



I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projektu līdzfinansē REACT-EU finansējums pandēmijas krīzes seku mazināšanai

30.11.2023.

ERAF projekts Nr.1.1.1.1/19/A/089

“Bērza miza kā vērtīga, atjaunojama izejviela bez-formaldehīda skaidu plātņu un suberīnskābju poliolu iegūšanai poliuretānu izstrādei”

Projektā laika posmā **no 01.09.2023. līdz 30.11.2023.** partneri (LVKĶI un SIA Polylabs) strādāja pie aktivitātēm 2.2., 2.3., 3.1., 3.2., 3.3., 3.4, 4.1., 4.2., 5.1., 5.2., 6.1., 7.1., 7.2. un 7.3., kā rezultātā tās tika veiksmīgi pabeigtas un rezultatīvie rādītāji sasniegti.

Paveikti šādi darbi:

2.2. Suberīnskābju pielāgošana poliolu sintēzei, izmantojot modifikāciju un frakcionēšanu

Tika pabeigta aktivitāte, kur rezultātus salīdzināja ar iegūtajiem datiem no 3.1. un 3.2. D.P., lai izprastu frakcionēto suberīnskābju īpašību ietekmi uz poliolu īpašībām. Suberīnskābes primāri tika frakcionētas divās grupās: 1) ar augstu epoksigrupu saturu poliola sintēzes metodei, pielietojot oksirāna gredzena atvēršanās reakciju 3.2. sadaļā un 2) ar augstu hidroksilgrupu saturu poliola sintēzes metodei, pielietojot karboksilgrupu esterifikāciju 3.1. sadaļā. Aktivitātē iegūtie rezultāti tika prezentēti konferencēs un apkopoti publikācijās. Rezultātā tika veikta suberīnskābju modificēšana ar tallu eļļu. Tika apkopoti dati priekš 6.1. DP suberīnskābju LCA izvērtēšanai. Kā arī uzrakstīts testēšanas pārskats (2.2. nodevums) par suberīnskābju pielāgošanu poliola sintēzei.

2.3. Suberīnskābju identifikācija un raksturošana

Tika pabeigta aktivitāte, lai noteiktu dažādu funkcionālo grupu satura izmaiņas suberīnskābēm, kas iegūtas 2.2. D.P., izmantojot frakcionēšanu un modificējot ar taleļļu. Iegūto suberīnskābju identifikācijai un raksturošanai tika izmantotas iepriekš izvēlētās analīzes metodes. Suberīnskābēm tika noteikts iznākums, sausnes saturs, skābes un hidroksilskaitlis, pārziņošanas vērtība, epoksi grupu saturs, TPC saturs un šķīdība DMSO, kā arī veiktas suberīnskābju identifikācijas un sastāva analīzes, izmantojot 2 metodes uz GC/MS, kā arī GPC analīzes, lai pārbaudītu mazmolekulārās frakcijas saturu paraugos. Suberīnskābju paraugiem veica arī FTIR, TGA un DSC analīzes, lai pārbaudītu to termiskās īpašības un funkcionālo grupu izmaiņas pēc žāvēšanas. Aktivitātē iegūtie rezultāti tika prezentēti konferencēs un apkopoti publikācijās, kā arī uzrakstīts testēšanas pārskats (2.3. nodevums) par suberīnskābju identifikāciju un raksturošanu.

3.1. Poliola sintēzes metodes izstrāde, veicot karboksilgrupu ķīmisko apstrādi

Šajā posmā strādāja ar suberīnskābju frakciju ar visaugstāko karboksilgrupu saturu, kas iegūta 2.2. D.P. ietvaros. Sintezēja poliolus, ņemot dažādās masas attiecībās tallu eļļu un

suberīnskābju frakciju, izmēģinot reakciju ar trimetilolpropānu. Iegūtos polioli analizēja 3.3. D.P. ietvaros. Rezultātā ieguva polioli ar pietiekoši zemu skābes skaitļa vērtību un viskozitāti, kā arī hidroksilskaitļa vērtību, kas varētu būt vispiemērotākie poliuretāna putuplasta iegūšanai. Iegūto poliolu skābes skaitlis bija relatīvi zems (<10 mg KOH/g), kas nozīmē, ka iegūtie polioli ir piemēroti cieto poliuretānu putuplastu sistēmu izveidei. Tika apkopoti rezultāti par visiem iegūtajiem polioliem no suberīnskābju frakcijas ar visaugstāko karboksilgrupu saturu, kā arī rezultāti par polioliem, kas iegūti no suberīnskābju maisījuma kurai papildus pievienota tallu eļļa dažādās masas attiecībās. Rezultātā izstrādāta poliola sintēzes metode, izmantojot karboksilgrupu esterifikāciju, kas apkopota kā tehnoloģijas prototips (3.1. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

