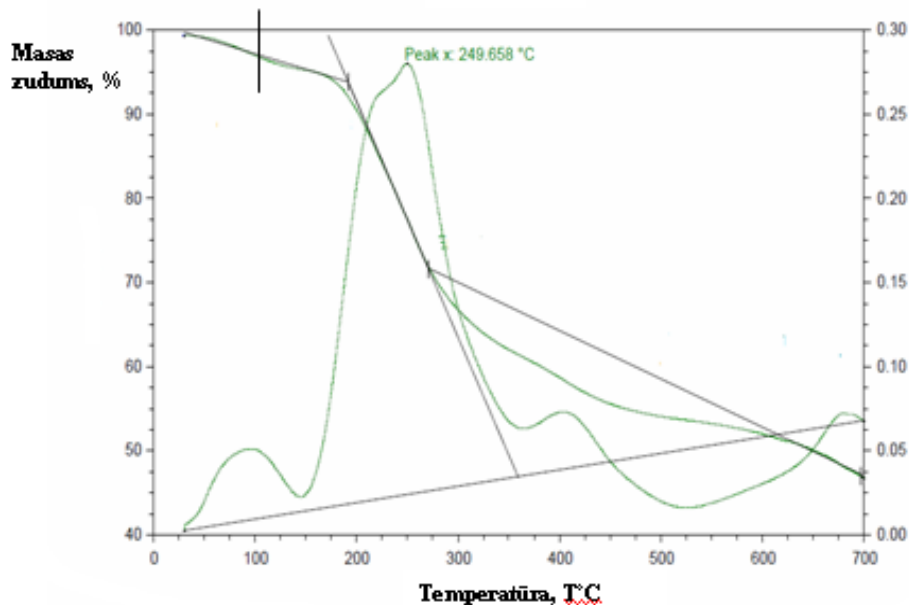
Lignosulfonātu ķīmiskās struktūras termostabilitāte nosaka gaistošo savienojumu, ūdens, kā arī lignosulfonāta komponentsastāva kvalitāti, kā arī spēju saglabāt savas īpašības (t.sk. salīmēšanas spēju) paaugstinātās temperatūras ietekmē.

*Dustex*, *OLDI* un *Sappi* lignosulfonātu termostabilitāte noteikta ar termogravimetrisko analīzi (TGA), izmantojot iekārtu *Mettler Toledo TGA/SDTA851e* (ASV) temperatūru intervālā no 25 °C līdz 600 °C ar sasildīšanas ātrumu 10 °C. 2.13. – 2.15. attēlos ir dotas *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* termogravimetriskās un diferenciāli termogravimetriskās analīzes līknes. Saskaņā ar iegūtajām līknēm, pētīto lignosulfonātu masas zudumi temperatūras intervālā līdz 100 °C nepārsniedza  $7 \pm 2\%$  un tika saistīti galvenokārt ar lignosulfonātu atbrīvošanos no atlikušā ūdens.



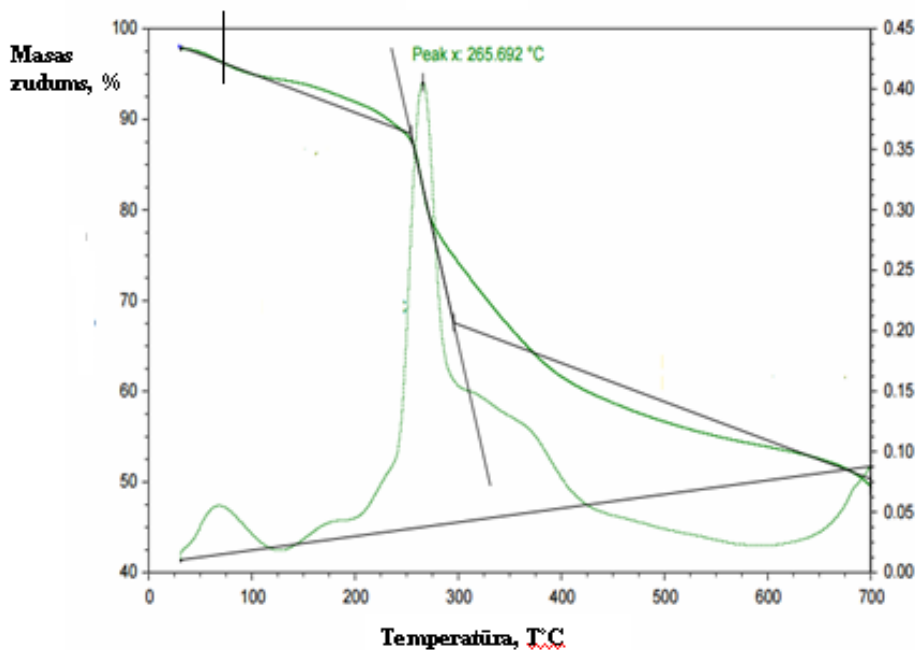
2.13. att. *Dustex* lignosulfonātu TGA un DTG līknes

### SAAPI



2.14. att. *Sappi* lignosulfonātu TGA un DTG līknes

### OLDI



2.15. att. *OLDI* lignosulfonātu TGA un DTG līknes

Vienlaikus ir būtiska atšķirība *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* maksimālās termodestrukcijas temperatūras vērtībās: *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* lignosulfonātiem maksimālā termodestrukcija sākas attiecīgi ap 283, 266 un 250 °C, kas norāda uz zemmolekulāro

komponentu lielāku daudzumu klātbūtni *Sappi* lignosulfonātos. Lignosulfonātu termodestrukcija noris ar organisko skābju, organisko spirtu, organisko aldehīdu un citu zemmolekulāro produktu veidošanos.

### **2.1.5. Atputekļošanas līdzekļu ķīmiskā sastāva stabilitāte temperatūras un ultravioletā starojuma ietekmē**

AL ķīmiskās struktūras izmaiņas apkārtējās vides iedarbības faktoru (UV starojuma, mitruma un temperatūras) kombinētā ietekmē ļāva spriest par AL provizorisko stabilitāti ekspluatācijas apstākļos.

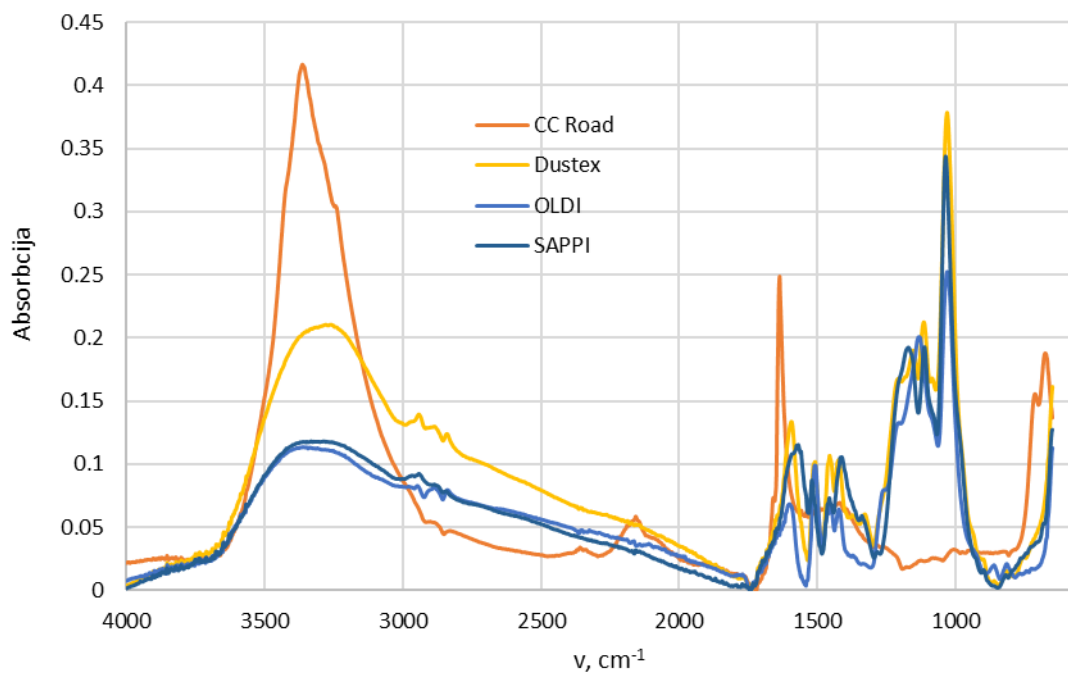
Atputekļošanas līdzekļu ķīmiskā sastāva stabilitāte tika izvērtēta, analizējot to infrasarkanā starojuma spektrus pirms un pēc atputekļošanas līdzekļu pakļaušanas novecināšanai. AL novecināšana tika veikta paātrinātas novecināšanas ultravioletā starojuma kamerā *QUV*, pakļaujot AL šādu apkārtējās vides faktoru iedarbībai:

- pirmais etaps – 8 stundu ultravioletais starojums ar viļņu garumu maksimumu pie 340 nm un 0,76 W/m intensitāti  $50 \pm 3$  °C temperatūrā;
- otrais etaps – 15 min ūdens izsmidzināšana pie izslēgtām UV starojuma lampām;
- trešais etaps – 3 stundu 45 min ilga kondensācija  $50 \pm 3$  °C temperatūrā pie izslēgtām UV starojuma lampām.

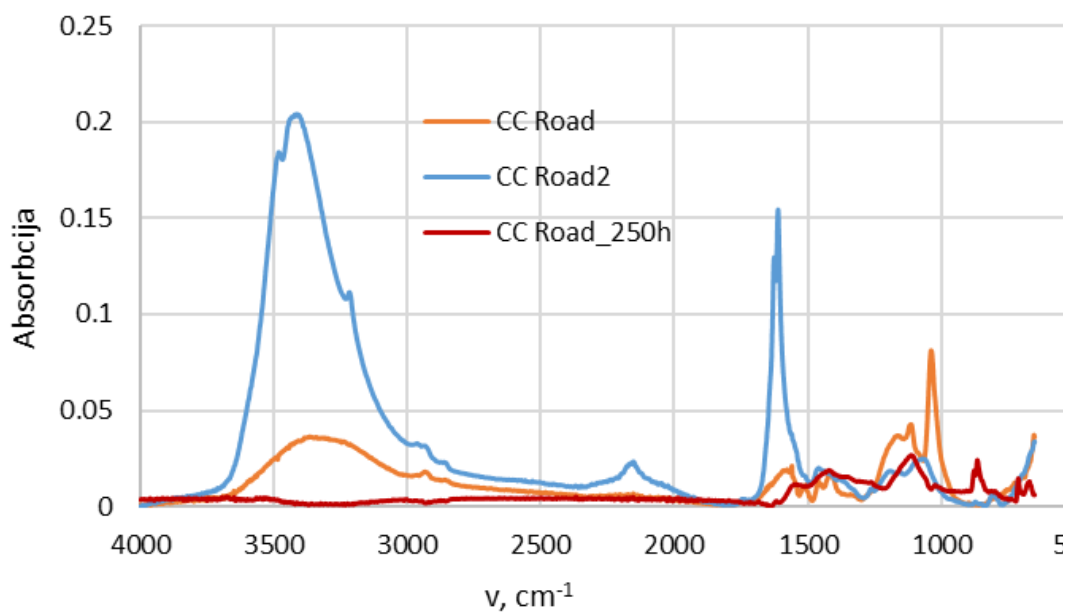
Pētījuma laikā AL tika pakļauti 250 stundu ilgai novecināšanai.

AL infrasarkanā starojuma spektri tika uzņemti viļņu skaitļu diapazonā no 650 līdz 4000  $\text{cm}^{-1}$ , izmantojot *Thermo Fischer* Furjē transformāciju infrasarkanā starojuma (*FT-IR*) spektrofotometru *Nicolet 6700* pavājinātās pilnīgās atstarošanās (*ATR*) darba režīmā. Testi tika veikti atbilstoši infrasarkanā spektrofotometra darba metodikai.

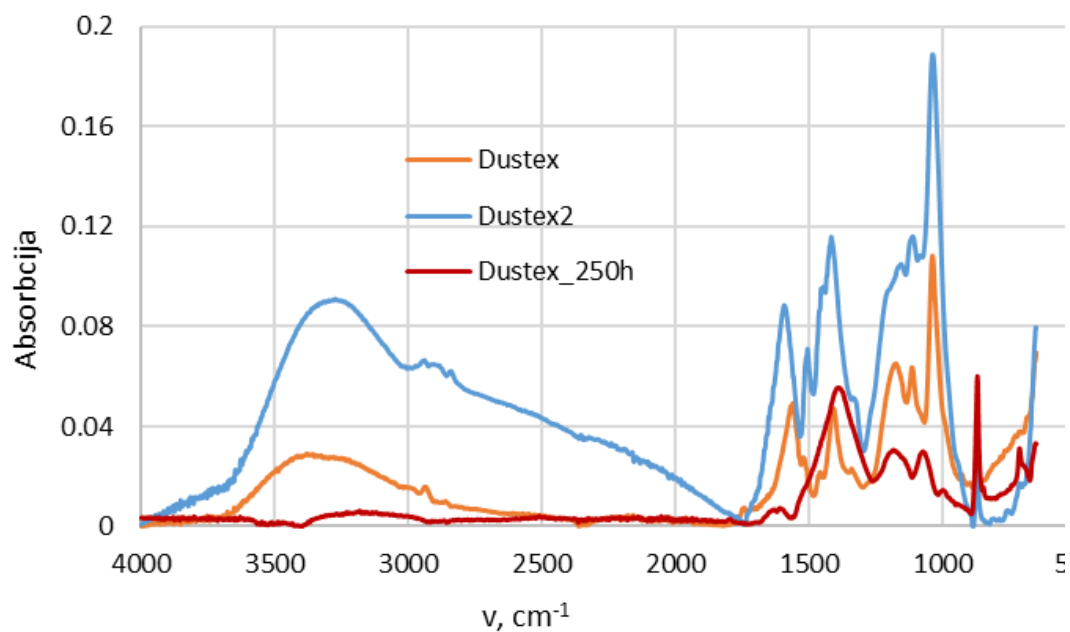
Saskaņā ar metodiku AL ķīmiskā sastāva stabilitāte temperatūras un ultravioletā starojuma ietekmē noteikta pēc *FTIR* spektru izmaiņu lieluma, ievērojot arī mitruma izraisītās atšķirības. 2.16. – 2.20. attēlā parādīti analizēto AL spektri. Redzams, ka visus AL raksturo absorbcijas josla ar maksimumu viļņu skaitļu diapazonā no 3000 līdz 3500  $\text{cm}^{-1}$ , kas norāda uz hidroksilgrupas svārstībām un lielā mērā ir saistīts ar AL mitruma saturu. Uz piesaistīto ūdeni norāda arī citas spektros redzamās svārstības. Citas *CC Road* spektrā novērojamās svārstības diapazonos no 2000 līdz 2300  $\text{cm}^{-1}$ , no 1500 līdz 1630  $\text{cm}^{-1}$  un pie 650  $\text{cm}^{-1}$  arī norāda uz ūdens klātbūtni AL. Duplets *CC Road* spektrā diapazonā no 1500 līdz 1630  $\text{cm}^{-1}$  liecina par izveidojušos ūdeņraža saiti ( $\text{O}-\text{H}\cdots\text{O}$ ;  $\text{O}-\text{H}\cdots\text{Cl}$ ). Savukārt lignosulfonātu AL spektros bez hidroksilgrupas svārstībām novērojamas lignīnam raksturīgās svārstības, metoksigrupas svārstības, kā arī sulfogrupas svārstības (ap 652  $\text{cm}^{-1}$ ). Atbilstoši lignosulfonātu sadalīšanās modeļiem, jāatzīmē, ka par lignosulfonātu AL struktūras izmaiņām novecošanas rezultātā galvenokārt liecina spektra absorbcijas intensitāšu palielināšanās karbonilgrupu absorbcijas apgabalā. Ievērojot, ka pēc 250 stundu UV starojuma iedarbības būtiska intensitātes palielināšanās šajā apgabalā nav novērojama, var secināt, ka izmantotie lignosulfonātu AL ir pietiekami stabili izmantotajos paātrinātas novecināšanas apstākļos. Ievērojot, ka praktiskajā pielietojumā paredzama AL iestrāde ceļa seguma materiālā, paredzams, ka UV starojums būtiski nemainīs ne lignosulfonātu, ne neorganisko sāļu AL veikspēju ekspluatācijas laikā.



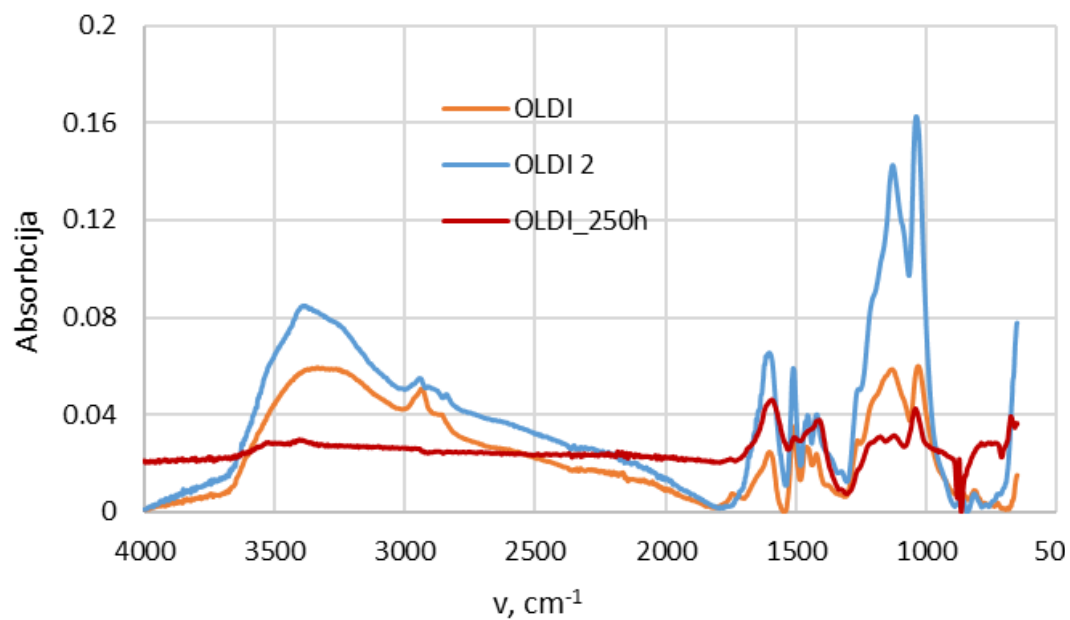
2.16. att. Izejas atputeķļošanas līdzekļu *FTIR* spektri



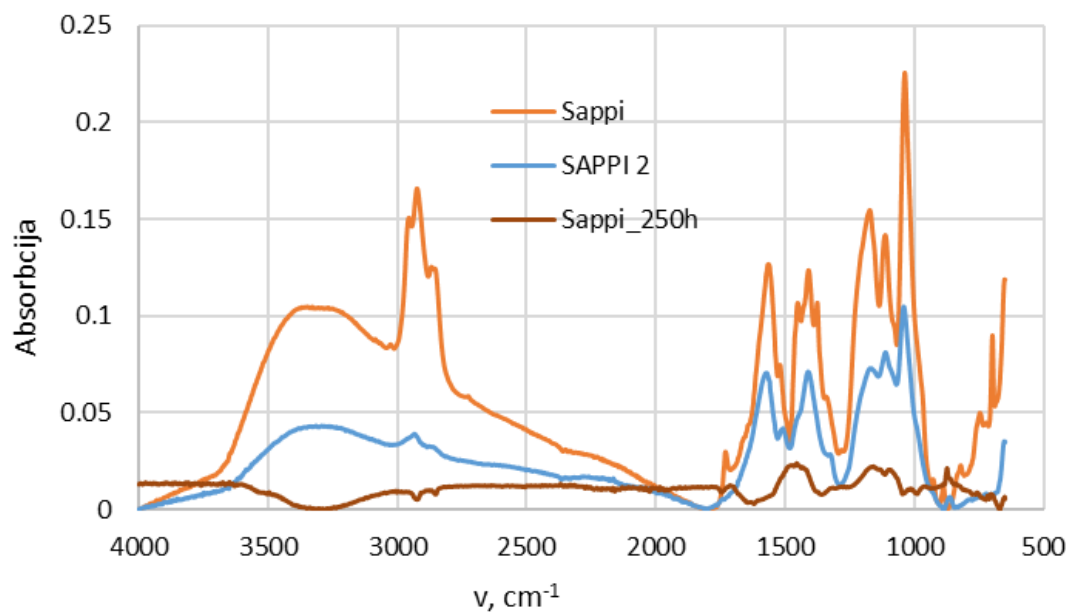
2.17. att. *CC Road* *FTIR* spektri pirms un pēc 250 stundu novecināšanas



2.18. att. *Dustex* FTIR spektri pirms un pēc 250 stundu novecināšanas



2.19. att. *OLDI* FTIR spektri pirms un pēc 250 stundu novecināšanas



**2.20. att. *Sappi* FTIR spektri pirms un pēc 250 stundu novecināšanas**

## **2.2. Atputekļošanas līdzekļu izmantošanas efektivitātes salīdzinājums uz grants segumiem**

Pētījuma ietvaros laboratorijas eksperimentos tika salīdzināta LS AL (*Dustex*, *Sappi*, *OLDI*), kā arī references AL (*CC Road*), efektivitāte putekļveida daļiņu saistīšanā, AL un grants daļiņu mijiedarbības izvērtēšanā, ūdens penetrācijas tempa raksturošanā un ar AL pārklāto grants segumu paraugu mehānisko īpašību noteikšanā gan pirms, gan pēc paātrinātas novecināšanas.

Dažādo AL efektivitātes salīdzinājuma mērķis, izmantojot laboratorijas eksperimentus, noteikt atputekļošanas efektivitāti ar reālo ceļa seguma materiālu (grants). Iegūtie rezultāti attiecināmi arī uz analizēto AL potenciālo izmantošanu meža autoceļos un raksturo atputekļošanas efektivitāti, laboratorijas apstākļos imitējot ultravioletā starojuma, temperatūras, mitruma un transporta slodzes ietekmi.

Grants paraugu ņemšanai, paraugu izgatavošanai, kā arī fizikālo un mehānisko īpašību noteikšanai tika izmantotas autoceļu nozarē lietotas standarta testēšanas metodes. Savukārt ūdens un AL iespiešanas dziļuma, kā arī AL izskalošanās noteikšanai tika izmantotas no zviedru zinātnieku grupas aizgūtas metodes, kuras tika pielāgotas šī pētījuma vajadzībām. Aglomerācijas noteikšanas metodes pamatā ir minerālmateriālu granulometriskā sastāva noteikšanas standarta metode.

### **2.2.1. Grants paraugu ņemšana un analīze fizikālo īpašību noteikšanai un putekļojošās frakcijas iegūšanai**

#### **2.2.1.1. Smilts-grants paraugu ņemšana**

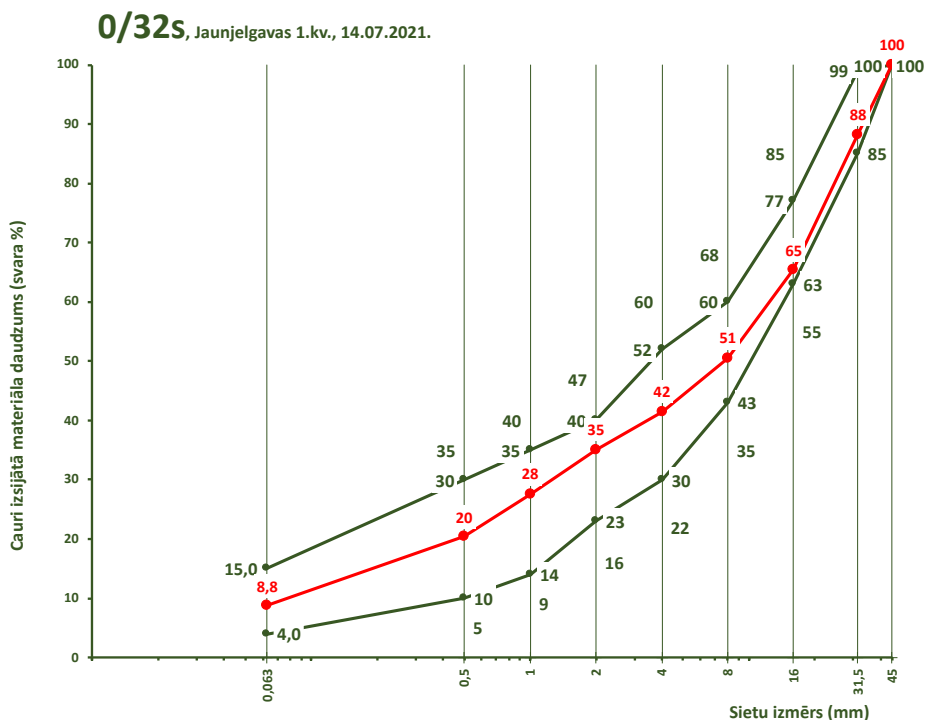
Smilts-grants maisījuma paraugs tika ņemts no krautnes LVM “Jaunjelgavas 1. meža kvartāls” karjerā. Ņemšanas vieta tika saskaņota ar LVM pārstāvjiem. Lai parauga apjoms būtu pietiekams plānotās eksperimentālās daļas izpildei, kopā tika paņemti 400 kg 0/32 smilts-grants maisījuma (skat. 2.21. att.). Parauga ņemšana tika veikta atbilstoši standarta LVS EN 932-1 prasībām.



**2.21. att. Maisos iesaiņots frakcijas 0/32 smilts-grants paraugs**

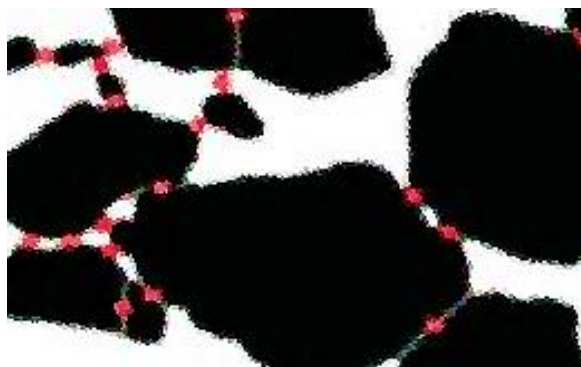
### 2.2.1.2. Smilts-grants maisījuma fizikālā testēšana

Atbilstoši LVS EN 933-1 standarta prasībām ar sijāšanas un mazgāšanas metodi noteikts 0/32 smilts-grants parauga granulometriskais sastāvs (skat. 2.22. att.). Putekļaino daļiņu < 0,063 mm saturs ir 8,8%, kas atbilst Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017, p.7.2. prasībām.



2.22. att. 0/32 smilts-grants paraugu granulometriskais sastāvs

Tā kā smilts un grants šķembu daļiņas ceļa seguma ekspluatācijas laikā nodilst (sadrūp), radot vēl lielāku putekļaino daļiņu daudzumu, eksperimentāli, atbilstoši standarta LVS EN 933-5 metodei, noteikta smilts-grants daļiņu tekstūra (virsmas raupjums), kas raksturo smilts-šķembu karkasa kontaktpunktus (skat. 2.23. att.).



2.23. att. Smilts-šķembu karkasa kontaktpunkti

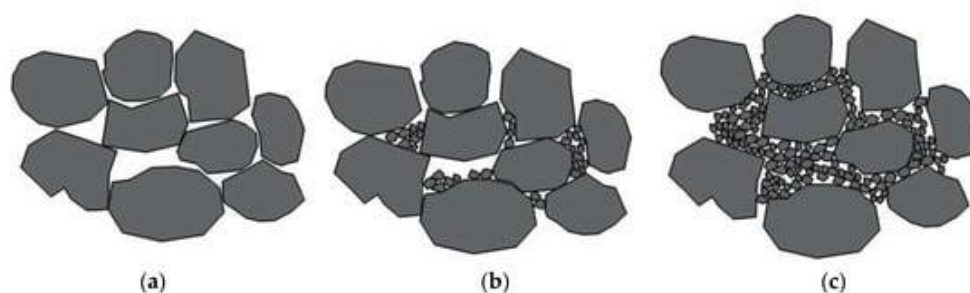
Atbilstoši standarta LVS EN 933-5 metodei, grants šķembu frakcijas daļiņas  $\geq 4,0$  mm tika šķīrotas ar rokām (vizuālā metode) un tika sadalītas četrās grupās: 1) drupinātās daļiņas ar raupju/drupinātu daļiņu virsmu  $> 50\%$  ( $C_c$ ), 2) pilnīgi sadrupinātās daļiņas ar  $100\%$  raupju/drupinātu virsmu ( $C_{tc}$ ), 3) pilnīgi noapaļotas daļiņas ar  $0\%$  raupju/drupinātu daļiņu virsmu ( $C_{tr}$ ) un 4) noapaļotas daļiņas ar  $< 50\%$  raupju/drupinātu virsmu ( $C_r$ ). 2.4. tabulā apkopoti testēšanas rezultāti. Izvēlētā smilts-grants maisījuma testēšanas rezultāti atbilst Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017, p. 7.2.1. prasībām (reglamentēta kategorija  $C_{50/30}$ ).

#### 2.4. tabula

##### Smilts-grants maisījuma drupināto un laužo virsmu testēšanas rezultāti

| Nosakāmais lielums | Mērvienība | Rezultāts |
|--------------------|------------|-----------|
| $C_c + C_{tc}$     | %          | 64        |
| $C_{tc}$           |            | 34        |
| $C_r + C_{tr}$     |            | 37        |
| $C_{tr}$           |            | 12        |

Atbilstoši standartam LVS EN 1097-2, smilts-šķembu maisījumam ar Losandželosas metodi noteikta drupināšanas izturība (abrazivitāte), kas raksturo šķembu karkasa abrazīvo nodilumu ceļa seguma ekspluatācijas laikā. Šī nodiluma rezultātā var parādīties papildu putekļu daudzums no “šķemba pret šķemba” (*stone to stone*) daļiņu nodrupuma karkasā (skat. 2.24. att.). Izvēlētā smilts-grants maisījuma Losandželosas koeficients (LA) frakcijai 10 – 14 ir 38, kas atbilst Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017, p.7.2.2. prasībām  $< 45$  (reglamentēta kategorija  $LA_{45}$ ).



