

Austra Stinkule
Ģirts Stinkulis

LATVIJAS DEVONA DOLOMĪTI



Austra Stinkule
Ģirts Stinkulis

LATVIJAS DEVONA DOLOMĪTI

Daugavpils Universitātes
Akadēmiskais apgāds "Saule"
2015

Apstiprināts Daugavpils Universitātes Zinātnes padomes sēdē 2015. gada 20. oktobrī, protokols Nr. 16.

Stinkule Austra, Stinkulis Ģirts. Latvijas devona dolomīti. Daugavpils: Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds "Saule", 2015, 80 lpp.

Grāmatā sniegta informācija par dolomīta atklāšanas vēsturi un atšķirībām starp minerālu un iezi, kas tiek saukti vienā vārdā. Detalizēti apskatīti dolomītu veidošanās apstākļi un jautājumi, kas ir līdz šim nepietiekami pētīti. Plašāk apskatīta dolomītu izplatība Latvijas nogulumiežos. Raksturota praktiski nozīmīgo dolomīta iegulu uzbūve, sastāvs, īpašības un resursi. Aplūkotas Latvijas dolomītu izmantošanas iespējas kā tradicionāliem, tā inovatīviem materiāliem. Pirmo reizi ir detalizētāk raksturots paleokarsts Latvijas devona dolomītos. Grāmata iecerēta kā uzzīņu avots zemes dziļu izmantošanas plānotājiem, uzņēmējiem, ražošanas tehnologiem, pētniekiem, kā arī Zemes zinātņu un ķīmijas tehnoloģijas studentiem.

Redaktors: profesors *Dr. geol.* Valdis Segliņš

Recenzenti: profesore *Dr. habil. chem.* Gaida Sedmale
asoc. prof. *Dr. habil. sc. ing.* Visvaldis Švinka
asoc. prof. *Dr. sc. ing.* Ingunda Šperberga



Monogrāfija sagatavota un izdota par Valsts pētījumu programmas Nr. 2014.10-4/VPP-6/4 ResProd 1. projekta GEO līdzekļiem.

Redaktore: Ieva Zarāne
Datorgrafika un dizains: Baiba Lazdiņa
Vāka dizains: Baiba Lazdiņa

© Austra Stinkule,
Ģirts Stinkulis, 2015
© Baiba Lazdiņa, 2015

ISBN 978-9984-14-740-6

SATURS

PRIEKŠVārds	4
IEVADS	7
DOLOMĪTS – IEZIS UN MINERĀLS	9
DOLOMĪTU VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI UN PROBLĒMAS	14
Dolomitizācijas modeļi	15
Dolomīts – kalcija karbonātu aizvietošanās rezultāts	19
Devona dolomītu veidošanās problēmas Latvijā	19
Stehiometriskie un kalcija dolomīti Latvijas devona nogulumos	21
IZPLATĪBA	24
DOLOMĪTA KVALITĀTE UN IZMANTOŠANA	37
Dolomīts saistvielu ražošanai	48
Dolomīts metalurģijā	51
Dolomīts lauksaimniecībā	52
Dolomīts stikla rūpniecībā	52
Zemtemperatūru kompozītmateriāli	56
Dolomīts būvakmeņiem un šķembām	56
Dolomīts apdares materiāliem	68
PALEOKARSTS LATVIJAS DEVONA DOLOMĪTOS	72
NOSLĒGUMS	76
LITERATŪRA	78

PRIEKŠVārds

Lasītājam piedāvātā monogrāfija “Latvijas devona dolomīti” ir sagatavota kā plašs un detalizēts pārskats ar nozīmīgu vēsturisku atkāpi par pētījuma priekšmeta – dolomīta kā minerāla un ieža atpazīšanu un diagnostiku, kas papildināta ar visai nozīmīgu dominējošo hipotēžu apskatu par dolomīta veidošanos sedimentogēnēzes procesā.

Dolomīti ir viens no galvenajiem mehāniski izturīgu akmens materiālu avotiem Latvijā. Ģeoloģiskajā griezumā no tiem veidoti augšdevona Pļaviņu, Daugavas un Stipinu svītas karbonātiežu nogulumi. Mehāniski izturīgi un salizturīgi dolomīti plaši izplatīti Latvijas centrālajā un austrumu daļā, kur arī atrodas izpētītās atradnes un perspektīvie laukumi.

Latvijas dolomīti galvenokārt tiek izmantoti kā šķembu ražošanas izejviela, un tāpēc to kvalitāti galvenokārt raksturo iežu fizikāli mehāniskās īpašības. Cietākie un izturīgākie ir Biržu atradnes (Jēkabpils apkārtnē) dolomīti, no kuriem iegūstamas augstāko marku šķembas. Kalnciema II, Dārziema, Aiviekstes, Pērtnieku un Degļevas atradnēs ir atsevišķi dolomītu slāņi, kurus izmantojot selektīvi arī iegūstamas augstas izturības šķembas. Tomēr dažās atradnēs sastopami mālu un merģeļu starpslāņi, kā arī karsta procesā pārveidotu iežu lēcas, kas kopējā masā pazemina šķembu kvalitāti.

Mehāniski izturīgākie dolomīti ir arī ķīmiski tīrākie. Tie satur vairāk par 90% $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$, un no tiem var ražot būvkaļķus un dolomītu miltus. Visu minēto svītu nogulumos sastopami mazplaisaini dolomīti, kuri piemēroti kā būvkaļmens vai apdares materiāls.

Derīgā slāņa biezums dažādās atradnēs ir atšķirīgs un svārstās vidēji no 4–5 m Kalnciema II un Iecavas atradnēs līdz 20–25 m Pērtnieku un Degļevas atradnēs, tomēr visi dolomīti ir apūdeņoti, un to ieguve saistīta ar lielākiem vai mazākiem ūdens novadīšanas darbiem.

Pēdējās desmitgadēs dolomītu atradnes pētītas galvenokārt šķembu ražošanai, tikai atsevišķos gadījumos dolomītmiltu, magneziālo būvkaļķu vai apdares materiālu iegūšanai. Tomēr lielākajā daļā atradņu dolomītus iespējams izmantot kompleksi, paredzot to izmantošanu dažādām vajadzībām. Tieši šajā nozīmē ir vērtīgs šis pētījums, kas ļauj devona dolomītus vērtēt vispusīgi, kā arī norāda uz visai plašām iespējām dažādot to praktisko izmantošanu, kas ļautu to iegūt selektīvi kā izejvielu ar noteiktām īpašībām produktu ražošanai ar augstu pievienoto vērtību.

Zināmā mērā tas ļauj atšķirīgi vērtēt tradicionālās dolomīta izmantošanas jomas, atbilstoši kurām mūsu zemē ir pieņemta dolomīta resursu un krājumu

klasifikācija, izdalot tikai trīs dominējošos izmantošanas veidus. Tā *šķembu ražošanai* izpētīto dolomīta atradņu skaits pārsniedz divus desmitus, vēl vairāk ir atradņu ar tikai novērtētiem resursiem. Vairākus gadu desmitus, intensīvi veicot šķembu dolomītu ieguvu, daļa atradņu ar izpētītajiem krājumiem ir izmantotas un savu nozīmi zaudējušas (Pļaviņas, Rīteri, Gulbji u.c.). Kā šķembu izejviela nozīmīgas ir lielākās izpētītās atradnes ar kopējiem šodien zināmiem rūpnieciskiem krājumiem 184 milj. m³, tomēr vērā ņemams, ka šos krājumus ir iespējams salīdzinoši īsā laikā vismaz dubultot uz novērtēto resursu rēķina.

Dolomītu *būvkaļķu un dolomītmiltu ražošanai* periodiski iegūst tikai vienā vietā – Kranciema atradnē Ogres apkārtnē. Kranciema atradnes karjera īpašnieks dolomītus neregulāri izmanto kompleksi – gan kaļķu dedzināšanai, gan šķembām, gan būvakmeņiem. Atradnē atlikušie 1,6 milj. m³ izpētīto krājumu pie pašreizējās ieguves (aptuveni 30 tūkst. m³ gadā) nodrošinās kaļķu ražošanu vairākus gadu desmitus. Kā rezerves atradne būvkaļķu ražošanai Latvijā ir izpētīta Apes atradne, bet, kā norāda agrāko gadu ģeoloģiskie pētījumi, dolomītu ķīmiskais sastāvs un citas īpašības pieļauj apdedzināšanai izmantot arī daudzu citu atradņu tīrākos dolomītus ar praktiski neierobežotiem krājumiem (Dārziema, Saikavas, Pērtnieku u.c.).

Apdares materiālu ražošanai līdz šim ir izpētīti divu atradņu ieži – Pļaviņu svītas dolomīti Dārziema atradnē un Stipinu svītas dolomīti Iecavas (Akmenscūciņu) atradnē. Iecavas dolomīti ir ļoti krāšņi – sārtā un pelēcīgi violetā nokrāsā ar sarkanbrūnu rakstu. Tie iegul tūlīt zem irdeno kvartāriežu segkārtas un veido vidēja lieluma blukus, kuru iznākums ir 20% no dolomītu kopmasas. No viena kubikmetra iegūstams 10–15 m² dolomīta dekoratīvo plātņu. To kopējie izpētītie krājumi sasniedz 165 tūkst. m³. Dārziema atradnē savukārt dominē gaiši pelēkas krāsas dolomīts, kas ir monolitāks, bet tas iegul lielākā dziļumā zem 5–6 m bieza plaisainu dolomītu slāņa. Tā izpētītie krājumi pārsniedz 5 milj. m³.

Augstvērtīgi apdares dolomītu krājumi konstatēti Kranciema atradnes centrālajā daļā un tās vēl neizpētītajā austrumu spārnā. Šo sārti dzelteno dolomītu izmantošanas piemērs ir Kongresu nama fasāde Rīgā, K. Valdemāra ielā. Savdabīgs, ļoti ciets un izturīgs, sikkavernois kvarcītveida dolomīts iegul Biržu atradnes dienvidaustrumu spārnā, kur tas veido līdz 2–3 m³ lielus blukus. Dekoratīva brūnganpelēka dolomīta slāņi konstatēti arī Aiviekstes kreisā krasta atradnē.

Lai arī nozīmīgākie dolomīta ģeoloģiskie pētījumi, t.sk. perspektīvo laukumu apzināšana un atradņu izpēte, ir tikuši veikti jau pirms vairākiem gadu desmitiem, pēdējos 30 gados nozīmīgākās novitātes attiecas uz atsevišķu jaunu laboratorisko pārbaužu veidu ieviešanu, dolomīta izejvielu ķīmiskā sastāva precizēšanu, ko nosaka jaunie dolomīta izmantošanas veidi un pārstrādes tehnoloģijas, kā arī augstākas detalizācijas pētījumi iepriekš zināmo atradņu un laukumu robežās – kā nelielas atradnes konkrētu zemes gabalu robežās (pēdējo 10 gadu laikā tādu ir vairāk nekā 50).

Daudzveidīga dolomīta krājumi valstī ir milzīgi, jo bez izpētītajām atradnēm Latvijā vēl ir zināmi 16 dolomītu izplatības laukumi perspektīvi jaunu atradņu apzināšanai. Kopējie dolomītu resursi tiek vērtēti ar 26 miljardiem m³, lai gan arī

šis skaitlis ir uzskatāms par orientējošu, un, saprātīgi apzinot un izmantojot šo “pelēko dārgakmeni”, ir iespējams dolomīta resursu daudzumu palielināt.

Lasītājam piedāvātā monogrāfija ir sagatavota un izdota Valsts pētījumu programmas Nr. 2010.10-4/VPP-5 ResProd 1. projekta GEO ietvaros un paredzēta galvenokārt kā plašāks uzziņu avots uzņēmējiem, būvmateriālu ražošanas tehnoloģiem, kā arī pašvaldībām izmantošanai teritoriju attīstības plānu izstrādei.

Profesors *Dr. geol.* Valdis Segliņš
2015. gada 15. oktobrī

IEVADS

Dolomīts, saukts arī par plienakmeni, radzi, senāk pat par kaļķakmeni, ir viens no nozīmīgākajiem un izplatītākajiem Latvijas derīgajiem izrakteņiem. Tieši zem kvartāra nogulumiem tas sastopams ļoti plašās teritorijās un atsedzas vairāku upju – Daugavas, Aiviekstes, Pērses, Ogres, Gaujas, Lielupes, Iecavas, Ventas, Amulas u.c. – krastos, veidojot krāšņas klintis. Nereti dolomītu un dolomītmerģeļu vai smilšakmeņu kontaktvietās ir izveidojušās upju krāces un ūdenskritumi, piemēram, Ventas rumba, Abavas rumba, Īvandes ūdenskritumi. Jau izsenis gan tīrā, gan apdedzinātā veidā dolomīts ir radis plašu pielietojumu celtniecības darbos.

Dažādos aspektos dolomīts aplūkots daudzās publikācijās. Izsmēlošākais apkopojums par aptuveni pusgadsimta gaitā veikto ģeoloģiskās izpētes darbu rezultātiem un tematiskiem pētījumiem ir Sarmītes Kondratjevas un Vijas Hodirevas 2000. gadā publicētā grāmata “Latvijas dolomīti”. Pēc tās rakstīt par dolomītu ir liels izaicinājums un pārdrošība. Un tomēr – ir pagājuši 15 gadi, ar nebijušu intensitāti atsākusies pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados apsīkusī dolomīta atradņu ģeoloģiskā izpēte, papildinot agrāk zināmo atradņu sarakstu ar vairāk nekā 40 jaunām, būtiski mainījušies šā derīgā izrakteņa kvalitātes vērtējuma kritēriji, precizējumu prasa arī dolomīta ģenēzes jautājumi.

Šis darbs, kas pamatā tāpat balstās uz dolomīta atradņu, kā “vecu”, tā jauno, izpētes materiāliem, lielā mērā uzskatāms par “skatu no malas” uz dolomītu kvalitāti un tās vērtējumu laika gaitā. Nozīmīgāko dolomīta atradņu un izplatības provinču, kā arī aizsargājamo objektu raksturojumu meklējiet S. Kondratjevas un V. Hodirevas grāmatā, labāku par to mēs neuzrakstīsim, un lieki atkārtot nav vērts.

Materiālu izmantošanā un traktējumā pieredzējuši pētnieki droši vien saskatis pārāk daudz brīvības, kādu nevarēja atļauties viņi valdošo instrukciju un standartu rāmjos. Šie cilvēki, gan paši ģeologi, gan palīgpersonāls, gan laboratoriju darbarūķi, kas desmitiem gadu garumā veica smago un atbildīgo ģeoloģiskās izpētes darbu, ir pelnījuši visdziļāko cieņu un atzinību. Lai uzskaitītu visus, būtu nepieciešamas daudzas lapas, bet ir daži vārdi un darbi, kurus nevar nepieminēt.