3.2. Poliola sintēzes metodes izstrāde, veicot oksirāna gredzena ķīmisko apstrādi

Šajā pārskata periodā strādāja ar suberīnskābju frakciju, kas uzrāda paaugstinātu epoksīda gredzenu funkcionālo grupu saturu no 2.2. D.P. Lai palielinātu epoksīda gredzenu funkcionālo grupu daudzumu vēl vairāk, suberīnskābju frakcijai pievienoja epoksidētu tallu eļļu. Epoksidētu tallu eļļu pievienoja dažādās masas attiecībās pret suberīnskābju frakciju, un tālāk šo maisījums modificēja ar trimetilolpropānu. Iegūtos polioli analizēja 3.3. D.P. ietvaros. Iegūtajiem polioliem konstatēja atbilstošu hidroksilskaitļa vērtību, kā arī relatīvi zemu skābes skaitļa vērtību (zem 10 mg KOH/g), kas nozīmē, ka iegūtie polioli ir piemēroti cieto PU putuplastu izstrādei. Iegūtie rezultāti norāda, ka, sintezējot polioli ar trimetilolpropānu, izmantojot suberīnskābju frakciju un epoksidētu tallu eļļu, šī reakcija ir pietiekoši efektīva, lai produkts būtu piemērots poliuretāna putuplasta materiāla iegūšanai. Tika apkopoti rezultāti par visiem iegūtajiem polioliem no suberīnskābju frakcijas ar visaugstāko oksirāna grupu saturu, kā arī par polioliem, kas iegūti no suberīnskābju maisījuma ar visaugstāko oksirāna grupu saturu, kurai papildus pievienota epoksidēta tallu eļļa dažādās masas attiecībās. Rezultātā izstrādāta poliola sintēzes metode, izmantojot oksirāna gredzena atvēršanās reakciju, kas apkopota kā tehnoloģijas prototips (3.2. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

3.3. Uz suberīnskābēm bāzēta poliola struktūras analīze

Suberīnskābju frakcijas, kas tika modificētas ar tallu eļļu un epoksidētu tallu eļļu, tika izmantotas poliolu sintēzei. 3.1. un 3.2. D.P. Izstrādātos polioli raksturoja ar OH skaitli, skābes skaitli, mitruma saturu un šķietamo viskozitāti. Vidējā molekulmasa tika noteikta, izmantojot GPC. Dažu iegūto poliolu ķīmiskā struktūra tika apstiprināta, izmantojot FTIR un MALDI TOF spektroskopijas. Sākotnējo eksperimentu rezultāti tika iekļauti 7. D.P. sagatavotajās zinātniskajās publikācijās (7.2.-5. nodevums). Rezultātā tika uzrakstīts testēšanas pārskats par poliola struktūras analīzi, kuras pamatā ir suberīnskābes (3.3. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

3.4. Uz suberīnskābēm bāzēta poliola sintēzes parametru optimizācija

Uz suberīnskābēm bāzētā poliolu sintēzes metode tika optimizēta, izmantojot vairāku mainīgu reakciju virsmas modelēšanas metodi. Sintēzes parametru optimizācija bija nepieciešama veiksmīgai izstrādātā procesa paplašināšanai 4. D.P. Rezultātā tika uzrakstīts testēšanas pārskats par poliolu sintēzes parametru optimizāciju uz suberīnskābju bāzes (3.4. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