**2.24. att. Šķembu nodilums smilts-šķembu karkasa kontaktpunktos: a) jauns karkass; b) neliels nodilums kontaktpunktos – karkasa stiprība atbilstoša, jo saglabājies “šķemba pret šķemba” kontaktpunktu skaits; c) liels nodilums kontaktpunktos – samazināta karkasa stiprība, jo samazinājies šo kontaktpunktu skaits [42]**

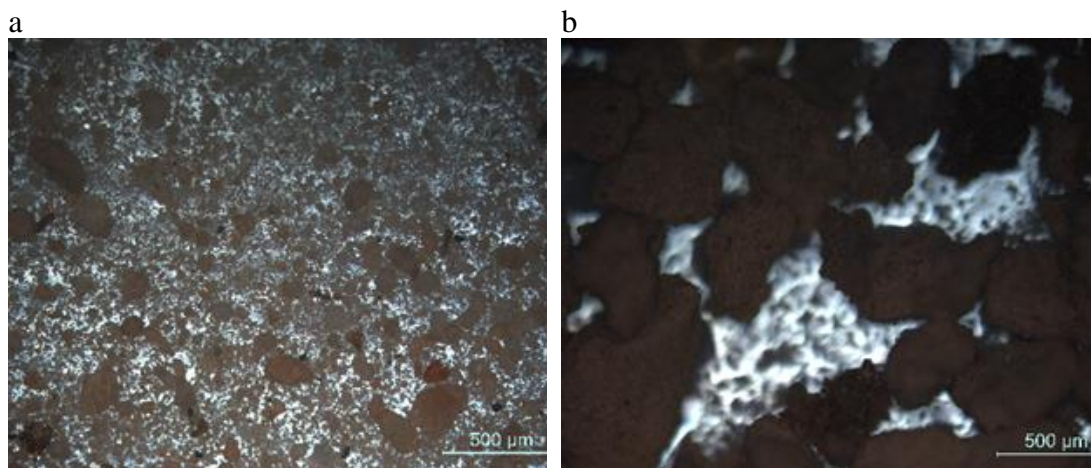
Atbilstoši standartam LVS EN 1367-2 grants materiāla frakcijai 10 – 14 mm tika testēts magnija sulfāta rādītājs, kas raksturo materiāla salūmkusumizturību. Iegūtais magnija sulfāta rādītājs ir  $31,0\%$ , kas saskaņā ar standarta LVS EN 13242 7.3.3. punktu atbilst

kategorijai MS<sub>35</sub>, kas saskaņā ar VSIA Latvijas Valsts ceļi izstrādātām Ceļu specifikācijas 2019 ir atbilstoša izmantošanai nesaistītajos autoceļu segumos ar AADT<sub>j,smagie</sub> ≤ 500 [34].

### 2.2.2. Grants minerālmateriāla un atputeķļošanas līdzekļu mijiedarbības novērtēšana ar mikroskopijas metodi

Par grants minerālmateriāla mijiedarbību ar AL pirms un pēc novecināšanas no dažādiem skatu punktiem var spriest izmantojot vairākas viena otru papildinošas metodes, tostarp mikroskopiju (apskatīts šajā sadaļā), cikliskās mitrināšanas-žāvēšanas testu (aprakstīts 2.2.3.2. sadaļā), granulometrisko testēšanas metodi (aprakstīts 2.2.5. sadaļā) un mehānisko īpašību noteikšanu (aprakstīts 2.2.8.4.).

Lai raksturotu lignosulfonātu AL mijiedarbību ar puteķļus veidojošajām daļiņām, veikta mikroskopiskā analīze grants smalko daļiņu frakcijai (daļiņu izmēri mazāki par 0,063 mm; skat. 2.25. att. a), kas ar sietu palīdzību tika atdalīta no rupjās frakcijas (daļiņu izmēri no 0,063 līdz 1 mm; skat. 2.25. att. b). Kā redzams 2.26. attēlā a, pēc lignosulfonāta AL uznešanas notiek puteķļveida daļiņu sasaistīšana, kas vairs neļauj izšķirt atsevišķās daļiņas. Pēc izžūšanas jau ir izveidojies ar AL saistīts grants daļiņu slānis (skat. 2.26. att. b).



2.25. att. Grants paraugu divu dažādu frakciju mikroskopijas uzņēmumi: a – smalkā frakcija, kam daļiņu izmēri mazāki par 0,063 mm; b – rupjā frakcija, kam daļiņu izmēri ir no 0,063 līdz 1 mm

### 2.2.3. Žūšanas/mitruma saglabāšanas tests

#### 2.2.3.1. Atputeķļotas grants mitruma izmaiņas dinamika klimata kamerā

Lai novērtētu ar AL neapstrādāta un ar dažādiem AL apstrādāta grants maisījuma spēju absorbēt apkārtējā gaisa mitrumu dažādās temperatūrās, testēšanai tika pakļauti:

- ar AL neapstrādāts grants maisījums;
- ar lignosulfonātu apstrādāts grants maisījums (izvēlēts viens no lignosulfonātiem – *Dustex*, jo lignosulfonāti atputeķļošanas efektu nodrošina nevis piesaistot apkārtējā gaisa mitrumu, bet gan saistot grants maisījuma

daļiņas, tāpēc tāpat kā neapstrādātam grants maisījumam, arī ar lignosulfonātu apstrādātam grants maisījumam, mitruma piesaistes spēja nav noteicošā īpašība, līdz ar to lignosulfonātu klātbūtnes novērtējumam šajā gadījumā ir pietiekami ar viena lignosulfonāta izmantošanu, un iegūtie dati ir attiecināmi uz jebkuru lignosulfonātu izmantošanu konkrētajās koncentrācijās);

- ar kalcija hlorīdu *CC Road* apstrādāta grants;
- ar kalcija hlorīdu *CC Road* un lignosulfonātu *Dustex* apstrādāts grants maisījums;
- tīrs kalcija hlorīds – *CC Road* (jo kalcija hlorīds atputeķļošanas efektu nodrošina piesaistot apkārtējā gaisa mitrumu, tāpēc lietderīgi izvērtēt šo kalcija hlorīda mitruma piesaistes spēju arī bez citu materiālu klātbūtnes).

Sagatavoti pieci dažādi paraugi (katrs – ap 350 g) ar atšķirīgu, norādīto, AL koncentrāciju:

- ar AL neapstrādāts grants maisījums;
- grants maisījums ar *CC Road* 77%, iemaisot daudzumu, kas līdzvērtīgs izbēšanas normai 600 g/m<sup>2</sup> tīrā kalcija hlorīda;
- grants maisījums ar *Dustex* 49,5%, iemaisot daudzumu, kas līdzvērtīgs izliešanas normai 2,0 l/m<sup>2</sup>;
- grants maisījums ar *Dustex* 49,5% (1,0 l/m<sup>2</sup>) un *CC Road* 77% (300 g/m<sup>2</sup>);
- tīrs *CC Road* 77%.

Apsvērumi temperatūras un mitruma režīmu izvēlei ([www.meteo.lv](http://www.meteo.lv) statistikas dati):

- visaugstākā fiksētā temperatūra Latvijā +37,8 °C;
- vidējā gaisa temperatūra Latvijā jūlijā +17,8 °C;
- vidējā gaisa temperatūra Latvijā 2021. gadā + 21,5 °C;
- vidējais gaisa mitrums Latvijā – 81%;
- vismazākais vidējais gaisa mitrums maijā – 71%;
- vislielākais vidējais gaisa mitrums decembrī – 89%;
- vidējais gaisa mitrums 2021. gada jūlijā – 71% (64% Rīgā – 76% Kolkā).

Par gaisa temperatūras mērīšanu:

- meteorologi pasaulē visa veida, arī gaisa temperatūras, novērojumus veic pēc vienota, Pasaules meteoroloģijas organizācijas (WMO) noteikta standarta;
- gaisa temperatūras mērījumi tiek veikti atklātā vietā, ar mērķi, lai termometra tuvumā nebūtu nekādu lokālu siltuma vai aukstuma avotu, un termometra rādījumus iespaidotu tikai gaisa temperatūras izmaiņas;
- gaisa temperatūras mērījumi Latvijā un citur pasaulē tiek veikti 2 metru augstumā virs zemes virsmas, kas klāta ar mērījumu vietai raksturīgu dabisko veģetāciju. Visbiežāk tā ir zāle, kuras augstums tiek uzturēts zem 20 cm, ziemā tā ir sniega sega tās dabiskajā augstumā;
- gaisa temperatūras mērīšanai izmanto automātiskos temperatūras sensorus ar aizsargekrānu, kuri nosaka vairākus parametrus vienlaicīgi (piemēram, minimālā temperatūra, faktiskā temperatūra u.tml.). Mērījumi tiek veikti ik minūti, pārraidot datus tiešsaistē uz centrālajiem datu serveriem. Automātiskais temperatūras sensors ar aizsargekrānu tiek uzstādīts novērojumu mastā kopā ar citiem sensoriem.

Pieņemtie gaisa mitruma un temperatūras režīmi:

- +10 °C (aptuvenā temperatūra vasarā no rīta), gaisa mitrums – 25, 55 un 85%;

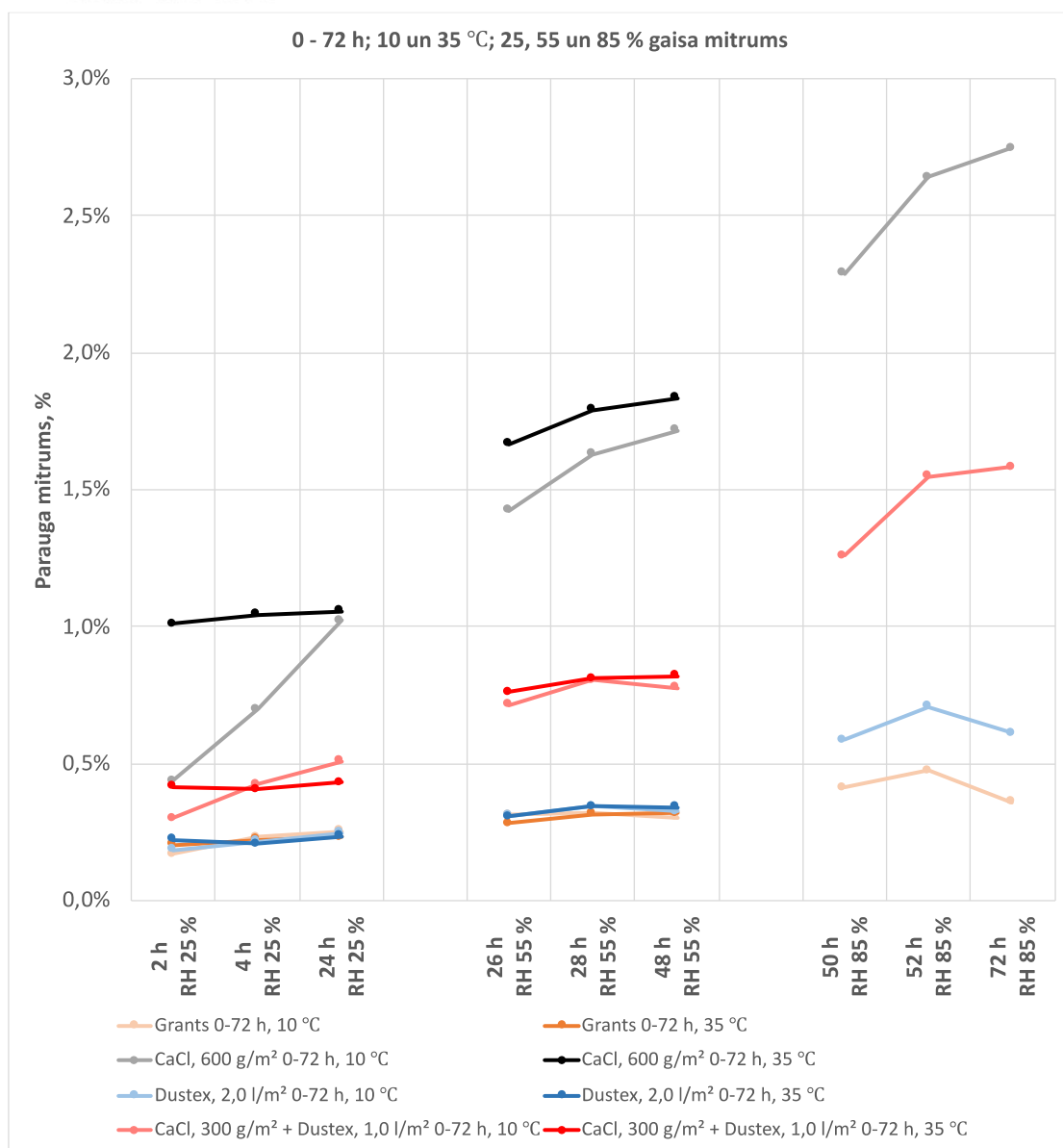
- +35 °C (aptuvenā maksimāli iespējama temperatūra vasarā pēcpusdienā enā), gaisa mitrums – 25, 55 un 85%.

Pieņemtie paraugu izturēšanas laika režīmi:

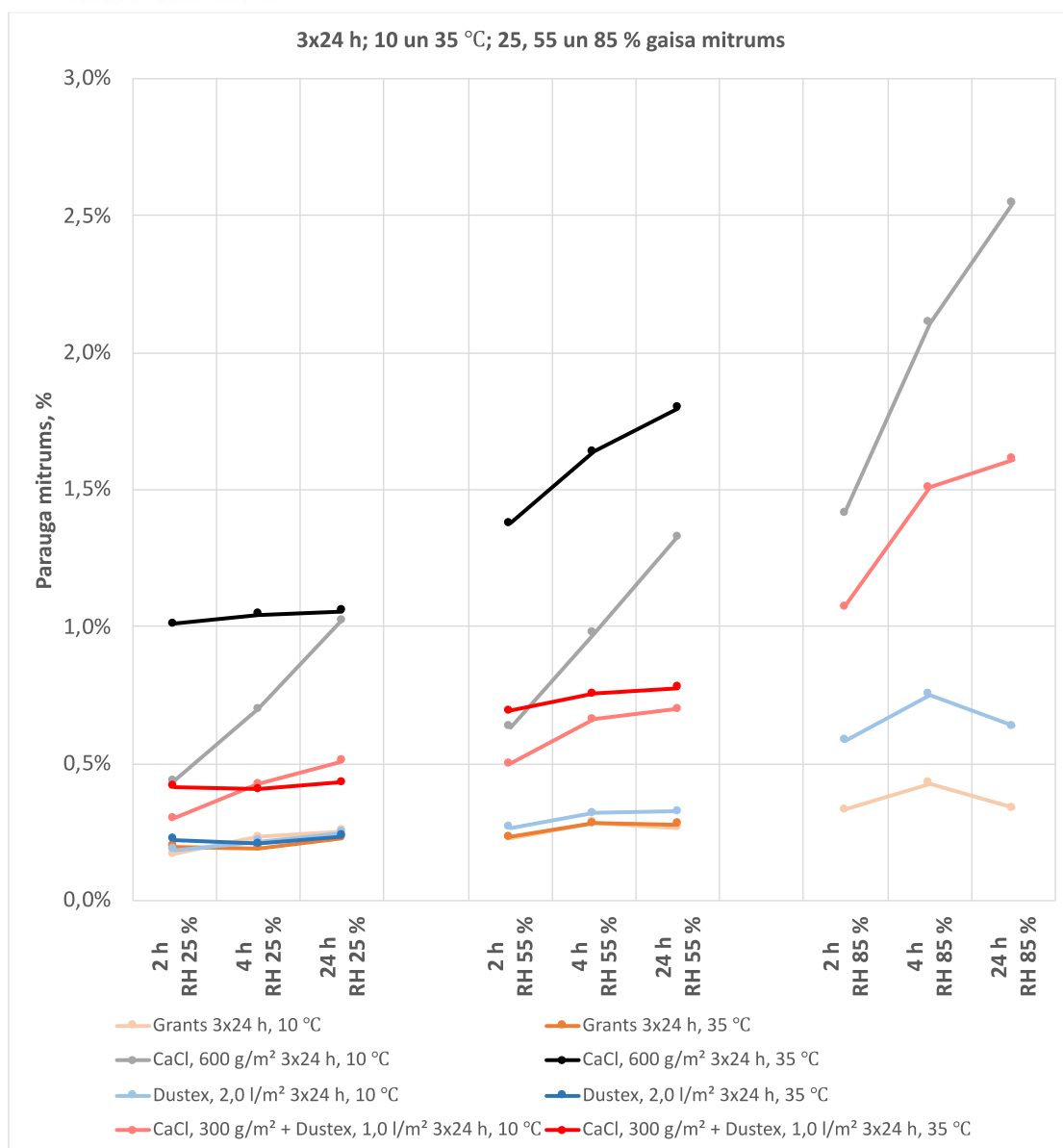
- 0-72 h (izzāvēti paraugi izturēti konkrētajā temperatūrā 72 h, ik pēc 24 h paaugstinot gaisa mitrumu);
- 3 x 24 h (izzāvēti paraugi pēc izturēšanas 24 h konkrētajā temperatūrā un mitrumā izžāvēti, tad izžāvētie paraugi ievietoti konkrētajā temperatūrā pie nākamā gaisa mitruma uz 24 h, un tāpat turpinot vēl vienu ciklu).

Paraugu izturēšanas režīmi klimata kamerā (detāli):

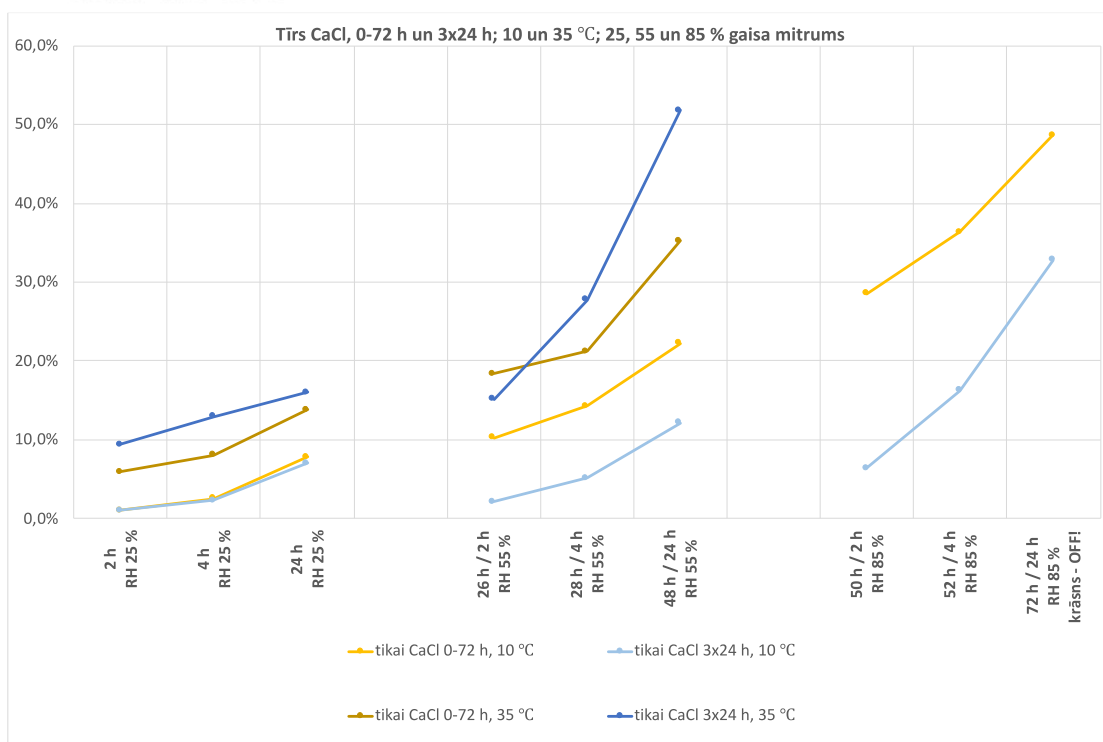
- izžāvēti paraugi tika ievietoti klimata kamerā pie temperatūras 10 °C un gaisa mitruma 25%, izturēti šajā vidē 1 diennakti, tad gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 55% un paraugi izturēti vēl 1 diennakti, pēc tam gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 85% un paraugi izturēti 1 vēl diennakti. Paraugu starpsvērumi veikti pēc 2, 4, 24, 26, 28, 48, 50, 52 un 72 stundām;
- izžāvēti paraugi tika ievietoti klimata kamerā pie temperatūras 35 °C un gaisa mitruma 25%, izturēti šajā vidē 1 diennakti, tad gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 55% un paraugi izturēti vēl 1 diennakti, pēc tam gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 85% un paraugi izturēti vēl 1 diennakti. Paraugu starpsvērumi veikti pēc 2, 4, 24, 26, 28, 48, 50, 52 un 72 stundām;
- izžāvēti paraugi tika ievietoti klimata kamerā pie temperatūras 10 °C un gaisa mitruma 25%, izturēti šajā vidē 1 diennakti, tad paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 55% un paraugi izturēti 1 diennakti, pēc tam paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 85% un paraugi izturēti vēl 1 diennakti. Paraugu starpsvērumi veikti katrā mitruma režīmā pēc 2, 4 un 24 stundām. Šie paraugi no 1.parauga atšķiras ar to, ka pirmajos 2 punktos paraugi stāvēja klimata kamerā 3 dienas bez izņemšanas, ik pēc dienas paaugstinot mitrumu, otrajos 2 punktos katrā t katrā mitrumā izturēja iepriekš izžāvētu paraugu;
- izžāvēti paraugi tika ievietoti klimata kamerā pie temperatūras 35 °C un gaisa mitruma 25%, izturēti šajā vidē 1 diennakti, tad paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 55% un paraugi izturēti 1 diennakti, pēc tam paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 85% un paraugi izturēti vēl 1 diennakti. Starpsvērumi pēc 2, 4 un 24 stundām.



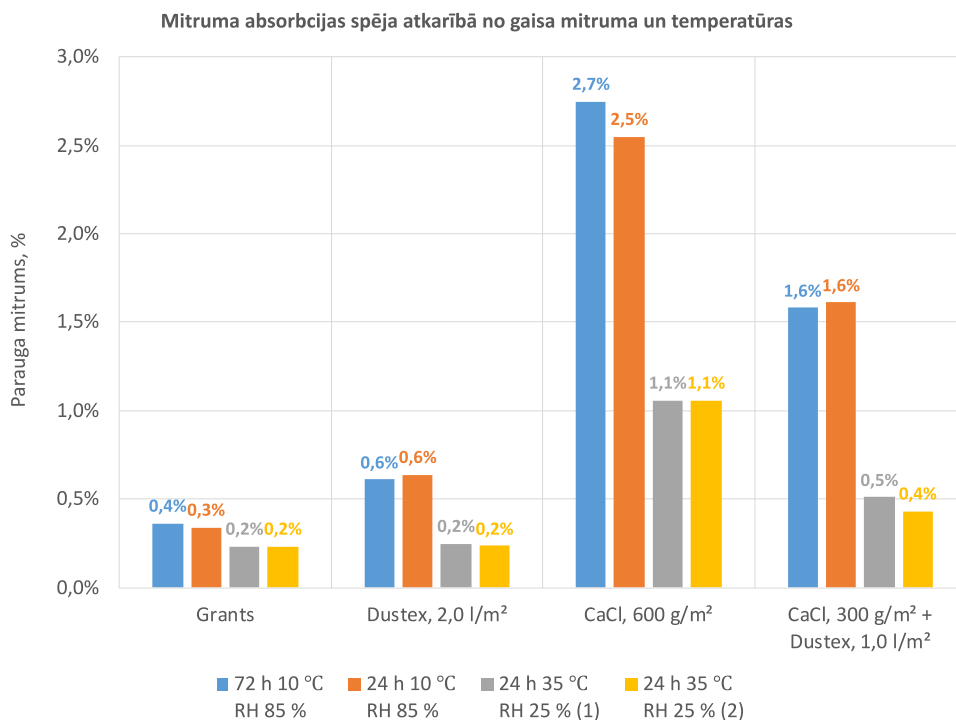
**2.27. att. Ar dažādiem AL apstrādāta grants maisījuma izžāvētu paraugu apkārtējā gaisa mitruma absorbcijas spēja 10 un 35 °C temperatūrā, ik pēc diennakts paaugstinot gaisa mitrumu: 25% – 55% – 85% – un katrā no tiem paraugus izturot 24 stundas**



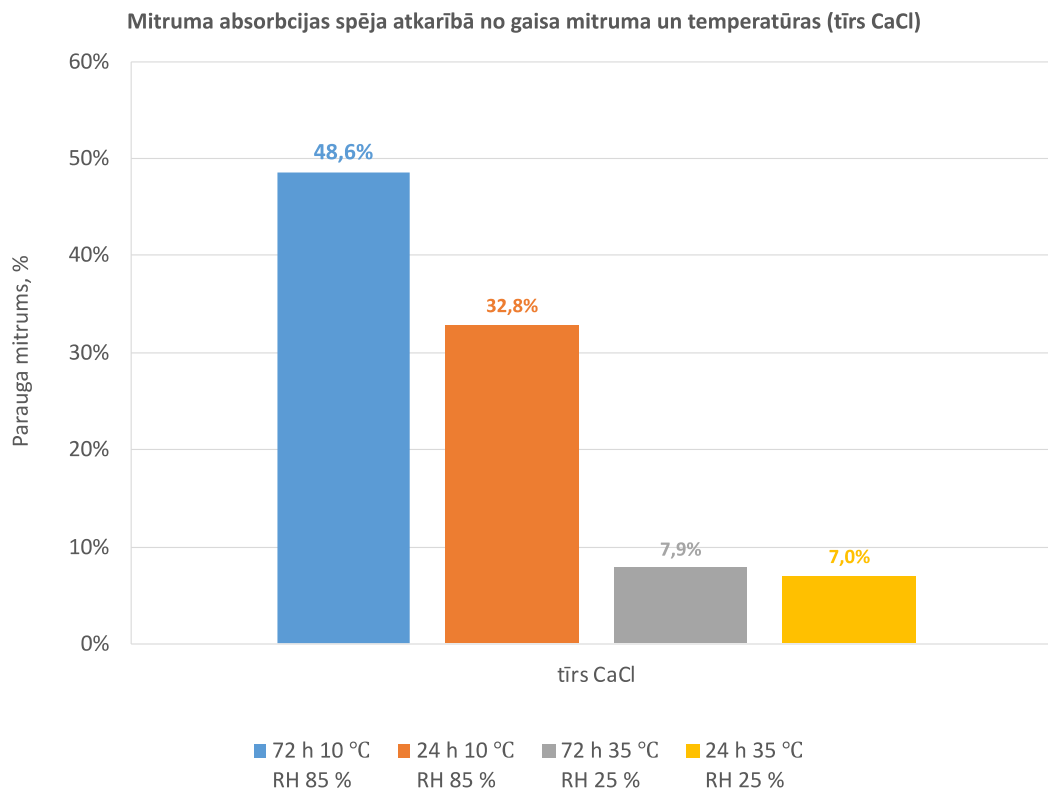
**2.28. att. Ar dažādiem AL apstrādāta grants maisījuma izžāvētu paraugu apkārtējā gaisa mitruma absorbcijas spēja 10 un 35 °C temperatūrā, ik pēc diennakts paaugstinot gaisa mitrumu: 25% – 55% – 85% , bet pirms katra cikla paraugus izžāvējot**



**2.29. att. Ar AL CC Road 77% apstrādāta grants maisījuma izžāvētu paraugu apkārtējā gaisa mitruma absorbcijas spēja 10 un 35 °C temperatūrā, ik pēc 24 h paaugstinot gaisa mitrumu: 25% – 55% – 85% un katrā paraugus gan izturot 24 h, gan arī pirms katra 24 h cikla izžāvējot**



**2.30. att. Mitruma absorbcijas spēja atkarībā no gaisa mitruma un temperatūras**



## 2-31. att. Mitruma absorbcijas spēja atkarībā no gaisa mitruma un temperatūras (tīrs kalcija hlorīds)

Analizējot iegūtos rezultātus (skat. 2.27. – 2.31. att.), konstatēts, ka:

- lielāku apkārtējā gaisa mitrumu piesaista paraugi, apstrādāti ar kalcija hlorīdu;
- jo lielāks ir kalcija hlorīda daudzums, jo lielāku mitruma apjomu paraugs piesaista, to raksturo arī tīra kalcija hlorīda spēja intensīvi piesaistīt lielu apkārtējā gaisa mitruma daudzumu;
- tīrs grants maisījums piesaista salīdzinoši nelielu apkārtējā gaisa mitruma daudzumu;
- ja gaisa mitrums ir mazāks (25 – 55%), ar *Dustex* lignosulfonātu apstrādātie paraugi, līdzīgi kā tīrs grants maisījums, piesaista nelielu gaisa mitruma daudzumu, bet, ja gaisa mitrums ir lielāks (85%), paraugu ar lignosulfonātu piesaistītā mitruma daudzums salīdzinājumā ar tīru grants maisījumu palielinās;
- neatkarīgi no izturēšanas ilguma klimata kamerā, galvenais noteicošais paraugu uzņemtā mitruma daudzums testēšanai noteiktajos apstākļos vienas diennakts ciklā ir apkārtējā gaisa mitrums, ko ietekmē arī temperatūra;
- apstākļos, kas raksturojami kā karsta vasaras pēcpusdiena (35 °C, gaisa mitrums 25%), tīra kalcija hlorīda spēja piesaistīt mitrumu var samazināties pat vairākas reizes salīdzinājumā ar drēgnām vasaras naktīm un rītiem (10 °C, gaisa mitrums 85%), ko ir svarīgi ievērtēt, ja par AL izvēlēts kalcija hlorīds.

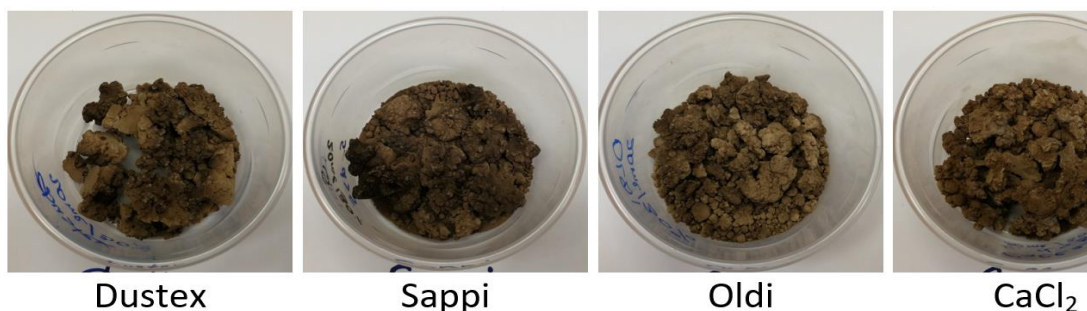
### 2.2.3.2. Cikliskais mitrināšanas/žāvēšanas tests

Lai noteiktu grants putekļu aglomerātu noturību pret ūdens iedarbību, tika veikts eksperiments par mitrināšanas/žāvēšanas ciklu ietekmi uz grants putekļu aglomerātu noārdīšanos. Testēšanai izmantoja paraugus, kuros putekļi tika sasaistīti aglomerātos ar 20% koncentrācijas *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* lignosulfonātu ūdens šķīdumiem, kā arī ar 30% *CC Road*  $\text{CaCl}_2$  šķīdumu ar patēriņa normu  $1,3 \text{ l/m}^2$  (skat. 2.32. att.).