Neapstrīdams ir Kriša Bērziņa ieguldījums, jau pašos izpētes sākumos pagājušā gadsimta piecdesmitajos gados veicot plašos dolomītu meklēšanas darbus Ziemeļlatvijā un Apes atradnes detalizētu izpēti, viņš arī bija viens no tiem, kas asi iestājās pret unikālā Saulkalnes gliemeždolomīta izdedzināšanu kaļķos. Vēl piecdesmitajos gados vairākas tolaik aktuālas atradnes kaļķu ražošanai

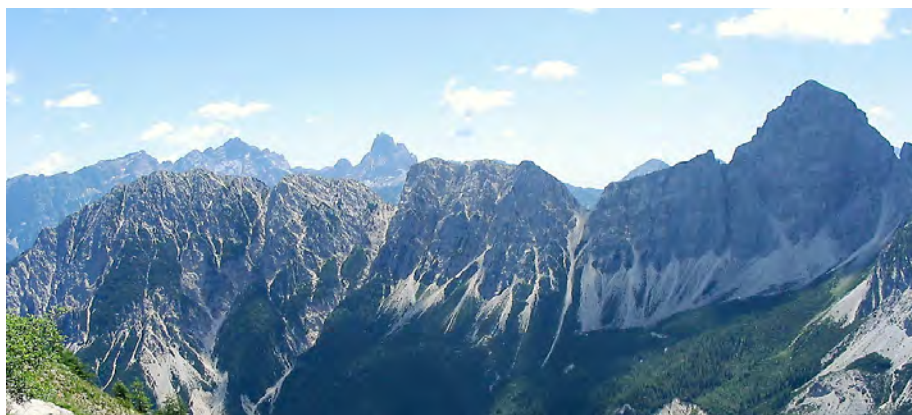
(Ieriķi, Kalnciems, Sloka) pētījis Edgars Dreijers. Praktiski visu Latviju ir aptvēruši vairākkārtīgi dolomītu meklēšanas darbi sešdesmitajos septiņdesmitajos gados Imantas Mēkones vadībā, kuru rezultātā vēlāk tika izpētītas vairākas lielas, nozīmīgas atradnes, piemēram, Birži, Aiviekste u.c. Jāatzīmē arī viņas drosme, aizstāvot savu pārliecību Kompleksās ģeoloģiskās izpētes ekspedīcijas Zinātniski tehniskās padomes un Latvijas Ģeoloģijas pārvaldes Teritoriālās krājumu komisijas sēdēs, it īpaši par rezerves atradnes izpēti Baltijas kara apgabala pakļautības uzņēmumam Pļaviņās, neatlaidīgi iesakot meklēšanas darbos atklāto Kārsavas laukumu. Viņa izcīnīja jauko Akmenscūciņu nosaukumu atradnei, tagad gan tās oficiālais nosaukums ir "Iecava", vecais nosaukums ir saglabājies tikai kā "piedeva" iekavās. Lielu ieguldījumu nozīmīgu atradņu izpētē ir devuši Aņisims Bogdanovs (Ape–Vireši, Dārziems), Vladimirs Semjonovs (Kalnciems, Iecava), Juris Rinkus (Birži), Alda Reuta (Aiviekste, Rīteri, Mežkalni) un it īpaši Sarmīte Kondratjeva, kas gan tieši piedalījies vairāku atradņu izpētē, gan sagatavojusi izsmēļošus informatīvus apkopojumus par apdares dolomītiem, par stikla ražošanai perspektīviem dolomīta resursiem un kvalitāti, gan savu plašo pieredzi ļoti profesionāli izklāstījusi jau minētajā publikācijā.

Pēdējā desmitgadē dolomīta atradņu izpēti veic galvenokārt VAS "Latvijas Valsts ceļi" un vairākas privātfirmas, pārsvarā agrāk pētīto atradņu N kategorijas (novērtēto) krājumu laukumos pēc zemes īpašnieku vai nomnieku pasūtījuma. Precīzāku informāciju par visām dažādā laikā pētītajām atradnēm meklējiet Valsts ģeoloģijas fondā Rīgā, Maskavas ielā 165.

DOLOMĪTS – IEZIS UN MINERĀLS

Minerāla un ieža nosaukums “dolomīts” ir pazīstams kopš 1792. gada, kad to ieviesa Šveices ķīmiķis un dabas pētnieks Nikolā Sosīrs (*Saussure*) par godu franču mineralogam Deodatam Dolomjē (*Dolomieu*) (1750–1801), kurš pirmais detalizēti aprakstījis dolomītu kā iezi, vispirms Romas vecpilsētas namos, pēc tam dabā Tiroles Alpos (“Baltajos kalnos”), ko tagad zinām kā Dolomītalpus (1. att.). Līdz tam uzskatīja, ka šie kalni sastāv no “kaļķa”, bet pārbaudot izrādījās, ka iezi sālsskābē šķīda lēni. Ķīmiskā analīze parādīja, ka tas ekvivalentos daudzumos satur kalciju un magniju oksīdus, tolaik sauktus par zemēm. Savus novērojumus Dolomjē 1791. gadā publicēja zinātniskajā žurnālā “*Journal de Physique*”. Viņš plānoja, bet nepaguva iezi nosaukt par sosirītu (*Saussurite*), godinot savu skolotāju, Monblāna iekarotāju Horāciju Sosīru (Nicolā Sosīra tēvu). Vēlākā laikā Sosīra vārds tomēr ir ieguvis savu vietu mineraloģijā, gan ne dolomīta sakarā, bet kā apzīmējums plagioklāzu hidrotermālu izmaiņu veidojumam – minerālagregātam, kas sastāv no smalkgraudaina coizīta, albīta un epidota.

Tomēr dolomīts, gan ar citiem, tautā lietotiem, nosaukumiem, ir bijis pazīstams un izmantots ievērojami senāk, arī Latvijā. Vēl pirms Dolomjē zviedru naturālists Karls Linnejs (1707–1778) bija pamanījis būtisku kāda ieža “marmor tardum” (lēnā marmora), domājams, dolomīta, atšķirību no tam ļoti līdzīgā kaļķakmens – vājo reakciju ar aukstu, atšķaidītu sālsskābi. Tajos laikos tas skaitījās ievēribas cienīgs atklājums.



1. attēls. Dolomītalpi (<https://en.wikipedia.org/wiki/Dolomites#/media/File:Dolomites.jpg>).

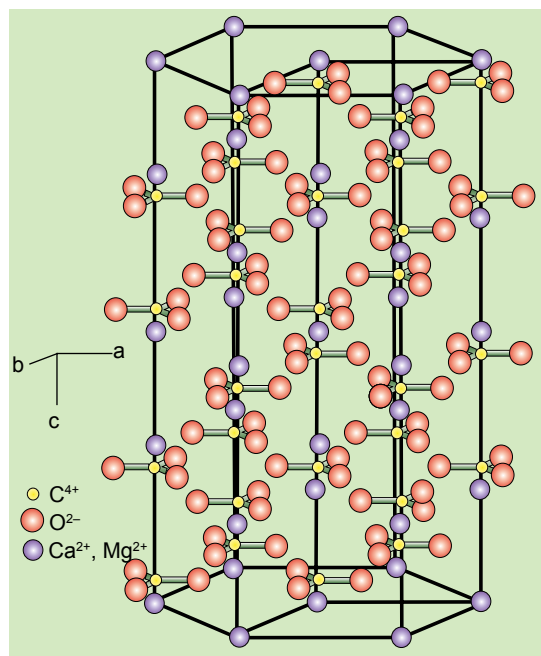
Tīra dolomīta ķīmiskā formula ir $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ar CaO un MgO masu attiecību 1,39 : 1. Tas satur 30,4% CaO , 21,9% MgO un 47,7% CO_2 vai 54,3% CaCO_3 un 45,7% MgCO_3 . Dolomītā magnija pozīcijās nereti ir izomorfs dzelzs piemaisījums, ir izomorfas dolomīta rindas ar ankerītu $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$ un kutnohorītu $\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{CO}_3)_2$. Magniju struktūrā dažreiz, pat līdz 3%, aizvieto arī mangāns, retāk sastopami svins, cinks, kobalts.

Tādu dolomītu, kurā CaCO_3 un MgCO_3 molekulārā attiecība ir tuva 1 un masu attiecība apmēram $54 : 46 = 1,174$, reizēm sauc par normāldolomītu jeb stehiometrisko dolomītu. Latvijas dolomītu karbonātiskā daļa parasti satur 95–100% $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, un tos var uzskatīt par normāldolomītiem.

Dolomīts līdzīgi kalcītam kristalizējas trigonālajā kristālu sistēmā (2. att.), bet tā simetrija, mazākajam magnija jonam struktūrā aizvietojojt lielāko kalcija jonu, ir nedaudz zemāka. Dolomīta elementāršūnas izmēri ir: $a = 4,8012 \text{ \AA}$, $c = 16,002 \text{ \AA}$, elementāršūnā ietilpst 3 formulas vienības.

Tipiskākā kristālu forma ir romboedrs (3. att.). Tīrs dolomīts ir balts vai pelēkbalts. Nelieli dzelzs daudzumi struktūrā piešķir tam dzeltenīgu vai brūnganu nokrāsu, bet mangāns iekrāso iesārtā krāsā.

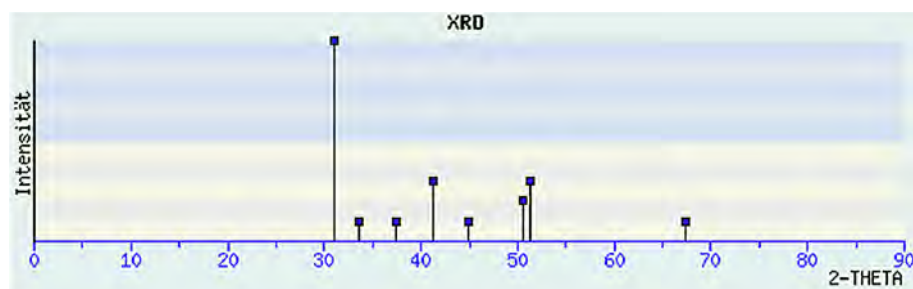
Dolomīta cietība pēc Mosa skalas ir 3,5–4, nedaudz augstāka nekā kalcītam (3), blīvums 2,9–2,95 g/cm³. No ārēji līdzīgā kaļķakmens (kalcīta) dolomīts viegli atšķirams, uzpilinot aukstu, atšķaidītu (~10%) sāļsskābi – kalcīts reaģē strauji ("šņāc", putu), bet dolomīts vāji, aptuveni 1000 reižu lēnāk nekā kalcīts, jo magnija jons ir mazāks nekā kalcija jons un daudz lēnāk apmaina savus karbonātionus pret ūdens molekulām.



2. attēls. Kalcīta un dolomīta kristāliskā struktūra.



3. attēls. Dolomīta kristāli: kreisajā pusē drūza (Krievija, Čeljabinskas apgabals; catalogmineralov.ru), labajā pusē dvīņkristāls (Spānija, Azkaretas karjers; wikipedia.org, Mindat.org).



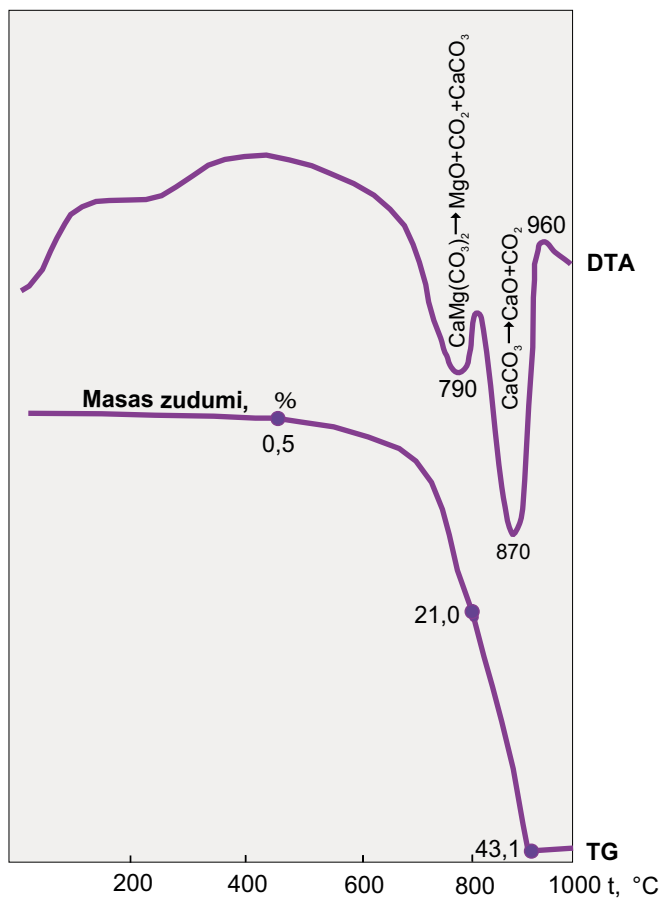
4. attēls. Dolomīta rentgendifraktogramma.

Precīzākas diagnostikas metodes ir gaismas laušanas koeficientu noteikšana (dolomītam $n_o = 1,667\text{--}1,698$, $n_e = 1,503\text{--}1,513$; kalcītam $n_o = 1,6583$, $n_e = 1,4864$), rentgenstruktūranalīze (4. att.), termiskā analīze (5. att.), krāsošana ar dažiem specifiskiem reaģentiem, kas ir neaizstājama plānslīpējumu pētījumos (6. att.).

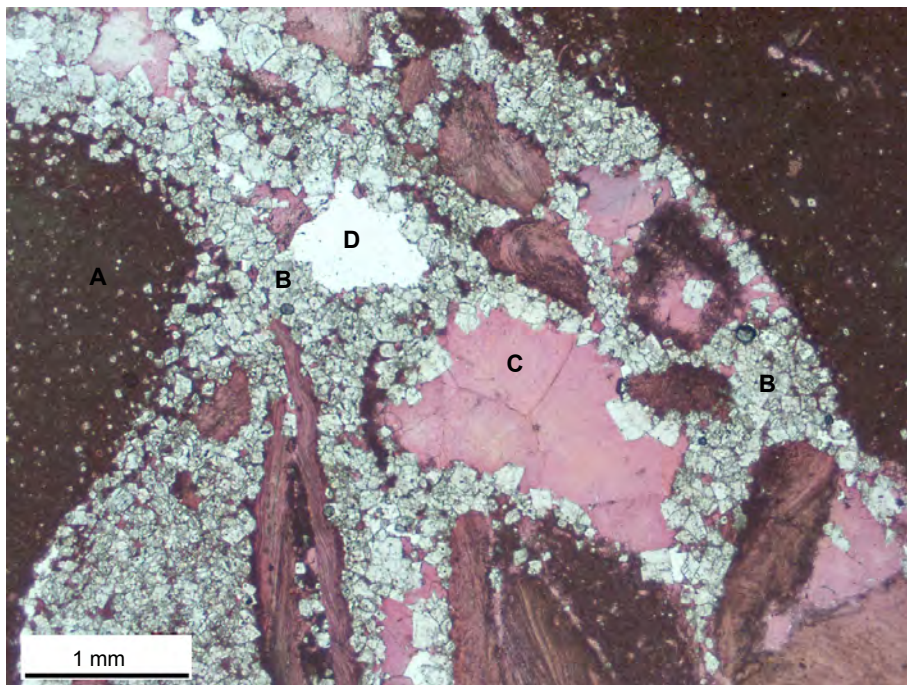
Dolomīts pasaulē ir ļoti izplatīts iezis, kas sastopams dažāda vecuma nogulumos, izņemot pašus jaunākos. Līdzīgi kā citur pasaulē, arī Latvijā dolomītu gadsimtiem ilgi lietoja un pazina kā kaļķakmeni. Pirmo reizi dolomīts pieminēts tikai 1849. gadā R. Pahta publikācijā “Der Devonische Kalk in Livland”, aprakstot klintis Daugavas krastos. Šajā publikācijā saskatāmi arī pirmie devona karbonātiskās slāņkopas stratigrāfiskā iedalījuma iedīgļi, nošķirtas vēlākās Pļaviņu un Daugavas svītas.