4.1. Pilotlīmeņa poliola sintēzes metodes izstrāde, izmantojot karboksilgrupu esterifikāciju

Šajā pārskata periodā tika pabeigta 4.1. D.P., kurā izmantoja rezultātus, kas iegūti iepriekšējos pārskata periodos 3.1. un 3.4. D.P. sadaļas ietvaros, lai realizētu poliola sintēzi 50 L periodiskas darbības pilotreaktorā. Optimizēja biobāzētu poliolu iegūšanu, pievienojot tallu eļļu, lai samazinātu poliolu viskozitāti. Tika iegūti polioli ar zemāku viskozitāti, kas ir piemēroti cieto PU putuplastu iegūšanai. Tipiskie poliola raksturlielumi, piemēram, hidroksilskaitlis,

skābes skaitlis, mitruma saturs un viskozitāte tiks mērīti un salīdzināti ar laboratorijas līmeņa sintēzes rezultātiem. Iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar laboratorijas līmeņa sintēzēs iegūtajiem rezultātiem. Sintēzes parametri tika pielāgoti, sadarbojoties starp LVKĶI un SIA PolyLabs pētniekiem, lai iegūtu vēlamās poliola īpašības. Aktivitātē tika savākti dati LCA izvērtēšanai priekš 6.D.P. Četri polioli tika iegūti, esterificējot suberīnskābes, kas modificētas ar taleļļas taukskābēm pie 50 un 75 masas % attiecībā pret suberīnskābēm ar TMP un TEOA. Rezultātā tika iegūti četri izmēģinājuma mēroga poliolu produktu prototipi (4.1. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās..

4.2. Pilotlīmeņa poliola sintēzes metodes izstrāde, izmantojot oksirāna gredzena atvēršanās reakciju

Šajā pārskata periodā tika pabeigta 4.2 D.P., kurā izmantoja rezultātus, kas iegūti iepriekšējos pārskata periodos 3.2. un 3.4. D.P. ietvaros, lai realizētu poliola sintēzi 50 L periodiskas darbības pilotreaktorā. Optimizēja biobāzētu poliolu iegūšanu, reakcijā pievienojot epoksidētu tallu eļļu un izmantojot trīsvērtīgo spirtu. Tipiskie poliola raksturlielumi, piemēram, hidroksilskaitlis, skābes skaitlis, mitruma saturs, epoksigrupu saturs un viskozitāte tika mērīti un salīdzināti ar laboratorijas līmeņa sintēzes rezultātiem. Turklāt, lai nodrošinātu, ka nav notikušas nevēlamas oligomerizācijas reakcijas, tiks noteikta poliolu vidējā molekulmasa un funkcionalitāte. Iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar laboratorijas līmeņa sintēzēs iegūtajiem rezultātiem. Sintēzes parametri tiks koriģēti sadarbībā starp LVKĶI un SIA PolyLabs pētniekiem, lai iegūtu vēlamās poliola īpašības. Aktivitātē tika savākti dati LCA izvērtēšanai priekš 6.D.P. Četri dažādi polioli tika iegūti no SA, kas modificētas ar epoksidētām taleļļas taukskābēm 50 un 75 masas % apmērā attiecībā pret SA, izmantojot oksirāna gredzena atvēršanas reakciju un sekojošu esterificēšanu ar TMP un TEOA. Rezultātā tika iegūti četri izmēģinājuma mēroga poliolu produkta prototipi (4.2. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

5.1. Cieto PU putuplastu sastāva izstrāde

Cietās PU putas tika izstrādātas formulācijā izmantojot poliola komponentes, kuru pamatā ir suberīnskābes. Zemākas funkcionalitātes polioli, kas izstrādāti 3.1. D.P. un 4.1. D.P., tika izmantoti kā bāze poliola komponentā. Augstākas funkcionalitātes polioli, kas izstrādāti 3.2 D.P. un 4.2. D.P., tika izmantoti kā šķērssaistīšanas reaģenti, lai panāktu izveidotās PU polimēru matricas lielāku šķērssaistīšanās blīvumu, kas nepieciešams augstas kvalitātes cieto PU putu materiāla iegūšanai. Daudzfaktoru reakcijas virsmas modelēšana tika izmantota, lai novērtētu dažādu parametru ietekmi uz izveidoto cieto PU putu šķietamo blīvumu, slēgto šūnu saturu, putošanas parametriem un saraušanos. Daudzsološākie preparāti tika izmantoti, lai iegūtu lielāka mēroga cieto PU paraugus turpmākai pārbaudei. Rezultātā tika uzrakstīts tehnoloģijas prototipa apraksts (5.1. nodevums). Eksperimentu rezultāti tika iekļauti 7 D.P. sagatavotajās zinātniskajās publikācijās (7.2-3 un 7.2-5 nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