Atputekļotāja ūdens šķīdumu iemaisīja 100 g grants paraugā. Pēc žāvēšanas žāvskapī  $105^\circ\text{C}$  temperatūrā, apstrādāto grants paraugu uz 24 stundām atstāja istabas temperatūrā, lai sasniegtu līdzsvarmitrumu ar gaisu. Pēc tam, izmantojot sietu komplektu, tika noteikts ar atputekļotāju apstrādāto grants paraugu frakcionālais sastāvs. Tas tika pieņemts kā mitrināšanas/žāvēšanas “nulltais” cikls.

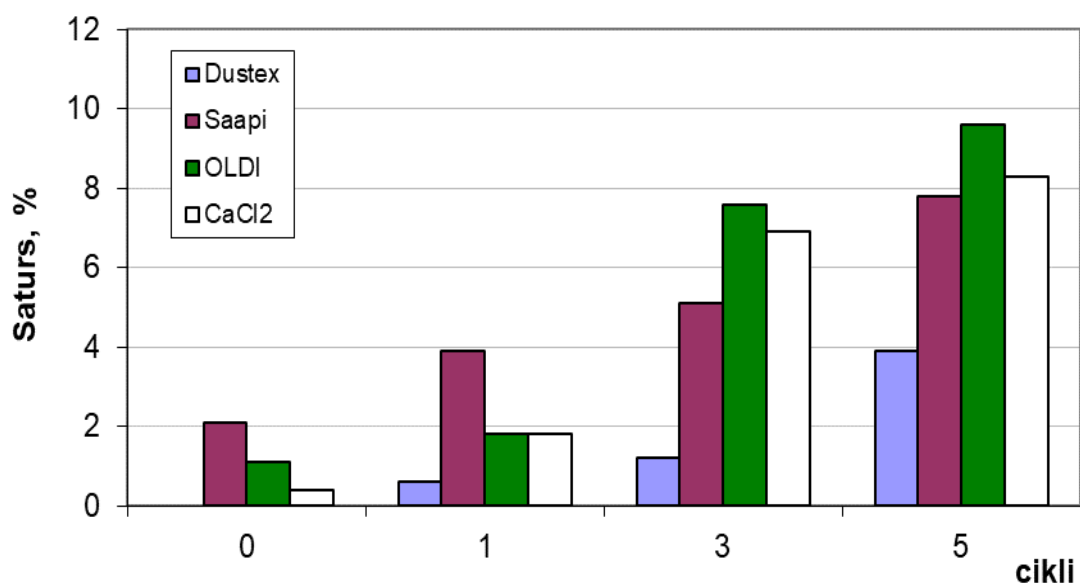
Tad grants paraugu ar noteikto frakcionālo sastāvu apstrādāja ar 50 ml ūdens un atstāja uz 24 stundām istabas temperatūrā, pēc tam izturēja žāvskapī  $105^\circ\text{C}$  temperatūrā. Pēc žāvēšanas grants paraugam vēlreiz tika noteikts putekļu daļiņu saturs, kas atbilda mitrināšanas/žāvēšanas pirmajam ciklam. Metodikā bija paredzēta vismaz 5 šādu mitrināšanas/žāvēšanas ciklu atkārtošana. Frakcionālā sastāva salīdzinājums pēc mitrināšanas/žāvēšanas ciklu veikšanas ļāva novērtēt grants putekļu saturu un izveidojušos putekļu aglomerātu pretestību ūdens iedarbībai.

Saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem (skat. 2.34. att.), palielinoties mitrināšanas/žāvēšanas ciklu skaitam, palielinās putekļu daudzums un samazinās lielo agregātu saturs visos paraugos. Pēc 1. cikla (skat. 2.34. att.) vislielākais putekļu pieaugums – gandrīz divas reizes – tika novērots putekļu paraugā, kas tika apstrādāts ar *OLDI* un *Sappi*, bet vismazākais – paraugā, kuru apstrādāja ar *Dustex*. Pēc trīs mitrināšanas/žāvēšanas cikliem (skat. 2.35. att.) putekļu saturs turpināja pieaugt, sasniedzot attiecīgi 1,5, 4,9, 7,8 un 7,5% paraugos, kuri tika apstrādāti ar *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* lignosulfonātiem vai *CC Road*  $\text{CaCl}_2$ . Lielākais putekļu daudzums paraugos veidojās pēc pieciem mitrināšanas/žāvēšanas cikliem (skat. 2.36. un 2.37. att.), kad putekļu saturs grants paraugos, kas tika apstrādāti ar *Dustex* un *Sappi*, bija 4,0 un 7,9%. Vienlaikus paraugos, kas tika apstrādāti ar *OLDI* un *CC Road* šķīdumiem, putekļu saturs pēc pieciem mitrināšanas/žāvēšanas cikliem bija 8 – 10 reizes lielāks nekā to saturs sākotnējos paraugos (skat. 2.33. att.).

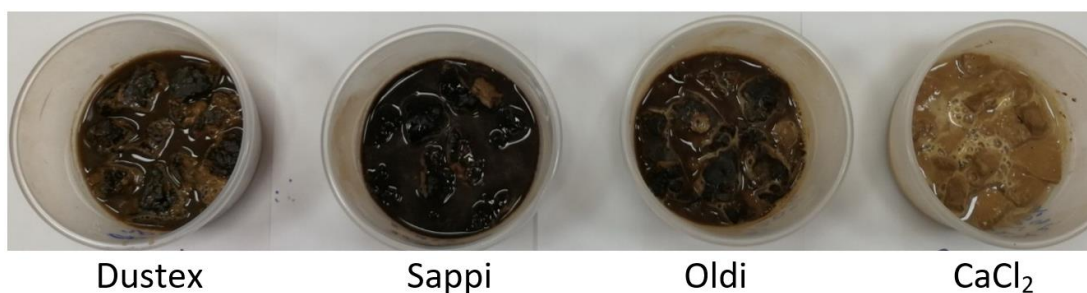


2.32. att. Izejas grants-putekļu agregāti, kas tika iegūti, apstrādājot grants putekļus ar *Dustex*, *Sappi*, *OLDI* un *CC Road* AL

### Grants putekļu frakcijas < 100 µk saturs



**2.33. att. Putekļu daļiņu < 0,1 mm saturs (%) ar dažādiem AL apstrādātos grants paraugos atkarībā no mitrināšanas/žāvēšanas ciklu skaita**



**2.34. att. Izejas grants-putekļu agregāti, kas tika apstrādāti ar 50 ml ūdens (1. cikls)**



**2.35. att. Grants-putekļu agregāti 3. mitrināšanas-žāvēšanas ciklā pēc apstrādes ar 50 ml ūdens**



**2.36. att. Grants-putekļu agregāti 5. mitrināšanas-žāvēšanas ciklā pēc apstrādes ar 50 ml ūdens**

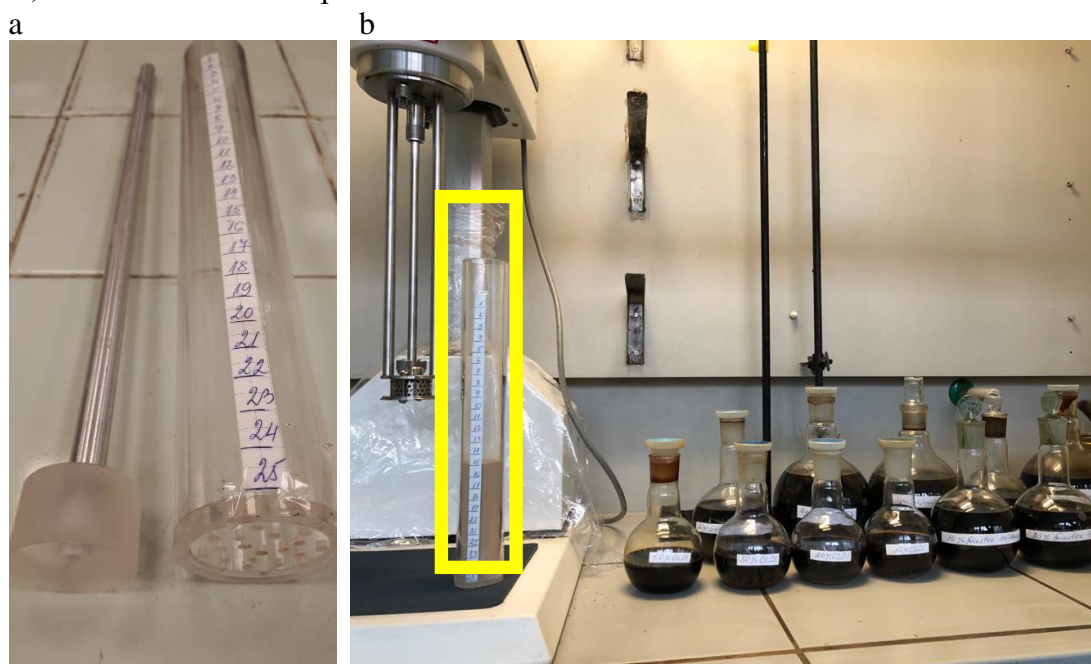


**2.37. att. Grants-putekļu agregātu frakcionālais sastāvs pēc 5. mitrināšanas-žāvēšanas cikla**

#### 2.2.4. Mitruma iespiešanās dziļuma noteikšana

AL šķīduma iespiešanās dziļums, kā arī mitruma iespiešanās kinētika neapstrādātas grants slānī un izskalošanās ātrums tika noteikts izmantojot zviedru zinātnieku [8] izstrādāto metodiku, kas ļāva novērtēt AL migrāciju grants slānī, kā arī AL izskalošanās ātrumu. Mitruma iespiešanās noteikšana grants smalkās frakcijas paraugos, kā arī ar AL apstrādātajos paraugos veikta, izmantojot šim nolūkam speciāli izgatavotus organiskā stikla cilindrus ar perforētu pamatni (skat. 2.38. att.).

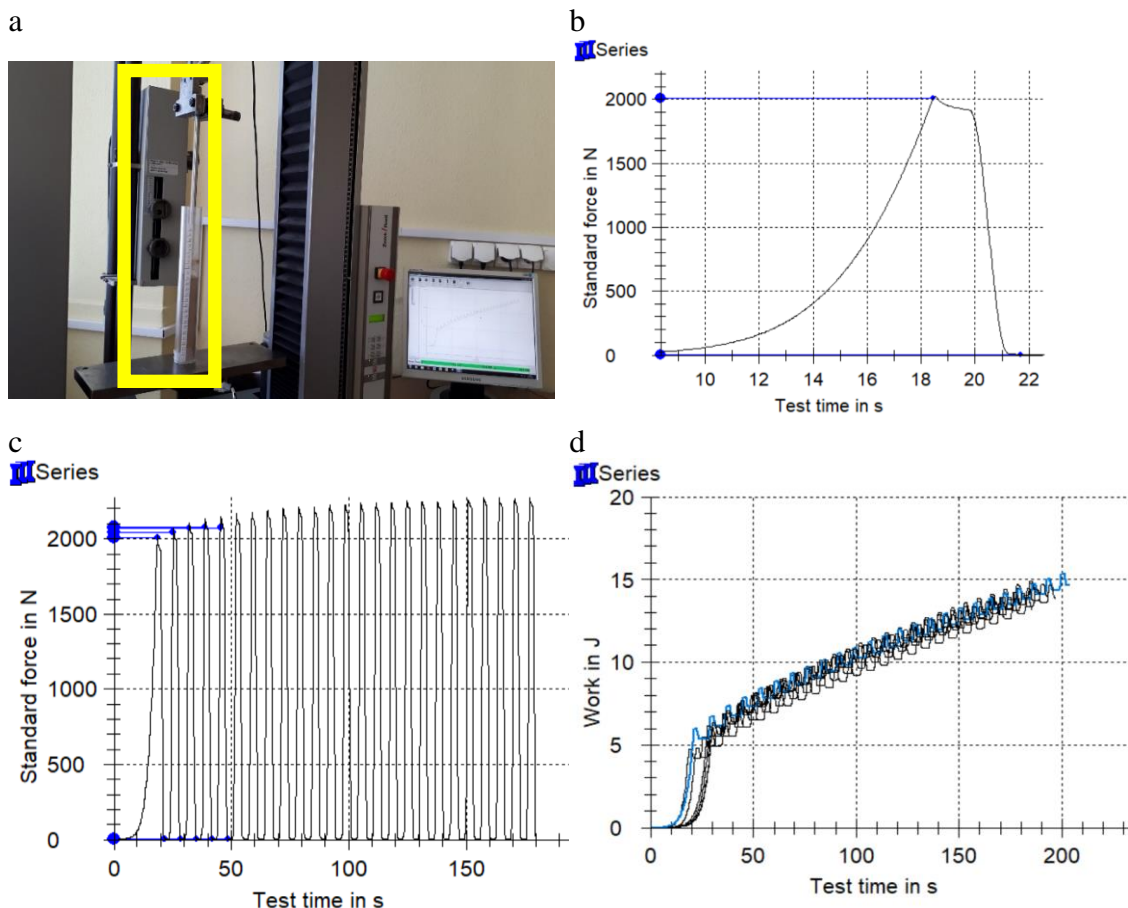
Šādi cilindri tika piepildīti ar grants smalko frakciju (skat. 2.38. att. b) un 25 slogošanas-atslogošanas ciklos sablīvēti, izmantojot arī speciāli izgatavotu virzuli un materiālu mehānisko īpašību universālo pārbaudes iekārtu *Zwick/Roell BDO-FB020TN*. Kā redzams 2.39. attēlā, kur parādīts sablīvēšanas process, sablīvēšana notika 25 secīgos ciklos, katrā no tiem grants slāni pakļaujot līdz  $\approx 2$  kN lielai slodzei. Slogošanas spēka izmaiņas pirmajā slogošanas ciklā parādītas 2.38. attēlā b, bet visa slogošanas perioda laikā – 2.39. attēlā c. Šādā veidā sablīvēšanai patērētā enerģija viena cikla laikā bija  $\approx 6$  J, bet visa sablīvēšanas procesa laikā –  $\approx 15$  J.



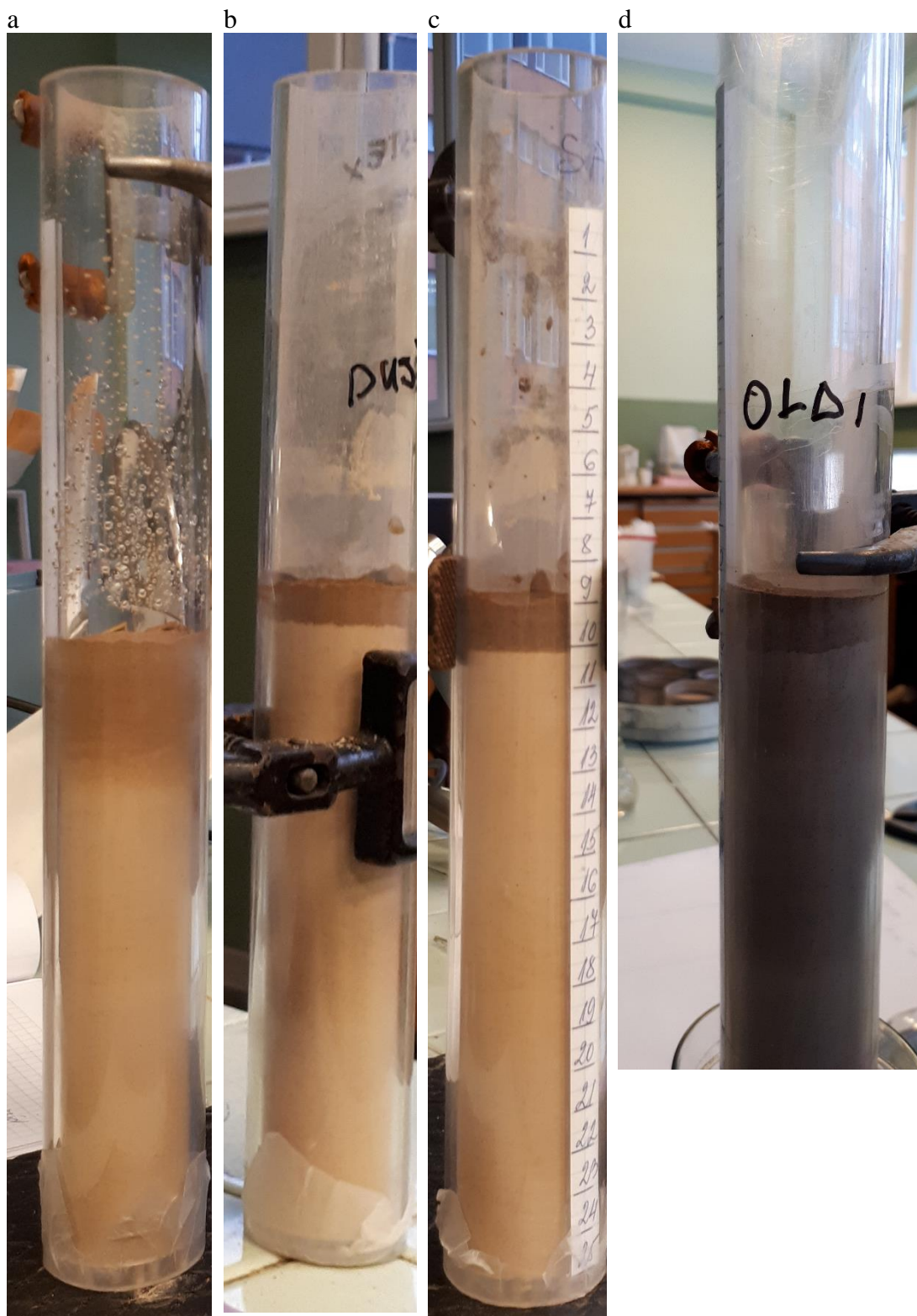
**2.38. att. Speciāli izgatavotie perforētais cilindrs un virzulis (a) un ar smalko grants frakciju aizpildītais cilindrs (b)**

Nākamajā etapā uz četros cilindros sablīvētā grants slāņiem ar pipeti uzmanīgi tika iestrādāti četri dažādi AL (*Sappi, OLDI, Dustex, CC Road*) – viens AL uz vienu sagatavotu cilindru ar sablīvētu grants, kuru koncentrācijā bija  $2 \text{ l/m}^2$ . Salīdzināšanai tika izmantots arī ar granti sablīvēts, bet ar AL neapstrādāts cilindrs. Pēc 24 stundu izturēšanas, kad AL bija iesūcies grants virskārtā (skat. 2.39. att.), paraugi bija sagatavoti mitruma iespiešanās dziļuma noteikšanai. Mitruma iespiešanās dziļuma pārbaude tika veikta, ar pipeti noteiktus destilētā ūdens tilpuma daudzumus pievienojot uz neapstrādātu un ar AL pārklātu sablīvētas grants paraugu virsmas, tādējādi simulējot lietus iedarbību. Uz sablīvēto paraugu virsmas pievienoti šādi destilētā ūdens daudzumi: 1) 4 ml; 2) 20 ml; 3) 30 ml; 4) 50 ml un 5) 70 ml. Eksperimenta laikā tika

mērīts ūdens iesūkšanās ātrums grants paraugos. Kad noteiktais ūdens tilpums grantī bija iesūcies, paraugus apstrādāja ar nākamo ūdens porciju. Slānim caurplūdušais šķidrums izfiltrēts caur vidēja blīvuma filtrpapīru, savākts vārglāzē un pēc penetrācijas testa beigām iztvaicēts 60 °C temperatūrā. Sausais atlikums analizēts ar *ThermoFischer* Furjē transformāciju (*FT-IR*) infrasarkanā starojuma spektrofotometru *Nicolet 6700* pavājinātās pilnīgās atstarošanās (*ATR*) darba režīmā. Testi veikti atbilstoši infrasarkanā spektrofotometra darba metodikai.

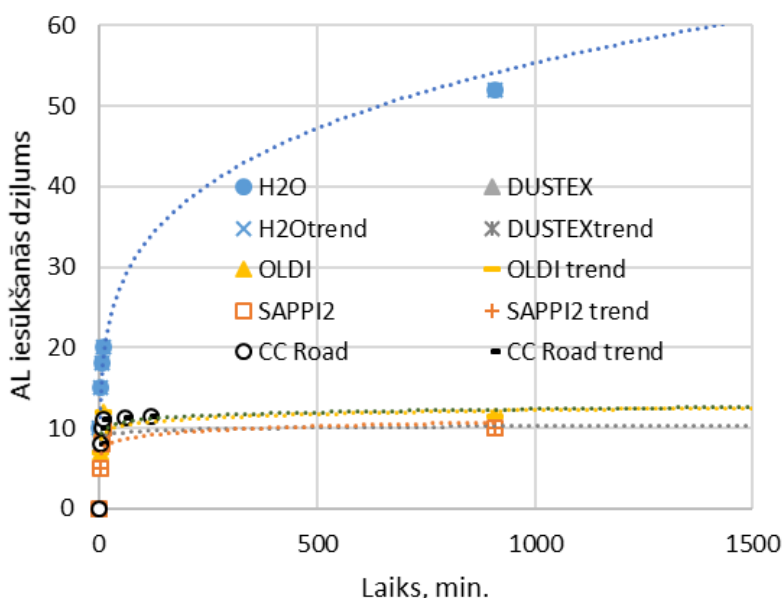


**2.39. att. Ar smalko grants frakciju pildīta cilindra sablīvēšanas process (a), slogošanas spēka izmaiņas viena slogošanas cikla laikā (b), slogošanas ciklu attēlojums sablīvēšanas procesa laikā (c) un slogošanas ciklos patērētā enerģija (d)**



**2.40. att. Sablīvētie paraugi: sablīvētas smalkās grants frakcijas slānis (a) un ar *Dustex* (b), *Sappi* (c) un *OLDI AL* pārklātie slāņi (d)**

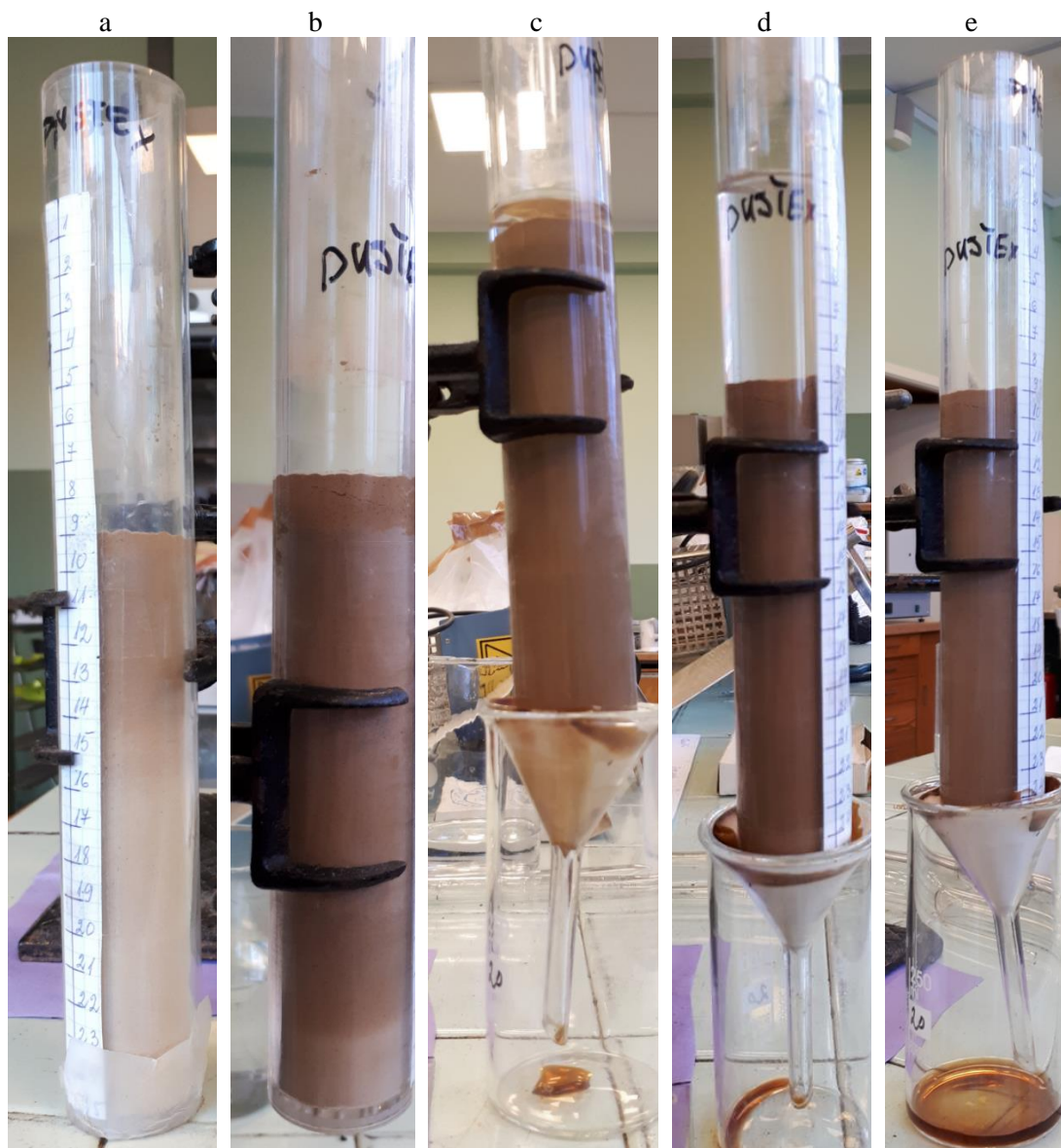
Par putekļus veidojošo daļiņu mijiedarbību ar AL liecināja arī AL iespiešanās tendence grants slānī, ko varēja labi novērot, sagatavojot paraugus penetrācijas eksperimentiem (skat. 2.40. att.). Pēc lignosulfonātu AL uznešanas uz grants seguma virsmas novērota diezgan strauja AL iespiešanās grants virsējā slānī aptuveni 1 cm dziļumā, veidojot cietu garozas slāni. *CC Road* gadījumā, lai arī novēroja līdzīgas AL iespiešanās tendences, cietas garozas slānis neveidojās. Tas saistīts ar dažādiem putekļveida daļiņu sasaistīšanas mehānismiem: lignosulfonātu AL novērš putekļu veidošanos, sasaistot smalkās daļiņas garozas slānī, savukārt neorganisko sāļu AL novērš putekļu veidošanos, palielinot mitruma saturu grantī. Salīdzinoši raksturojot AL iespiešanās ātrumu sablīvētā grants slānī, 2.41. attēlā redzams, ka tas visu izmantoto AL gadījumā ir aptuveni vienāds. Vienlaikus, salīdzinājumā ar ūdens iespiešanās ātrumu, AL iespiešanās ātrums grants virskārtā ir ievērojami mazāks.