Tomēr ikdienas dzīvē vēl ilgi dolomītu uzskatīja par kaļķakmeni. Šis maldivais uzskats pat par vairākiem gadiem aizkavēja cementa ražošanu Latvijā. 19. gadsimta vidū Rīgas komersants K. Šmits nolēma dārgā, no Anglijas importētā portlandcimenta vietā sākt šā materiāla ražošanu uz vietas, izmantojot viegli pieejamo Daugavas krastu “kaļķakmeni”, ko plaši lietoja kaļķu dedzināšanai. 1860. gadā K. Šmits ar Vācijas speciālistu palīdzību Rīgā uzcēla cementa

fabriku, bet no šķietamā “kaļķakmens” nekāds portlandcements neiznāca. Tikai 1867. gadā fabrika sāka strādāt pa istam, izmantojot krītu, ko Rīgā ieveda kā kuģu balastu (Grosvalds, 1964).



5. attēls. Kranciema atradnes dolomīta derivatogramma: DTA – diferenciālā temperatūru līkne, TG – termogravimetriskā līkne.



6. attēls. Plānslīpējuma mikrofotogrāfija, bez analizatora. LU Ģeoloģijas muzeja kolekcijas paraugs no Ziemeļaustrumu Latvijas (D_3dg). Dolomitizēts kaļķakmens, kas krāsots ar alizarīna-S šķīdumu vājas koncentrācijas sālskābē. Kalcīts ir iekrāsojies sārts, bet dolomīts nav iekrāsojies. Mikrokristāliska kaļķakmens pamatmasā (A) ir lēca (attēla vidusdaļā), ko skārušas dažādas pēcsedimentācijas izmaiņas. Dolomīts (B) ir aizvieto-
jis daļu šīs lēcas, saglabājot neskartas brahiopodu čaulas (šķiedrainās). Tam sekojusi sekundārā kalcīta (C) kristalizācija porās (cementa veidā). Redzams, ka virzienā uz kādreizējām porām dolomīta kristāli izveidojušies vislielākajā izmērā. Daļa poru nav aizpildītas ar neviena minerāla kristāliem (D).

DOLOMĪTU VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI UN PROBLĒMAS

Lai gan dolomīti Zemes garozā ir gandrīz tikpat izplatīti kā kaļķakmeņi, tomēr to ģenēze vēl arvien ir neskaidra. Literatūrā ir aprakstīti vairāki minerāla dolomīta veidošanās mehānismi, bet nav skaidra to relatīvā nozīme, lai izveidotu simtiem metru biezās paleozoja un mezozoja dolomītiežu slāņkopas, kas aizņem tūkstošiem kvadrātkilometru lielas platības. Bez tam līdz šim nav izdevies sintezēt dolomītu laboratorijā normālās temperatūrās (zem 50 °C) ķīmiskā ceļā bez mikroorganismu stāpniecības. Tas ierobežo iespēju novērtēt fizikālķīmiskos apstākļus, kādos pārsvarā ir veidojušies dolomīti Zemes ģeoloģiskajā vēsturē. Nav līdz galam skaidrs arī, kādu faktoru iespaidā agrāk izveidojušies smalkkristālieki un poraini dolomīti ar laiku pārveidojas rupjkristāliskos, izturīgos dolomītos ar nelielu porainību, kādi tagad ir tipiski paleozoja nogulumiem (Cander, 1994). Neskaidrie jautājumi par dolomīta veidošanās vietu, mehānismu, fizikālķīmiskajiem faktoriem un pēcsedimentācijas izmaiņām nosaka t.s. “*dolomīta problēmas*” būtību.

Kainozoja nogulumos un it sevišķi kvartāra slāņkopā dolomīta saturs ir niecīgs, savukārt mezozoja un paleozoja nogulumos dolomītieži bieži vien dominē. Tie ir izplatīti pārsvarā seklūdens marīnos nogulumos, tādēļ šķiet loģiski, ka jūras ūdenim ir bijusi zināma loma to tapšanas procesā. Tomēr dolomīta veidošanās tieši no jūras ūdens mūsdienās nav konstatēta.

Ķīmiskie savienojumi izgulsnējas no šķīdumiem, ja tie atrodas pārsātinājumā. Jūras ūdens ir pārsātināts attiecībā pret kalcītu, magnija kalcītu un aragonītu, un tieši šie minerāli arī veido dažāda dziļuma jūrām un okeāniem raksturīgos karbonātiskos nogulumus. Taču arī dolomīts jūras ūdenī ir pārsātināts, turklāt vēl lielākā mērā nekā kalcīts. To nosaka Mg^{2+}/Ca^{2+} molārā attiecība jūras ūdenī 5,2 : 1, kas ir labvēlīgāka kalcija-magnija karbonāta, nevis tīra kalcija karbonāta veidošanās procesam. Kāpēc gan dolomīts neveidojas no jūras ūdens, ja tas ir pārsātināts? Uzskata, ka galvenokārt traucē kinētiskas barjeras (Morrow, 1982; Tucker, Wright, 1990):

- karbonāta ātrā sedimentācija no pārsātināta, koncentrēta šķīduma kavē kalcija un magnija nodalīšanos slāņos, kuri raksturīgi dolomīta kristālrežģim, līdz ar to drīzāk veidojas kalcija karbonāti;
- Mg^{2+} jons jūras ūdenī hidratizējas lielākā mērā nekā Ca^{2+} , un tas traucē tā savienošanos ar CO_3^{2-} un izsauc ar kalciju bagātu savienojumu veidošanos;
- Mg^{2+} jons ūdenī veido saiti ar SO_4^{2-} jonu, tādēļ magnijs ir pieejams karbonātu minerālu izveidei ierobežotā apjomā.

Tādējādi termodinamiskie nosacījumi ir par labu dolomīta izveidei, taču to kavē kinētiska rakstura šķēršļi (Wacey et al., 2007). Šos šķēršļus ļauj pārvarēt vairāki faktori, kas plaši aprakstīti literatūrā: ģipša izgulsnēšanās (atliku ūdenī palielinās Mg/Ca attiecība un samazinās SO_4^{2-} saturs), paaugstināta temperatūra un dolomitizējošo fluīdu ilgstoša pieplūde. Pēdējos gados ir uzsvērtā baktēriju loma dolomīta veidošanās procesā, un paaugstināts sulfātu jonu saturs tiek atzīts par šo procesu sekmējošu faktoru (Vasconcelos, McKenzie, 1997; Wright, Wacey, 2005). Ir pat viedoklis, ka paaugstināts SO_4^{2-} saturs sāļā ūdenī vispār nav dolomīta veidošanos traucējošs, bet drīzāk pat sekmējošs faktors (Machel, 2004).

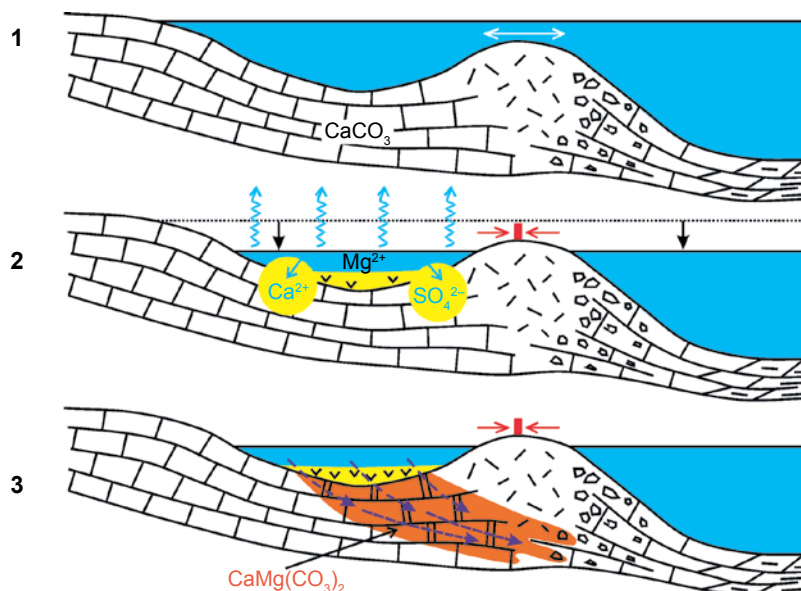
Dolomitizācijas modeļi

Lai izskaidrotu veidus, kā dabā tiek pārvarētas kinētiskās barjeras un citi minētie šķēršļi dolomīta kristalizācijas un kaļķakmeņu dolomitizācijas (aizvietošanās ar dolomītu) procesam, literatūrā tiek apskatīti vairāki atšķirīgi dolomitizācijas modeļi (Tucker, Wright, 1990; Warren, 2000).

Evaporītu (sebhās) un Kūronas reģiona modeļi ir mūsdienu dolomītu veidošanās mehānismi, kuru darbība ir labi pētīta. Sebha (angļu val. *sabkha*) ir plaša un ļoti līdzena piejūras zeme arīda klimata reģionos. Sebhās ar plūdmaiņu ietekmi mijas jūras ūdens uzplūdi un žūšanas procesi, tādēļ lielā daudzumā veidojas evaporīti un karbonātu minerāli. Liela loma minerālu ģenēzē ir kapilārajiem procesiem. Atbilstoši šiem modeļiem dolomīts veidojas arīdā klimatā seklū jūru litorālajā un supralitorālajā zonā, kā arī lagūnās un ezeros ar paaugstinātu sāļumu. Smalku dolomīta kristāliņu augšanu, pārsvarā garoziņu veidā, šeit sekmē Mg/Ca attiecības paaugstināšanās, ko nosaka ģipša un anhidrīta kristalizācija pirms dolomīta, CO_2 satura paaugstināšanās un SO_4^{2-} satura pazemināšanās. Bez tam kontinentālo un jūras ūdeņu sajaukšanās dažādās proporcijās un iztvaikošana noved pie tā, ka šķīdums iegūst specifisku ķīmisko sastāvu ar augstāku dolomitizācijas potenciālu. Ir atzīmēta arī dolomīta garoziņu veidošanās no tikai neliela modifikēta jūras ūdens, kas sūcas cauri nogulām plūdmaiņu procesu rezultātā.

Dolomītu veidošanās pēc šiem modeļiem mūsdienās ir atzīmēta Bahamu salās, Floridā, Persijas līča dienvidu malas sebhās, Kūronas (*Coorong*) lagūnā un Kūronas reģiona sālsēzeros Austrālijā, lagūnās ar paaugstinātu sāļumu Kuveitā u.c. Modelim ir daudz piemēru senajos nogulumos.

Cauršūkšanās-atplūdu dolomitizācijas modeļa shēma ir skatāma 7. attēlā. Atbilstoši šim modelim dolomitizējošie fluīdi ir lagūnas ūdeņi vai litorālā līdzenuma poru ūdeņi, kuros iztvaikošanas un tai sekojošas ģipša nogulsniēšanās rezultātā paaugstinās Mg/Ca attiecība. Šie relatīvi blīvie ūdeņi filtrējas zemāk iegulošajos karbonātiskajos nogulumos, kuru poru ūdeņu blīvums ir mazāks. Lai gan nav labu mūsdienu analoģu (tikai lokāli veidojumi Kanāriju salās un Karību jūras Sanandresas salā), caursūkšanās-atplūdu modelis bieži tiek saistīts ar seno dolomītu griezumiem (piemēram, augšējā perma dolomīti ziemeļrietumu Eiropā, apakšējā krīta Edvarda svīta Teksasas štatā ASV).



7. attēls. Cauršūkšanās–atplūdu dolomitizācijas modeļa shematisks attēls. 1 – salīdzinoši augsta ūdens līmeņa apstākļos notiek brīva ūdens apmaiņa starp atklātu jūru (pa labi) un lagūnu (pa kreisi); 2 – ūdens līmenis jūrā krītas, un zūd savienojums starp to un lagūnu. Arīda klimata apstākļos ūdens lagūnā aktīvi iztvaiko, līdz izgulsnējas ģipsis, kas “izņem” no ūdens kalcija un sulfāta jonus; 3 – blīvais ūdens ar samazinātu sulfātujonu un palielinātu magnija daudzumu plūst cauri pagulošajiem kaļķakmeņiem jūras virzienā un tos dolomitizē.

Jaukto atmosfēras un jūras ūdeņu dolomitizācija ir modelis, atbilstoši kuram dolomīts veidojas kontinentālo gruntsūdeņu un jūras ūdeņu sajaukšanās zonā. 20. gadsimta 70.–80. gados šis modelis ieguva plašu atzinību pēc B. Hansēva, K. Badiozamani un L. Lenda darbiem. Dolomīts atrodas jūras ūdenī augstākā pārsātinājumā nekā kalcīts. Pēc minēto autoru datiem, kad jūras ūdens sajaucas noteiktās attiecībās ar gruntsūdeni, tas vēl aizvien ir pārsātināts attiecībā pret dolomītu, bet nepiesātināts attiecībā pret kalcītu, kas rada termodinamiskus priekšnoteikumus dolomīta ģenēzei. Vēlākos gados jaukto ūdeņu modelis gan ir spēcīgi kritizēts (Machel, Mountjoy, 1986; Hardie, 1987) sakarā ar neprecizitātēm dolomitizācijas mehānisma pamatojumā no ķīmijas viedokļa un ar to, ka plaši izplatītajās mūsdienu jaukto ūdeņu zonās dolomīts ir ārkārtīgi rets. Iespējams, ka gruntsūdeņu un jūras ūdeņu sajaukšanās zonā tikai daļēji tiek novērstas dolomitizācijas kinētiskās barjeras, ko tīrā jūras ūdenī nosaka augstā jonu aktivitāte. Mūsdienās jaukto ūdeņu modeli tā sākotnējā veidā praktiski nelieto.

Dolomitizācija slāņkopu iegrimšanas rezultātā tiek uzskatīta par reālu un iedarbīgu modeli. Galvenais šī modeļa mehānisms ir šelfa dziļākās daļas

mālaino nogulumu dehidratācija un minerālā sastāva izmaiņas to noblīvēšanās rezultātā, kam seko ar Mg^{2+} bagātināto fluīdu ieplūšana blakus iegulošajos seklāka ūdens karbonātiskajos nogulumos. Minētais modelis ir plaši pielietots daudzu seno dolomītu ģenēzes izskaidrošanai (augšējā devona Mjetas biohermi Albertas provincē Kanādā, kembrija Boneterras dolomīti Misūri štata dienvidaustrumu daļā ASV, devona Lostburro svītas dolomīti Kalifornijas štatā ASV, apakškarbona Pendlsaidas kaļķakmeņi Bovlendās baseinā Ziemeļanglijā u.c.), bet, domājams, nav attiecināms uz Latvijas devona dolomītiem sakarā ar biezu māla slāņkopu trūkumu un nepietiekamu iegrimšanu ģeoloģiskās attīstības vēsturē.