5.2. Cieto PU putuplastu, kas balstīti uz suberīnskābēm bāzētiem polioliem, raksturojums

Visdaudzsološākās formulācijas, kas iegūtas no 5.1. D.P., tika izmantotas, lai iegūtu lielāka mēroga paraugus cieto PU putu īpašību pārbaudei. Tika noteikts siltumvadītspējas koeficients, spiedes stiprība un modulis, kā arī ūdens absorbcija. Turklāt iegūto cieto PU putu termiskā stabilitāte tika analizēta, izmantojot augstas izšķirtspējas TGA, un stiklošanās temperatūra tika noteikta, izmantojot DSC un DMA metodes. Iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar parastajām cietajām PU putām no publicētajiem rezultātiem. Rezultātā tika uzrakstīts testēšanas pārskats par cieto PU putu uz suberīnskābju poliola bāzes raksturojumu (5.2. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

6.1. LCA novērtējums par suberīnskābes poliolu sintēzi pilotreaktora mērogā

Papildus paredzētajam suberīnskābes poliolu LCA novērtējumam, tika veikti arī divi papildus LCA – ekstrahētai bērza ārējai mizai (1. D.P.) un suberīnskābju ieguves procesam (2.D.P.). Tas ļāva iegūt pilnīgāku informāciju par visu tehnoloģisko soļu lielākajiem vides piesārņojuma avotiem, t.s. “karstajiem punktiem”. Tā kā bērza tāss ekstrakcija un suberīnskābju ieguve ir procesi, kur rodas ne tikai pamatprodukts, bet arī blakusprodukti, tad tika pētīta izvēlētais sadalījuma ietekme uz vides raksturlielumiem. Rezultāti parādīja, ka izvēlētajai sadalījuma metodei, masas vai ekonomiskais sadalījums, ir liela ietekme uz vides ietekmes novērtējuma rezultātiem. Ekonomiskā sadalījuma gadījumā, potenciāla ietekme uz vidi ir daudzas reizes mazāka ekstrahētai bērza tāsij, jo ekstrakcija tiek veikta, lai iegūtu triterpēnu ekstraktvielas un ekstrahētā bērza tāss būtībā ir šī procesa blakusprodukts/atkritumi. Ekonomiskā sadale šajā gadījumā ir vispiemērotākā sadales metode, jo šī projekta ietvaros tiek piedāvāts šos atkritumus valorizēt tālāk.

LCA sistēmas robežas suberīnskābju poliolu sintēzei tika izvēlētas no šūpuļa līdz vārtiem, jo sintezētos poliolus var izmantot daudzās un dažādās poliuretāna receptūrās. Veikts 3. D.P. sintezēto suberīnskābju poliolu ienākošo un izejošo plūsmu kvantitatīvais un kvalitatīvais raksturojums. LVKĶI un PolyLabs SIA sniedza informāciju no 4. D.P., uzdevuma 4.1. un 4.2. uzdevuma, lai izveidot poliolu ražošanas procesa dzīves cikla uzskaiti. LCA parādīja dažādu darbību ieguldījumu kopējā ietekmē un palīdzēja noteikt sintēzes karstos punktus. Kopumā ar TOFA modificētiem SA-C_TOFA polioliem bija nedaudz labāki ekoloģiskie raksturlielumi nekā SA-E_ETOFA polioliem. Tika konstatēts, ka pirmajos divos posmos galvenais vides piesārņojuma avots ir ekstrakcijā un depolimerizācijā izmantotais šķīdinātājs, kam seko elektrība. Samazinot šo avotu ietekmi, uzlabotos arī poliolu ekoloģiskie raksturlielumi. Jūtības analīze parādīja, ka šķīdinātāja izcelsmei (naftas ķīmijas vai no atjaunojamām izejvielām iegūts) ir būtiska ietekme uz rezultātu. Rezultātā tika uzrakstīts testēšanas pārskats par uz suberīnskābēm bāzēto poliolu sintēžu mērogošanu (6.1. nodevums), ar ko šī aktivitāte arī noslēdzās.