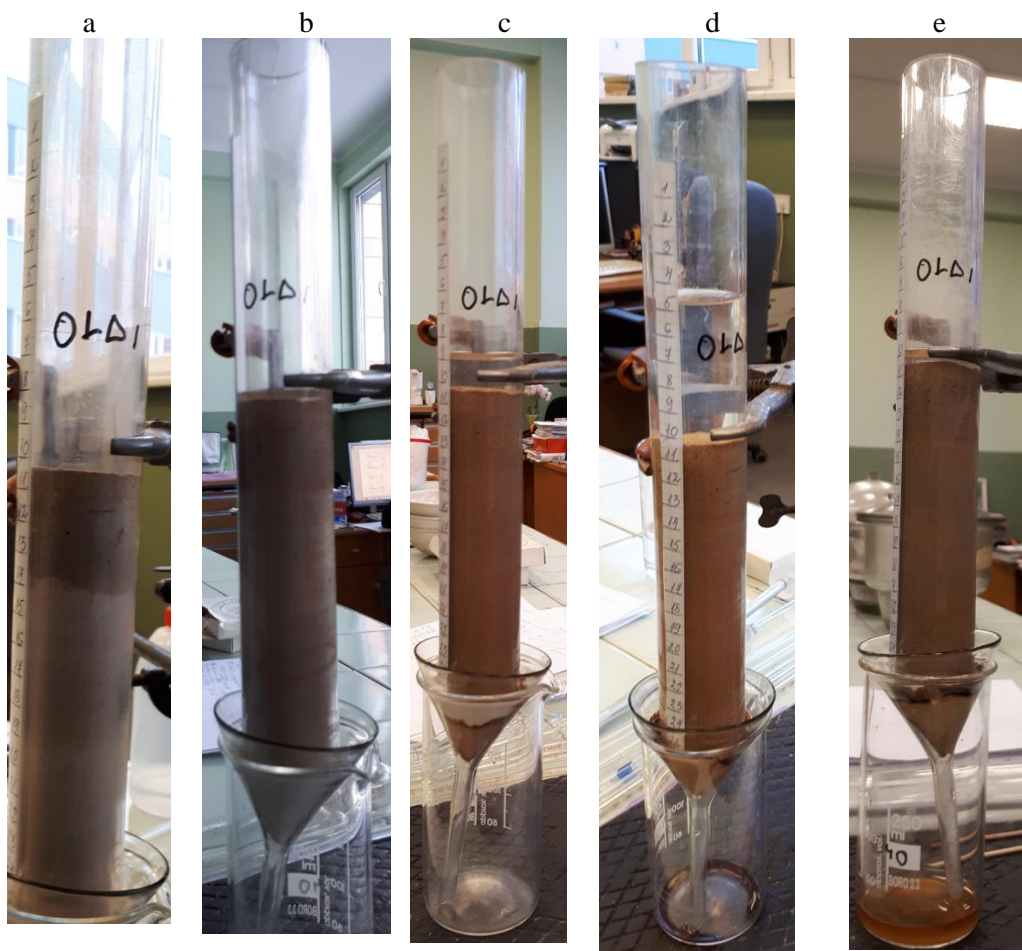
**2.41. att. AL (deva – 2 l/m<sup>2</sup>) iespiešanās kinētika smalkajā grants frakcijā salīdzinājumā ar ūdens penetrāciju**

2.42. – 2.45. attēlos redzama progresējoša ūdens iespiešanās grants slānī, palielinoties vienā reizē pievienotai ūdens devai no 4 ml līdz pat 70 ml, tādējādi kopējais paraugiem pievienotais ūdens daudzums sasniedza 174 ml. Tas ļāva simulēt iespējamo dažāda daudzuma un intensitātes nokrišņu ietekmi uz neapstrādātas un ar AL pārklātas grants īpašībām. Idealizētajos penetrācijas eksperimenta realizācijas apstākļos ( $t = 23 \pm 2$  °C un  $RH = 50 \pm 5\%$ ) galvenokārt izvērtēja ūdens iespiešanos grants paraugu slānī, kamēr iztvaikošanas ietekme tika pieņemta kā nebūtiska, kas gan var atšķirties no reālās vides apstākļiem, kad, atkarībā no laikapstākļiem, vienlīdz iespējama ir gan ūdens iztvaikošana, gan infiltrācija, gan tieša notece. Redzams, ka realizētajā penetrācijas eksperimentā visu AL gadījumā aptuveni pēc 30 ml ūdens uznešanas novērojama infiltrāta veidošanās, par ko sākotnēji liecina filtrpapīra piesūcināšanās ar infiltrātu, un lignosulfonātu AL gadījumā arī iekrāsošanās raksturīgajā brūnganajā krāsā. Pēc tam notika infiltrāta uzkrāšanās. Salīdzinoši redzams, ka infiltrāta veidošanās visātrāk notiek ar *CC Road* pārklātā grants parauga gadījumā. Savukārt starp lignosulfonātu AL

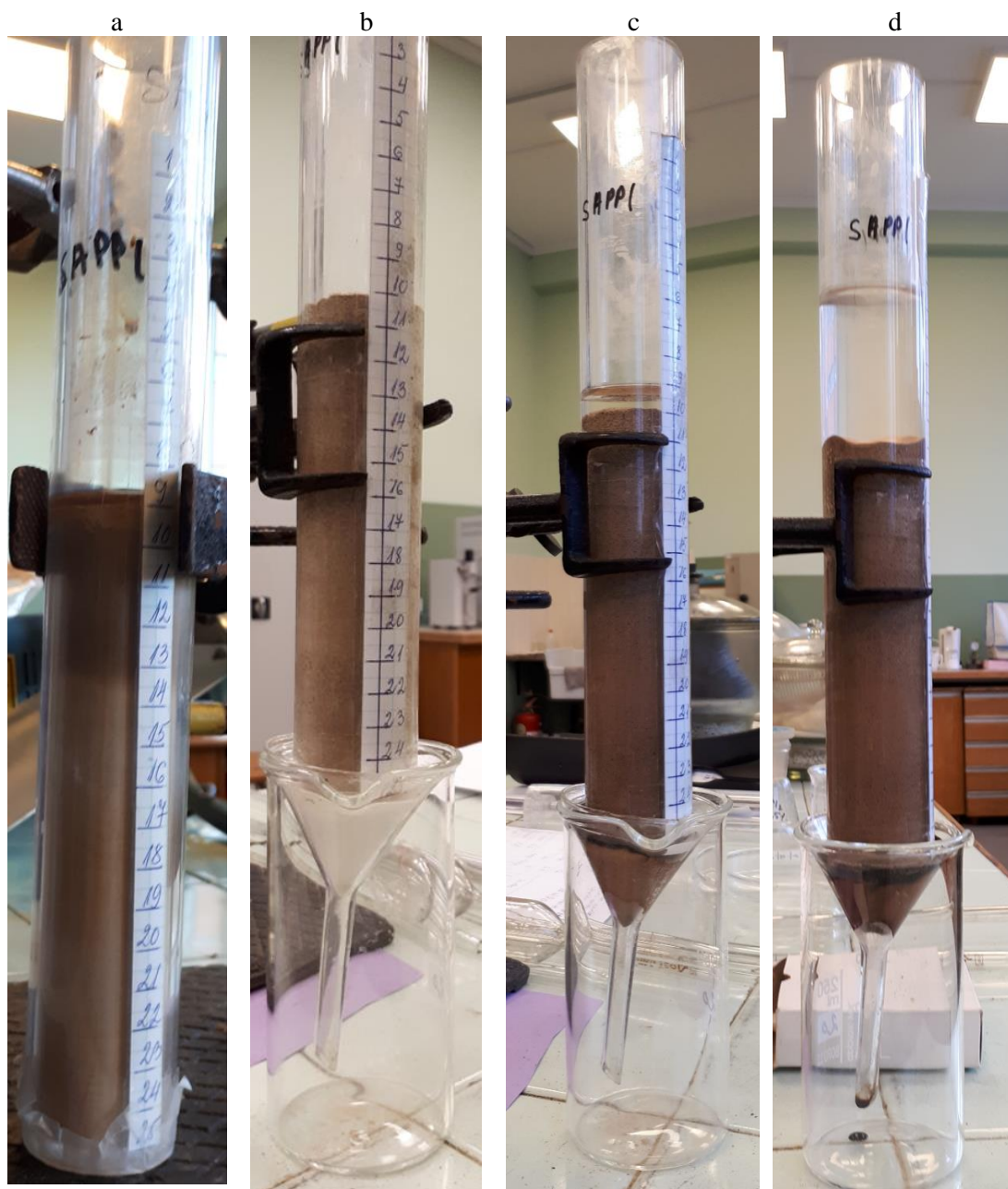
visstraujākā infiltrāta veidošanās novērota ar *Dustex* pārklātā grants parauga gadījumā, bet lēnāka – ar *Sappi* vai *OLDI* pārklāto paraugu gadījumā. Infiltrācijas procesa ātrums acīmredzot vienlaikus ir atkarīgs no seguma materiāla tipa, galvenokārt – tā caurlaidības, un seguma materiāla sablīvējuma pakāpes, turklāt ūdens infiltrācijas laikā, it īpaši pie lielākām vienreizējām dozām, var notikt arī plaisu veidošanās noteiktos seguma materiāla slāņos (skat. 2.46. att. a), sablīvējuma joslu (skat. 2.46. att. b un c) un porainu slāņu veidošanās (skat. 2.46. att. d), kā arī citu defektu rašanās, kas var ietekmēt infiltrāta veidošanās intensitāti.



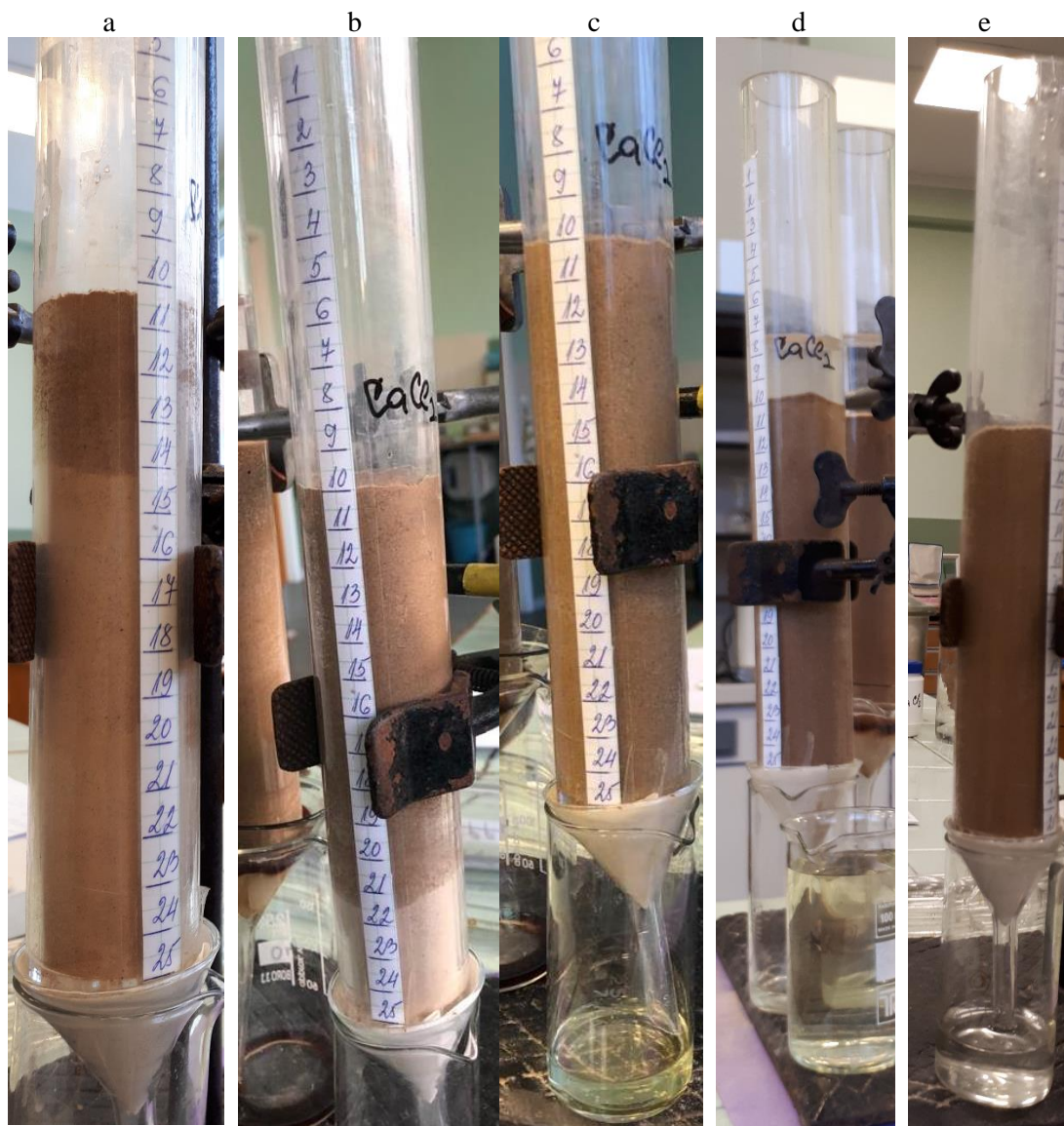
**2.42. att. Ūdens iespiešanās ar *Dustex* pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: a) pēc 4 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; b) pēc sekojošas 20 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; c) pēc sekojošas 30 ml ūdens uznešanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; d) pēc sekojošas 50 ml ūdens uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; e) pēc sekojošas 70 ml ūdens uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim (kopējais uznestā ūdens daudzums: 174 ml)**



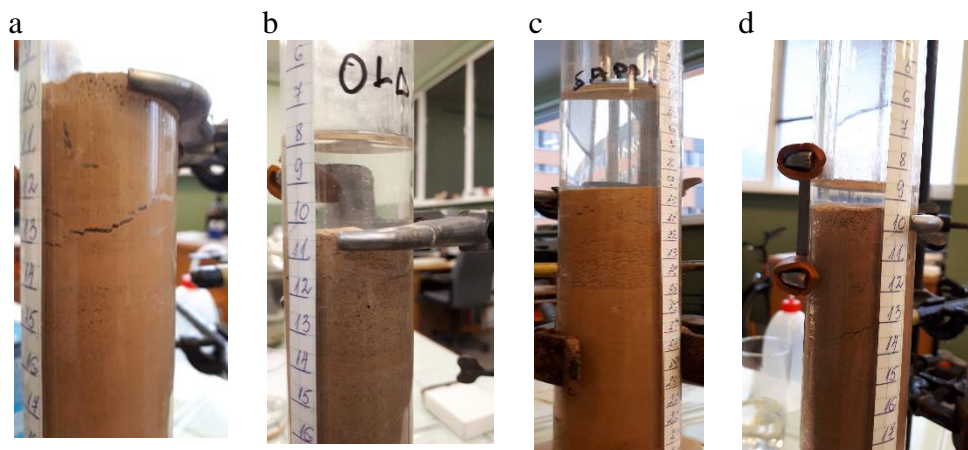
**2.43. att. Ūdens iespiešanās ar *OLDI* pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: a) pēc 4 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; b) pēc sekojošas 20 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; c) pēc sekojošas 30 ml ūdens uznešanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; d) pēc sekojošas 50 ml ūdens uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; e) pēc sekojošas 70 ml ūdens uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim (kopējais uznestā ūdens daudzums: 174 ml)**



2.44. att. Ūdens iespiešanās ar *Sappi* pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: a) pēc 4 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; b) pēc sekojošas 20 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; c) pēc sekojošas 30 ml ūdens uznešanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; d) pēc sekojošas 50 ml ūdens uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; (kopējais uznestā ūdens daudzums: 104 ml)

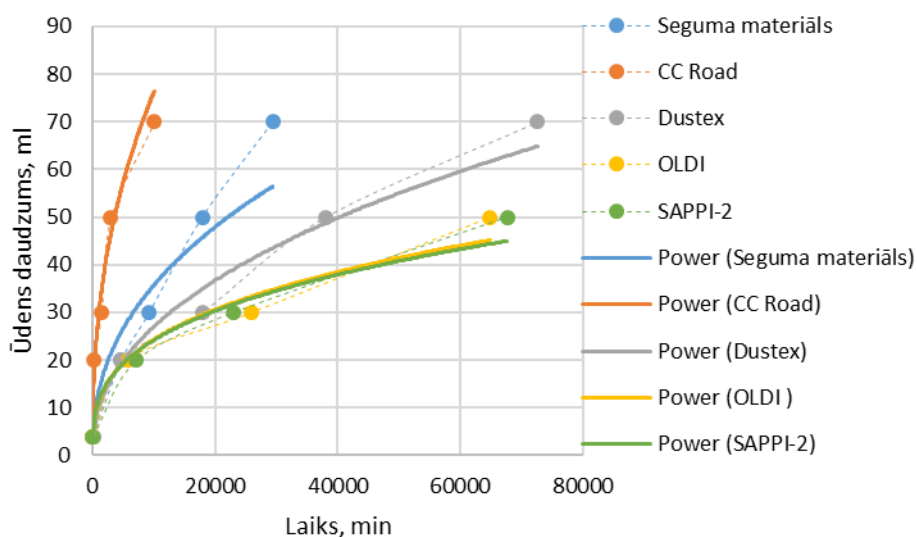


2.45. att. Ūdens iespiešanās ar *CC Road* pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: a) pēc 4 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; b) pēc sekojošas 20 ml ūdens uznešanas un iespiešanās grantī; c) pēc sekojošas 30 ml ūdens uznešanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; d) pēc sekojošas 50 ml ūdens uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; e) pēc sekojošas 70 ml ūdens uznešanas un caurspiešanās grants slānim (kopējais uznestā ūdens daudzums: 174 ml)



**2.46. att. Novērojamie defekti smalkās frakcijas grantī: a) plaisa un dažāda sablīvējuma joslas ar *Dustex* pārklātas grants slānī; b) dažāda sablīvējuma joslas ar *OLDI* pārklātā grants slānī; c) dažāda sablīvējuma joslas ar *Sappi* pārklātā grants slānī; d) plaisas un porains slānis grantī, kam vēl nav veikta apstrāde ar AL**

Ūdens iespiešanās ātrums ar dažādiem AL apstrādātā grantī parādīts 2.47. attēlā. Redzams, ka pie izmantotās metodikas vislielākais ūdens iespiešanās ātrums ir grantī, kas apstrādātā ar *CC Road* – tas varētu būt saistīts ar neorganisko sāļu AL mitrumu piesaistošo aktivitāti. Savukārt starp lignosulfonātu AL vislielākais ūdens iespiešanās ātrums novērots ar *Dustex* pārklātā grants segumā, bet vismazākais – ar *Sappi* pārklātā grants segumā. Ūdens iespiešanās gan neapstrādātā grantī, gan ar AL pārklātā grantī ar pietiekami augstu korelācijas koeficientu pakļaujas pakāpes vienādojumiem, kuri katra grants seguma materiāla gadījumā parādīti 2.5. tabulā.

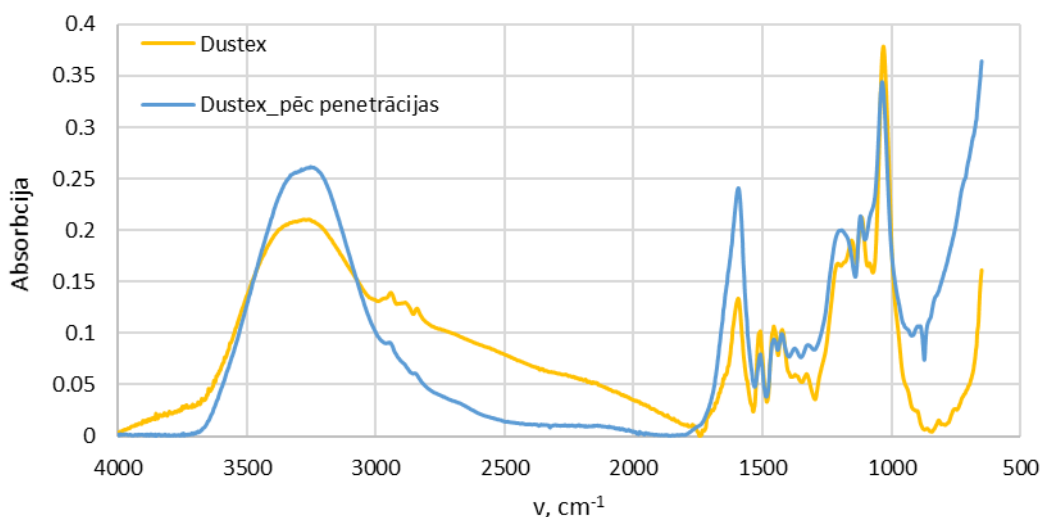


**2.47. att. Dažāda ūdens daudzuma iespiešanās ātrums/kinētika neapstrādātā un ar AL apstrādātā smalkās frakcijas grantī**

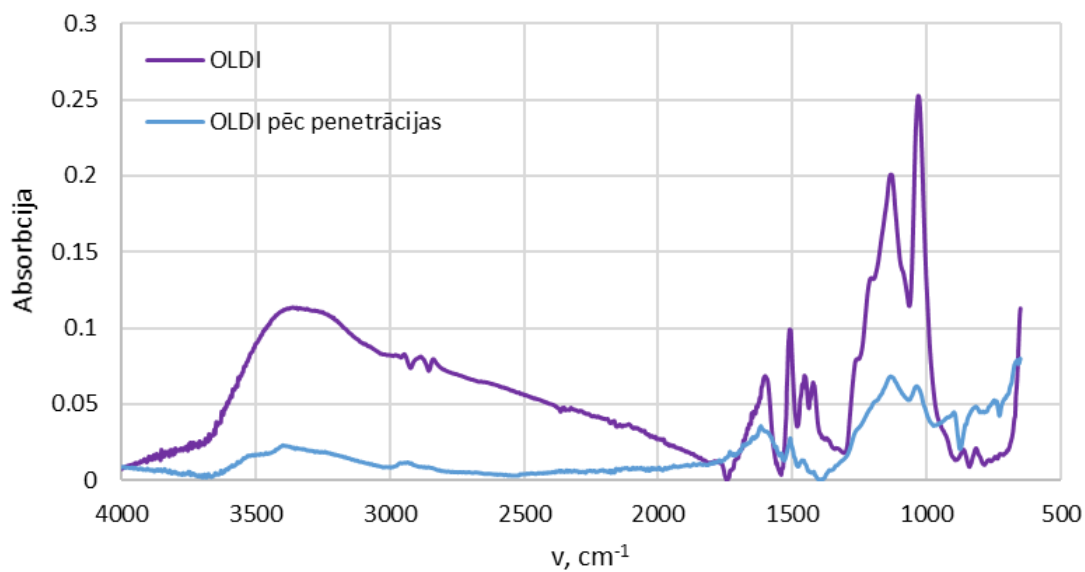
**Ūdens iespiešanos grants seguma materiālos, kas apstrādāti ar dažādiem AL,  
raksturojošie vienādojumi**

| Seguma materiāla veids                                       | Pakāpes vienādojums                      |
|--|--|
| Neapstrādātas grants smalkā frakcija                         | $Y = 0,7203x^{0,4239}$<br>$R^2 = 0,9702$ |
| Ar <i>Dustex</i> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> )     | $Y = 0,4669x^{0,4408}$<br>$R^2 = 0,9937$ |
| Ar <i>OLDI</i> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> )       | $Y = 1,1618x^{0,3304}$<br>$R^2 = 0,9938$ |
| Ar <i>Sappi</i> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> )      | $Y = 1,2233x^{0,3241}$<br>$R^2 = 0,9938$ |
| Ar CaCl <sub>2</sub> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> ) | $Y = 1,7595x^{0,4092}$<br>$R^2 = 0,9786$ |

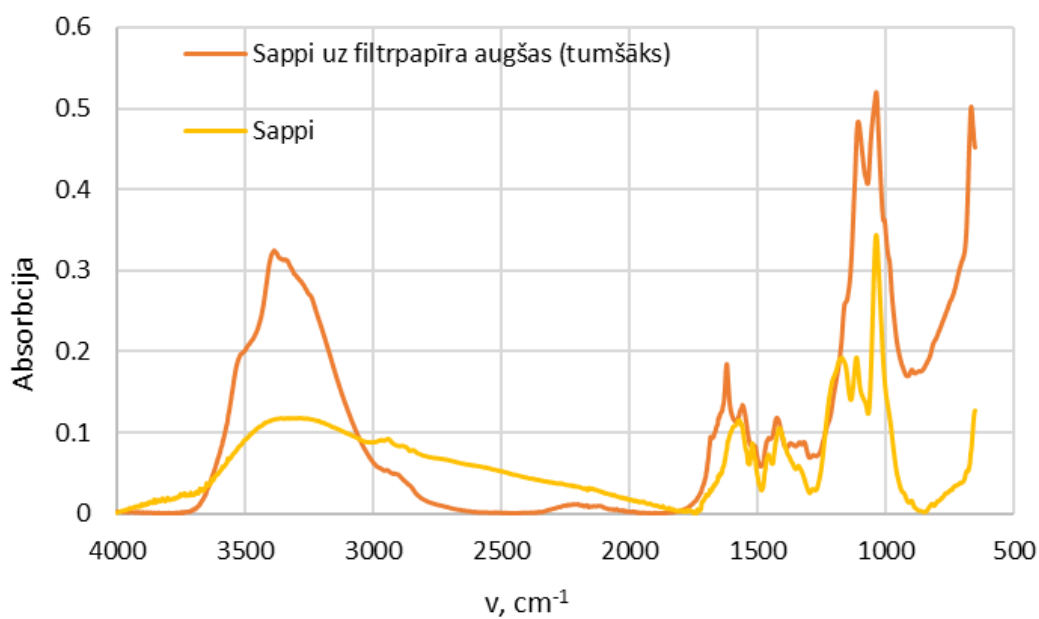
Eksperimentu cikla ietvaros, izmantojot *FTIR* spektrofotometru, veikta grants slānim caurizgājušā infiltrāta ķīmiskā analīze. Pirms analīzes, lai palielinātu aktīvās vielas (lignosulfonāta vai CaCl<sub>2</sub>) koncentrāciju un tādējādi paaugstinātu metodes jutību, infiltrāts žāvēts 60 °C temperatūrā. Lai arī caurizgājušā infiltrāta analīzi ierobežoja iegūto analizējamo infiltrāta paraugu mazais daudzums, 2.48. – 2.51. attēlā redzams, ka infiltrāts satur izskaloju AL. Ievērojot šo AL izskalošanos, jāatzīmē, ka, potenciāli izmantojot visus analizētos AL uz meža autoceļiem, ar laiku sagaidāma veiktās atpūķlošanas efektivitātes samazināšanās.



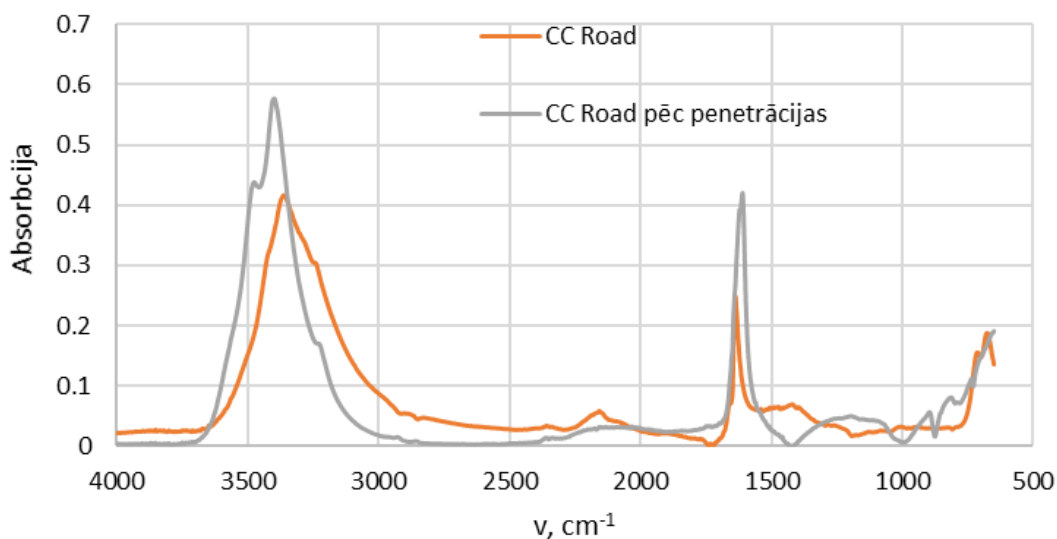
**2.48. att. Caurizgājušā šķidrums/penetrāta *FTIR* spektri ar *Dustex* apstrādātai grantij**



2.49. att. Caurizgājušā šķidruma/penetrāta *FTIR* spektri ar *OLDI* apstrādātai grantij



2.50. att. Caurizgājušā šķidruma/penetrāta *FTIR* spektri ar *Sappi* apstrādātai grantij



**2.51. att. Caurizgājušā šķidruma/penetrāta *FTIR* spektri ar *CC Road* apstrādātai grantij**

Lai novērtētu mitruma iedarbības ietekmi uz grants maisījumu, kurš apstrādāts ar lignosulfonātu izgatavots ar Proktora metodi (šī metode reālā seguma sablīvēšanā tiek izmantota par nesaistītā saguma kvalitātes rādītāju) paraugs, kurš tika izžāvēts ventilējamā krāsnī un pēc tam uz 1 diennakti ievietots ūdenī, tādējādi imitējot atputeķļošanas līdzekļa mijiedarbību ar nokrišņiem. Kā redzams 2.52 attēlā, tad pēc izturēšanas ūdenī paraugs praktiski izjuka. Līdz ar to novērojumu rezultāti apliecina, ka lignosulfonāts, ūdenim iztvaikojot, sausos apstākļos grants materiāla daļiņas savstarpēji sasaista, bet atkārtotas mitruma iedarbības rezultātā lignosulfonāts atmiešķējas un grants maisījums atgriežas nesaistīta maisījuma kondīcijā.

a)



b)



**2.52. att. Ar lignosulfonātu apstrādāta grants maisījuma izžāvēts Proktora paraugs (a) un šis paraugs pēc izturēšanas 1 diennakti ūdenī (b)**

## 2.2.5. Putekļu aglomerācijas noteikšana, izmantojot granulometrisko testēšanas metodi

Lai pārbaudītu lignosulfonātu atputeķļošanas īpašības, izmantoti grants putekļu paraugi, kurus nodrošināja SIA “Ceļu Eksperts”. Atbilstoši standarta LVS EN 933-1 prasībām, noteikts iegūto paraugu granulometriskais sastāvs. Ar pietu sasmalcināto grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs iekļauts 2.6. tabulā. Saskaņā ar iegūto frakcionālo sastāvu, < 0,1 mm izmēra putekļu frakcijas saturs grants paraugā bija 87,9%. Atputeķļošanas darbiem grants paraugs tika atbrīvots no frakcijas > 100 µ daļiņām.

## 2.6. tabula

### Izmantotās grants putekļu frakcionālais sastāvs

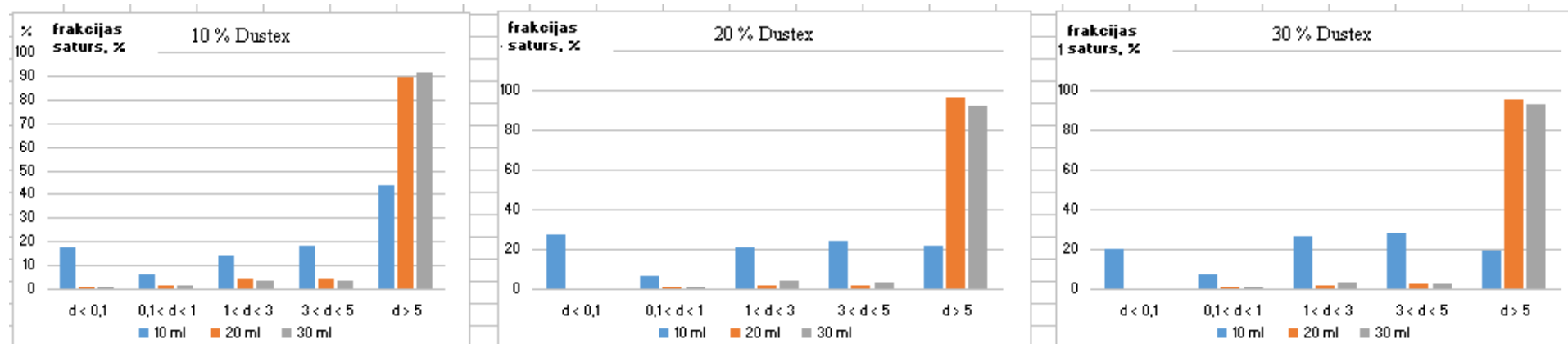
| Frakcijas Nr. | Frakcijas izmērs      | Frakcijas daudzums, % |
|---------------|-----------------------|-----------------------|
| Nr. 1         | 0,1 mm < d < 1,0 mm   | 12,1                  |
| Nr. 2         | 0,05 mm < d < 0,1 mm  | 65,3                  |
| Nr. 3         | 0,02 mm < d < 0,05 mm | 21,3                  |
| Nr. 4         | d < 0,02 mm           | 0,6                   |

Grants putekļu aglomerāti iegūti, apstrādājot iegūto putekļu frakciju ar trim dažādiem lignosulfonātiem - *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* ūdens šķīdumiem koncentrācijā no 10 līdz 30% un patēriņa normu no 10 līdz 30 ml/100g izžāvēto grants putekļu, manuāli samaisot 5 minūšu laikā. Ņemot vērā grants blīvumu, domājamo iestrādes dziļumu un apstrādāto grants putekļu masu, lignosulfonātu šķīdumu patēriņa normas “ml uz 100 g grants” tika aprēķinātas litros uz grants apstrādātās platības kvadrātmetru – 0,7 l/m<sup>2</sup> (10 ml lignosulfonāta šķīduma), 1,3 l/m<sup>2</sup> (20 ml lignosulfonāta šķīduma) un 2,0 l/m<sup>2</sup> (30 ml lignosulfonāta šķīduma). Efektivitātes novērtēšanai grants putekļu apstrādei tika izmantots arī 30% kalcija hlorīda CaCl<sub>2</sub> (*CC Road* 77%) ūdens šķīdums, patēriņa norma 10 – 30 ml/100 g grants putekļu, ņemot vērā ūdens saturu *CC Road* atputeķļotājā. Pēc apstrādes visi grants putekļu paraugi 2 – 3 dienas tika žāvēti istabas temperatūrā un frakcionēti. Frakcionēšana tika veikta, izmantojot iekārtu *Pulverisette* (*Frisch*, Vācija), kas aprīkota ar standartizētu sietu komplektu ar sietu caurumu izmēriem 5; 3; 1 un 0,1 mm (skat. 2.53. att.).