Dolomitizācija no jūras ūdens ir process, kurš plaši aprakstīts kopš pagājušā gadsimta astoņdesmitajiem gadiem. Daudzos literatūras avotos minēts, ka jūras ūdens tikai nelielas sastāva modifikācijas rezultātā var kļūt par dolomitizējošu šķīdumu. Ir vien nepieciešami apstākļi, kas liek ūdenim cirkulēt caur kaļķakmeņu slāņkopām. Viens no šādiem mehānismiem ir t.s. Kohouta konvekcija – aukstu okeāna ūdeņu plūšana uz augšu seklūdens karbonātu sedimentācijas areālu malaszonās saskarē ar augšupejošiem gruntsūdeņiem, kuriem ir paaugstināta temperatūra hidrotermālo procesu dēļ. Mūsdienās Kohouta cirkulācija norisinās Bahamu salās un Floridā.

Cits mehānisms, kas liek jūras ūdenim filtrēties cauri karbonātu slāņkopām, ir tā plūšana uz leju blīvuma paaugstināšanās dēļ. Šāda parādība ir raksturīga plašiem seklūdens karbonātu sedimentācijas areāliem, kuros ūdens bieži iegūst paaugstinātu sāļumu sakarā ar iztvaikošanas procesiem, daļēju norobežošanos no atklāta baseina un vāju cirkulāciju. Notiek arī cita veida ūdens sastāva modifikācija – mainās CO_3^{2-} un SO_4^{2-} saturs, ģipša nogulsnešanās rezultātā paaugstinās Mg/Ca attiecība u.c. Modificētais ūdens sastāvs var būt par iemeslu dolomitizācijai, jo novērš kinētiskās barjeras šim procesam. Viens no galvenajiem nosacījumiem, lai kaļķakmeņi tiktu dolomitizēti, ir pastāvīga fluīdu pieplūde pietiekamā daudzumā (Morrow, 1982). Plašajos seklūdens karbonātu baseinos šādu mehānismu nodrošina ūdens blīvuma paaugstināšanās līdz ar iztvaikošanu un blīvā ūdens infiltrācija zem baseina iegulošajos vairāk vai mazāk litificētajos nogulumos.

Mūsdienu apstākļos augšminētie procesi ir novēroti Bahamu un Floridas reģionā, taču ievērojami lielāka nozīme tiem varēja būt tajos paleozoja un mezozoja laikposmos, kad eksistēja ļoti plaši seklūdens karbonātu sedimentācijas areāli. Bieži literatūrā pat atzīmēts, ka jūras ūdens ir vienīgais plaši pieejamais šķīdums ar pietiekamu magnija saturu, kas varēja izsaukt kaļķakmeņu masīvu dolomitizāciju ģeoloģiskajā pagātnē (Land, 1985, 1986; Sun, 1994 u.c.).

Dolomīta veidošanās mikroorganismu ietekmē ir mūsdienās aktuālākais, aizvien plašāk pielietotais dolomitizācijas modelis. Šis jaunais dolomitizācijas modelis (Vasconcelos, McKenzie, 1997) pamatojas uz pētījumiem Brazīlijas piekrastē Lagoa Vermelhas lagūnā (*Lagoa Vermelha*), kura atrodas neparastos hidroloģiskajos un klimatiskajos apstākļos. Šajā reģionā dominē semiarīds mikroklimats, un sausajā sezonā lagūnas ūdens iegūst ļoti augstu sāļuma pakāpi. Intensīvā iztvaikošana palielina ūdens sāļumu un pazemina ūdens līmeni, kas dod iespēju

ieplūst jūras ūdenim un piegādāt jonus mikroorganismu procesu darbībai. Mitrajā sezonā nokrišņi pārsniedz iztvaikošanu, un tas izraisa sāļuma samazināšanos, dažreiz pat pasālūdens apstākļu izveidošanos. Šo apstākļu maiņa īsā laikposmā labi atspoguļojas Lagoavermēlas lagūnas nogulu sastāvā.

Konstatēts, ka dolomīts veidojas visaugstākā sāļuma apstākļos, magnija kalcīts vidēja sāļuma apstākļos, bet kalcīts – iesālūdens apstākļos. Baseina nogulās ir daudz organisko vielu, un šajā vidē aktīvi attīstās sulfātreducējošās baktērijas, turklāt to attīstība ir jo intensīvāka, jo augstāks ir ūdens sāļums. Pētnieki atklājuši, ka mikroorganismu darbība ir viens no galvenajiem faktoriem, kas sekmē karbonātu minerālu sedimentāciju un to minerālā sastāva īpatnības. Sulfātreducējošās baktērijas saviem vielmaiņas (metabolisma) procesiem no ūdens lieto SO_4^{2-} , bet kopā ar to arī Mg^{2+} , kurš ar sulfātjonu veido spēcīgu jonu pāri. Šādā veidā no ūdens tiek izņemts SO_4^{2-} , kas traucē dolomīta veidošanās procesam, un vienlaikus no jonu pāra tiek atbrīvots Mg^{2+} , kurš var piedalīties dolomīta kristālrežģa veidošanā. Ja lūkojas par mikronu mazākā mērogā, mikroorganismu vielmaiņas rezultātā mikrovide ap to šūnu piesātinās ar HCO_3^- , un tas rada labvēlīgākus apstākļus dolomīta izveidei salīdzinājumā ar kalcītu. Šie dolomīta kristāli, kuru aizmetņu veidošanos sekmējusi sulfātreducējošo baktēriju darbība, sākotnēji pēc sastāva atbilst kalcija dolomītam, bet tālāk nogulās pārkristalizēšanās rezultātā tie aizvien tuvojas ideālajam, stehiometriskajam dolomītam.

Tādējādi šajā dolomitizācijas modeli ("dolomīta veidošanās mikroorganismu ietekmē") svarīgs nosacījums ir pietiekami liela un pastāvīga SO_4^{2-} piegāde, kas citos dolomitizācijas modeļos (tīri hemogēnajos) tiek atzīta par dolomīta ģenēzei traucējošu faktoru.

Veicot bakteriālo dolomīta sintēzi laboratorijas apstākļos un novērojumiem izmantojot augstas izšķirtspējas transmisijas, atomspēka un skenējošo elektronu mikroskopiju, atklāts, ka dolomīts veidojas uz 50–200 nm lielām karbonātiska sastāva "nanoglobulām", kuras ir piestiprinājušās mikroorganismu šūnu virsmām. Šo nanoglobulu sakopojumi un ķēdes ir lielāku, mikronu izmēra, globulāru dolomīta agregātu sastāvdaļa (Sánchez-Román et al., 2009). Par dolomīta izcelsmi baktēriju iedarbībā liecina tā aizmetņu hanteles, vārpstas, sfēriska vai ovoidāla forma (Warren, 2000; Sánchez-Román et al., 2009).

Pēdējos gados tieši šis dolomīta veidošanās modelis tiek visplašāk aplūkots ģeoloģiskajā literatūrā. Tas ir piemērots dabīgo dolomītu ģenēzes izskaidrošanai, un tā darbība dažādos nosacījumos, izmantojot atšķirīgas baktērijas, tiek sekmīgi pārbaudīta laboratorijas eksperimentos. Dolomīta veidošanās mikroorganismu ietekmē ir vienīgais šī minerāla veidošanās process, ko izdodas realizēt laboratorijā Zemes virsmai atbilstošās temperatūrās – <50 °C. Pēdējos gados atklāts, ka dolomīta veidošanos sekmē ne tikai sulfātreducējošās, bet arī cita veida baktērijas gan ar skābekli bagātā, gan bezskābekļa vidē (Bontognali et al., 2010).

Baktēriju būtiska ietekme uz dolomīta veidošanos ir novērota arī tādos reģionos kā Abū Dabī sebha (Bontognali et al., 2010) un Kūronas reģionā (Wacey et al., 2007), kas ir "klasiski" citu agrāk izstrādātu dolomitizācijas modeļu piemēri.

Dolomīts – kalcija karbonātu aizvietošanās rezultāts

Dolomīts parasti ir veidojies, aizvietojot jau esošu kalcija karbonātu materiālu – nogulas vai jau blīvus, litificētus kaļķakmeņus. Par to liecina gan laboratorijas eksperimenti (Arvidson, Mackenzie, 1999; Kaczmarek, Sibley, 2011), gan dabīgo dolomītu pētījumi (Iannace et al., 2011; Stinkulis, 1998). Dolomītu primāra veidošanās abiogēnā, ķīmiskā ceļā ir apšaubāma, par to liecina praktiski visi detalizētie dolomitizācijas procesu pētījumi nogulumiežos (Sass, Katz, 1982; Burns, Baker, 1987; Cander, 1994; Frisia, 1994; Gill et al., 1995; Peryt, Scholle, 1996; u.c.). Šādam apgalvojumam neatkarīgi no pielietotā dolomitizācijas modeļa un vairāku autoru izteiktajiem viedokļiem, ka dolomīts ir primārs minerāls, vismaz pagaidām nav pietiekama pamata.

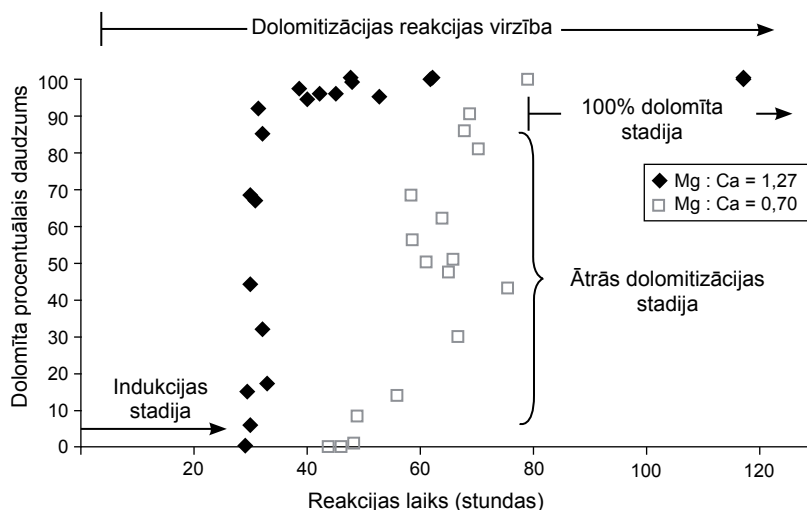
Vienīgais izņēmums ir jau minētā dolomīta veidošanās mikroorganismu (baktēriju) darbības rezultātā, kad sulfātreducējošās baktērijas izmanto sulfātjonu saviem vielmaiņas (metabolisma) procesiem un atbrīvo magnija jonu, kurš tūlītēji var pievienoties kalcija-magnija karbonāta kristālrežģim, veidojot primāru dolomītu.

Daudzveidīgas organismu atliekas dolomītā liecina par normālu ūdens sāļumu (tuvs okeānu ūdens vidējam sāļumam) un par dolomīta veidošanos, aizvietojot (dolomitizējot) jau esošu kaļķakmeni. Vienprātība ir sasniegta dolomītu pētnieku viedokļos par to, ka nozīmīgākais magnija avots dolomīta izveidei ir jūras ūdens, kā arī par to, ka dolomīta veidošanās un dolomitizācijas process nenotiek no normāla sāļuma jūras ūdens – ir jābūt noteiktai (bet vēl nav īsti skaidrs, kādai) sāļu sastāva modifikācijai ūdenī.

Laboratorijas eksperimentu un mūsdienu dolomītu pētījumu rezultātā ir noskaidrots, ka dolomitizācija ir vairākstadiju process, kuru pozitīvi ietekmē augsta apkārtējās vides temperatūra un liela Mg/Ca attiecība šķīdumā (Arvidson, Mackenzie, 1999; Kaczmarek, Sibley, 2011). Laboratorijas eksperimentu rezultātu ekstrapolācija parāda, ka 25 °C siltā ūdenī karbonātskajās nogulās labvēlīgos apstākļos dolomīts varētu izveidoties no dažiem desmitiem līdz 700 gadiem, tas atkarīgs no šķīdumu sastāva (Arvidson, Mackenzie, 1999). Eksperimenti paaugstinātā temperatūrā (218 °C) norāda, ka kalcija karbonātu dolomitizācijas procesam ir ilgstoša sākumstadija, kurā process ir ļoti lēns, un tikai tad seko straujas dolomitizācijas posms (Kaczmarek, Sibley, 2011). Arī tad, kad dolomīts ir jau izveidojies, salīdzinoši ilgs laiks pāiet, lai sakārtotos tā kristāliskais režģis un rastos ideālais (stehiometriskais) dolomīts (8. att.).

Devona dolomītu veidošanās problēmas Latvijā

Latvijas devona nogulumiežos dolomīts ir ievērojamā pārsvarā pār citiem karbonātu minerāliem. Liela daļa devona dolomītu satur samērā daudz un arī pēc sugu sastāva daudzveidīgas organismu atliekas. Jāpiezīmē, ka augšējā devona Pļaviņu un Daugavas reģionālajos stāvos uz austrumiem no Latvijas (Krievijas



8. attēls. Dolomitizācijas procesa trīsstadiju raksturs (Kaczmarek, Sibley, 2011). 1 – indukcijas stadija; 2 – ātrās dolomitizācijas stadija; 3 – “100% dolomīta” stadija. Kā redzams, gan indukcijas stadija ir kavēta, gan ātrās dolomitizācijas stadija ir ilgāka, ja Mg/Ca attiecība šķīdumā (sk. apzīmējumus attēla labajā malā) ir salīdzinoši maza. Pat ja šķīduma sastāvs ir labvēlīgs dolomīta izveidei, salīdzinoši ilga ir pēdējā (100% dolomīta) stadija, kurā notiek jau izveidota dolomīta kristāliskā režģa sakārtošanās un veidojas stehiometriskais dolomīts.

rietumu daļā), bet augšējā devona Stipinu reģionālajā stāvā un Famenas stāvā uz dienvidrietumiem no Latvijas (Lietuvā) dolomītus nomaina ar organismu atliekām bagāti kaļķakmeņi. Viena vecuma kaļķakmeņos un dolomītos ir konstatētas daudzas organismu grupu un citu pazīmju līdzības, kas norāda uz līdzīgiem to sākotnējiem veidošanās apstākļiem (Сорокин, 1978).

Dažādas fosilijas ir aizvietotas ar dolomītu atšķirīgā pakāpē (Сорокин, 1978; Stinkulis, 1998). Ir noskaidrots, ka vislabvēlīgākie apstākļi dolomīta izveidei ir bijuši organismu ejās, kuras kaļķakmens pamatmasā bieži ir vienīgie dolomitizētie iecirkņi. Bieži dolomīts ir selektīvi veidojies gliemeņu un gliemežu čaulās. Stromatoporu, gliemeņu un dažu citu organismu atliekas nav tikušas īpaši pakļautas dolomitizācijai, taču nav arī īpaši labi saglabājušās pēc dolomīta izveides. Visnoturīgākās pret dolomitizāciju ir šķiedrainu, cieši saaugušu kalcīta kristālu veidotās brachiopodu atliekas, kā arī adatādainu fosilijas. Pēdējās sakarā ar monokristālisko uzbūvi sastāv no tīra kalcīta un nav aizvietotas ar dolomītu pat dažās tādās organismu ejās, kur dolomīta saturs sasniedz 90% (Stinkulis, 1998).