7.1. Publikāciju izstrāde iesniegšanai Web of Science vai SCOPUS datubāzēs.

Aktivitāte noslēdzās un šajā pārskata periodā saistībā ar šo projektu netika iesniegti papildus konferenču raksti, toties iepriekš iesniegtie, pēc dalības EUBCE 2023 konferencē, tika indeksēti SCOPUS datubāzē un līdz ar to aktivitātes formālais mērķis (trīs publikācijas) ir pārsniegts, jo kopā ir publicētas piecas publikācijas.

Žurnālā *Key Engineering Materials* divas publikācijas:

1. "Suberinic acid isolation from birch outer bark and their characterization", **2022**, <https://doi.org/10.4028/p-75i7vl> – Nodevums **7.1-1**
2. "Study of Catalysts for Suberinic Acid-Based Adhesive Polymerization", **2022**, <https://doi.org/10.4028/p-gxs1x9> - Nodevums **7.1-2**

Konferences *EUBCE tēžu krājumā*:

3. "Synthesis and characterization of bio-poliols synthesized from various treated depolymerized suberin for rigid polyurethane foams", **2023**, <https://doi.org/10.5071/31stEUBCE2023-6BV.2.32> - Nodevums **7.1-3**
4. "Birch Outer Bark Characterisation After Extraction and its Potential for Obtaining Suberin Fatty Acids", **2023**, <https://doi.org/10.5071/31stEUBCE2023-6CV.7.14> - Nodevums **7.1-4**
5. "Suberinic acids as adhesive in wood bio-based composites and polymer constituents" **2023**, <https://doi.org/10.5071/31stEUBCE2023-6BO.5.2> - Nodevums **7.1-5**

7.2. Publikāciju izstrāde un iesniegšana resursos ar augstu citēšanas indeksu.

Aktivitāte noslēdzās, un šajā pārskata periodā saistībā ar šo projektu netika iesniegti papildus raksti ar augstu citēšanas indeksu. Jo aktivitātes formālais mērķis (trīs publikācijas) ir pārsniegts, jo kopā ir publicētas piecas publikācijas:

1. **Polymers** (IF 5.0) Special Issue "Eco-Friendly Wood Composites: Design, Characterization and Applications" - Makars, R.; Rizikovs, J.; Godina, D.; Paze, A.; Merijs-Meri, R. Utilization of Suberinic Acids Containing Residue as an Adhesive for Particle Boards. *Polymers* 2022, 14(11), 2304. <https://doi.org/10.3390/polym14112304> **Nodevums 7.2-1**
2. **Polymers** (IF 5.0) Special Issue "Advanced Cellular Polymers" - Rizikovs, J.; Godina, D.; Makars, R.; Paze, A.; Abolins, A.; Fridrihsone, A.; Meile, K.; Kirpluks, M. Suberinic Acids as a Potential Feedstock for Polyol Synthesis: Separation and Characterization. *Polymers*, **2021**, 13(24), 4380. <https://doi.org/10.3390/polym13244380> **Nodevums 7.2-2**
3. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry** (IF 8.843) - Cabulis, U., Ivdre, A. Recent developments in the sustainability of the production of polyurethane foams from polyols based on the first- to the fourth-generation of biomass feedstock. **2023**, 44, 100866. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100866> **Nodevums 7.2-3**
4. **Molecules** (IF- 4.6) Godina, D., Makars, R., Paze, A., Rizhikovs, J. Analytical Method Cluster Development for Comprehensive Characterisation of Suberinic Acids Derived from Birch Outer Bark. **2023**, 28(5), 2227. <https://doi.org/10.3390/molecules28052227> **Nodevums 7.2-4**
5. **Polymers** (IF 5.0) Ivdre, A., Abolins, A., Volkovs, N. Vevere, L., Paze, A., Makars, R., Godina, D., Rizikovs, J. Rigid Polyurethane Foams as Thermal Insulation Material from Novel Suberinic Acid-Based Polyols. **2023**, 15(14), 3124. <https://doi.org/10.3390/polym15143124> **Nodevums 7.2-5**