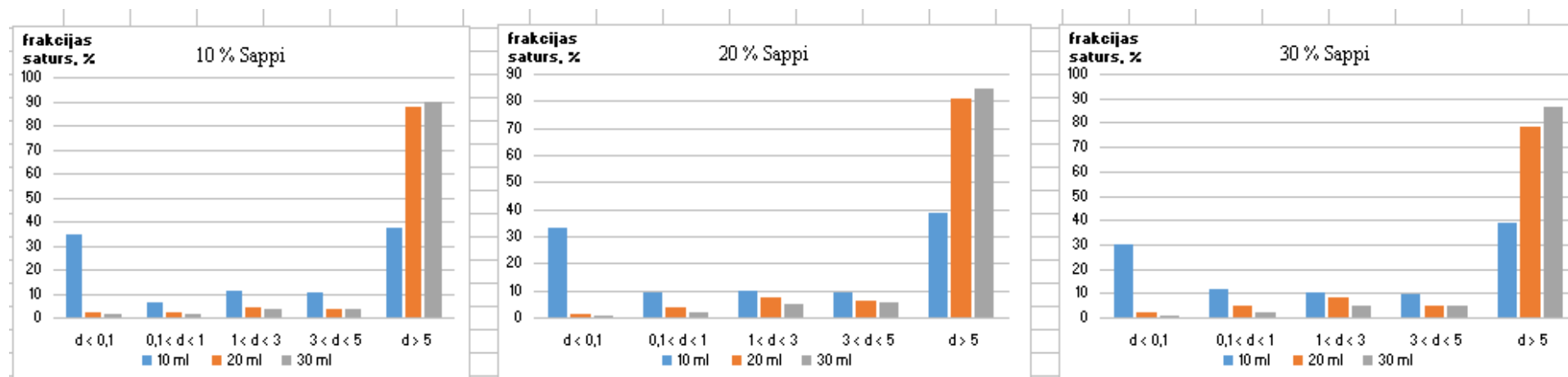


**2.53. att. Iekārta *Pulverisette* ar sietu komplektu ar AL apstrādāto putekļu frakcionēšanai**

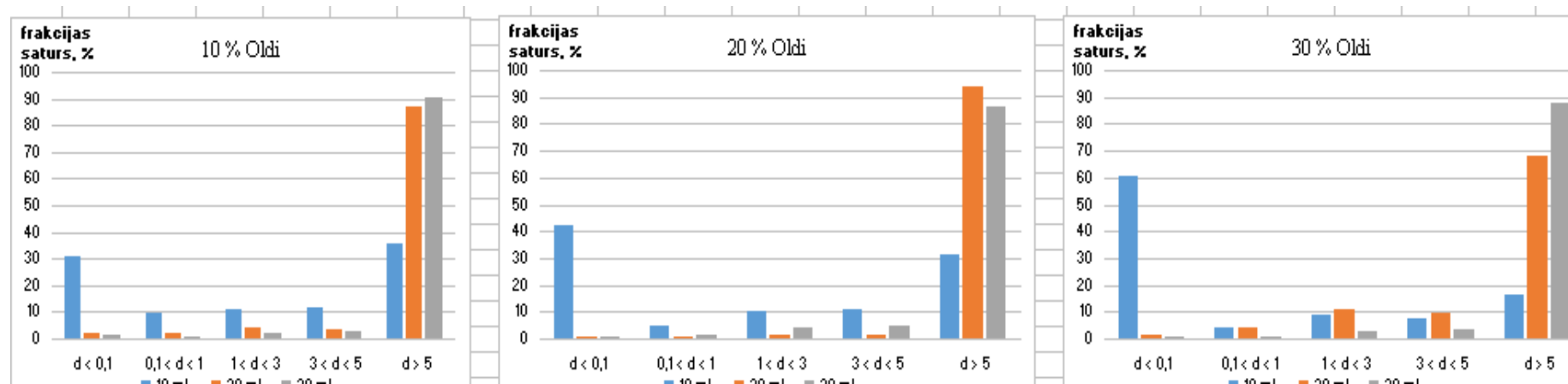
Ar *Dustex*, *OLDI*, *Sappi* un *CC Road* šķīdumiem apstrādāto putekļu paraugu frakcionālais sastāvs atkarībā no lietoto AL šķīdumu koncentrācijas un patēriņa normas parādīts no 2.54. līdz 2.57. attēlam.



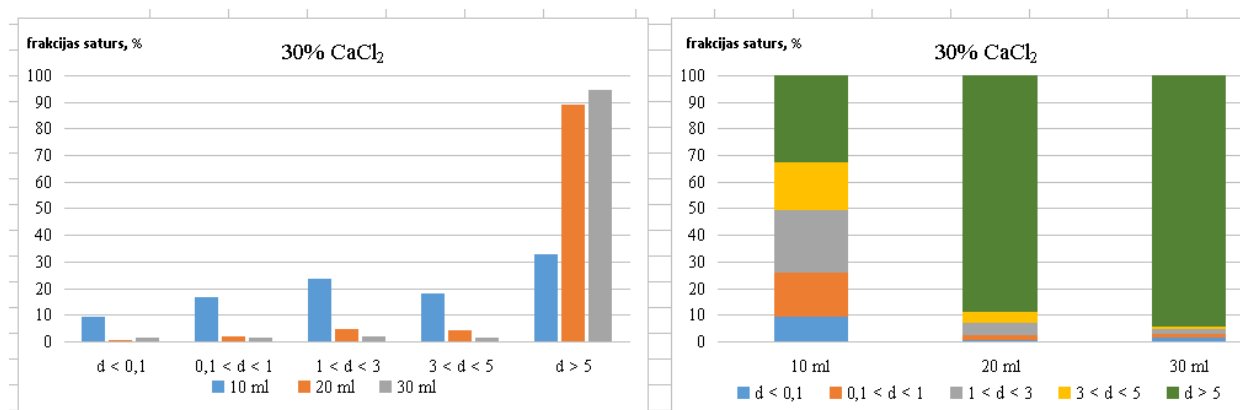
2.54. att. Ar *Dustex* šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs



2.55. att. Ar *Sappi* šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs



2.56. att. Ar *OLDI* šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs



2.57. att. Ar *CC Road* šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs

Grants putekļu aglomerātu paraugu fotogrāfijas, kas iegūtas pēc putekļu daļiņu apstrādes ar 10 – 30% lignosulfonātu un 30% *CC Road* šķīdumiem ar patēriņa normu 1,3 l/m<sup>2</sup>, parādītas no 2.58. līdz 2.67. attēlam.

## Dustex, 20 ml/10% parauga frakcionālais sastāvs



2.58. att. Ar 10% *Dustex* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

### Dustex, 20 ml/20% parauga frakcionālais sastāvs



2.59. att. Ar 20% *Dustex* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

### Dustex, 20 ml/30% parauga frakcionālais sastāvs



2.60. att. Ar 30% *Dustex* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

Sappi, 20 ml/10% parauga frakcionālais sastāvs



2.61. att. Ar 10% *Sappi* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

Sappi, 20 ml/20% parauga frakcionālais sastāvs



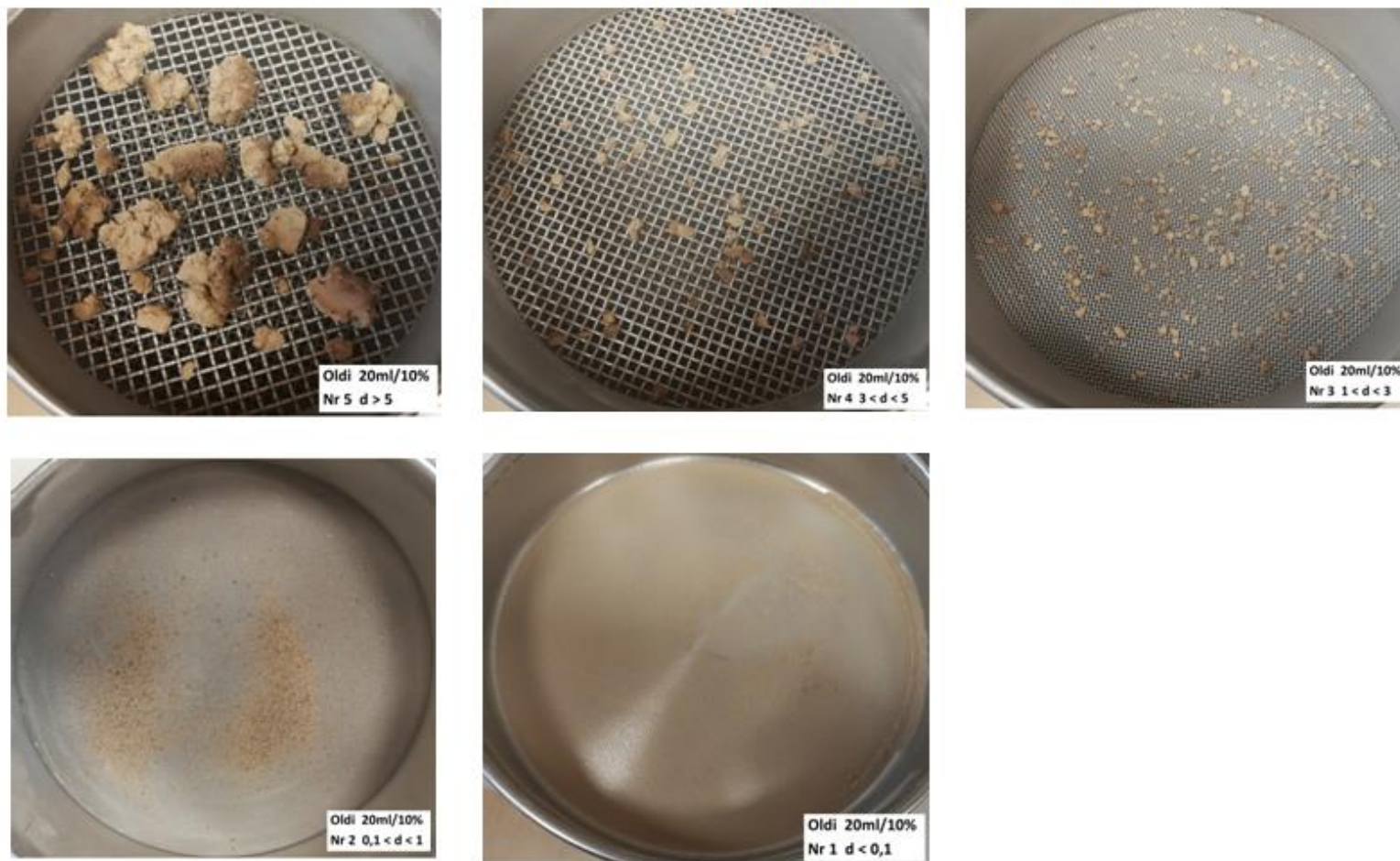
2.62. att. Ar 20% Sappi šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

Sappi, 20 ml/30% parauga frakcionālais sastāvs



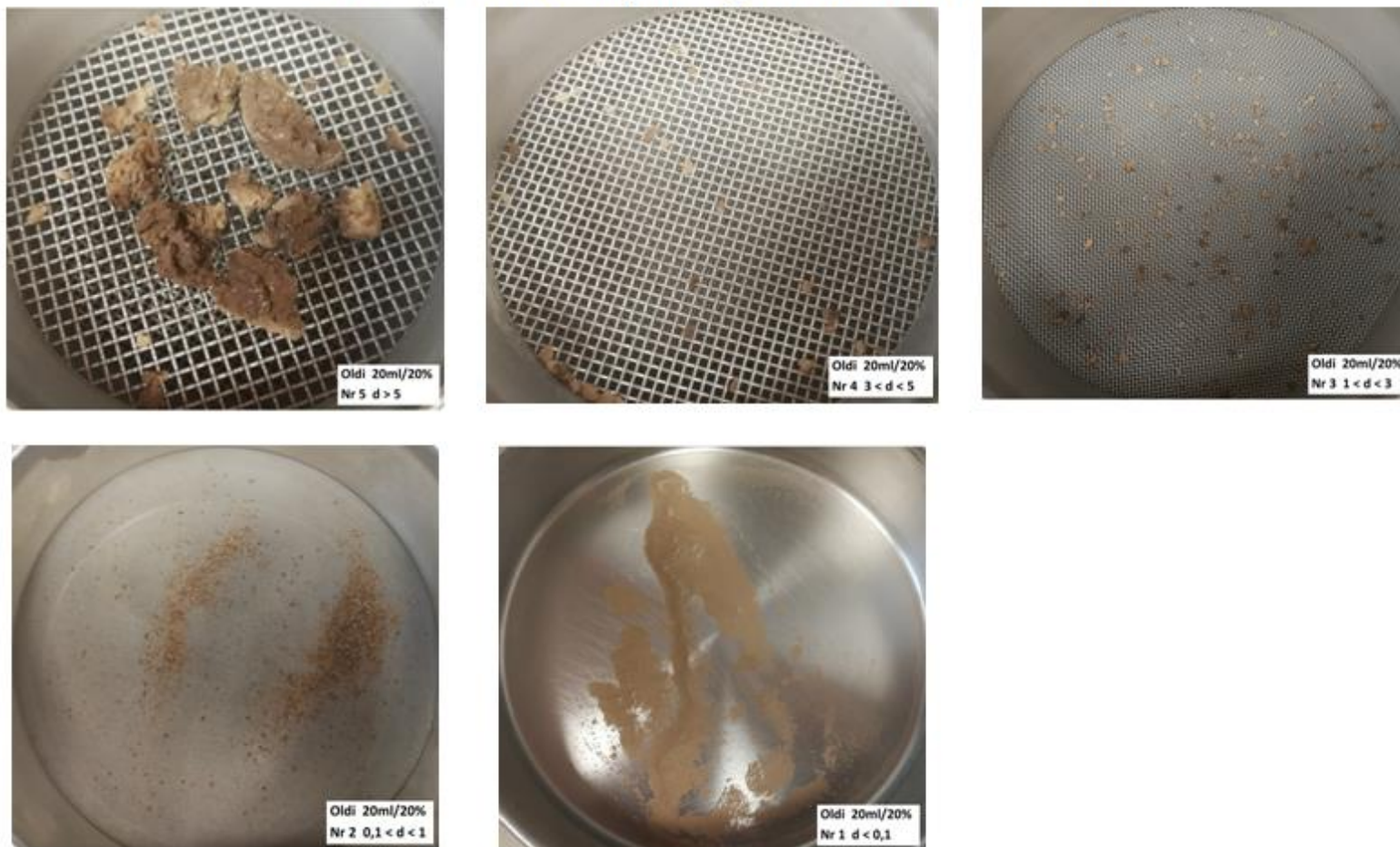
2.63. att. Ar 30% Sappi šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

### OLDI, 20ml/10% parauga frakcionālais sastāvs



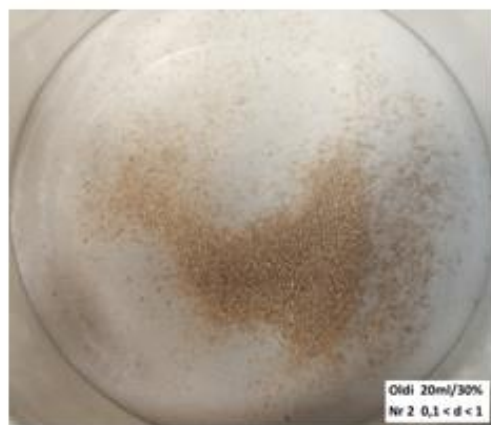
2.64. att. Ar 10% OLDI šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

### OLDI, 20ml/20% parauga frakcionālais sastāvs



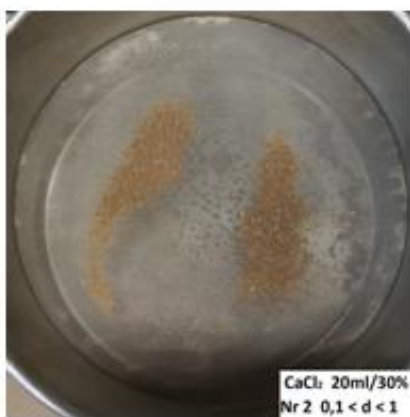
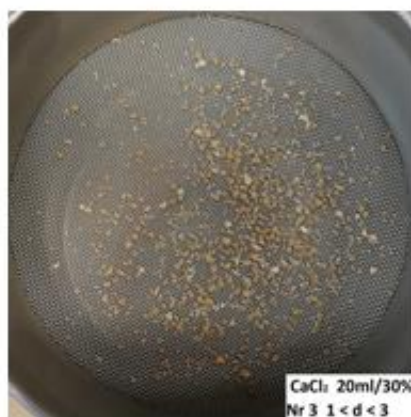
2.65. att. Ar 20% *OLDI* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

## OLDI, 20ml/30% parauga frakcionālais sastāvs



2.66. att. Ar 30% *OLDI* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

## CaCl<sub>2</sub>, 20 ml/30% parauga frakcionālais sastāvs



2.67. att. Ar 30% CC Road šķīdumu ar patēriņa normu 1,3 l/m<sup>2</sup> apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs

Saskaņā ar putekļu paraugu frakcionēšanas analīzes rezultātiem (skat. 2.58. – 2.67. att.), palielinoties lignosulfonātu šķīduma koncentrācijai un tā patēriņa normai, smalko putekļu saturs paraugos samazinās, savukārt ievērojami palielinās lielo aglomerātu daudzums. 10% *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* šķīdumu lietošana zemas patēriņa normas gadījumā ( $0,7 \text{ l/m}^2$ ) raksturojās ar nelielu putekļu satura samazināšanos grants paraugos, kuros atlikušo putekļu saturs bija attiecīgi 17,7, 34,7 un 30,8%. Ar *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* šķīdumu koncentrācijas pieaugumu līdz 30%, bet patēriņa normas palielinājumu līdz  $2,0 \text{ l/m}^2$ , putekļu saturs grants paraugos samazinājās attiecīgi līdz 0, 2,1 un 1,1%. Putekļu saturs grants paraugos, kuri tika apstrādāti ar 30% *CC Road* šķīdumiem ar patēriņa normu no  $0,7$  līdz  $2,0 \text{ l/m}^2$ , variēja no 9,4 līdz 1,2%. Palielinoties lignosulfonātu šķīdumu patēriņa normai no  $0,7$  līdz  $2,0 \text{ l/m}^2$ , visiem pētītajiem atputekļotājiem tika novērots ievērojams lielo aglomerātu ( $> 3 \text{ mm}$ ) satura pieaugums. Ir zināms, ka šādi aglomerāti, kas lielāki par  $3 \text{ mm}$ , labi pretojas vēja bīdes spēkam. Lielo aglomerātu saturs paraugos, kas tika apstrādāti ar 20% *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* šķīdumiem ar patēriņa normu  $1,3 \text{ l/m}^2$ , bija attiecīgi 97,8, 87,2 un 95,3%. Paraugu apstrāde ar 30% *CC Road* šķīdumu ar patēriņa normu  $0,7$ –  $2,0 \text{ l/m}^2$  izraisīja lielo putekļu aglomerātu ( $> 3 \text{ mm}$ ) satura palielināšanos no 50,6 līdz 95,0 %.

#### **2.2.6. Atputekļošanas līdzekļu ietekme uz grants seguma mehāniskajām īpašībām**

Lai novērtētu AL ietekmi uz ceļa smilts-grants seguma mehāniskajām īpašībām, laboratorijas apstākļos atbilstoši standarta LVS EN 13286-2 prasībām (Proktora metode) izgatavoti cilindriski paraugi (Proktora paraugi) un atbilstoši LVS EN 1097-5 noteikts ūdens saturs – 5,7%, kurš nodrošinās maksimālo sablīvējumu  $2,303 \text{ Mg/m}^3$  (Proktora blīvums). Atbilstoši Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017, p.7.12. prasībām, ieklājot ceļa segumu, tā faktiskam sablīvējumam jābūt  $\geq 98\%$  no Proktora blīvuma.

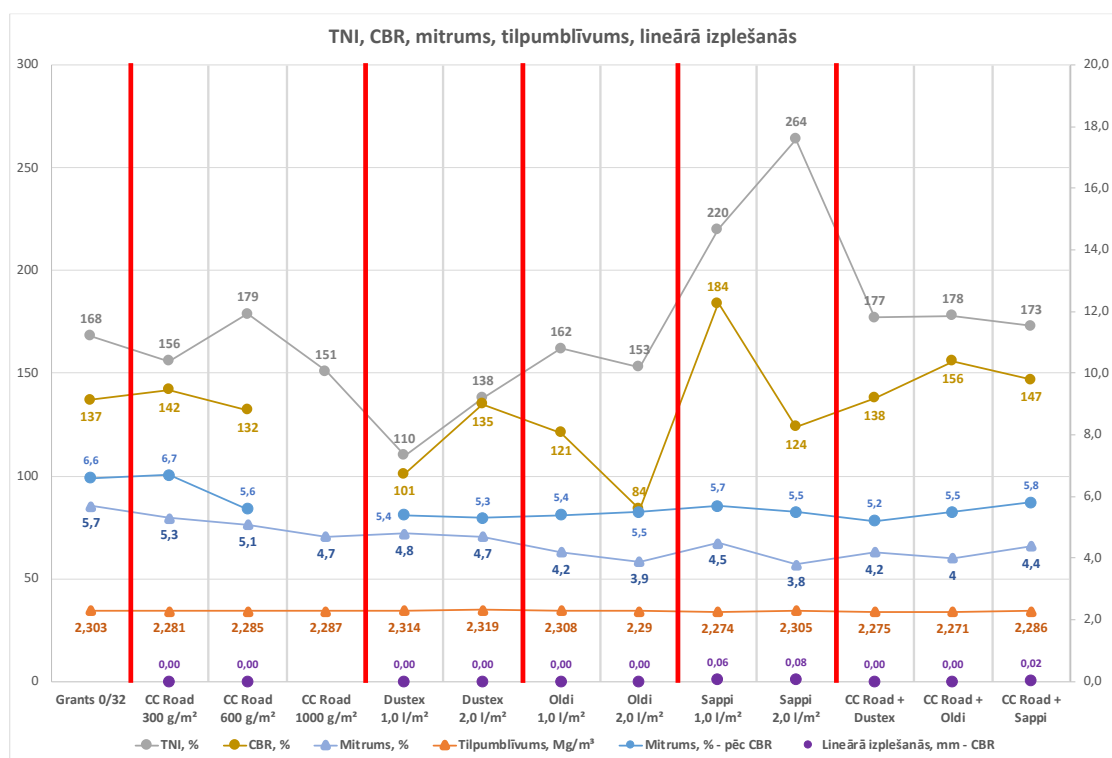
Proktora paraugiem atbilstoši standartam LVS EN 13286-47 noteikts tūlītējās nestspējas indekss TNI pie penetrācijas  $5 \text{ mm}$ , kurš raksturo nesaistītā smilts-šķembu seguma stiprību uzreiz pēc ieklāšanas un sasniedz 167,9% (atsauces spēka % daļa). Papildus izgatavoti Proktora paraugi, kas 96 h izturēti ūdenī, lai noteiktu Kalifornijas nestspējas rādītāju pie penetrācijas  $5 \text{ mm}$  (*CBR*), kurš raksturo nestspēju pēc 4 diennaktīm un sasniedz 136,6% (atsauces spēka % daļa) un 6,6% mitrumu. Līdz ar to iegūti references punkti, kas turpmākajā pētījuma gaitā, atbilstoši darba uzdevumam, salīdzināti ar atputekļošanas līdzekļiem uz lignosulfonāta bāzes un references atputekļošanas līdzekli  $\text{CaCl}_2$ , lai novērtētu AL līdzekļu ietekmi uz nesaistītā smilts-grants seguma mehāniskajām īpašībām (skat. 2.68.att.).

#### **2.2.7. Paraugu izgatavošana mehānisko īpašību testēšanai un tilpumbīvuma un mitruma noteikšana (Proktora tests)**

Lai novērtētu grants maisījuma, kurš apstrādāts ar dažādiem AL (LS un kalcija hlorīds), deformāciju noturību (TNI – tūlītējās nestspējas indekss, kurš raksturo svaigi sablīvēta grants maisījuma noturību deformācijām pie optimālā mitruma un blīvuma, *CBR* – Kalifornijas nestspējas rādītājs, kurš raksturo optimālajā mitrumā un blīvumā

sagatavota grants maisījuma noturību deformācijām pēc 96 h izturēšanas ūdenī), izgatavoti šādi paraugi:

- grants maisījums apstrādāts ar *Dustex* 49,5%, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izliešanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma - 1,0 un 2,0 l/m<sup>2</sup>;
- grants maisījums apstrādāts ar *Oldi* 47,1%, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izliešanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma - 1,0 un 2,0 l/m<sup>2</sup>;
- grants maisījums apstrādāts ar *Sappi* 50,0%, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izliešanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma - 1,0 un 2,0 l/m<sup>2</sup>;
- grants maisījums apstrādāts ar *CC Road* 77%, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izbēšanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma - 300 un 600 g/m<sup>2</sup> tīrā kalcija hlorīdā;
- grants maisījums apstrādāts ar *Dustex* 49,5% (1,0 l/m<sup>2</sup>) un *CC Road* 77% (300 g/m<sup>2</sup>);
- grants maisījums apstrādāts ar *Oldi* 47,1% (1,0 l/m<sup>2</sup>) un *CC Road* 77% (300 g/m<sup>2</sup>);
- grants maisījums apstrādāts ar *Sappi* 50 % (1,0 l/m<sup>2</sup>) un *CC Road* 77 % (300 g/m<sup>2</sup>).



## 2.68. att. Grants maisījuma īpašības, kas apstrādāti ar dažādiem AL

Analizējot iegūtos rezultātus (skat. 2.66. att.) konstatēts, ka:

- vairāku AL iemaisīšana izraisa CBR samazināšanos (ar: *Dustex* – 1,0 l/m<sup>2</sup>; *Oldi* – abos gadījumos – 1,0 un 2,0 l/m<sup>2</sup>; *Sappi* – 2,0 l/m<sup>2</sup>), bet vairākos gadījumos (visos gadījumos kur lietots kalcija hlorīds) CBR vērtējams kā līdzīgs vai augstāks nekā nesaistīta grants maisījuma CBR;
- TNI vērtība, veicot grants atputeķļošanu ar *Dustex* un *Sappi*, ir lielāka pie lielāka AL daudzuma, bet *CC Road* un *OLDI* TNI vērtības pieaugot patēriņam no 1,0 l/m<sup>2</sup> uz 2,0 l/m<sup>2</sup> samazinās;

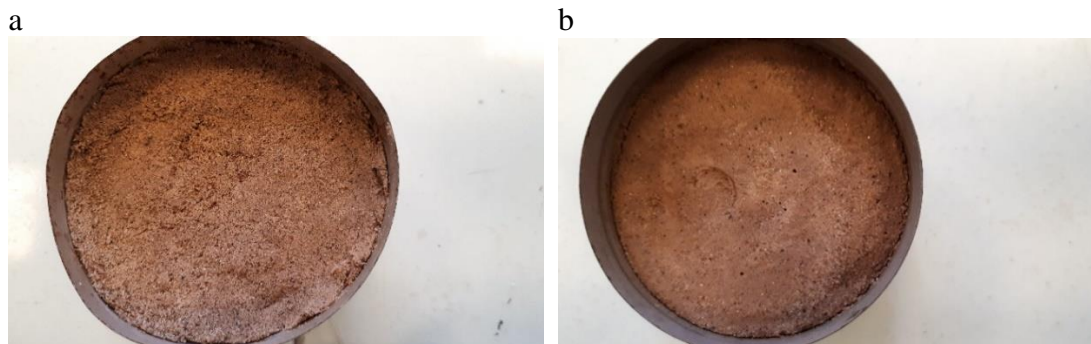
- *CBR* vērtības gandrīz visos gadījumos (izņemot ar *Dustex*) ir lielāka pie neliela AL daudzuma, izņemot *Dustex*, kad palielinoties paterīnam no 1 l/m<sup>2</sup> līdz 2 l/m<sup>2</sup> *CBR* palielinās no 101 līdz 135%.
- visos gadījumos maisījumiem ar vienādu AL un vienādu tā daudzumu *CBR* vērtības ir mazākas par *TNI* vērtībām, kas nozīmē, ka ceļa seguma nestspējas radītāji nedaudz augstāki uzreiz pēc AL iestrādes un samazinās papildus mitruma iedarbībā;
- visos gadījumos arī konstatēta lielāka *TNI* un *CBR* rezultātu atšķirība, ja lielāks ir lietotā AL daudzums, un otrādi;
- tomēr arī zemākās grants maisījuma ar AL iegūtās *CBR* vērtības raksturo grants seguma nestspēju kā pietiekamu tā atbilstoši funkcionalitātei;
- paraugu piesūcināšanas laikā pirms *CBR* testa konstatēts papildus uzņemtā mitruma daudzums 0,5 – 1,7% robežās, paraugu lineārā izplešanās nav konstatēta, izņemot niecīgu palielināšanos dažos gadījumos (0,02; 0,06; 0,08 mm), kas raksturo grants maisījumu kā noturīgu pret mitruma iedarbību kombinācijā ar visiem izmantotajiem AL;
- kā salīdzinoši veiksmīgi no nestspējas viedokļa vērtējami visu lignosulfonātu ar kalcija hlorīdu maisījumu kombināciju iegūtie *TNI* un *CBR* rezultāti.

#### **2.2.8. Atputeķļošanas līdzekļu un putekļaino daļiņu sistēmas novecošanās izturība ultravioletā starojuma, temperatūras un mitruma iedarbībā**

Ar četru AL apstrādātu smalkās frakcijas grants paraugu ilgizturība agresīvu apkārtējās vides faktoru ietekmē tika provizoriski novērtēta, vērtējot gan neapstrādātu, gan ar dažādiem AL apstrādātu grants paraugu ķīmiskās struktūras maiņu pirms un pēc to paātrinātās novecināšanas. Novecināšanai, laboratorijas apstākļos imitējot ārējo faktoru – UV, temperatūras un mitruma iedarbību, lai noteikt atputeķļotās grants izmaiņas, smalkās frakcijas grants paraugi sagatavoti šādi:

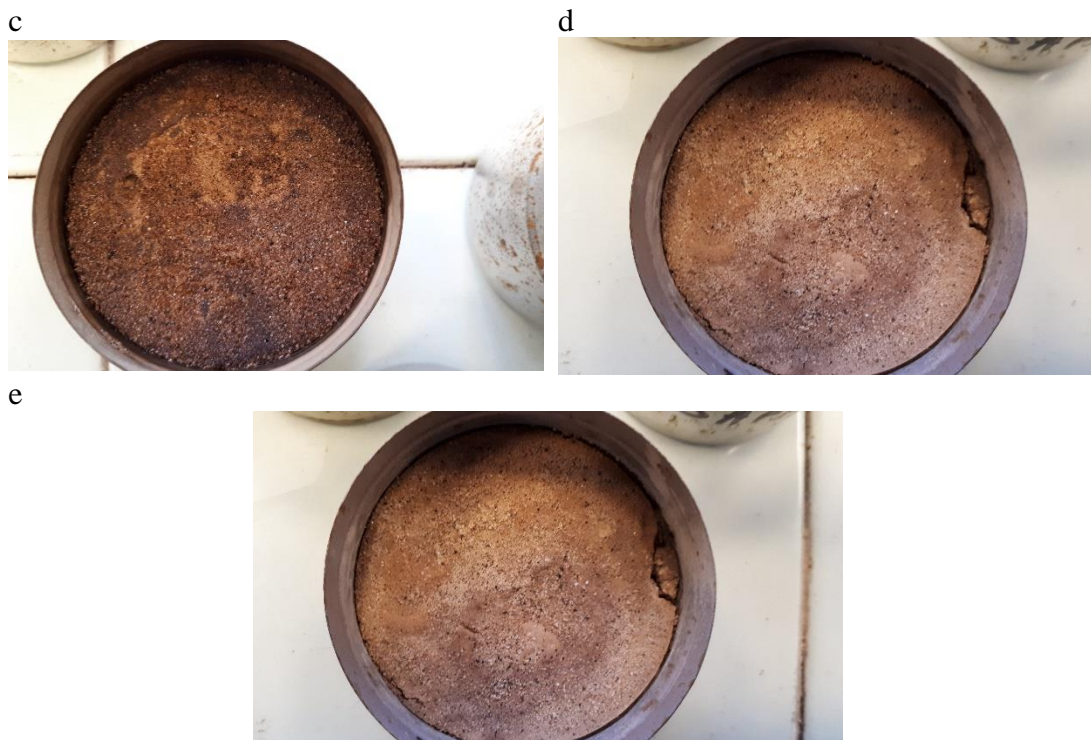
- cilindruveida metāla trauciņi piepildīti ar smalkās frakcijas granti un manuāli sablīvēti;
- grants virsma apstrādāta ar AL šķīdumu, nodrošinot, lai AL koncentrācija uz pārklājamās virsmas būtu 2 l/m<sup>2</sup>;
- sagatavotie grants paraugi 24 stundas pirms novecināšanas procesa izturēti laboratorijas apstākļos ( $t = 23 \pm 2$  °C un  $RH = 50 \pm 5\%$ ).