Augšminētie fakti norāda uz to, ka liela daļa Latvijas dolomītu sākotnēji ir bijuši kaļķakmeņi, un tie ir dolomitizēti jau kā litificēti ieži. Devona kaļķakmeņi kļuva par dolomītiem jau devona periodā, jo pēc šī laika līdz pat mūsu dienām vairs nepastāvēja pietiekams magnija avots šim procesam. Kaļķakmeņu

aizvietošanos ar dolomītu var izskaidrot arī ar tagadējā Latvijas teritorijā izvietoto sedimentācijas baseinu daļu lielāku vai mazāku norobežošanos no atklātas jūras, ko detalizēti raksturojis V. Sorokins (Сорокин, 1978) un citi pētnieki. Baseinu norobežošanās arīda klimata apstākļos noveda pie pastiprinātas iztvaikošanas, epizodiskas ģipšu un, iespējams, citu sāļu izgulsnēšanās, tādējādi modificējās ūdenī palikušo sāļu sastāvs. Pastāv liela iespēja, ka ūdens sāļuma palielināšanās Baltijas devona karbonātiskās sedimentācijas baseinos virzienā uz tagadējiem rietumiem ir izskaidrojama ar klimatisko zonalitāti Eiramerikas paleokontinenta malā – pieaugošu ariditāti uz tagadējiem rietumiem, kas atbilst toreizējiem dienvidiem (Scotese, 2014).

Kā jau minēts, ģipša izgulsnēšanās parasti tiek uzskatīta par vienu no faktoriem, kas sekmē dolomīta veidošanos. Devona karbonātiežu slāņkopu cikliskā uzbūve, savukārt, norāda uz biežām ūdens līmeņa svārstībām, kas sekmēja ūdeņu plūšanu cauri nogulām un dolomīta izveidei nepieciešamo ilglaicīgo magnija piegādi. Domājams, Latvijas devona dolomītu veidošanos var vislabāk izskaidrot ar caursūkšanās–atplūdu un jūras ūdens dolomitizācijas modeļu palīdzību.

Precīzākus priekšstatu par dolomītu veidošanās procesu ir mēģināts iegūt vietā, kur tas ir iesācies, bet nav noslēdzies – kaļķakmeņi nav pilnībā dolomitizēti. Augšējā devona Daugavas svītas nogulumos nepilnīgi dolomitizēti kaļķakmeņi ir sastopami Latvijas ziemeļaustrumos, kur interesantus novērojumus ir izdevies konstatēt atsegumā Karvā, Vaidavas upes krastā (9. att.). Kaļķakmeņu dolomitizāciju šeit var izskaidrot divējādi:

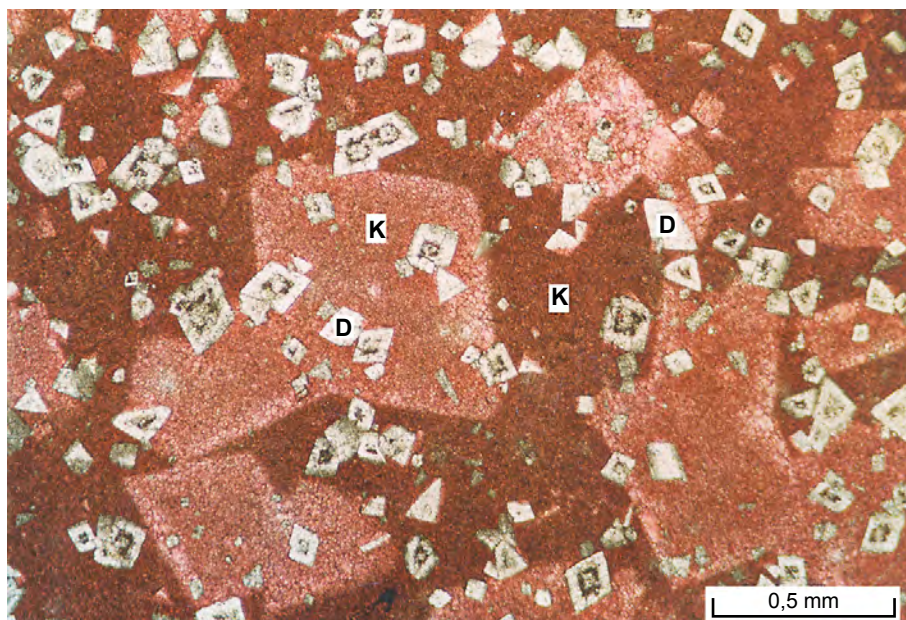
- 1) agrīna anhidrita (CaSO_4) kristālu veidošanās izraisīja Mg/Ca attiecības palielināšanos un SO_4^{2-} satura samazināšanos, kas noveda pie dolomitizācijas iesākšanās;
- 2) ar stromatolītu attīstību saistīto baktēriju reducējošā darbība radīja dolomitizācijai labvēlīgus nosacījumus (Stinkulis, 2008).

Tādējādi devona dolomītu veidošanos Latvijā arī, iespējams, ietekmēja mikroorganismu darbība, kas mūsdienās pasaulē atzīts par plaši izplatītu dolomitizācijas modeli.

Stehiometriskie un kalcija dolomīti Latvijas devona nogulumos

Ar rentgendifraktometriskās un elektronu mikrozondes analīzes palīdzību Latvijas devona nogulumos ir atklātas divas dominējošas minerāla dolomīta grupas ar Ca^{2+} saturu attiecīgi 50–51,5 mol% un 54,5–56,5 mol% (pārējais Mg^{2+} ar iespējamu citu jonu nelielu klātbūtni) – attiecīgi stehiometriskais dolomīts un kalcija dolomīts (10. att.; Stinkulis, 1998). Stehiometriskais dolomīts ir stabils, bet kalcija dolomīts uzskatāms par salīdzinoši stabilu fāzi dolomitizācijas vairākstadiju procesā (Lumsden, Chimahusky, 1980; Searl, 1994).

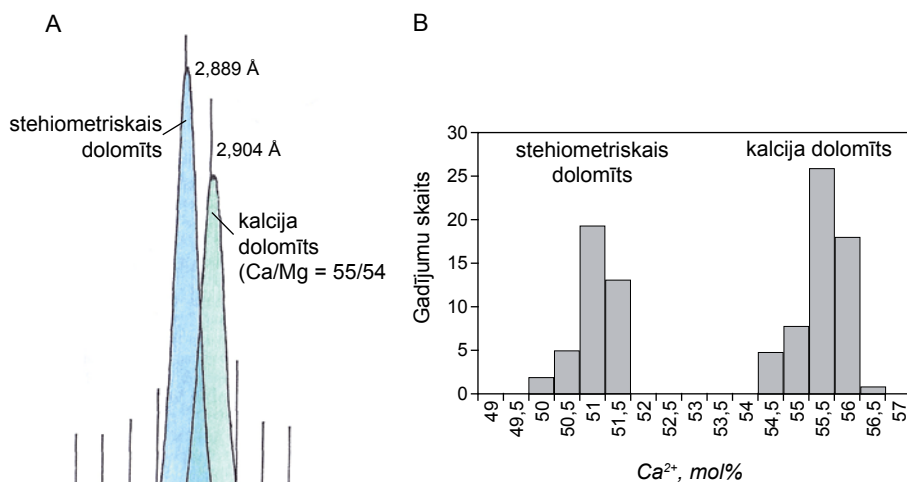
Abi nodalītie minerāla dolomīta paveidi ir izplatīti katrs savā reģionā un atšķirīgos iežu tipos. Stehiometriskie dolomīti ir sastopami Latvijas centrālajā un



9. attēls. Daļēji dolomitizēta kaļķakmens piemērs. Romboedriskas formas dolomīta kristāli (D) aizvietojuši gan slēptkristāliska un mikrokristāliska kaļķakmens pamatmasu (K – tumšsarkanais), gan pagaidām neskaidras izcelsmes romboedrus, kuri sastāv no pilnkristāliska kalcīta (K – gaišsarkanais). D3dg, Karvas atsegums. Minerāls dolomīts šeit pieder kalcija dolomītu grupai. Plānslīpējums ir krāsots ar alizarīna-S šķīdumu vājas koncentrācijas sāļsskābē, lai atšķirtu kalcītu no dolomīta.

austrumu daļā Pļaviņu, Daugavas un Stipinu svītā tiros dolomītos bez kaļķakmens pamatmasas un bez jebkādu kalcītisku sākotnēju komponentu reliktiem. Minerāls kalcija dolomīts, savukārt, ir sastopams Latvijas galējos ziemeļaustrumos un kaimiņreģionos – pārejas zonā starp dolomītiem (Latvijas centrālā un austrumu daļa), un kaļķakmeņiem (Krievijas Pleskavas rajons). Tas asociē ar nepilnīgi dolomitizētiem kaļķakmeņiem, kuros ir saglabājusies lielāka vai mazāka, reizēm tikai niecīga, daļa no kaļķakmens pamatmasas (Stinkulis, 1998).

Tātad pilnībā dolomitizētajos karbonātiežos, kas veido lielāko daļu devona Daugavas, Pļaviņu un Stipinu svītu nogulumiežu Latvijā, arī minerāls dolomīts ir izveidojies pilnībā un tam ir stabils kristāliskais režģis. Savukārt reti sastopamajos daļēji dolomitizētajos kaļķakmeņos mūsu valsts ziemeļaustrumu daļā Pļaviņu un Daugavas svītas nogulumiežos minerāls dolomīts vēl aizvien ir metastabils – tas pat šajos 380 miljonus gadu senajos iežos nav sasniedzis pilnīgu kristāliskā režģa sakārtotību.



10. attēls. Dati par kalcija dolomītu un stehiometrisko dolomītu Latvijas devona karbonātiežos (Stinkulis, 1998): A – dolomīta galvenā refleksa (d_{104}) pozīcija rentgendifraktogrammās, kuras uzņēma un palīdzēja interpretēt prof. Andris Actiņš (LU Ķīmijas fakultāte); B – kalcija jona saturs (attiecībā pret katjonu kopējo saturu) dolomīta kristālos no 97 Latvijas Franas stāva karbonātiežu paraugiem pēc rentgendifraktometriskās analīzes datiem, veicot d_{104} refleksa pozīcijas pārrēķinu pēc noteikta metodikas (Lumsden, 1979). Krasi nodalās divi dolomīta paveidi – stehiometriskais dolomīts ar Ca²⁺ saturu vidēji 51 mol% un kalcija dolomīts ar Ca²⁺ vidējo saturu 55,5 mol%.

IZPLATĪBA

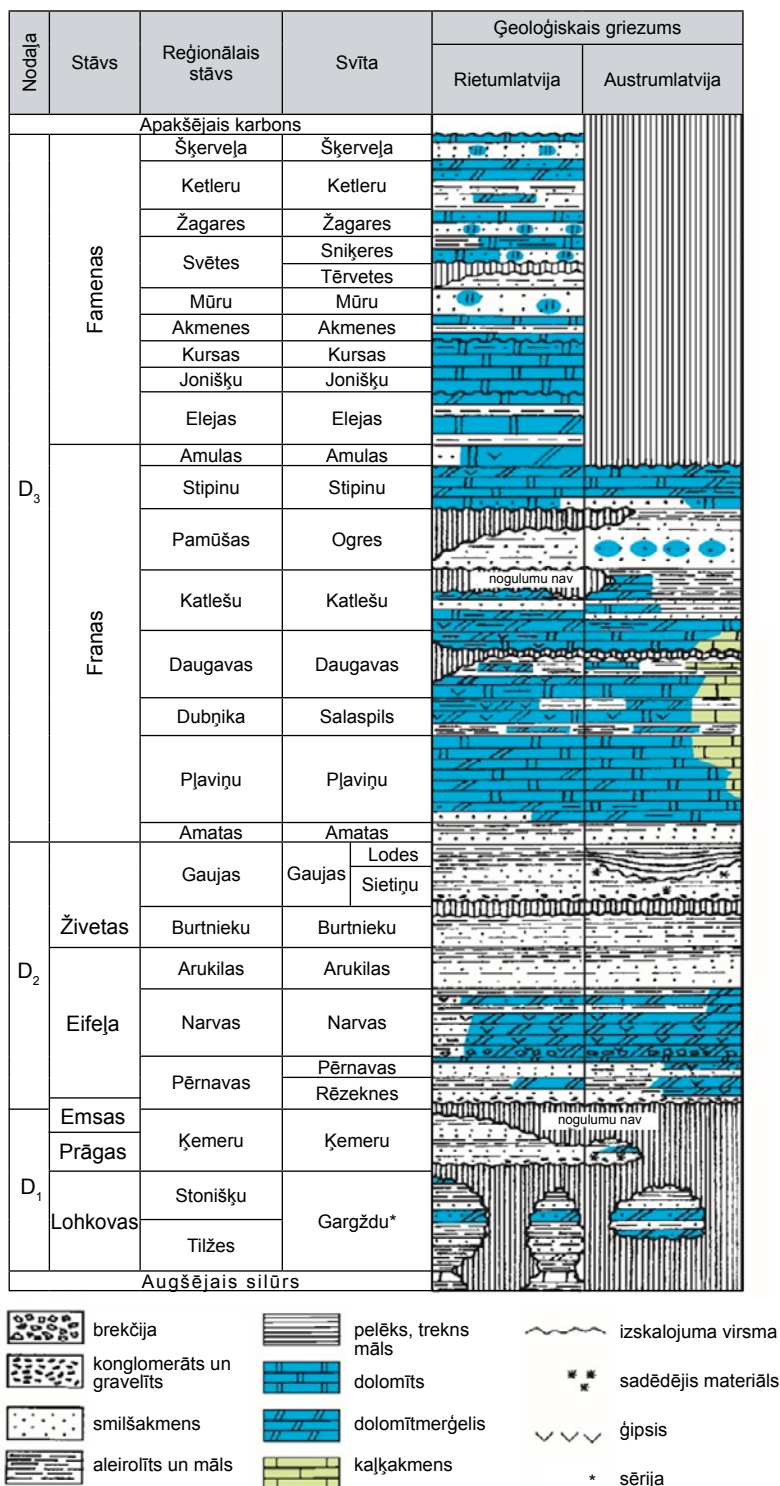
Ar dolomīta resursiem Latvija ir apveltīta bagātīgi, zemkvartāra virsmā tas atsedzas aptuveni trešajā daļā valsts teritorijas, galvenokārt Pļaviņu un Daugavas svītu nogulumu sastāvā, kas ir galvenais šā derīgā izrakteņa avots (11. att.). Vairākas praktiski nozīmīgas iegulas ir arī Stipinu svītas veidojumos. Ģeoloģiskās izpētes darbi nedaudz ir skāruši arī vēl jaunāku devona svītu – Ogres, Žagares, Ketleru – un pat perma dolomītiežus.

Latvijas devona dolomīti ir veidojušies plašas un sekas jūras rietumu daļā. Šī jūra aizņēma Austrumeiropas platformas centrālos un austrumu rajonus, bet tagadējās Baltijas teritorijā atradās licim līdzīga norobežota šīs jūras daļa.