7.3. Dalība konferencēs

Aktivitāte noslēdzās, un šajā pārskata periodā saistībā ar šo projektu nebija dalība konferencēs. Jo aktivitātes formālais mērķis (7 ziņojumi konferencē) ir pārsniegts, jo kopā ir bijuši 12 ziņojumi:

1. **EPF European Polymer Congress 2022** (Prague, Czech republic, 26.06.-01.07.2022.) - Suberinic acid modification and further use in bio-polyol synthesis, Daniela Godina, R. Makars, J. Rizhikovs, A. Paze, A. Abolins, M. Kirpluks. **Postera prezentācija. Nodevums 7.3-1**

2. **International Conference for Young Scientists on Biorefinery Technologies and Products "BTechPro2022"** (Riga, Latvia, 27.-29.04.2022.) with **divi mutiskie ziņojumi**:

- Suberinic acids – from isolation to feedstock for bio-polyol synthesis, D. Godina, R. Makars, A. Abolins, A. Paze, M. Kirpluks, J. Rizikovs. **Nodevums 7.3-2**
- Study of catalysts for suberinic acid-based adhesive polymerization, R. Makars, J. Rizikovs, A. Paze. **Nodevums 7.3-3**

3. **"International Conference on Renewable Resources & Biorefineries"** (Portugal, Aveiro, 6.-8.09.2021.) - Characterisation of suberinic acids and their potential in bio-polyol synthesis, D. Godina, R. Makars, J. Rizhikovs, A. Paze, A. Abolins, M. Kirpluks. **Postera prezentācija. Nodevums 7.3-4**

4. **"International Conference on Renewable Resources & Biorefineries"**(Latvia, Riga, 31.05.-02.06.2023) with **divas Postera prezentācijas**:

- Evaluation of characteristics of synthesized suberinic acid-based bio-polyols and their suitability for rigid polyurethane foam development. A. Abolins, N. Volkovs, A. Ivdre, J. Rizikovs, A. Paze, R. Makars, D. Godina. **Nodevums 7.3-5**

- Suberin fatty acid characterisation depending on birch outer bark suberin depolymerisation conditions. R.Makars, J.Rizikovs, D.Godina, A.Paze. **Nodevums 7.3-6**
- Un viens mutiskais ziņojums - Potential of birch outer bark suberin fatty acids for replacement of synthetic polymer constituents. J.Rizikovs, A.Paze, D.Godina, R.Makars, G.Sosins, A.Abolins. **Nodevums 7.3-7**

5. Baltic Polymer Symposium (Estonia, Tallinn, 21.-23.09.2023.) Suberinic acid isolation and their potential as a feedstock for bio-polyol synthesis. D.Godina, R.Makars, A.Abolins, A.Paze, M.Kirpluks, J.Rizikovs. **Mutiskais ziņojums - Nodevums 7.3-8**

6. The 31st European Biomass Conference and Exhibition - EUBCE 2023 (Italy, Bologna, 5.-9.06.2023.) ar divām postera prezentācijām:

- Birch outer bark characterisation after extraction and its potential for obtaining suberin fatty acids. R.Makars, J.Rizikovs, A.Paze, D.Godina, R.Berzins **Nodevums 7.3-9**
- Synthesis and characterization of bio-polyols synthesized from various treated depolymerized suberin for rigid polyurethane foams. A.Ivdre, A. Abolins, N.Volkovs, R.Makars, L.Vevere, A.Paze, D.Godina, J.Rizikovs **Nodevums 7.3-10**
- **Un vienu mutisko ziņojumu** - Suberinic acids as adhesive in wood bio-based composites and polymer constituents. J.Rizikovs, A.Paze, D.Godina, R.Makars, G.Sosins, A.Abolins. **Nodevums 7.3-11**

7. Pasaules Latviešu Zinātnieku kongress (Latvia, Riga, 27.-29.06.2023) Biorefining of birch outer bark into products with high added value. Janis Rizikovs, **Mutiskais ziņojums latviešu valodā – Nodevums 7.3-12**