Paātrinātai novecināšanai izmantotie grants smalkās frakcijas paraugi parādīti 2.69. attēlā.



(attēla turpinājums nākamajā lapaspusē)

(attēla turpinājums no iepriekšējās lapaspuses)



**2.69. att. Paātrinātai novecināšanai izmantotie grants smalkās frakcijas paraugi:  
izmantotā smalkās frakcijas grants (a) un ar CC Road (b), Dustex (c), OLDI (d)  
un Sappi AL apstrādātie paraugi (e)**

Grants paraugu novecināšana veikta paātrinātās novecināšanas ultravioletā starojuma kamerā QUV, pakļaujot tos šādu apkārtējās vides faktoru iedarbībai:

- pirmais etaps – 8 stundu ultravioletais starojums ar viļņu garuma maksimumu pie 340 nm un 0,76 W/m intensitāti  $50 \pm 3$  °C temperatūrā;
- otrais etaps – 15 min. ūdens izsmidzināšana pie izslēgtām UV starojuma lampām;
- trešais etaps – 3 stundu 45 min. ilga kondensācija  $50 \pm 3$  °C temperatūrā pie izslēgtām UV starojuma lampām.
- Pētījuma laikā grants paraugi tika pakļauti 514 stundu jeb 21 dienas/3 nedēļu ilgai novecināšanai. Izvēlēto laika periodu noteica novecināšanas iekārtas aizņemtība citu pasūtījumu veikšanai, kā arī LVM pētījuma ierobežotība laikā.

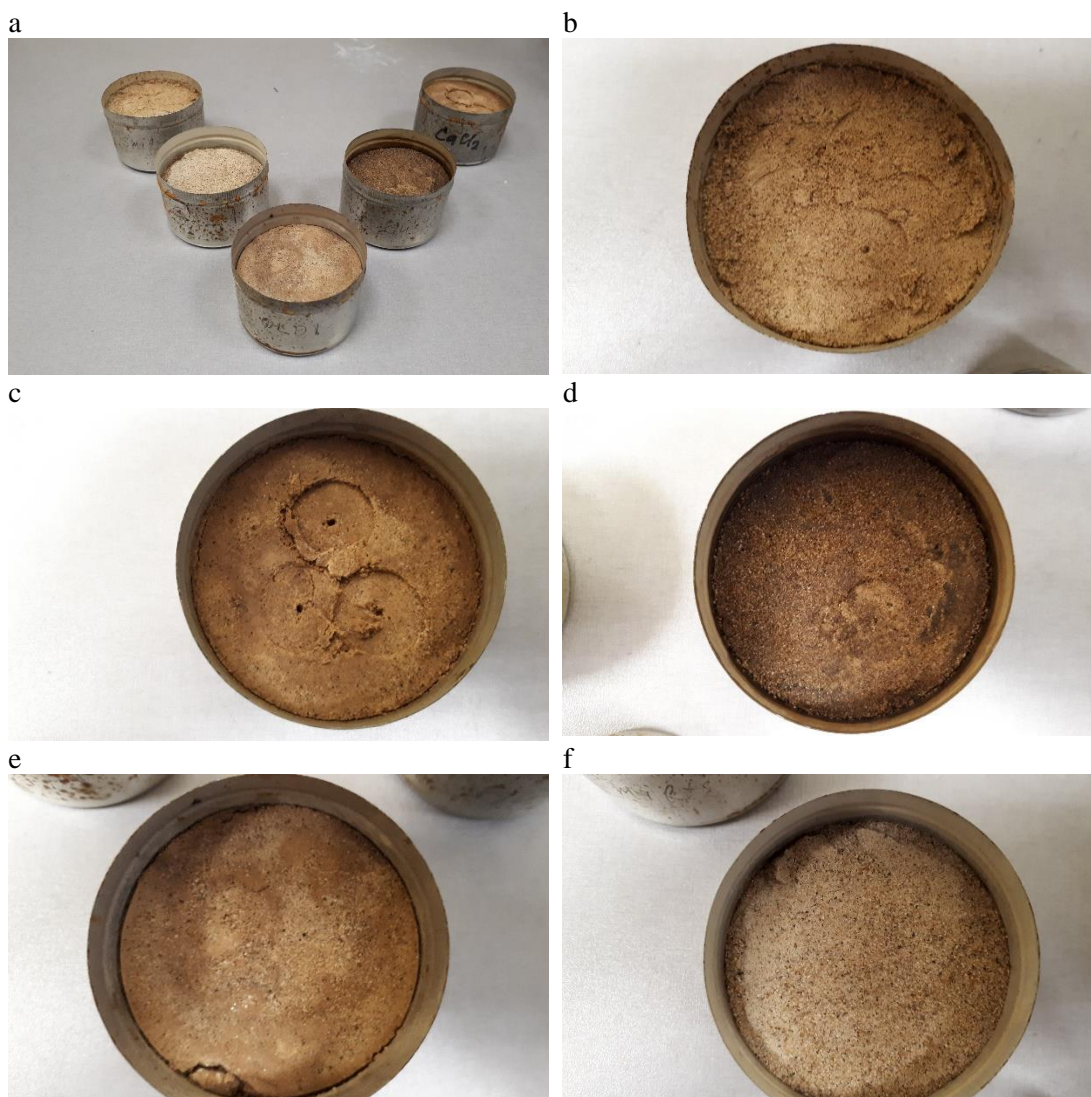
Grants paraugu infrasarkanā starojuma spektri uzņemti viļņu skaitļu diapazonā no 650 līdz 4000  $\text{cm}^{-1}$ , izmantojot *ThermoFischer FT-IR* spektrofotometru *Nicolet 6700 ATR* darba režīmā. Testi veikti atbilstoši infrasarkanā spektrometra darba metodikai.

Novecināšanas procesā izvērtēta arī pārklājuma cietības maiņa atkarībā no apkārtējās vides faktoru iedarbības laika – līdz 514 stundām. Cietības novērtēšanai izmantots mehāniskais indents ar nošķelta konusveida adatu.

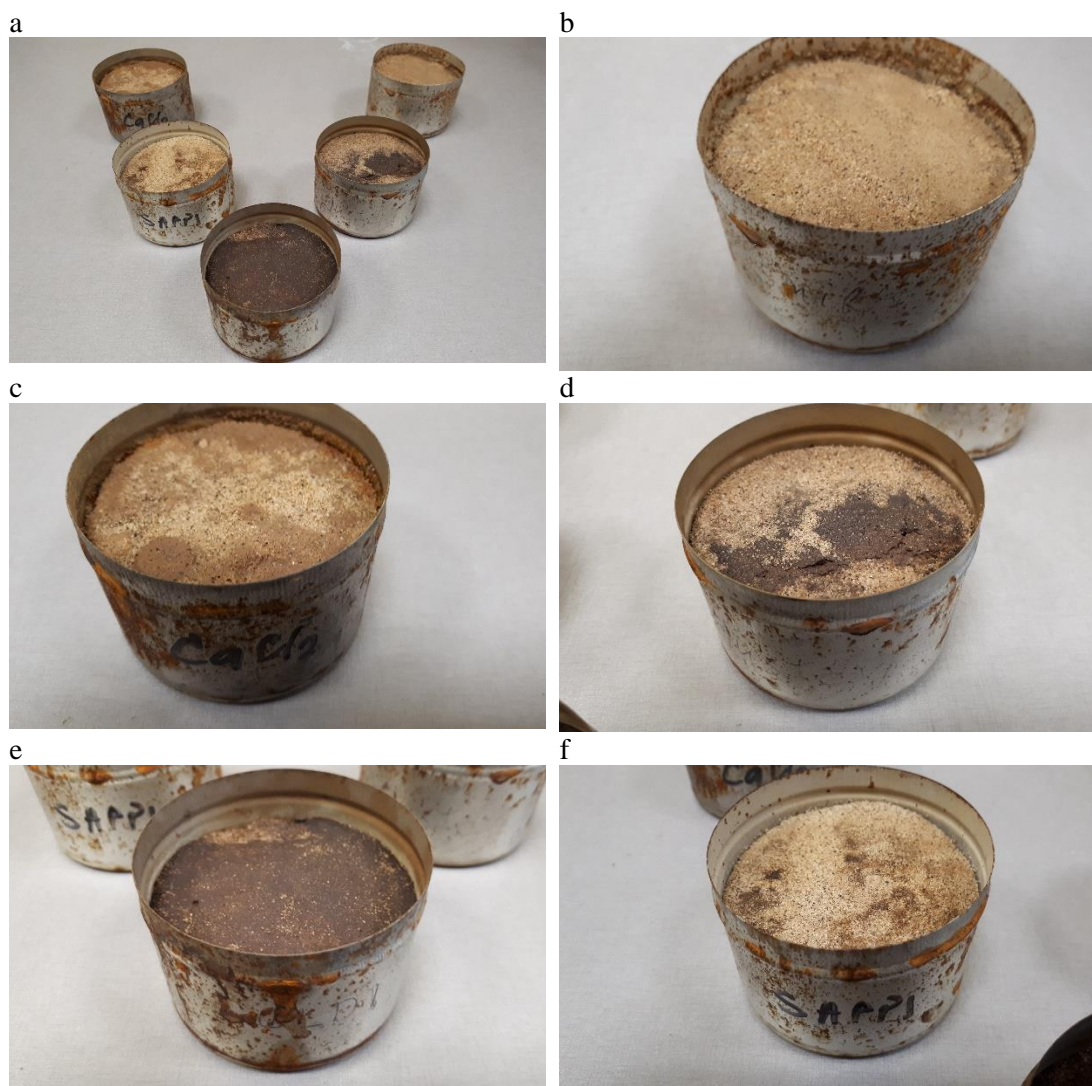
Vienlaikus novērtēta arī grants paraugu mehāniskā izturība pēc 514 stundu novecināšanas. Grants paraugu mehāniskā izturība vērtēta, izmantojot krītošā svara triecienizturības torni ar pussfērisku 0,45 kg smagu belzeni, kura noapaļojuma rādiuss bija 50 mm un nodrošināja 2,2 J lielu trieciena enerģiju, krītot no 500 mm brīvās krišanas augstuma.

### 2.2.8.1. Novecināšana

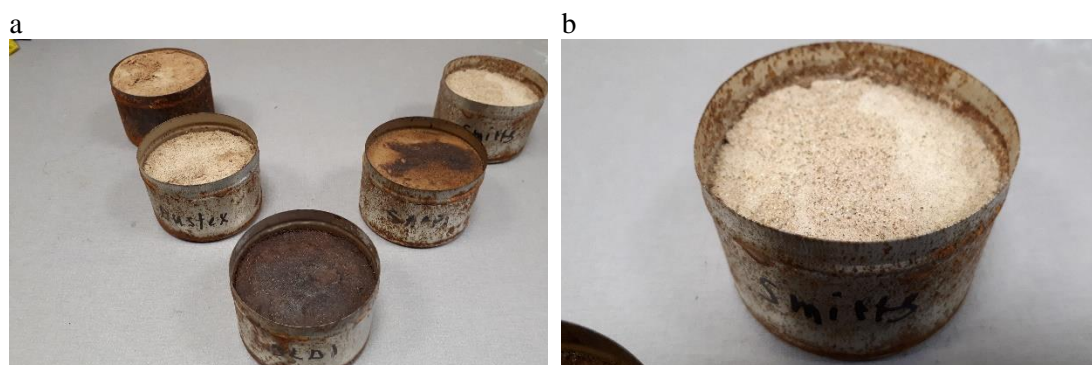
Grants smalkās frakcijas paraugi pēc novecināšanas, ar dažādiem novecināšanas intervāliem, apkopoti 2.70. – 2.73. attēlā. Var redzēt, ka novecināšanas procesā nav notikušas būtiskas virsmas izmaiņas gan neapstrādātas grants paraugam, gan ar lignosulfonātu AL apstrādātas grants paraugiem, savukārt ar *CC Road* apstrādātajam grants paraugam novērota uzbrīošana, kas varētu būt skaidrojama ar kalcija hlorīda AL mitruma absorbcijas spēju. Svarīgi atzīmēt, ka novērota ar kalcija hlorīda AL apstrādātā grants parauga trauciņa pastiprināta korozija, kas norāda uz šī AL potenciāli lielāku negatīvo ietekmi uz transportlīdzekļu koroziju salīdzinājumā ar lignosulfonātu AL.



**2.70. att. 150 stundas novecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: paraugu kopskats (a), neapstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (b), ar *CC Road* (c), *Dustex* (d), *OLDI* (e) un *Sappi* (f) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi**

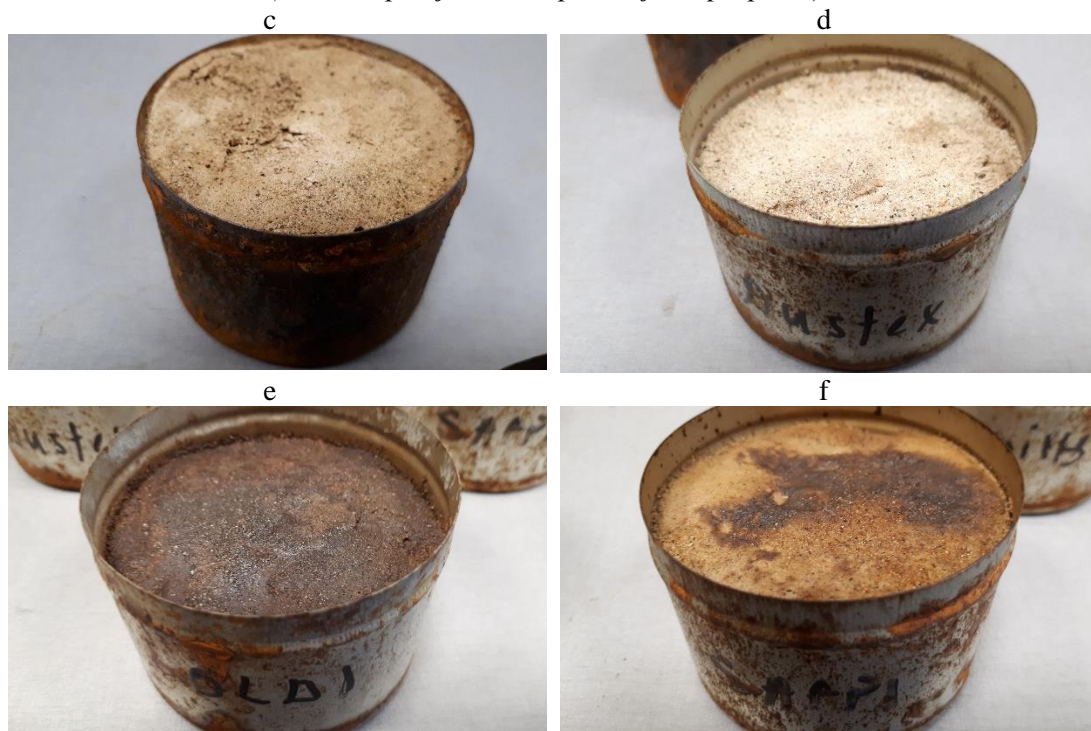


**2.71. att. 400 stundas vecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: paraugu kopskats (a), neapstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (b), ar CC Road (c), Dustex (d), OLDI (e) un Sappi (f) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi**

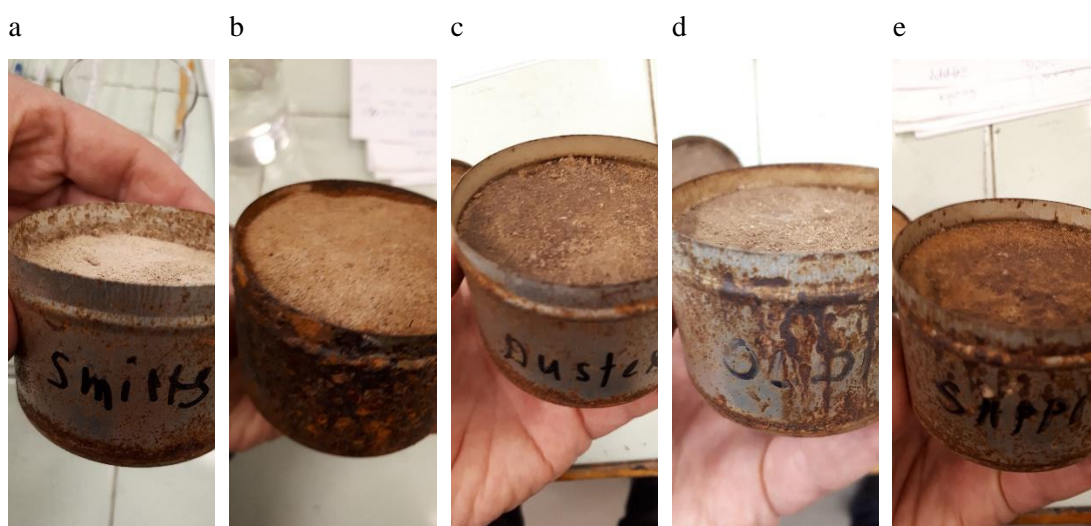


(attēla turpinājums nākamajā lapaspusē)

(attēla turpinājums no iepriekšējās lapaspuses)



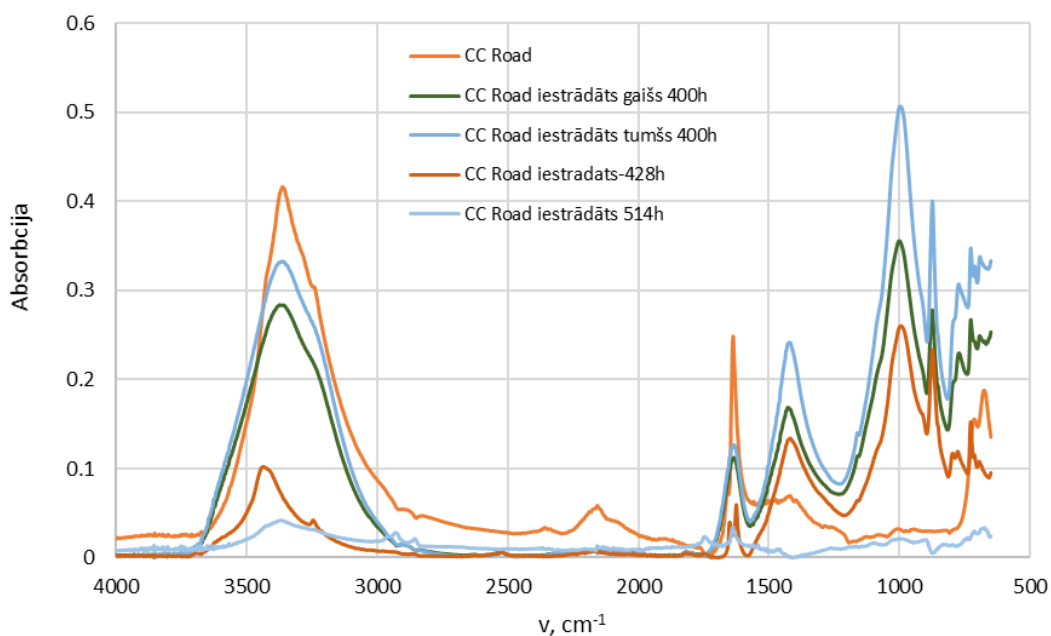
**2.72. att. 428 stundas vecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: paraugu kopskats (a), neapstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (b), ar CC Road (c), Dustex (d), OLDI (e) un Sappi (f) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi**



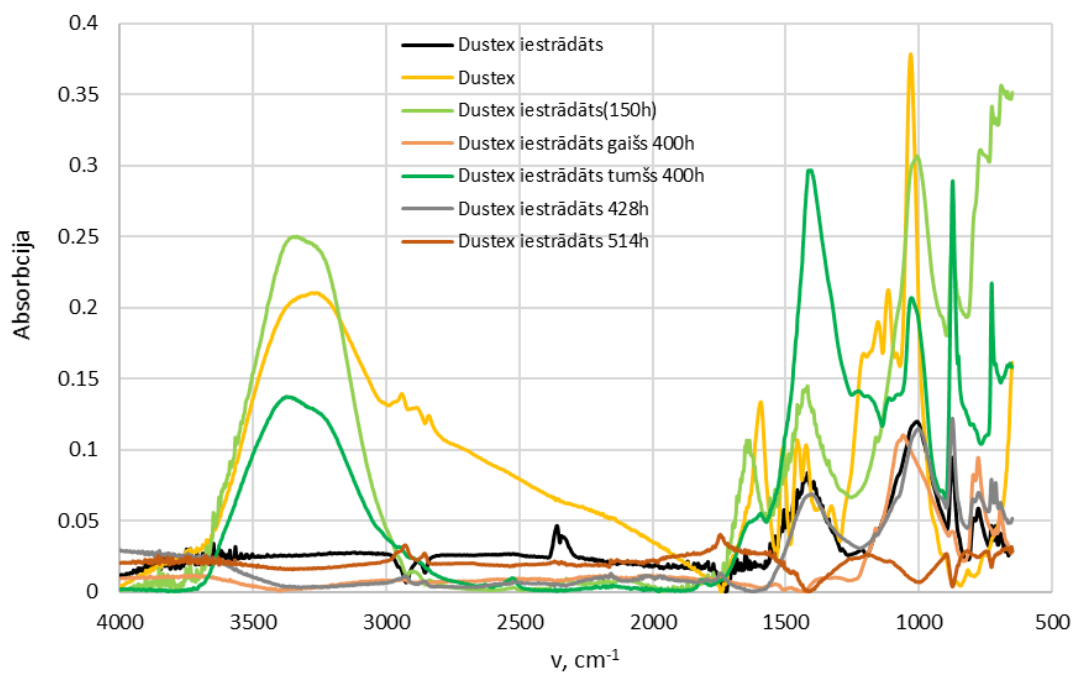
**2.73. att. 514 stundas vecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: neapstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (a), ar CC Road (b), Dustex (c), OLDI (d) un Sappi (e) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi**

### 2.2.8.2. Infrasarkanā starojuma spektra noteikšana

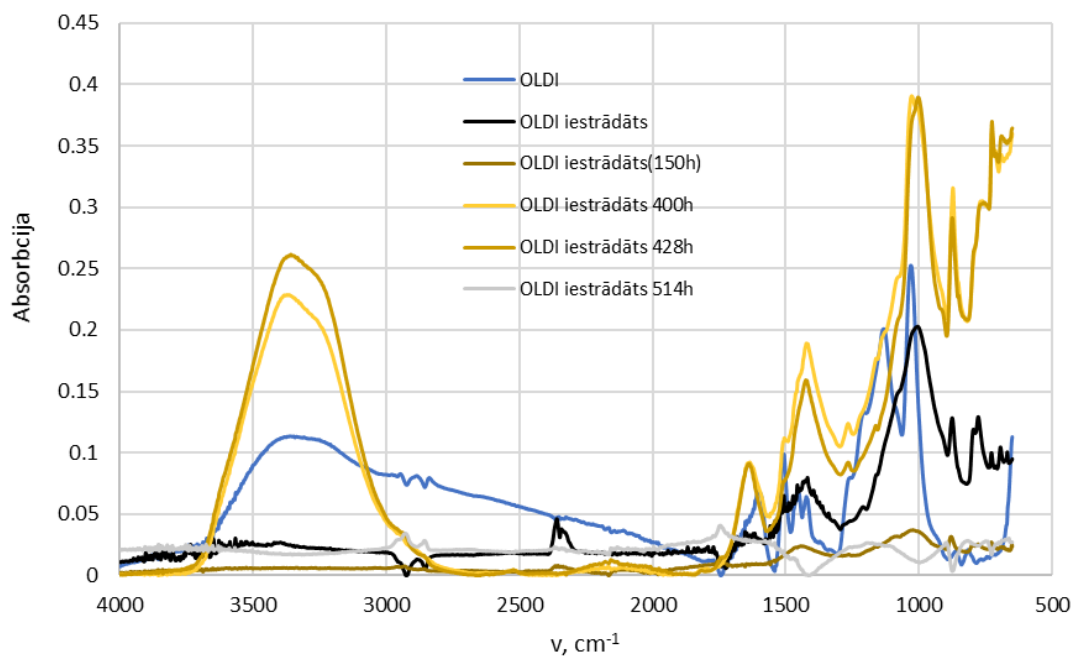
Svarīgi arī atzīmēt, ka novecināšanas procesa laikā netika novērotas būtiskas ar AL apstrādāto paraugu ķīmiskās struktūras izmaiņas (skat. 2.74. – 2.77. att.). Atšķirības infrasarkanajos (*FTIR*) spektros galvenokārt saistītas ar atšķirīgu mitruma saturu analizējamajos paraugos, kā arī ar aktīvās vielas (galvenokārt lignosulfonāta) koncentrāciju tajos. Kopumā tas liecina par to, ka ekspluatācijas laikā nenotiek AL ķīmiskās struktūras būtiskas izmaiņas, kuras ietekmētu to atputekļošanas funkcionalitāti, un AL efektīvi darbojās, ja vien nenotiek tā izskalošanās, kā tas tika konstatēts 2.2.4. sadaļā.



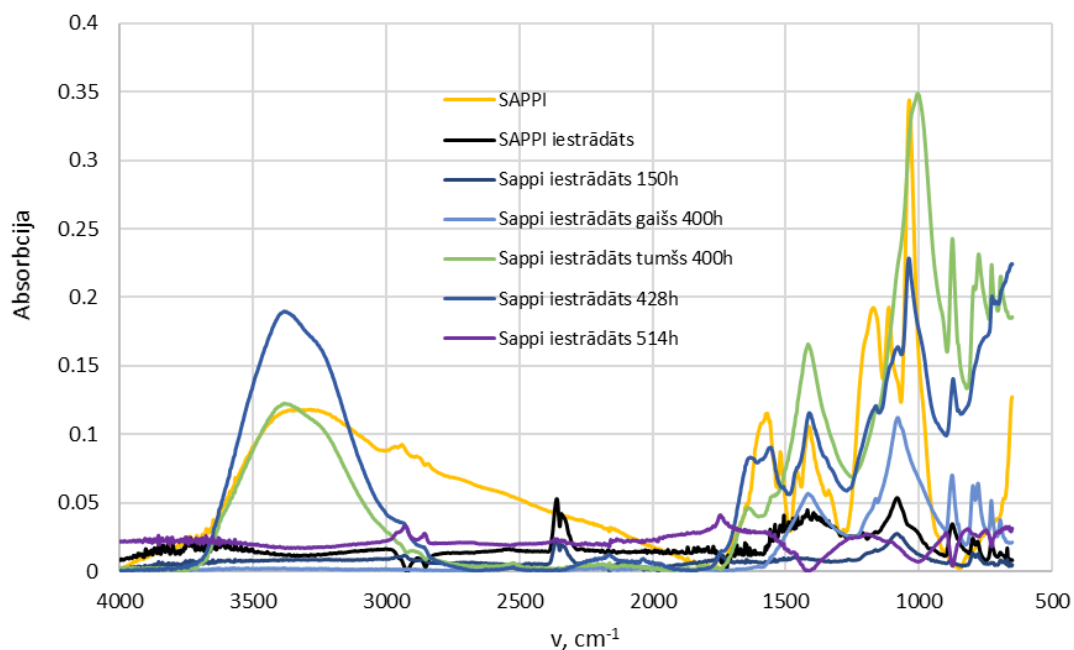
**2.74. att. Ar CC Road AL apstrādātu grants paraugu *FTIR* spektru maiņa paātrinātās novecināšanas laikā**



**2.75. att. Ar *Dustex* AL apstrādātu grants paraugu *FTIR* spektru maiņa paātrinātās novecināšanas laikā**



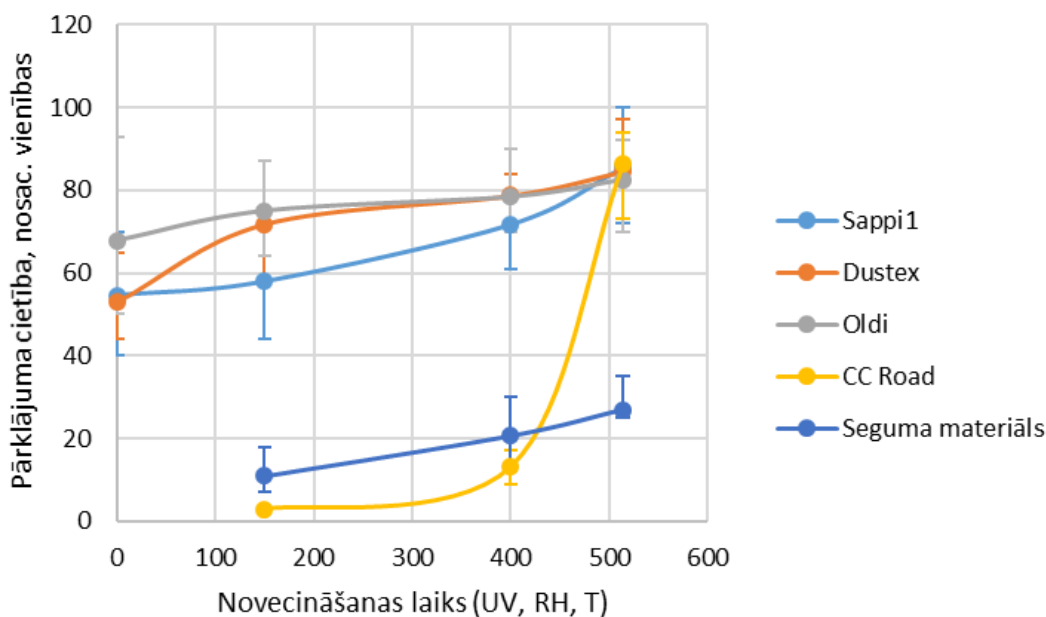
**2.76. att. Ar *OLDI* AL apstrādātu grants paraugu *FTIR* spektru maiņa paātrinātās novecināšanas laikā**



**2.77. att. Ar Sappi AL apstrādātu grants paraugu *FTIR* spektru maiņa  
paātrinātās novecināšanas laikā**

### 2.2.8.3. Virsmas cietības izmaiņas

Novecināšanas procesa laikā analizētas izžāvētu grants paraugu virsmas cietības izmaiņas (skat. 2.78. attēls). Novērots, ka pirms novecošanās ar lignosulfonātu AL apstrādātu grants paraugu virsmas cietība ir ievērojami lielāka nekā neapstrādātas grants vai ar kalcija hlorīdu apstrādātas grants paraugu virsmas cietība. Starp lignosulfonātu AL vislielākā cietība visā grants paraugu novecināšanas gaitā tika novērota ar *OLDI* apstrādātajiem paraugiem, bet vismazākā – ar *Sappi* apstrādātajiem paraugiem. Neskatoties uz to, jānorāda uz paralēlo cietības mērījumu rezultātu lielajām svārstībām, kā arī uz paraugu iespējamo atšķirīgo mitruma saturu – tas dod pamatu secināt, ka kļūdas robežās visu ar lignosulfonātiem apstrādāto grants paraugu virsmas cietības vērtības ir savstarpēji salīdzināmas. Vienlaikus jāatzīmē, ka, palielinoties novecināšanas laikam, novērojama tendence visu grants paraugu cietībai palielināties. Interesants šajā ziņā ir straujais ar *CC Road* apstrādātā uzbriedušā parauga virsmas cietības pieaugums, kas visdrīzāk saistīts ar kalcija hlorīda spēju piesaistīt mitrumu.