Jūras izmēri un robežas devona periodā vairākkārt mainījās, sasniedzot maksimumu Pļaviņu un Daugavas svītu nogulumu uzkrāšanās laikā. Tā kā šo svītu dolomīti satur samērā maz mālainu un smilšainu piemaisījumu, var domāt, ka piegulošā sauszeme toreiz bija zema un līdzena, turklāt minimālu sanešu pieplūdi noteica karstais un sausais klimats ar nokrišņu deficītu. Jūra bija sekla, dažviet tā pat periodiski izsūsēja, par ko liecina dažu slāņu virsmās redzamās žūšanas plaisas. Savukārt ģipša klātbūtne, akmenssāls (halīta) kristālu nospiedumi (12. att.), diezgan trūcīgās faunas atliekas liecina par paaugstinātu ūdens sāļumu, ko noteica šīs jūras daļas vairāk izolētais stāvoklis. Domājams, ka, salīdzinot ar iepriekšējiem devona laikposmiem, kad veidojās Gaujas un Amatas svītas smilšainie un mālainie nogulumi, karbonātiežu veidošanos iespaidoja arī klimata aridizācija ar nokrišņu daudzuma samazināšanos.

Latvijas centrālajā un austrumu daļā un Lietuvas ziemeļu un vidusdaļā fosilijas saturošie karbonātieži ir pilnībā dolomitizēti, bet Latvijas ziemeļaustrumos un tālāk uz austrumiem Krievijas teritorijā ir saglabājušies līdzīgas uzbūves kaļķakmeņi. Jāuzsver, ka sākotnēji (primāri) dolomīti ir maz iespējami un Latvijas devona dolomīti ir veidojušies kalcija karbonātu nogulu, kā arī jau izveidojušos, cietu kaļķakmeņu ķīmiskas aizvietošanās reakcijās. Latvijas rietumos un Lietuvā dominē mālaini dolomīti, dolomītmerģeļi un māli, kā arī ir sastopamas ģipša lēcas un slāņi.

Pļaviņu svīta savu nosaukumu ieguvusi 1951. gadā no Pļaviņu pilsētas, kur atrodas tās tipisks griezumšķēršnis. Līdz tam šī slāņkopa tika apzīmēta ar burtu “b” (Krauss, 1930). Svītu veido galvenokārt dolomīti un dolomītmerģeļi ar nelielām mālu starpkārtām (13. att.), tās biezums mainās no 35 metriem Latvijas austrumos līdz 18 metriem rietumu daļā.



11. attēls. Dolomīta izplatība Latvijas devona griezumā.



12. attēls. Dolomīts ar akmenssāls kristālu nospiedumiem. LU Ģeoloģijas muzeja kolekcija.



13. attēls. Pļaviņu svītas dolomīti Īlaku iezī Amatas labajā krastā. Masīvie dolomītu slāņi mijas ar sīkplātņainiem mālainiem dolomītiem un dolomītmerģeļiem.



14. attēls. Oliņkalns, kas devis nosaukumu vienai no Daugavas svītas ridām, pirms Pļaviņu HES uzcelšanas. Tagad tas ir tikai neliela saliņa HES ūdenskrātuvē (V. Kurša foto).

Daugavas baseinā svītas griezumš dalās četrās ridās (agrāk pasvītās), kas rietumu virzienā daļēji saplūst kopā. Svītas pamatnē iegulošos Kokneses ridas dolomītmerģeļus ar dolomītu, mālu un aleirolītu starpkārtām derīgajā slāņkopā parasti neieslēdz. Visbiežāk Pļaviņu svītas dolomītu atradnēs produktīvo slāni veido Sēlijas un Atzeles ridas nogulumi, to kopīgais biezums sasniedz 20 metrus.

Daugavas svīta, ko E. Krauss bija apzīmējis ar burtu “d”, tagadējo nosaukumu nes kopš 1951. gada pēc Daugavas, kuras krastos atsedzas tipisks svītas griezumš (14. att.).

Svītu veido dolomīti un dolomītmerģeļi. Dolomītmerģeļu vairāk ir griezumā apakšējā daļā nelielā biezumā (<1 m) un arī vidusdaļā (15. att.). Svīta iedalīta trīs ridās, no turām vidējo – Selgu ridu –, kuru veido dolomītmerģeļi, daudzos gadījumos derīgajā slāņkopā neieslēdz. Svītas biezums samazinās no 20–25 metriem austrumu rajonos līdz 10–15 metriem Jēkabpils–Pļaviņu un 6–8 metriem Rīgas apkaimē. Šo svītu iedala trīs ridās – Oliņkalna, Selgu un Kranciema. Oliņkalna rida atbilst spēcīgai jūras transgresijai, kam sekoja regresija Selgu laikposmā. Selgu ridas nogulumu galvenokārt sastāv no dolomītmerģeļiem, dolomītiskiem māliem un mālainiem dolomītiem. Kranciema ridu veido kavernozi kvarcītveida dolomīti vai smilšakmeņveida dolomīti, bet Latvijas ziemeļrietumu daļā smilšakmeņi ar kalcītu, dzelzs vai dolomīta cementu.

Ogres svīta iedalīta Lielvārdes, Rembates un Suntažu ridās. Svītas nogulumi ir izplatīti gandrīz visā Latvijas teritorijā, izņemot ziemeļu un dienvidaustrumu



15. attēls. Daugavas svītas dolomīti Kranciema karjerā, kur redzams pilns derīgās slāņkopas griezums. Slāņkopas vidusdaļā ir dolomītmerģeļu starpkārtas, tādēļ virs tām uzkrājas un karjerā izplūst gruntsūdens. No tā izgulsnējas dzelzs oksīdi un hidroksīdi, kas iekrāso atsegto dolomīta virsmu.

reģionus. Tās biezums mainās no 15 līdz 18 m Latvijas rietumu daļā un līdz 50 m austrumos. Pļaviņu un Daugavas svītas veidošanās laikposmos atklātā jūra atradās austrumos, savukārt Ogres svītas veidošanās laikā ūdens teritorijai uzplūda galvenokārt no Polijas–Vācijas baseina, no dienvidiem un dienvidrietumiem. Lielvārdes ridu veido smalkgraudaini smilšakmeņi ar karbonātu un dzelzs savienojumu cementu. Līdzīga sastāva nogulumi pārstāv praktiski nozīmīgāko Ogres svītas daļu – Rembates ridu, kurā smilšakmeņus vietām nomaina dolomītsmilšakmeņi un smilšaini dolomīti (16. att.). Suntažu rida sastāv no raibiem māliem, dolomītmerģeļiem ar aleirolītu un smilšakmeņu starpkārtām.

Stipinu svītas dolomīti un dolomītmerģeļi ar aleirolītu, mālu un ģipšu starplāņiem veidojušies jūras transgresijas posma laikā. Jūra tāpat teritorijai uzvirzījās no dienvidiem un dienvidrietumiem, taču klastiskā materiāla pieplūde bija ievērojami mazāka. Jūras sāļums baseina centrālajā daļā bija tuvs normālam, un dominēja karbonātu sedimentācija. Svīta iedalīta divās ridās. Imulas rida sastāv no dolomītiem, mālainiem dolomītiem, dolomītmerģeļiem un retām mālu starpkārtām. Bauskas ridu veido dolomīti ar retām dolomītmerģeļu starpkārtām (17. att.), kuru mālainība pieaug virzienā uz ziemeļiem. Stipinu laikposma jūras pulsāciju veida transgresija savu maksimumu sasniedza Bauskas ridas veidošanās laikā, kad jūras karbonātiskie nogulumi veidojās visā Latvijas teritorijā.

Stipinu svītas nogulumi ir izplatīti pārsvarā Rietumlatvijā, bet Latvijas austrumu daļā tie ir saglabājušies kā salveida palikšņi.



16. attēls. Ogres svītas dolomītsmilšakmens (smilšakmens ar bagātīgu dolomīta cementu, kas vietām pāriet smilšainā dolomītā) atsegumā Ogres upes kreisajā krastā pie Kalnrēžu mājām. Slipslāņotā tekstūra liecina par straumju ietekmi uz šo nogulu uzkrāšanos. Dolomītsmilšakmens no tuvējām, tagad pamestām akmeņlauztuvēm ir izmantots Mākslas akadēmijas kolonnu būvniecībā u.c.

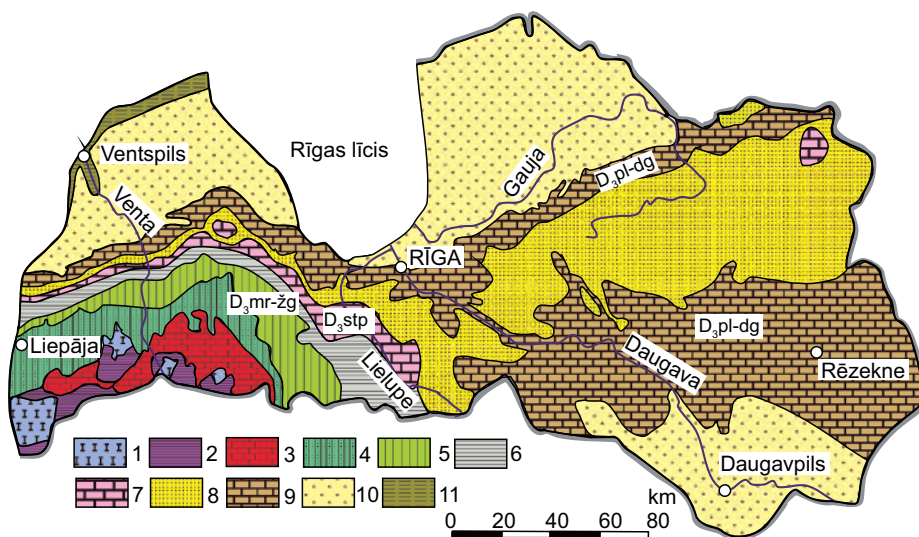


17. attēls. Stipinu svītas dolomīti Akmenscūciņu karjerā netālu no lecavas. Dolomītus izmanto šķembu ražošanai; šī ir nozīmīga dolomītu ieguves vieta Latvijas rietumu daļai, jo Kurzemē kvalitatīvu dolomītu atradņu praktiski nav.

Stipinu svītas biežums mainās no 3 līdz 5 m izplatības areāla ziemeļu daļā līdz 18 m uz dienvidiem no Liepājas–Saldus un Matkules kāpēs.

Zināma praktiska nozīme ir arī dažu Famenas stāva svītu (Žagares, Ketleru) nogulumiem, kas ir izplatīti tikai Latvijas dienvidaustrumu daļā. Sedimentācijas baseins šajā laikposmā atradās Latvijas–Lietuvas depresijā, tam bija raksturīgas nevienmērīgas ūdens līmeņa svārstības, kas radās, atkārtoti mijoties transgresijas un regresijas fāzēm. Rietumos un dienvidrietumos Famenas baseins savienojās ar atklātu jūru. Kādā no jūras transgresijas stadijām ir uzkrājušies 14–21 m biezīe **Žagares svītas** nogulumi – dolomīti, smilšakmeņi, māli un aleirolīti. **Ketleru svītu** veido mālaini karbonātiski nogulumi 39–45 m biežumā, kurus iedala trīs rīdās. Nelielas mālaina dolomīta iegulas (Airītes atradne) ir saistītas ar apakšējo rīdu.

Kā jau minēts, pašas produktīvākās ir Pļaviņu un Daugavas svītu slāņkopas, kas izplatītas divās joslās – šaurākā ziemeļu un platākā dienvidu. Izliektā ziemeļu josla šķērso visu Latvijas teritoriju no ziemeļaustrumiem līdz pat Baltijas jūrai rietumos. Dienvidu josla stiepjas no Latvijas austrumu robežas līdz centrālajai daļai, kur abas joslas saplūst (18. att.).



18. attēls. Latvijas ģeoloģiskā karte. **Juras nogulumi:** 1 – smiltis un māli. **Triasa nogulumi:** 2 – māli un merģeļi. **Perma nogumi:** 3 – kaļķakmeņi un dolomīti. **Karbena nogumi:** 4 – smilšakmeņi, aleirolīti, māli, dolomīti un dolomītmerģeļi. **Devona nogumi:** 5 – Mūru, Tērvetes, Sņķeres un Žagares svītu dolomīti, dolomītmerģeļi, smilšakmeņi, aleirolīti un māli; 6 – Elejas, Jonišķu, Kursas un Akmenes svītu dolomītmerģeļi, smilšakmeņi, aleirolīti un māli; 7 – Stipinu un Amulas svītu dolomīti, dolomītmerģeļi, smilšakmeņi un ģipši; 8 – Katlešu un Ogres svītu smilšakmeņi, dolomītmerģeļi, aleirolīti un māli; 9 – Pļaviņu, Salaspils un Daugavas svītu dolomīti, dolomītmerģeļi un ģipši; 10 – Arukilas, Burtņieku, Gaujas un Amatas svītu smilšakmeņi, aleirolīti un māli; 11 – Narvas svītas dolomītmerģeļi, dolomīti, aleirolīti un māli.

Ziemeļu joslā vairāk izplatīti Pļaviņu svītas, bet dienvidu joslā – Daugavas svītas dolomīti. Produktīvo slāņkopu biezums abās joslās ir aptuveni vienāds, visbiežāk 6–20 metri, lielāks tas ir austrumu rajonos. Lai gan Pļaviņu svītas dolomīti izplatīti plašākās teritorijās nekā Daugavas svītas nogulumi, pēdējie biežāk sastopami zem nelielas kvartāra iežu segas un ir vairāk pieejami ieguvei karjeros.

Iepazīstoties ar dolomīta atradņu izpētes materiāliem, sākot ar pašiem izpētes pirmsākumiem pagājušā gadsimta vidū līdz mūsu dienām, skaidri izjūtama stratigrāfisko priekšstatu maiņa, gan ar zināmu inerci. Hronoloģiski pirmo atradņu – Saulkalnes (1948), Cēsu Laučiņu (1950), Katlakalna, Pļaviņu (1951), Pērtnieku (1952, 1953), Slokas (1954), Kapsēdes (1955), Mežotnes (1956) – izpētē saskaņā ar E. Krausa devona stratigrāfisko shēmu (1930) svītas ranga derīgo slāņkopu vecums ir apzīmēts ar mazo latīņu alfabēta burtu indeksiem (1. tabula), ko gan drīz ir nomainījuši Pētera Liepiņa (1951) piedāvātie svītu ģeogrāfiskie nosaukumi. Detalizētākam iedalījumam tika pārņemti Krievijas platformas ziemeļaustrumu reģionu stratigrāfiskās shēmas slāņi ar ģeogrāfiskiem nosaukumiem.

1. tabula

Dažādos gados izpētē lietotais produktīvo svītu iedalījums

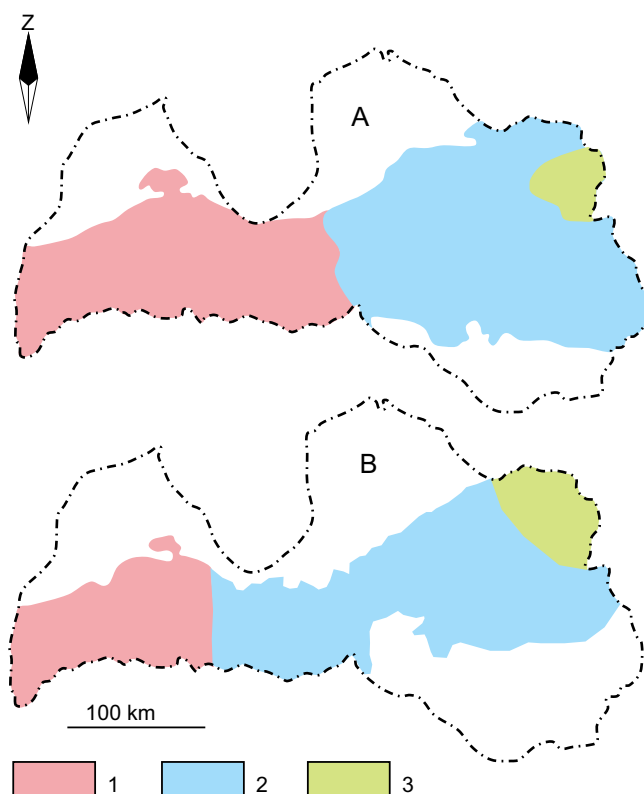
Pašlaik		20. gs. 1. puse		20. gs. 2. puse				
Svīta	Rīda	Svīta	Pasvīta	Svīta	Pasvīta	Slāņi (ridas)		
Naujoji Akmenes	–	h (Ventas)	h_8	Naujoji Akmenes	–	–		
Ketleru	Augšējā		h_5	Ketleru	Augšējā	–		
	Vidējā				Vidējā	–		
	Apakšējā				Apakšējā	–		
Žagares	Žagares	h_3	Žagares		Žagares			
	Kapsēdes			h_4		Kapsēdes		
Stipinu	Bauskas	f_1	–	Stipinu	–	Bauskas		
	Imulas		–		–	Imulas		
Ogres	Suntažu	e	–	Ogres	–	Suntažu		
	Rembates		–		–	Rembates		
	Lielvārdes		–		–	Lielvārdes		
Daugavas	Kranciema	d	d_3^2	Daugavas	Augšējā	Altovas		
			d_3^1			Buregu		
			d_2		Vidējā	Ilmeņa		
	Selgu		d_1		Apakšējā	Svinordas		
						Oliņkalna	c_2	Porhovas
Pļaviņu	Apes	b	b_4^2	Pļaviņu	Ceturtā	Riežupes		
			b_4^1			Suhlovas		
	Atzeles		b_3		Trešā	Atzeles		
	Sēlijas		b_2		Otrā	Sēlijas		
	Kokneses		b_1		Pirmā	Snetogoras		

Iekrāsotas produktīvās ridas

Dažos senākos darbos (Dolomīta meklēšana autoceļiem Apes–Virešu apkārtnē, 1974) kā izpētes objekts norādīts Sargajevas horizonts, kas būtībā apvieno Pļaviņu un Salaspils svītas, bet Pļaviņu svīta pat netiek minēta.

Daugavas svītas dolomītu izpētē agrākos gados galvenokārt lietots iedalījums Semiluku (saskaņā ar stratigrāfisko shēmu tas apvieno Svinordas un Buregu slāņus) un Buregu horizontos vai Porhovas, Svinordas, Ilmeņa un Buregu slāņos. Vairākās jaunākajā laikā, pēc 2005. gada, pētītajās atradnēs norādīta tikai dolomīta piederība Daugavas svītai bez detalizētāka iedalījuma, citās (Brēķu studenti, Dainas-1, Dekterlauki, Īrisi, Jasmīni, Kokneši 2) vēl arvien figurē Porhovas, Svinordas, Ilmeņa un Buregu slāņi, un tikai nedaudzās atradnēs (Dutkas, Kalnagrāviši, Lāsmalas, Līcīši, Vasariņas) parādās slāņkopas iedalījums Oliņkalna, Selgu un Kranciema ridās.

Pēc nogulu uzkrāšanās apstākļiem un vēlāku iežu izmaiņu īpatnībām kā **Pļaviņu**, tā **Daugavas** svītu izplatības laukumā ir trīs galvenās zonas, kuras jau 19. gadsimtā nodalījis Konstantīns Grēvinks (19. attēls).



19. attēls. Devona karbonātiņu izplatības laukumu zonas, kas nodalītas pēc dominējošajiem iežu tipiem (papildināts pēc: Sorokins, 1994; 1997, Аpxaпoea, Еupзeeр, 1979): A – Pļaviņu svīta; B – Daugavas svīta; 1 – rietumu zona (“Kurzemes fācija”); 2 – centrālā zona (“Daugavas fācija”); 3 – austrumu zona (“Veļikajas fācija”).

Rietumu zonā (Kurzesmes fācija pēc K. Grēvinka), aptuveni tagadējās Kurzesmes teritorijā, pastiprinātas mālaina materiāla pieplūdes un paaugstināta ūdens sāluma apstākļos ir veidojušies dolomīti un dolomītmerģeļi ar ģipša starpkārtām. Tīra, mehāniski izturīga dolomīta slāņu šeit ir maz, pārsvarā sastopami merģeļaini zemas stiprības ieži, kuri savulaik izmantoti dolomītkaļķu un romāncementa ražošanai. Ģeoloģiskā izpēte veikta Liepēnu, Smārdes, pēdējā laikā Lancenieku atradnē (visas D₃dg), kā arī Rendas atradnē (D₃pl).

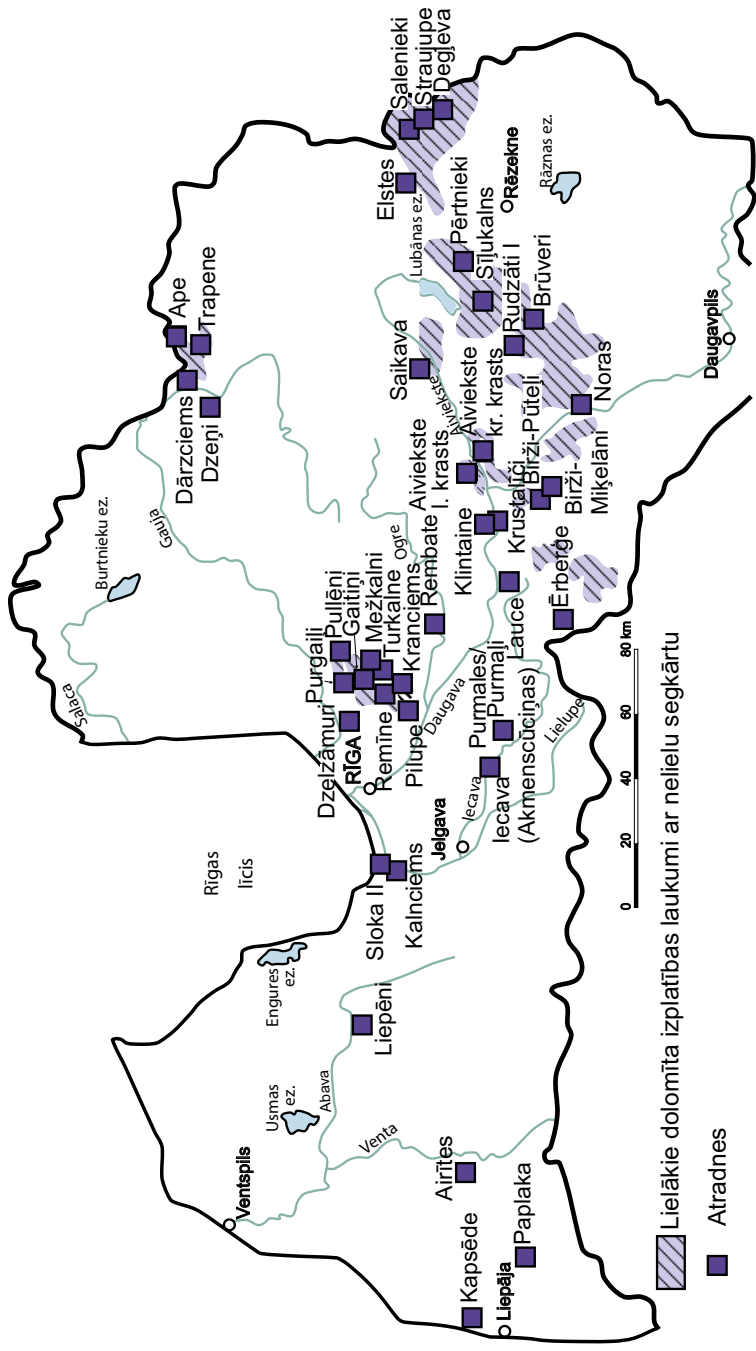
Tālāk uz austrumiem (apmēram no Rīgas meridiāna) iezīmējas nākamā – *centrālā zona* (vēsturiski saukta par Daugavas fāciju), kur mālainā materiāla pieplūde bija mazāka, domājams, arī ūdens sālums bija tuvs atklātas jūras ūdens sālumam, tāpēc bija labvēlīgi apstākļi daudzveidīgas organismu pasaules attīstībai. Šeit dominē dolomīti ar nelielu mālainā materiāla piejaukumu, un tieši šeit ir visas nozīmīgākās attiecīgo svītu dolomīta atradnes (20. att.). Šī zona aizņem lielāko Latvijas teritorijas daļu.

Austrumu zonas (vēsturiski Veļikajas fācijas) nogulumi ir izplatīti tikai pašā Latvijas ziemeļaustrumu daļā, un tie turpinās Igaunijas dienvidaustrumos un Krievijas rietumos. Tos veido gan kaļķakmeņi un merģeļi, kurus nav skāruši dolomitizācijas procesi, gan arī dolomīti un dolomītmerģeļi. Šie ieži savulaik vairākās vietās pašā Alūksnes novada ziemeļaustrumu stūrī izmantoti kaļķu dedzināšanai (Fjuķi, Stuberova), pēc Kriša Bērziņa datiem (1957) MgO saturs tajos variē no 5 līdz 13%, bet CaO no 27 līdz 45%.

Stipinu svītas nogulumu uzkrāšanās laikā teritorijas struktūrplāns bija citāds nekā Pļaviņu un Daugavas laikā. Jūras atklātā, dziļākā daļa vairs neatradās austrumos, bet gan dienvidos no tagadējās Latvijas teritorijas, arī jūras sālums bija tuvāks normālajam, par ko liecina bagātīgās un daudzveidīgās jūras organismu atliekas (sūneņi, galvkāji, brahiopodi, koraļļi u.c.). Svītas dolomītiskās daļas biezums nepārsniedz 6–8 m, to veido samērā masīvu, kavernožu dolomītu, sīkplātņainu dolomītu un dolomītmerģeļu slāņi.

Stipinu svītas dolomīti zemkvartāra virsmā izplatīti šaurā, līdz 16 km, lokveida joslā Latvijas dienvidrietumu daļā, kā arī dažos nelielos laukumos ziemeļaustrumu rajonos, kur senāk tie tika nedaudz iegūti kaļķu dedzināšanai. Šīs svītas dolomīti atsedzas Lielupes, Mūsas, Mēmeles, Iecavas, Imulas (21. att.) krastos, tie tiek iegūti Iecavas apkārtnē, kā arī Petrašūnu, Klovaiņu un Skaistģires atradnē Lietuvas teritorijā. Bauskas un Iecavas apkārtnē slāņkopas augšējā daļā iegul sārts, samērā rupjplātņains, visai dekoratīvs dolomīts, kurš izmantojams kā apdares materiāls. Slāņkopas apakšējā daļā dolomīti ir merģeļaināki, pārsvarā pelēcīgi.

Savdabīgs jaukta sastāva iežu paveids ir augšdevona *Ogres svītas* nogulumos sastopamais rupjplātņainais, mehāniski izturīgais *dolomītsmilšakmens*, kurš savulaik nelielos daudzumos ir izmantots kā būvakmens un apdares materiāls. Dolomītsmilšakmens (22. att.) atsegumi zināmi Ogres, Imulas un Amulas krastos. Pazīstamākā ir Rembates iegula Ogres upes krastos, kur pie Kalnrēžu mājām pagājušā gadsimta trīsdesmitajos gados ir notikusi šā derīgā izrakteņa ieguve un vēlākā laikā (1952) arī izpēte. Smilšakmens kopbiezums variē no 9 līdz 25 m, bet masīvāko, praktiski nozīmīgāko slāņu biezums ir tikai kādi 2–2,5 metri.



20. attēls. Nozīmīgāko dolomīta atradņu izvietojums (parādītas arī dažas Kurzemes atradnes, kuru praktiskā nozīme nav liela).



21. attēls. Savdabīga sensenu notikumu liecība ir viļņu ripsnojums – viļņošanās procesu radītās gultnes reljefa formas uz Stipinu svītas dolomītu slāņu pamatnes Langsēdes atsegumā Imulas labajā krastā. Viļņošanās ir notikusi šo nogulumu uzkrāšanās laikā pirms aptuveni 380 miljoniem gadu.



22. attēls. Rembates dolomītsmilšakmens Ogres kreisajā krastā.

Šajos slāņos karbonātu komponenta ir tik daudz (>50%), ka iezis faktiski būtu saucams par smilšdolomītu.

Daudz mazāka praktiskā nozīme ir augšdevona Famenas stāva *Žagares svītas* dolomītiem. Šās svītas nogulumi šauras, izliektas joslas veidā izsekojami Kurzemes vidienē, aptuveni no Dobeles līdz Liepājai, kur Kapsēdes apkārtnē dolomīts vietējām vajadzībām laužts jau 19. gadsimtā, iespējams – pat agrāk. Lielāks karjers Liepājas pilsētai šeit ierīkots 1928. gadā. 1958. gadā Ļeņingradas Nerūdu izrakteņu ģeoloģiskās izpētes trests Liepājā bāzētās Jūras kara flotes vajadzībām veicis atradnes izpēti un atzīmējis izteiktu stiprības mainīgumu griezumā no 30–40 MPa tā augšdaļā līdz 90–180 MPa apakšējā daļā. 2009. gadā SIA “Latgrante” te izpētīja nelielu atradni “Ielejas Luteri”, kur dolomīta kvalitāte gan ir diezgan zema.

Vēl mazāk perspektīva kvalitatīvu dolomīta iegulu jomā ir augšdevona *Ketleru svīta*, kuras nogulumi Skrundas apkārtnē pētīti kā potenciāla izejviela silikātkieģeļu ražošanai. Nelielajā Airītes atradnē (1957) derīgo slāni veido stipri smilšaini un mālaini dolomīti.

Savdabīgi gaiši dzeltenī, oolītiskas struktūras dolomīti ar zemu dzelzs savienojumu saturu sastopami nelielos laukumos *perma nogulumu* izplatības areālā Priekules novadā (Paplakas atradne).

DOLOMĪTA KVALITĀTE UN IZMANTOŠANA

Dolomīta izmantošanai Latvijā ir ļoti sena vēsture. Ir drošas ziņas par plienakmens un radžakmens (dolomīta) izmantošanu jau trešajā un ceturtajā gadsimtā Daugmales pilskalna nostiprināšanai. No dolomīta ir celtas vairākas viduslaiku pils (23. att.), baznīcas, tas lietots senās Rīgas aizsargmūros, vēlākā laikā arī ielu bruģēšanai.