**2.78. att. Grants paraugu virsmas cietības maiņa novecināšanas procesā**

#### 2.2.8.4. Mehāniskā izturība

Tā kā atputeķļošanas spēja var samazināties, ti īpaši gadījumos, kad cietais virsmas pārklājums tiek bojāts, veikta virsmas izturības testēšana, kas ir īpaši aktuāla ar lignosulfonātiem apstrādāto grants paraugu gadījumā. Analīzes rezultāti pēc viena un diviem triecieniem (kas imitē un ļauj novērtēt, kā var mainīties izmantojamo AL izturība un efektivitāte uz potenciāli atputeķļojamā meža autoceļa) parādīti 2.79. attēlā. Pēc pirmā trieciena vislielāko trauslumu uzrādīja ar *Dustex* AL pārklātais grants paraugs, kas teorētiski izraisa tā atputeķļošanas efektivitātes lielāku samazināšanos gadījumā, ja mehāniskās slodzes iedarbībā cietais virsmas slānis tiek bojāts. Tomēr pēc otrā trieciena veikšanas atšķirības starp testētajiem grants paraugiem samazinājās, proti, redzams, ka būtiskas deformācijas pazīmes novērojamas visiem grants paraugiem. Salīdzinājumā ar pirmo triecienu, īpaši lielas atšķirības ir vērojamas ar *CC Road* AL apstrādātajam paraugam, kam novērojama ar sāli piesātināta uzbrieduša garozas slāņa izveidošanās. Izmērot trieciena rezultātā radītos defektus (skat. 2.80. attēls), redzams, ka ar lignosulfonātu AL pārklāto paraugu garozas biezums svārstās robežās no 4 līdz 6 mm, savukārt ar *CC Road* AL pārklātā grants parauga garozas biezums sasniedz pat 13 mm.

## 1. trieciens



## 2. trieciens



a

b

c

d

e

**2.79. att. Izzāvētu, 514 stundas novecinātu grants paraugu virsmas slāņa izturība pret ārēju triecienu: a – smalkās frakcijas grants; b – ar *CC Road* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; c – ar *Dustex* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; d – ar *OLDI* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; e – ar *Sappi* AL pārklātā smalkās frakcijas grants**



a

b

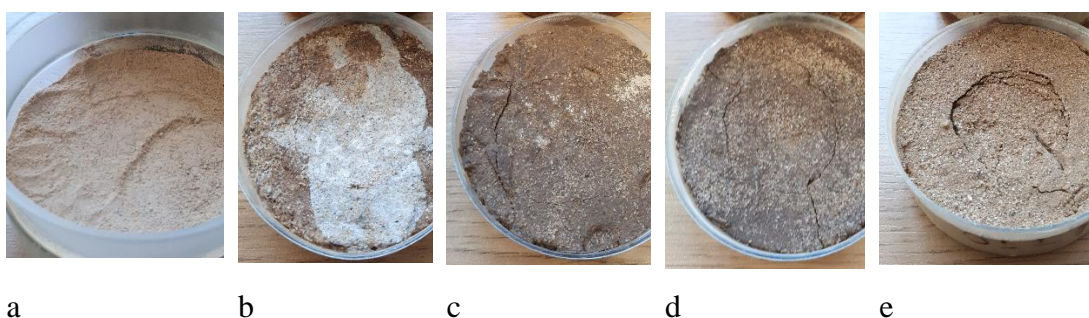
c

d

**2.80. att. Ar AL pārklātu, izžāvētu, 514 stundas vecinātu grants paraugu virsmas defekti un to mērīšana: a – ar *OLDI* pārklātā grants parauga triecienā sagrautās garozas biezuma mērīšana, b – ar *Dustex* pārklātā grants parauga triecienā sagrautās garozas biezuma mērīšana, c – ar *Dustex* pārklātā grants parauga triecienā sagrautās garozas tuvinājums, d – ar *CC Road* pārklātā grants parauga garozas biezuma mērīšana.**

### 2.2.8.5. Virsmas slāņa triecienizturība nenovecinātiem paraugiem

Lai noteiktu lignosulfonātu novecināšanas ietekmi uz grants paraugu virsmas slāņa stiprību, veikti nenovecināto paraugu virsmas slāņa triecienizturības mērījumi, kuri parādīti 2.78. attēlā. Līdzīgi kā ar novecināto paraugu, pēc pirmā trieciena veikšanas novērojama sāļu izdalījumu veidošanās uz ar *CC Road* apstrādātā grants parauga, kā arī plaisu parādīšanās ar lignosulfonātiem AL apstrādātajiem paraugiem. Salīdzinoši lielāki bojājumi novēroti ar *OLDI* un *Sappi* AL pārklātajos grants paraugos (skat. 2.81. c), d) un e) attēli). Iegūtie novērojumi viennozīmīgi vēl neļauj spriest, vai kāds no lignosulfonātu AL būtu būtiski pārāks par citu. Tādējādi būtu vēlams vēl papildus veikt grants pārklājuma cietības mērījumus gan laboratorijas, gan lauka apstākļos.



**2.81. att. Izžāvētu nevecināto grants paraugu virsmas slāņa izturība pret ārēju triecieniem: a – smalkās frakcijas grants; b – ar *CC Road* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; c – ar *Dustex* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; d – ar *OLDI* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; e – ar *Sappi* AL pārklātā smalkās frakcijas grants**

### 2.2.9. Laboratorijas eksperimentu rezultātu apkopojums

2.7. tabulā apkopti visu šajā pētījumā izmantotu atputekļošanas līdzekļu testēšanas rezultāti, kā arī iekavās piešķirts katra atputekļošanas līdzekļu vērtējums no 1. līdz 4. Vērtējums “1” attiecas uz salīdzinoši zemāko vērtējumu, bet vērtējums “4” – attiecīgi uz salīdzinoši augstāko vērtējumu.

**2.7. tabula**

#### Laboratorisko eksperimentu kopsavilkums

| Analizējamais parametrs  | Atputekļošanas līdzekļi |             |              |                |
|--|-------------------------|-------------|--------------|----------------|
|  | <i>Dustex</i>           | <i>OLDI</i> | <i>Sappi</i> | <i>CC Road</i> |
| <b>AL saistīšanas īpašības</b> , kuras tiek novērtētas pēc izveidoto grants putekļu aglomerātu $\geq 3$ mm* un atlikušo putekļu daļiņu ( $<100$ $\mu$ k) satura (% no izejas putekļu masas), pie dažādām AL šķīduma koncentrācijām un patēriņa |                         |             |              |                |
| 20 % šķīdums ar patēriņu 1,3 l/m <sup>2</sup>  | 97,8 / 0,0              | 95,3 / 1,0  | 87,2 / 1,9   | -              |

| Analizējamais parametrs   | Atputekļošanas līdzekļi |                   |                   |                   |
|---|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|   | <i>Dustex</i>           | <i>OLDI</i>       | <i>Sappi</i>      | <i>CC Road</i>    |
|   | (1)                     | (2)               | (3)               |                   |
| 20 % šķīdums ar patēriņu 2,0 l/m <sup>2</sup>   | 97,9 / 0,0<br>(1)       | 96,1 / 0,8<br>(2) | 83,6 / 1,2<br>(3) | -                 |
| 30 % šķīdums ar patēriņu 1,3 l/m <sup>2</sup>   | 94,8 / 0,0<br>(1)       | 90,5 / 1,7<br>(2) | 89,8 / 2,3<br>(4) | 89,3 / 0,6<br>(3) |
| 30 % šķīdums ar patēriņu 2,0 l/m <sup>2</sup>   | 95,6 / 0,0<br>(1)       | 91,1 / 1,1<br>(3) | 91,4 / 2,1<br>(4) | 95,0 / 1,2<br>(2) |
| <b>Grants putekļu aglomerātu** ūdens izturība</b> , kas tiek novērtēta pēc putekļu daļiņu (<100 μk) satura palielinājuma (% no apstrādātās grants masas) pēc mitrināšanas/žāvēšanas cikliem |                         |                   |                   |                   |
| nulles cikls  | 0,0 (1)                 | 1,1 (3)           | 2,3 (4)           | 0,6 (2)           |
| 1. cikls  | 0,5 (1)                 | 2,0 (2-3)         | 3,9 (4)           | 2,0 (2-3)         |
| 3. cikls  | 1,2 (1)                 | 7,6 (4)           | 5,1 (2)           | 6,9 (3)           |
| 5. cikls  | 3,9 (1)                 | 9,7 (4)           | 7,8 (2)           | 8,3 (3)           |
| <b>AL šķīdumu virsmas aktivitāte</b> , kas tika novērtēta ar tā virsmas spraigumu robežā ūdens-gaiss (jo augstāk spraigums, jo mazāka virsmas aktivitāte), mN/m <sup>2</sup>                |                         |                   |                   |                   |
| 10 %  | 37,7                    | 45,9              | 38,9              | -                 |
| 30 %  | 36,5                    | 44,5              | 37,3              | -                 |
| <b>Iegādes izmaksas, EUR/t</b>  | (2)                     | -                 | -                 | (1)               |
| <b>Ietekme uz vidi</b>  |                         |                   |                   |                   |
| <b>Kaitīgo vielu koncentrācija atputekļotājā</b> , kas var negatīvi ietekmēt blakus esošo zemi un augsni:   |                         |                   |                   |                   |
| poliaromātisko ogļūdeņražu (PAH) satura koncentrācija, mg/kg; (pieļaujamā koncentrācija zemē un augsnē –1 - 40 mg/kg)   | 0,13 (1)                | 0,31 (3)          | 0,30 (2)          | -                 |
| polihlorbifenila (PCB) satura koncentrācija, mg/kg; (pieļaujamā koncentrācija zemē un augsnē – 0,02 - 1 mg/kg)  | < 0,02<br>(1 - 4)       | < 0,02<br>(1 - 4) | < 0,02<br>(1 - 4) | -                 |
| <b>AL komponentsastāvs</b> (sausnas izteiksmē)  |                         |                   |                   |                   |
| Lignosulfonāti, %   | 79,0 (1)                | 70,7 (3)          | 71,9 (2)          | -                 |
| Saharīdi, %   | 7,5 (1)                 | 10,2 (3)          | 8,8 (2)           | -                 |
| Pelni (metālu joni), %  | 13,5 (1)                | 19,1 (2)          | 19,3 (3)          | -                 |
| pH  |                         |                   |                   |                   |
| 10%   | 4,9(2)                  | 4,4(3)            | 6,4(1)            | -                 |
| 20%   | 4,8(2)                  | 4,3(3)            | 6,4(1)            | -                 |
| 30% (38% CaCl gadījumā)   | 4,8(2)                  | 4,4(3)            | 6,5(1)            | 8,3(4)            |
| 50%   | 4,8(2)                  | 4,5(3)            | 6,7(1)            | -                 |

| Analizējamais parametrs   | Atputekļošanas līdzekļi                               |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   | <i>Dustex</i>   | <i>OLDI</i>   | <i>Sappi</i>  | <i>CC Road</i>  |
| <b>Viskozitāte atkāribā no AL koncentrācijas % pie 300apgr./min, mPa·s</b>      |   |   |   |   |
| 10%   | 2,7 (2)   | 2,6 (1)   | 3,5 (3)   | -   |
| 20%   | 3,3 (1)   | 3,9 (2)   | 4,9 (3)   | -   |
| 30% (38% CaCl gadījumā)   | 6,1 (1)   | 11,2 (4)  | 7,7 (2)   | 8,0 (3)   |
| 50%   | 73,8 (2)  | 2850 (3)  | 72,7 (1)  | -   |
| pēc 24h, 50% (38% CaCl gadījumā) koncentrācija (noslaņošanās izturība)          | 79,1 (2)  | 3610 (4)  | 79,5 (3)  | 8,2 (1)   |
| AL iesūkšanās dziļums pēc 24 h  | 10(3)   | 11,5(2)   | 10(3)   | 12,8(1)   |
| Penetrācijas sākuma ātrums (pēc 4 ml ūdens uzliešanas), ml/min.                 | 0,032(4)  | 0,1(3)  | 0,114(2)  | 0.4(1)  |
| Penetrācijas ātrums pie AL caurspiešanās (pēc 174 ml ūdens uzliešanas), ml/min. | 0.002(2)  | 0.001(1)  | 0.001(1)  | 0.0254(4)   |
| Novecošanās – infrasarkanais starojums  | (1)<br>būtiskas ķīmiskās struktūras izmaiņas nenotiek | (1)<br>būtiskas ķīmiskās struktūras izmaiņas nenotiek | (1)<br>būtiskas ķīmiskās struktūras izmaiņas nenotiek | (1)<br>būtiskas ķīmiskās struktūras izmaiņas nenotiek |
| Pirms novecošanās – virsmas cietība   | (1)   | (1)   | (2)   | (1)   |
| Novecošanās – virsmas cietība   | (2)   | (1)   | (1)   | (2)   |
| Mehāniskās īpašības TNI   | 110/138<br>(1)  | 162/153<br>(2)  | 220/164<br>(2)  | 156/179/151<br>(2)                                    |
| TNI – Dustex, Oldi, Sappi + CaCl  | 177<br>(3)  | 178<br>(3)  | 173<br>(3)  | -   |
| Mehāniskās īpašības CBR   | 101/135<br>(1)  | 121/84<br>(1)   | 184/124<br>(2)  | 142/132<br>(3)  |
| CBR – Dustex, Oldi, Sappi + CaCl  | 138<br>(3)  | 156<br>(3)  | 147<br>(3)  | -   |
| Ārzemju pieredze ASV mitros apstākļos   | Lignosulfonāti (2)                                    |   |   | MgCl <sub>2</sub> /CaCl <sub>2</sub><br>(1)           |
| Ārzemju pieredze ASV Sausos apstākļos   | Lignosulfonāti (1)                                    |   |   | MgCl <sub>2</sub> /CaCl <sub>2</sub><br>(2)           |
| Ārzemju pieredze DĀR īstermiņā  | Lignosulfonāti (1)                                    |   |   | MgCl <sub>2</sub> /CaCl <sub>2</sub><br>(2)           |
| Ārzemju pieredze DĀR ilgtermiņā   | Lignosulfonāti (2)                                    |   |   | MgCl <sub>2</sub> /CaCl <sub>2</sub><br>(1)           |
| Ārzemju pieredze Latvija  | -   |   |   | šķīdums (2)<br>granulās (3)                           |
| Ārzemju pieredze Lietuva  | Lignosulfonāts (1)                                    |   |   | CaCl <sub>2</sub> (1)                                 |
| Ārzemju pieredze Igaunija   | -   |   |   | šķīdums (2)<br>granulās (3)                           |
| Ārzemju pieredze Zviedrija  | Lignosulfonāts<br>(1)                                 |   |   | šķīdums (4)<br>granulās (2)                           |

| Analizējamais parametrs                        | Atputeķļošanas līdzekļis |             |              |                |
|--|--------------------------|-------------|--------------|----------------|
|  | <i>Dustex</i>            | <i>OLDI</i> | <i>Sappi</i> | <i>CC Road</i> |
| <b>Kopvērtējums/ Izvēles prioritārā secība</b> | <b>1/2</b>               | <b>4</b>    | <b>3</b>     | <b>1/2</b>     |

\* Rupjas frakcijas ar diametru  $\geq 3,00\text{mm}$ , kas aktīvi sāk pretoties vēja un ūdens iedarbībai [43].

\*\* Izmantoti 30 % AL šķīdumi ar patēriņu  $1,3 \text{ l/m}^2$ .

## 2.2.10. Secinājumi

- Dustex* un *Sappi* labāk adsorbējās robežvirsmā salīdzinājumā ar *OLDI* lignosulfonātiem, kas norāda uz to lielāko virsmas aktivitāti, kā arī visu AL paraugu slapēšanas leņķa samazināšanās salīdzinājumā ar grants paraugu nozīmē augstu AL un grants puteķļaino daļiņu salīmēšanas jeb aglomerācijas spēju.
- Sappi*, *Dustex* un *CC Road* dažādās koncentrācijās var izkliedēt ar parastām sprauslām šo AL zemas viskozitātes dēļ, bet *OLDI* pie koncentrācijas 50% jāizmanto speciālas dvīņu jeb *twin-nozzle* sprauslas.
- Analizējot AL šķīdumu viegliestrādājamības rezultātus, noteikts neliels viskozitātes pieaugums jeb viegliestrādājamības pasliktināšanās un noslāņošanās risks pēc 24 stundām, it īpaši 50 % AL šķīdumiem. Tāpēc AL šķīdumi segumā jāiestrāda 24 stundu laikā no sagatavošanas brīža.
- Eksperimentos izmantoto lignosulfonātu AL dinamiskā viskozitāte galvenokārt ir atkarīga no to koncentrācijas, kamēr dinamiskās viskozitātes atšķirība starp dažādiem lignosulfonātu AL ir salīdzinoši mazāka. Palielinoties lignosulfonātu koncentrācijai, atputeķļošanas šķīdumu viskozitāte eksponenciāli palielinās.
- Laika apstākļos, kas raksturojami kā karsta vasaras pēcpusdiena ar temperatūru  $\leq 35^\circ\text{C}$  un gaisa mitrumu  $\approx 25\%$ , kalcija hlorīda spēja piesaistīt mitrumu un atputeķļot var samazināties pat vairākas reizes salīdzinājumā ar drēgnām vasaras naktīm un rītiem, kad temperatūra ir  $\geq 10^\circ\text{C}$  un gaisa mitrums  $\approx 85\%$ , ko ir svarīgi ievērtēt, ja par AL izvēlēts kalcija hlorīds, savukārt lignosulfonātu atputeķļošanas efektivitāte ievērojami pieaug, ja gaisa mitrums  $\approx 85\%$ .
- Aglomerācijas testa rezultāti parāda, ka palielinoties lignosulfonātu šķīduma koncentrācijai ievērojami palielinās lielo aglomerātu daudzums jeb atputeķļošanas spēja. Pieaugot lignosulfonātu šķīdumu koncentrācijai līdz 30% un patēriņam līdz  $2,0 \text{ l/m}^2$ , puteķļu saturs grants paraugos samazinājās attiecīgi no 0 līdz 2,1 %. Lielākais puteķļu samazinājums – 0 % bija ar *Dustex* atputeķļotam paraugam, kas ir labāks rezultāts nekā atputeķļošana ar 30% *CC Road* šķīdumiem un patēriņu  $2,0 \text{ l/m}^2$ , kad iegūtais puteķļu saturs bija 1,2 %.
- Palielinoties lignosulfonātu šķīdumu patēriņam no  $0,7$  līdz  $2,0 \text{ l/m}^2$ , visiem pētītajiem atputeķļotājiem tika novērots ievērojams lielo aglomerātu  $> 3 \text{ mm}$ , kuri labi pretojās vēja radītam spēkam, pieaugums. Ar *Dustex* atputeķļotai grantij iegūts vislielākais, starp visiem četriem šajā pētījumā izmantotiem paraugiem, lielo aglomerātu saturs – 97,8 %. Atputeķļota grants ar 30% *CC Road* šķīdumu un patēriņu  $2,0 \text{ l/m}^2$  sasniedza 95,0 %.
- Grants seguma virsmas cietība ar lignosulfonātu apstrādātam segumam ir ievērojami lielāka nekā neatputeķļotai vai ar kalcija hlorīdu apstrādātam segumam, kas nozīmē, ka ar granti nesamaisīti lignosulfonāti veido stingru garozu. Grants

- seguma garoza, kura izveidojas izstrādājot *OLDI* lignosulfonātu, uzrāda nedaudz lielāku virsmas cietību salīdzinājumā ar *Dustex* un *Sappi* lignosulfonātiem.
9. Grants seguma virsmas triecienizturība, veicot divus vienu pēc otra secīgus triecienus, ar *Dustex* lignosulfonātu apstrādātam segumam uzrāda lielāku trauslas sabrukšanas raksturu, kas var izraisīt atputeķļošanas efektivitātes samazināšanos transporta slodzes iedarbības rezultātā, kad cietais virsmas slānis tiek bojāts.
  10. Ar *CC Road AL* apstrādātajam grants paraugam novērojama uzbrieduša garozas slāņa izveidošanās. Ar lignosulfonātu AL pārklāto grants paraugu garozas biezums svārstās robežās no 4 līdz 6 mm, savukārt ar *CC Road AL* garozas biezums sasniedz pat 13 mm.
  11. Iegūtie novecināto atputeķļotu paraugu triecienizturības rezultāti viennozīmīgi neļauj spriest par kāda no šajā pētījumā izmantotajiem lignosulfonātiem pārākumu par citu.
  12. Ar kalcija hlorīda AL apstrādātā grants parauga trauciņa pastiprināta korozija novecošanās testu laikā norāda uz lielāku potenciālo negatīvo ietekmi uz transportlīdzekļu koroziju salīdzinājumā ar AL uz lignosulfonātu bāzes.
  13. Termiskās stabilitātes testu rezultāti rāda, ka paredzamajā ekspluatācijas temperatūras diapazonā (līdz 60 °C, kas atbilst sakarsušanai ceļa asfalta seguma virsmai karstās vasaras dienās) nav sagaidāma to termiskā sadalīšanās.
  14. Novērtējot izmantoto lignosulfonātu izturību pret ultravioletā starojuma iedarbību, novērojamas noteiktas to struktūras izmaiņas, kas var liecināt par lignosulfonātu AL agrīnu struktūras maiņu. Tomēr pēc iestrādes ceļa seguma materiālā aptuveni 3 cm dziļumā, veidojot seguma virsmā cietu slāni, ultravioletā starojuma ietekme uz lignosulfonātu struktūru ir ievērojami samazināta.
  15. Izmantoto lignosulfonātu pH ir robežās 4 – 7, kas atbilst specifikācijās norādītajam. No eksperimentos aplūkoto lignosulfonātu AL *OLDI* pH vērtība ir viszemākā, bet *Dustex* – visaugstākā. Mainot AL koncentrāciju robežās no 50 līdz 10%, to šķīdumu pH vērtība būtiski nemainās.
  16. Grants puteķļu aglomerācijas rezultāti rāda, ka paraugi, apstrādāti ar *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* lignosulfonātu AL ūdens šķīdumiem ar koncentrāciju 10 – 30% un patēriņu 10 – 30 ml/100g (t. i., mazas koncentrācijas un patēriņa gadījumā), krasi atšķiras pēc frakcionālā sastāva. Palielinot koncentrāciju līdz 20 – 30% un patēriņu līdz 1,3 – 2,0 l/m<sup>2</sup>, dažādo lignosulfonātu AL efektivitātes starpība samazinās.
  17. Pēc efektivitātes pretoties mitrināšanas-žāvēšanas ciklu destruktīvajai iedarbībai AL sarindojas šādi: *Dustex* > *Sappi* > *CC Road* > *OLDI*.
  18. Mikroskopiski novērtējot lignosulfonātu AL mijiedarbību ar granti, redzams, ka notiek puteķļu daļiņu izmēru palielināšanās/aglomerācija, kas liecina par lignosulfonātu AL kā saistvielas īpašībām un izraisa puteķļus veidojošo daļiņu daudzuma samazināšanos un līdz ar to arī gaisa kvalitātes uzlabošanos. Izmantoto lignosulfonātu AL iedarbības efektivitāte savā starpā būtiski neatšķiras.
  19. Visiem ar lignosulfonātu AL apstrādātiem grants paraugiem novērots mitruma iespiešanās ātruma samazinājums. Lielāko mitruma izspiešanās samazināšanās ātrumu un labāku noturību pret izskalošanos uzrāda ar *Dustex* pārklāts grants segums.
  20. Ievērots, ka pēc apstrādes lignosulfonātu atputeķļošanas līdzeklis ir iespiesies noteiktā dziļumā grants virskārtā, veidojot cietu seguma slāni, tāpēc ultravioletā starojuma ietekme uz lignosulfonāta struktūru ir ievērojami samazināta.

21. Grants seguma mehānisko īpašību novērtēšanai laboratorijas apstākļos noteikts tūlītējās nestspējas indekss (TNI), kas raksturo grants maisījuma nestspēju uzreiz pēc tā samaisīšanas ar AL, savukārt Kalifornijas nestspējas rādītājs (*CBR*) raksturo grants maisījuma ar iemaisīto AL nestspēju pēc ūdens iedarbības, t. i., tuvāk reālajiem grants seguma ekspluatācijas apstākļiem. Atkarībā no lietotā AL, kā arī no tā daudzuma, tika iegūtas dažādas TNI un *CBR* vērtības:
- iemaisīšana izraisa grants maisījuma nestspējas samazināšanos, bet vairākos gadījumos nestspēja vērtējama kā līdzīga vai augstāka nekā nesaistītam grants maisījumam;
  - TNI pārsvarā gadījumu ir mazāks, ja mazāks ir AL daudzums, bet lielāks, ja AL daudzums ir lielāks, tomēr novērojams, ka, AL daudzumu palielinot vēl vairāk, TNI samazinās;
  - *CBR* vērtība gandrīz visos gadījumos konstatēta lielāka, ja AL daudzums ir mazāks, un mazāka, ja AL daudzums ir lielāks;
  - visos gadījumos maisījumiem ar vienādu AL un tā daudzumu *CBR* vērtība ir mazāka par TNI vērtību;
  - visos gadījumos konstatēta lielāka TNI un *CBR* rezultātu atšķirība, ja lielāks ir lietotā AL daudzums, un otrādi;
  - arī zemākās iegūtās *CBR* vērtības raksturo grants maisījuma ar jebkura no lietotajiem AL nestspēju kā pietiekamu grants seguma atbilstošai funkcionalitātei;
  - paraugu piesūcināšanas laikā pirms *CBR* testa konstatēts papildus uzņemtā mitruma daudzums 0,5 – 1,7% robežās, paraugu lineārā izplešanās nav konstatēta, izņemot niecīgu palielināšanos dažos gadījumos (0,02; 0,06; 0,08 mm), kas raksturo grants maisījumu kombinācijā ar visiem izmantotajiem AL kā noturīgu pret mitruma iedarbību;
  - kā salīdzinoši veiksmīgāki no nestspējas un citu īpašību viendabības viedokļa vērtējami visu lignosulfonātu AL maisījumu ar  $\text{CaCl}_2$  AL dažādās kombinācijās iegūtie TNI un *CBR* rezultāti.

### 2.2.11. Rekomendācijas

1. Eksperimentālajos laboratorijas pētījumos novērots, ka visi izmantotie lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļi efektīvi saista smalkās putekļus veidojošās grants daļiņas, izveidojot cietu virskārtas slāni, kas samazina putekļu veidošanās spēju.
2. Lauku eksperimentiem, saskaņā ar laboratorijas rezultātiem, izmantojami visi trīs atputeķļošanas līdzekļi uz lignosulfonāta bāzes, kuru koncentrācijai jābūt 20 – 30% un šķīduma patēriņam - 1,3 – 2,0 l/m<sup>2</sup>.
3. Lai apvienotu neorganisko sāļu un lignosulfonātu atputeķļošanas efektus un izstrādātu efektīvu risinājumu atputeķļošanai plašākam laika apstākļu diapazonam, t.i., gan mitram, gan sausam laikam, kā trešo AL turpmākiem eksperimentiem piedāvājam lignosulfonātu un neorganisko sāļu kombinācijas.
4. Tā kā novecināto paraugu tricienizturības rezultāti viennozīmīgi neļauj spriest par kāda no šajā pētījumā izmantotajiem lignosulfonātiem pārākumu, rekomendējams papildus veikt grants pārklājuma cietības mērījumus gan laboratorijas, gan lauka apstākļos.

### **3. Prognozējamā tāme iespējamo atputeķļošanas darbu veikšanai 2. eksperimentālajā kārtā.**

Ņemot vērā to, ka atputeķļošanas līdzekļi uz lignosulfonātu bāzes Latvijā netiek izmantoti ceļu atputeķļošanai, ka Latvijā līdz šim nav tikusi apkopota praktiskā informācija par lignosulfonātu efektivitāti un izmaksām, izmantojot tos kā atputeķļotājus, ka kopējā pieejamā informācija par tiem ir ierobežota, LVM uzreiz nevar pieņemt lēmumu par eksperimentālo atputeķļošanu ar lignosulfonātiem. Tāpēc šajā pētījumā iekļautā informācija LVM sniedz papildus objektīvus datus, vai lignosulfonātu izmantošana uzskatāma par potenciālu efektīvu un perspektīvu pieeju LVM meža autoceļu atputeķļošanā.

Balstoties uz pētījumā izdarītajiem secinājumiem, sagatavota prognozējamā tāme par iespējamiem atputeķļošanas darbiem ar atputeķļošanas līdzekļiem uz lignosulfonātu bāzes.

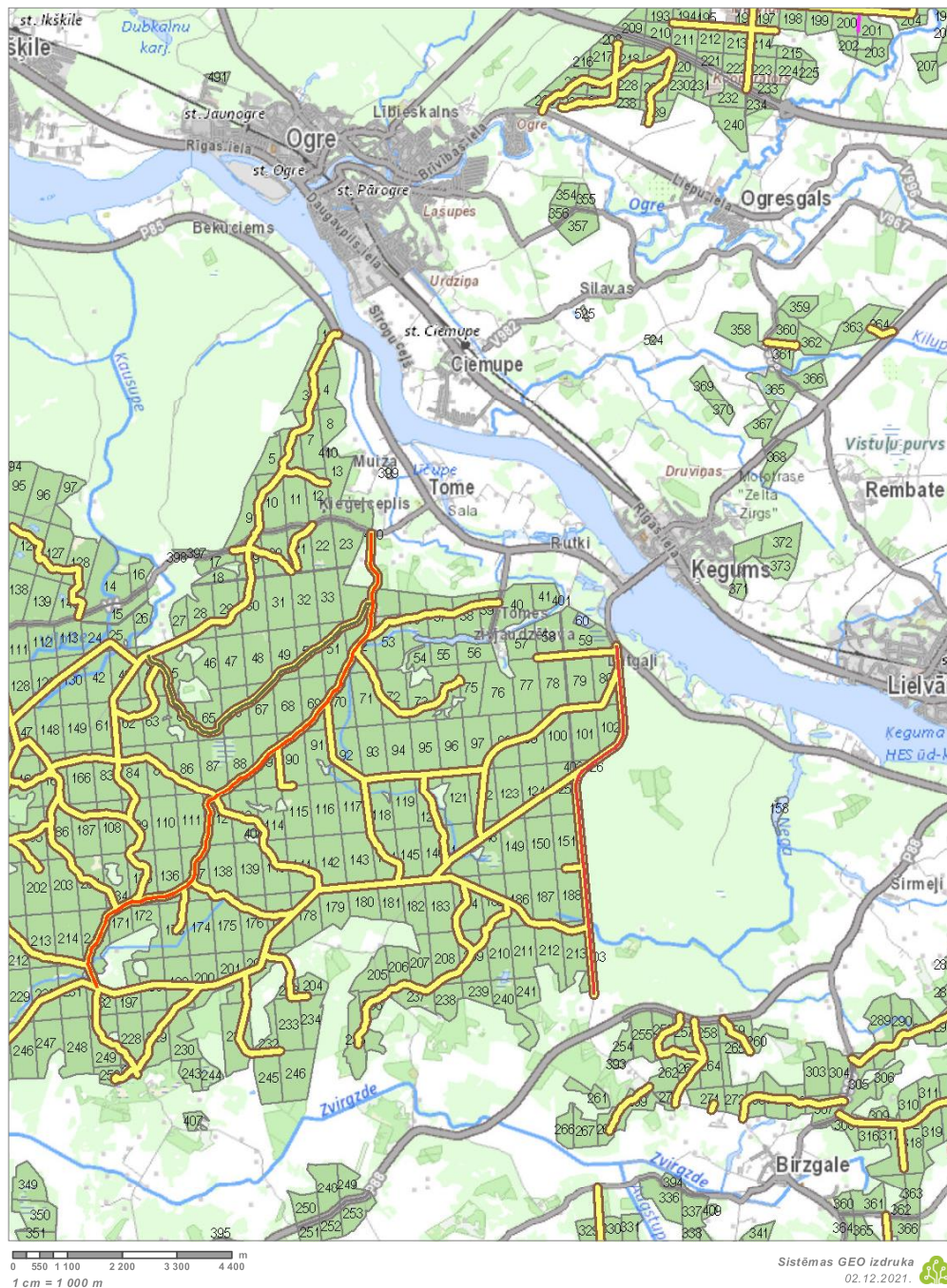
Lēmums par meža autoceļu atputeķļošanu ar atputeķļošanas līdzekļiem uz lignosulfonātu bāzes izdarāms LVM pēc šī pētījuma atskaites apstiprināšanas.

#### **3.1. Eksperimentālo posmu izvēle**

Lai varētu noteikt potenciāli atputeķļojamos meža autoceļa posmus, vispirms noteikti svarīgākie kritēriji. Kritēriji, pēc kuriem nosakāmi atputeķļojamie ceļa posmi, ir šādi:

- grants segumam jābūt labā tehniskajā stāvoklī;
- posmā jābūt regulārai transportlīdzekļu satiksmei, vidēji tipiskai meža ceļu tīklā;
- tuvumā var būt apdzīvotas vietas, jo visbiežāk nepieciešamība atputeķļot ir apdzīvotu vietu tuvumā;
- vēlams, lai ceļa posmu novietojums aptver dažādas vietas – gan atklātas, gan noēnotas, gan taisnus, gan līkumotus ceļa posmus, kas atrastos gan sausus, gan mitros apvidos, protams, atbilstoši reālajām iespējām;
- visus atputeķļojamos ceļa posmus un AL ieteicams plānot realizēt vienuviet, vai nelielā apgabalā, kur atputeķļojamie posmi ar vienu AL būtu sasniedzami apstrādei vienas dienas laikā (šādā veidā var plānot realizēt atputeķļošanu, piem., divās dažādās Latvijas vietās – apstākļos);
- iespējams arī izvēlēties atputeķļot ar katru AL citā Latvijas reģionā, tomēr labāk, ja visi AL tiek salīdzināti apmēram vienādos apstākļos, t. i., vienuviet.

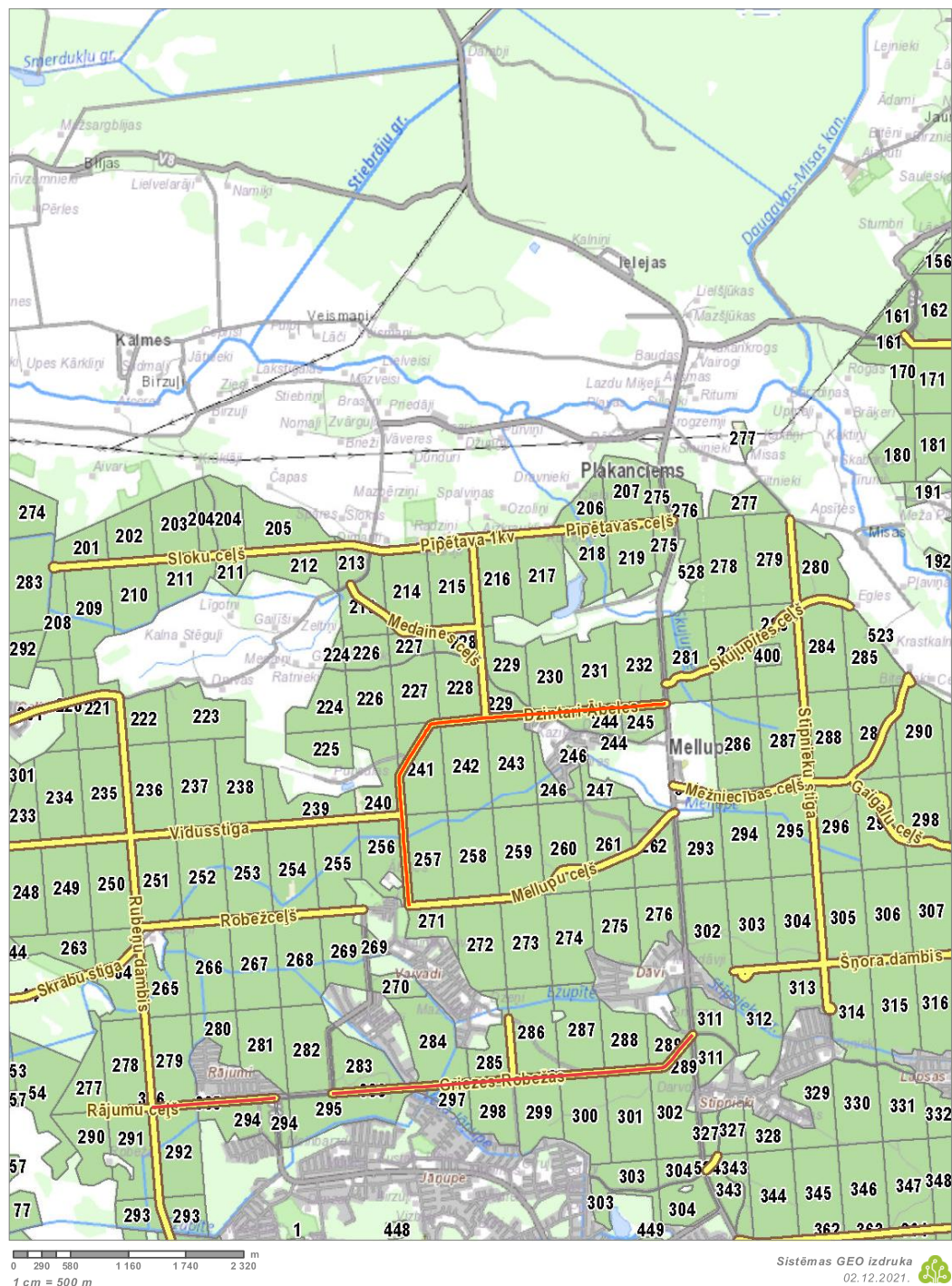
Izvērtējot un ņemot vērā kritērijus, LVM noteikusi, kuri meža masīvu un meža autoceļa posmi ir piemēroti potenciālajai atputeķļošanai (skat. 3.1. un 3.2. attēli). Atputeķļošanas izdevumu prognozējamā tāme sagatavota tiem meža autoceļa posmiem, kas attēlos iezīmēti ar sarkanu līniju.



3.1. att. Tomes masīvs. Abermaņa ceļš, 12,1 km; Zarukalni – Rūšiņi, 7,4 km

## Dzintari-Ābeles, Griezes-Robežas

Plakanciema masīvs



3.2. att. Plakanciema masīvs. Dzintari – Ābeles, 4,3 km; Griezes – Robežas, 5,6 km (– 0,45 km)

### 3.2. Ieteicamie eksperimentālo atputeķļošanas darbu risinājumi

Eksperimentālo atputeķļošanas darbu veikšanai ieteicamie AL un to izlietojuma daudzums:

- ar *CC Road 77%* AL – 400 vai 800 g/m<sup>2</sup>, t. i., tīrā CaCl<sub>2</sub> daudzums – ap 300 un 600 g/m<sup>2</sup>;
- ar lignosulfonātu AL 50% ūdens šķīdumu – 1,0 un 2,0 l/m<sup>2</sup>, t. i., tīrā lignosulfonātu AL daudzums – ap 0,5 un 1,0 l/m<sup>2</sup>;
- ar lignosulfonātu AL šķīdumu 1,0 l/m<sup>2</sup> kombinācijā ar *CC Road 77%* AL 400 g/m<sup>2</sup>.

Grants seguma atputeķļošanas provizoriski tehnoloģiskie risinājumi (jāprecizē atbilstoši konkrētajiem apstākļiem un ietekmēm):

- atputeķļojot ar kalcija hlorīdu:
  - ✓ grants seguma profilēšana, ja nepieciešams, laistot;
  - ✓ ja kalcija hlorīdu paredz iemaisīt (ieteicams pie relatīvi lielāka kalcija hlorīda izlietojuma, piemēram,  $\geq 600$  g/m<sup>2</sup>) – grants seguma materiāla novietošana valnīšos brauktuves malās;
  - ✓ laistīšana;
  - ✓ kalcija hlorīda iestrāde – izkaisīšana vai izliešana (ja paredz iemaisīt, tad iestrādā 50-70 %);
  - ✓ ja kalcija hlorīdu iemaisa – valnīšu izslīdzināšana pa brauktuvi, profila izveidošana, ja nepieciešams, laistīšana, tad atlikušā kalcija hlorīda iestrāde;
  - ✓ grants seguma pieblīvēšana, ja nepieciešams (parasti, ja satiksmes intensitāte neliela vai tās nav).
- atputeķļojot ar lignosulfonātu:
  - ✓ grants seguma profilēšana, ja nepieciešams laistot;
  - ✓ grants seguma materiāla novietošana valnīšos brauktuves malās;
  - ✓ laistīšana;
  - ✓ lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
  - ✓ valnīšu pārvietošana uz brauktuves vidu, ja nepieciešams, laistīšana;
  - ✓ lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
  - ✓ valnīša izslīdzināšana pa brauktuvi, profila izveidošana;
  - ✓ grants seguma pieblīvēšana, ja nepieciešams (parasti, ja satiksmes intensitāte neliela vai tās nav).
- atputeķļojot ar lignosulfonātu un kalcija hlorīdu:
  - ✓ grants seguma profilēšana, ja nepieciešams laistot;
  - ✓ grants seguma materiāla novietošana valnīšos brauktuves malās;
  - ✓ laistīšana;
  - ✓ lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
  - ✓ valnīšu pārvietošana uz brauktuves vidu, ja nepieciešams, laistīšana;
  - ✓ lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
  - ✓ valnīša izslīdzināšana pa brauktuvi, profila izveidošana;
  - ✓ kalcija hlorīda iestrāde, ja nepieciešams, tad pirms tam – laistīšana;
  - ✓ grants seguma pieblīvēšana, ja nepieciešams (parasti, ja satiksmes intensitāte neliela vai tās nav).

## 4. Pētījuma 2. kārtas izmaksas veidošanās principi

Izmaksas AL iestrādei eksperimentālajā posmā, kā arī turpmākai testēšanai un vides monitoringam dotas šī pētījuma 2. pielikumā. Paredzamās pētījuma 2. kārtas izmaksas, izmantojot Dustex un CC Road AL, sagaidāmas 92671,49 EUR (deviņdesmit divi tukstoši seši simti septiņdesmit viens eiro un 49 centi) (bez PVN) (2.pielikums). Tāme veidojas no šādām svarīgākajām pozīcijām:

- atputeķļošanas līdzekļu (*Dustex* 15 t un *CC Road* – 18 t) iegāde kopumā aptuveni 6,5 kilometru meža autoceļu atputeķļošanai – 20400 EUR (bez PVN);
- atputeķļošanas darbi – 12500 EUR (bez PVN);
- monitorings un analīze – 17856,00 EUR;
- datu apkopošana un atskaišu sagatavošana – 4640,00 EUR (bez PVN);
- nodokļi – PVN 21% 19461,01 EUR
- utt.

Nepieciešamības gadījumā var pārskatīt izmaksu aprēķinā iekļautos darbu daudzumus, tādā veidā palielinot vai samazinot vēlamās izmaksas, atbilstoši finanšu resursu pieejamībai.

Ņemot vērā, ka uz pētījuma sagatavošanas brīdi tā izpildītājam nav visa detalizētā informācija par atputeķļošanas darbu praktisko izpildījumu, faktiskā tāme var atšķirties par aptuveni līdz 30 %. Saskaņā ar piedāvāto laika grafiku, atputeķļošanu vēlams veikt maijā vai jūnijā, vienlaikus ņemot vērā un operatīvi reaģējot uz laikapstākļiem un to izmaiņām, savukārt pārējās aktivitātes (monitorings un atskaišu sagatavošana) paveicamas līdz 2022.gada 1. novembrim.

Atputeķļošanai ar *CC Road* 77% AL:

- orientējošas darbu izmaksas 5 – 12 t *CC Road* 77% AL iestrādei (autogreiders, ūdens muca, kaisītājs mobilizācija un demobilizācija, piegādes transports, pārkraušanas darbi, darbu vadība) – 3500 EUR (bez PVN);
- orientējoša *CC Road* 77% AL cena – 300 EUR/t (bez PVN);
- atputeķļojamā posma garums atkarībā no AL izkliedes normas, ceļa parametriem un kopējā AL daudzuma – līdz aptuveni 3 km.

Atputeķļošanai ar *Dustex* lignosulfonātu AL:

- orientējošas darbu izmaksas 8000 – 16 000 l lignosulfonāta iestrādei (mobilizācija un demobilizācija, šķīduma sagatavošanas un pārkraušanas/pārsūkņēšanas darbi, autogreiders, ūdens muca – 2 gab., piegādes transports, darbu vadība) – 4000 EUR (bez PVN);
- orientējoša iespējamā lignosulfonātu AL cena 1000 EUR/t (bez PVN);
- atputeķļojamā posma garums atkarībā no AL izkliedes normas, ceļa parametriem un kopējā AL daudzuma – līdz aptuveni 1,5 km.

Atputeķļošana ar *CC Road* 77% AL kombinācijā ar lignosulfonātu AL:

- iespējams apvienot ar iepriekšējos punktos realizētajiem risinājumiem, atsevišķu ceļa posmu atputeķļojot ar AL kombināciju;
- nepieciešamā *CC Road* 77% AL un lignosulfonātu AL izlietojamo daudzumu orientējošā attiecība – 1 : 3;
- orientējošas darbu izmaksas, bez AL izmaksām, līdz aptuveni 2 km gara ceļa posma atputeķļošanai, ja tiek veikts kā atsevišķi nodalīts darbs – ap 5000 EUR (bez PVN).

Atkarībā no galīgā lēmuma par atputeķļojamajiem ceļu posmiem un to garumu, izmantojamajiem AL un to daudzumu būs iespējams aprēķināt konkrētās kopējās eksperimentālo atputeķļošanas darbu izmaksas.

## **5. Izpētes rezultāti un piemērotāko atputeķļošanas līdzekļu izvēle pētījuma 2. etapam**

Sadaļas nodevumā iekļaujams, ka izpētes nākamais etaps nav garantēts, bet ir iespējams. Tā realizācija atkarīga no dažādu faktoru kopuma – 1.etapa secinājumi un rekomendācijas, atputeķļošanas paredzamās izmaksas, LVM lēmums par īstenošanas nepieciešamību vai projekta pārtraukšanu). Rekomendējamie atputeķļošanas līdzekļi doti p. 2.2.10.

## 6. Galvenie secinājumi

1. Poliaromātisko ogļūdeņražu (PAH) un polihlorbifenila (PCB) piesārņojuma koncentrācijas pētītos lignosulfonātos atbilst draudzīgas vides prasībām saskaņā ar LR Ministru Kabineta „*Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem*” (Noteikumi nr. 804; prot. Nr.61 25.§, 2005.10.25 ).
2. Pētījumā izmantoto lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļu un  $\text{CaCl}_2$  pielietošana meža autoceļu atputeķļošanai nav pretrunā mežu apsaimniekošanas standartu prasībām.
3. Atputeķļošanas līdzekļi uz neorganisko sāļu bāzes (kalcijs hlorīds, magnija hlorīds) atputeķļošanas efektu nodrošina, piesaistot gaisa mitrumu, tādējādi samitrinot arī grants seguma minerālmateriāla daļiņas, bet atputeķļošanas līdzekļi uz lignosulfonātu bāzes atputeķļošanas efektu nodrošina, savstarpēji saistot un izveidojot puteķļu daļiņas aglomerātus.
4. Dažādu atputeķļošanas līdzekļu atputeķļošanas efektivitāte dažādā diennakts laikā, temperatūrā un gaisa mitruma apstākļos atšķiras. Neorganiskie sāļi piesaista lielāku mitruma daudzumu, ja gaisa mitrums ir lielāks un apkārtējā gaisa temperatūra ir zemāka, bet mitruma piesaistīšanas efektivitāte ir zemāka, ja gaisa mitrums ir mazāks un apkārtējā gaisa temperatūra ir augstāka (piemēram, 24 h periodā: 10 °C pie apkārtējā gaisa mitruma 85 % – kalcijs hlorīds piesaistītā mitruma daudzums – 32,8 %; 35 °C pie apkārtējā gaisa mitruma 25 % – kalcijs hlorīds piesaistītā mitruma daudzums – 7,0 %). Savukārt lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļi ir efektīvāki pie mazāka gaisa mitruma.
5. Lignosulfonātu iestrādā ar pārmaisīšanu 2-4 cm dziļumā, pēc tam sablīvējot.
6. Lignosulfonātu iestrāde grants ceļu segumā ievērojami samazina puteķļu saturu gaisā, jo eksperimentāli noteikts, ka aglomerātu > 3 mm saturs, kuri labi pretojās vēja radītiem spēkiem, Dustex lignosulfonātam sasniedz 97,8 %, kas ir konkurēspējīgs neorganisko sāļu rādītājam, kuram rezultāts ir 95 %.
7. Piemērotākā atputeķļošanas līdzekļa izvēle nosakāma pēc šādiem faktoriem: satiksmes raksturlielumiem, ceļa seguma īpašībām (grants daļiņu izmēriem un to sadalījuma pa frakcijām, virsmas stāvokļa), meteoroloģiskajiem apstākļiem (nokrišņiem, temperatūras, mitruma un tā iztvaikošanas, kas ietekmēs atputeķļošanas līdzekļu izskalošanos).
8. Atputeķļošanas līdzekļu īpašību un to mijiedarbības ar ceļa seguma materiāliem kvalitātes kontrolei nav izstrādāti oficiāli vispāratzīti standarti un metodes.
9. Atputeķļošanas līdzekļu darba drošības lapās norādīto vispārīgo fizikālo un ķīmisko īpašību – pH, viskozitātes – pārbaudei izmantojami no citām nozarēm aizgūti standarti.
10. Pēc efektivitātes pretoties mitrināšanas-žāvēšanas ciklu destruktīvajai iedarbībai AL sarindojas šādi: *Dustex* > *Sappi* > *CC Road* > *OLDI*.
11. Paredzamajā ekspluatācijas temperatūras diapazonā  $\leq 60$  °C nav sagaidāma lignosulfonātu termiskā sadalīšanās.
12. Atputeķļošanas līdzekļu uz lignosulfonātu bāzes iemaisīšana var izraisīt grants seguma salīdzinoši nelielu nestspējas samazināšanos mitros apstākļos, tomēr nestspējas samazinājums neietekmēs grants seguma funkcionālītāti. Savukārt sausos apstākļos grants seguma nestspēja būs augstāka.

13. Grants putekļu aglomerācijas rezultāti visiem šajā pētījumā izmantotajiem atputeķļošanas līdzekļiem uz lignosulfonātu bāzes ir līdzīgi pie 20 – 30 % koncentrācijas 1,3 – 2,0 l/m<sup>2</sup> patēriņa, kas atbilst ražotāja sniegtai rekomendācijai.

## 7. Galvenās rekomendācijas

1. Atputeķļošanu ieteicams paredzēt tādu nesaistītu grants seguma ceļu posmos ar satiksmes intensitāti  $AADT < 250$  auto/diennaktī, kuri ir labā tehniskajā stāvoklī, ar garenprofilu, šķērsprofilu un sāngrāvjiem, kas nodrošina efektīvu ūdens atvadi.
2. Lai uzlabotu atputeķļošanas efektivitāti un ņemot vērā, ka lignosulfonāti un  $\text{CaCl}_2$  lietotus iedarbībā izskalojas no ceļa seguma, rekomendējams apvienot šos abus AL vienā noteiktas kompozīcijas maisījumā, tādējādi kombinējot divus atputeķļošanas mehānismus, konkrēti, grants puteķļu sasaistīšanu agregātos un to higroskopiskumu. Kamēr lignosulfonāti sasaista grants puteķļus, formējot to agregātus,  $\text{CaCl}_2$  var efektīvi uzlabot lignosulfonātu atputeķļošanas spēju, pateicoties tā higroskopiskumam. Tāda kombinācija būs spējīga saglabāt atputeķļotā ceļa seguma īpašības atšķirīga gaisa relatīvā mitruma apstākļos.
3. Lai pārbaudītu šo atputeķļošanas līdzekļu darbību reālos ekspluatācijas apstākļos, rekomendējams veikt pētījumus lauka apstākļos ne mazāk kā vienas sezonas garumā, ievērojot laika apstākļu neprognozējamību, kas būtiski var ietekmēt izvēlēto atputeķļošanas līdzekļu efektivitāti. Atkarībā no atputeķļošanas līdzekļu pieejamības Latvijā, būtu vēlams turpināt darbu ar visiem eksperimentālajos laboratorijas pētījumos izmantotajiem lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļiem, kā arī to maisījumiem ar  $\text{CaCl}_2$ .
4. Balstoties uz šajā pētījuma iegūtajiem rezultātiem eksperimentālajā posmā rekomendējams iestrādāt *Dustex* lignosulfonātu un salīdzināt ekspluatācijas īpašības ar  $\text{CaCl}_2$ .

## 8. Literatūra

1. Valsts meža dienests. [skatīts 2021. gada 10. septembrī]. Pieejams: <https://www.vmd.gov.lv/valsts-meza-dienests/statiskas-lapas/-meza-apsaimniekosana-/koksnes-resursu-ieguve?nid=1682#jump>
2. Padgett, E. P., Meadow, D., Eubanks, E., Ryan, E. W. Monitoring fugitive dust emission from off-highway vehicle traveling on unpaved road and trails using passive sample, USA, 2007.
3. Environment Canada, Best Practices for the Use and Storage of Chloride-based Dust Suppressants, , Kanāda, 2007.
4. Stephen K. Ritter, Lignocellulose: a complex biomaterial. C&EN, American Chemical Society, December 08, 2008
5. Tehoiutööde tehnoloogilised juhised kaltsiumkloriidiga tolmutörje tegemise juhis. Kinnitatud Maanteeameti peadirektori 12.12.2007. a käskkirjaga nr 255.
6. KRUUSATEEDE TOLMUTÖRJE MEETODID. II OSA. Töö on koostatud Maanteeameti teede arengu osakonna tellimusel, Konsultant Skepast&Puhkim OÜ Laki 34, 12915 Tallinn, Tallinn 2017
7. Kans, M., Campos, J., Hakansson, L. An ICT System for Gravel Road Maintenance – Information and Functionality Requirements. In: International Congress and Workshop on Industrial AI 2021, Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer, 2022.
8. Evaluation of Dust Suppressants for Gravel Roads: Methods Development and Efficiency Studies, Karin Edvardsson, Doctoral Thesis at the Royal Institute of Technology, Stockholm 2010.
9. Bradulienė, J., Vasarevicius, Saulius. Statistical evaluation of relationship between the gravel road dustiness and environmental conditions when mixtures of molasses based solution and CaCl<sub>2</sub> for reducing dustiness are used. Selected papers of the 8th International Conference Environmental Engineering, May 19–20, 2011, Vilnius, Lithuania, ISSN 2029-7106 print / ISSN 2029-7092 online
10. Zilionienė, Daiva, Cygas, Donatas, Aloyzas Juzenas, Antanas, and Jurgaitis, Algirdas. Improvement of Functional Designation of Low-Volume Roads by Dust Abatement in Lithuania Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1989, Vol. 1, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2007, pp. 293–298. DOI: 10.3141/1989-34
11. Elsholz, C. Dust Suppressant Use and Alternatives at Carnegie State Vehicular Recreation Area, 2012, PDF Free Download; <https://soilworks.com/reference-library/2012-tpd1205017-dust-suppressant-use-alternatives-at-carnegie-state-vehicular-recreation-area-sate-of-ca-dpr.aspx>
12. Goodrich B., Koski R. and Jacobi R.W. Condition of Soils and Vegetation Along Roads Treated with Magnesium Chloride for Dust Suppression. Water Air and Soil Pollution 2009. 198(1):165-188.
13. Piechota T., Ee J.V., Batista J and James D.E. Potential environmental impacts of dust suppressants: "Avoiding another Times Beach". Project: 2002 EPA-funded workshop on potential environmental impacts of dust suppressants. 2004.

14. Z. Shi, M.D. Krom, S. Bonneville, A.R. Baker, T.D. Jickells, L.G. Benning. Formation of iron nanoparticles and increase in iron reactivity in the mineral dust during simulated cloud processing. *Environ. Sci. Technol.*, 43 (2009), pp. 6592-6596.
15. Surdahl R.W., Woll H.J and MArquez H.R. Stabilization and Dust Control at the Buenos Aires National Wildlife Refuge, Arizona. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2007. 1989(1):312-32
16. Sanders T.G., Addo, J.Q., Ariniello, A. and Heide, W.E.. *Relative Effectiveness of Road Dust Suppressants*, (1994)
17. Bolander, Peter, ed. 1999. *Dust palliative selection and application guide*. Project Report. 9977-1207-SDTDC. San Dimas, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center. 20 p. <http://fsweb.sdtc.wo.fs.fed.us>
18. Jones, D. *Guidelines for the Selection, Specification, and Application of Chemical Dust Control and Stabilization Treatments on Unpaved Roads*, University of California, Pavement Research Center, UC Davis, UC Berkeley, 2017-11-01, Permalink: <https://escholarship.org/uc/item/0347c9zj>
19. <https://www.biopreferred.gov/BioPreferred/>
20. <https://www.epa.gov/rcra>
21. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-1312-synthetic-precipitation-leaching-procedure>
22. Thompson, R.J. and Visser A.T. Selection, performance and economic evaluation of dust palliatives on surface mine haul roads. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Volume 107, July 2007, 435-450.
23. AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584 Report 14: Efficacy of dust suppressants to control road dust re-suspension in Central and Northern Europe
24. AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584 Report 24: AIRUSE summary report.
25. AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584 Report 28: Technical guide to reduce road dust emissions in Southern Europe.
26. OECD doc Measures to reduce road dust resuspension; <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/4a4dc6ca-en/index.html?itemId=/content/publication/4a4dc6ca-en>
27. <https://alumichem.com/our-products/chemistry/cma/dust-away/>
28. Autoceļu specififikācijas 2005, VSIA "Latvijas Valsts ceļi"
29. Ceļu specififikācijas 2010, VSIA "Latvijas Valsts ceļi"
30. Ceļu specififikācijas 2012, VSIA "Latvijas Valsts ceļi"
31. Ceļu specififikācijas 2014, VSIA "Latvijas Valsts ceļi"
32. Ceļu specififikācijas 2015, VSIA "Latvijas Valsts ceļi"
33. Ceļu specififikācijas 2017, VSIA "Latvijas Valsts ceļi"
34. Ceļu specififikācijas 2019, VSIA "Latvijas Valsts ceļi"
35. CC Road datu drošības lapa
36. Drošības datu lapa bitumena emulsijai CELEM C65B2 (atbilst Eiropas Parlamenta un Padomes regulai 1907/2006 (REACH), II pielikumam)
37. DUSTEX darba drošības lapa.
38. Lignex 101 darba drošības lapa.
39. Lignex 201 darba drošības lapa.

40. OLDI darba drošības lapa <https://oldi.lv/musu-produkcija/pulveris-lignosulfonati.html>
41. A. I. Gromovik, O. A. Ionko. Mūsdienu agrokultūras instrumentālās analīžu metodes, Teorija un prakse, Voroneža, 2010.
42. Daniel Bassey u.c. Ballast Contamination Mechanisms: A Criterial Review of Characterisation and Performance Indicators. Infrastructures 2020, 5(11), 94; <https://doi.org/10.3390/infrastructures5110094>
43. McTainsh G., Leys J., (), Erosion by wind. In: Land Degradation Processes in Australia, McTainsh G., Broughton W. (Eds.), Longman Cheshire, Melbourne, 1993, pp.188–233.

## Pielikumi

1. Pielikums. Testēšanas pārskats Nr. 4207-09.09-21 par toksisko vielu (PHB un PAO) noteikšanu Datex, OLDI un LigNex 201 paraugos)
2. Pielikums. MEŽA AUTOCEĻU ATPUTEKĻOŠANA - 2022.gads.  
Provizoriskās izmaksas projekta iespējamajam 2. etapam.
3. Pielikums. Atputeķļošanas līdzekļa *CC Road* Drošības datu lapa.
4. Pielikums. Atputeķļošanas līdzekļa *Dustex 50% Liquid* Drošības datu lapa.
5. Pielikums. Bitumena emulsijas CELEM C65B2 Drošības datu lapa
6. Pielikums. Puilverveidīgais lignosulfonāts *OLDI* Drošības datu lapa
7. Pielikums. Atputeķļošanas līdzekļa *Sappi* Drošības datu lapa