Senākās akmens ēkas, kurās plaši izmantots dolomīts, tai skaitā unikālais gliemeždolomīts (24. att.), ir baznīca (1185) un pils (1186) Ikšķilē un pils Mārtiņsalā (1186). Tās cēluši akmeņkaļi no Gotlandes salas, kurus šim darbam uzaicinājis biskaps Meinards. Akmeņu sasaistei izmantota dolomītkaļķu java. Zinātnes un tehnikas vēstures pētnieki Ilgars Grosvalds un Viktors Grāvītis (1991) ir noskaidrojuši, ka kā saistviela dolomītkaļķi lietoti vēl daudzviet citur – pirmajā bruņinieku pili Rīgā, Kokneses, Salaspils, Aizkraukles, Turaidas, Cēsu, Alūksnes,



23. attēls. Cēsu viduslaiku pils mūsdienās. Celta 1209.–1214. gadā no dolomīta, kas iegūts tagadējās Cēsu autoostas apkaimē (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/Cesis_castle_in_the_spring.jpg).



24. attēls. Gliemeždolomīts, Remīnes karjers, D₃dg.

Piebalgas, Burtnieku, Raunas, Gaujienas, Ērgemes, Dobeles, Kalnamuižas, Bauskas, Volkenbergas, Viļakas, Ludzas pils.

Senākās dolomīta ieguves vietas visbiežāk atradās upju krastos, kas atviegloja materiāla transportēšanu (25. att.). Sevišķi daudz dolomīta lauztuvju bija pie Daugavas, it īpaši posmā no Rīgas līdz Ikšķilei, tuvāk lielākajiem patērētājiem.

Vēl pagājušā gadsimta trīsdesmito gadu vidū pats lielākais dolomīta patērētājs bija kaļķu (dedzinātā dolomīta) ražošana, šim nolūkam gadā izmantoja apmēram 100 tūkst. m³ ieža. Ceļu būvei tad gada laikā patērēja ap 30 tūkst. m³, bet dzelzceļa balastam – ap 10 tūkst. m³. Vēl apmēram 5 tūkstošus m³ merģelaina dolomīta ik gadus izmantoja romāncementam.



25. attēls. Dolomīta transportēšana Daugavā, pagājušā gadsimta divdesmitie gadi.



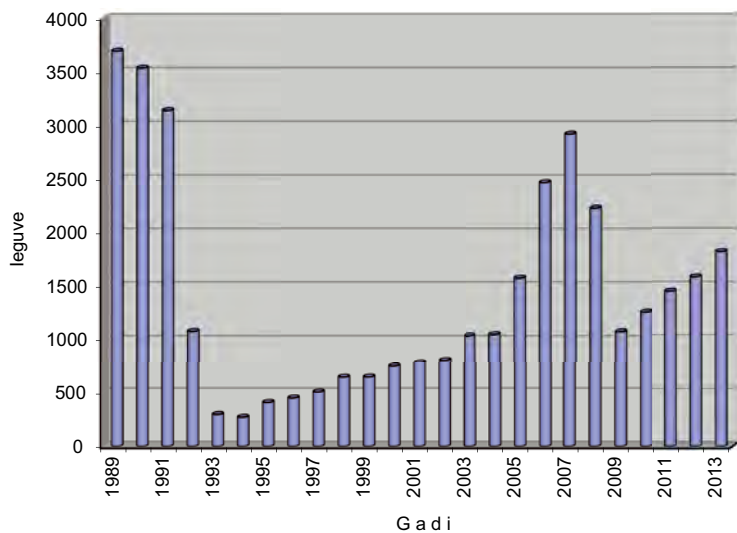
26. attēls. Dolomītu drupināšanas un sijāšanas iekārta Kranciema atradnē. Pēc izmēriem (frakcijām) sašķīrotās šķembas saber atsevišķās kaudzēs un tālāk nogādā patērētājiem, bet vissmalkākās daļiņas, kuras izbirst cauri visiem sietiem (atsijas) izmanto, lai daļēji aizpildītu izstrādāto karjeru.

Mūsdienās dolomīta izmantošanas struktūra ir diezgan būtiski mainījusies, tagad to vislielākos apjomos iegūst šķembu ražošanai, kuras savukārt lieto kā ceļu (autoceļu, dzelzceļu) būvmateriālus un betonu pildvielas (26. att.).

Mazākos daudzumos dolomītu pašlaik lieto būvakmeņiem un apdares materiāliem, kā arī būvkaļķiem un dolomītmiltiem augšņu kaļķošanai un ielabošanai. Dati par dolomīta ieguves apjomiem apkopoti 27. attēlā.

Pēc ārējām pazīmēm Latvijas devona dolomītos ir izdalīti līdz desmit dažādi paveidi (zemjaini, krītveida, porcelānveida, cukurveida, marmorveida, kvarcītveida, kramveida, smilšakmensveida, “Apes tipa” u.c.), kuru atšķiršana gan ir pa spēkam tikai ļoti labam dolomīta pazinējam, bet, lai tādus uzskaitītu Latvijā, pat vienas rokas pirkstu būs par daudz. Praktiskām vajadzībām parasti vairāk vai mazāk sekmīgi atšķir zemjainos, porcelānveida (vai marmorveida), kramveida–kvarcītveida, kā arī rupjgraudainos (“Apes tipa”) dolomītus (28., 29. att.). Šie paveidi sastāda lielāko dolomītu slāņkopu daļu un lielā mērā nosaka to sastāvu, fizikāli mehāniskās un tehnoloģiskās īpašības.

Daudz interesantu dolomīta paveidu nosaukumu noteikti ir bijis arī tajā laikā, kad karjeri vēl saucās par akmeņlauztuvēm, kur strādāja nevis ekskavatori, bet vīri ar laužņiem rokās, ciešā kontaktā ar reizēm padevīgo, bet reizēm spītīgo



27. attēls. Dolomīta ieguve pēdējās desmitgadēs, tūkst. m³.



28. attēls. Dolomīta paveidi Kranciema atradnē: 1 – kvarcīveida dolomīts; 2 – marmorveida dolomīts; 3 – krīveida dolomīts.



29. attēls. Rupjkristālais Apes tipa dolomīts (apīts) Apes karjerā. Tā pareizas formas romboedriskie kristāli sasniedz pat 2 mm izmēru, kas minerālam dolomītam ir rets gadījums. Domājams, ka rupjkristālie dolomīti ir veidojušies sākotnējās dolomītu slāņkopas pārkristalizēšanās rezultātā.

iezi, kas tika apveltīts ar trāpīgiem, ne vienmēr glaimojošiem epitētiem. Šī “folklorā”, kopš nomainījušās paaudzes un roku darbu aizstājusi tehnika, diemžēl gājusi bojā. Un tomēr – Valsts ģeoloģijas fondā glabājas neliela, bet interesanta ģeologa Jāņa Gailiša atskaite par 1938. gadā veikto Cēsu apkārtnes dolomīta lauztuvju apsekošanu, kurā daži no šiem epitētiem ir minēti. Zemkopības ministrijas lauztuvē pie stacijas, vēlākajā Cēsu Lauciņu atradnē, slāņkopas augšdaļā iegulošie dolomītmerģeļi (oriģinālā – vienkārši “merģeļi”), kas iet atkritumos, ir saukti par *pinku*, dziļāk kādā slānī izdalītas 3 kārtas – *sarkanā, krams un baltā*, vēl dziļāk citā slānī kārtas nosauktas par *ērzeli, kasti un virsējo krāsnieku*, dziļāk seko arī *apakšējais krāsnieks*.

Vija Hodireva (1988) un Konstantīns Šaraks (1974), par pamatu ņemot stiprību, Latvijas dolomītus ir iedalījuši vairākos litoloģiski rūpnieciskos tipos (2. tabula).

Ļoti izturīgie dolomīti, kuru spiedes pretestība pārsniedz 120–140 MPa, griezumos ir labi atšķirami pēc vairākām ārējām pazīmēm. Tie ir tumši pelēki, brūngani vai violeti pelēki, izteikti kavernozi, svaigā lūzumā skabargaini, dzirkstījoši, pēc izskata atgādina kvarcītu vai kramu. Plānslīpējumos mikroskopā redzams ļoti

2. tabula

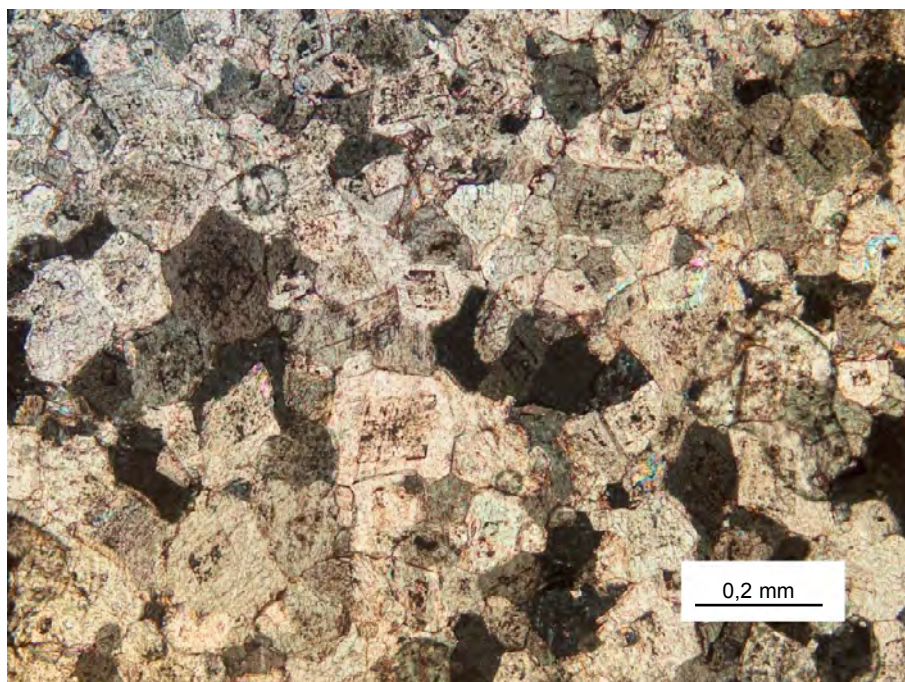
Latvijas dolomītu litoloģiski rūpniecisko tipu raksturojums,
V. Hodirevas (1988) un K. Šaraka (1974) dati

Kvalitātes rādītāji	Ļoti izturīgie dolomīti	Izturīgie dolomīti		Vidēji izturīgie dolomīti	Maz-izturīgie dolomīti
		kavernozie	masīvie		
Ieža pamatmasas izskats	Kvarcītveida, kramveida	Marmorveida	Marmorveida	Smilšakmensveida	Zemjains
Krāsa	Tumši pelēka, brūngani vai violeti pelēka	Pelēka, dažreiz rozā	Dzeltenīgi pelēka	Dzeltenīgi pelēka	Gaiši pelēka
Tekstūra	Kavernoza	Kavernoza, reti slīpslāņota	Masīva	Plankumaina un joslaina	Horizontāli slīpslāņota
Lūzuma (šķembu) virsma	Skabargaina, dažreiz gliemežnīcas	Grumbulaina	Nedaudz raupja	Raupja	Līdzena, matēta
Plātņainība	Vidēji plātņaini	Vidēji plātņaini	Rupjplātņaini	Rupjplātņaini	Sīkplātņaini
Kavernas	Līdz 40%	5-20%	Nav	Līdz 20%	Nav
Kavernu sienas	Apšķīdušas, miltainas	Svaigas	Kavernu nav	Svaigas	Kavernu nav
Porainība, %	<5	5-10	5-15	7-20	7-20
Ieža stiprība, MPa	140-120	100	80	40-60	20-40
Salizturība, cikli	50 un >	25	50 un 25	15 un 25	15 un <

kompakts dažāda lieluma un formas (izometriski daudzskaldņi, romboedri u.c.) kristālu saaugums (30. att.).

Kristālu izmēri ir samērā lieli, vairumā gadījumu 0,05–0,08 mm, daudz kristālu uzbūvē manāma zonalitāte ar duļķainu, necaurspīdīgu centrālo daļu un caurspīdīgu apmalīti. Raksturīgais ļoti ciešais, zobainais kristālu saaugums ar niecīgiem tukšumiem starp tiem ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka šā tipa dolomītu minimālo porainību, lielo blīvumu un mehānisko izturību.

Domājams, ka ciešo kristālu sazobi noteica vairākkārtēji dolomitizācijas un pārkristalizēšanās procesi. Dolomitizācijas rezultātā ir izšķīdušas organismu čaulas, iespējams, arī sulfīdu un krama konkrēcijas un izveidojušās šiem dolomītiem tik tipiskās kavernas. Tumšajā, blīvajā pamatmasā nereti izdalās gaišāki, poraināki plankumi, kā arī sasaisti zaudējušu dolomītmiltu sakopojumi, kuri reizēm veido kavernu sienu oderējumu (31. att.). Šādu dolomītu drupinot, porainākie gabali parasti gandrīz pilnīgi sairst un aiziet atsijās, tomēr dažviet miltainais



30. attēls. Plānslīpējuma mikrofotogrāfija: cieši saauguši, zonāli dolomīta kristāli. Nikoli krustoti. Mehāniski izturīgs, viendabīgs, vidējkristālisks dolomīts no griezuma apakšdaļas Biržu–Pūteļu atradnē. Edgara Zālīša fotogrāfija.



31. attēls. Kavernas dolomītā, kuras izveidojušās stromatoporu fosiliju šķīšanas rezultātā (Rītupes atradne Kārsavas novadā).

uzsūbējums saglabājas uz šķembu virsmām, pasliktinot to sasaisti ar cementa javu betonā.

Ļoti izturīgie dolomīti ir raksturīgi Daugavas svītai Latvijas centrālajā un austrumu daļā, no tiem sastāv gandrīz visa derīgā slāņkopa Biržu atradnē, samērā daudz to ir arī Aiviekstes atradnē, dažos slāņos Pērtnieku un Rītupes atradnē, gandrīz pilnīgi izstrādātās Rīteru atradnes apakšējā daļā, mazāk tipiski tie ir Pļaviņu svītai.

Izturīgie dolomīti svaigā lūzumā pēc izskata atgādina marmoru, tāpēc tos reizēm sauc arī par marmorveidīgiem (32. att.). To krāsa visbiežāk ir sārti vai dzeltenīgi pelēka. Sastopami gan kavernozi, gan blīvi un masīvi paveidi. Atšķirībā no ļoti izturīgajiem šiem dolomītiem ir raksturīga mazāk cieša graudu sazebe un kā sekas – lielāka porainība (5–10%), mazāks blīvums, arī nedaudz zemāka izturība, vidēji 100–120 MPa robežās.

Šāda veida dolomīti Latvijā ir visai izplatīti, visvairāk Pļaviņu svītas vidējās daļas Sēlijas ridas sastāvā Latvijas ziemeļdaļā, kur tie griezumā izceļas ar savu rupjplātņainību, kas padara tos par ļoti piemērotiem apdares materiālu ražošanai, bet daudz to ir arī Daugavas svītā un Stipinu svītas griezumā augšējā daļā. Šim tipam piederīgi arī dažviet sastopamie gliemeždolomīti Kranciema, Remīnes, Biržu atradnēs. Kavernozaļos paveidos galvenais tukšumu veidošanās cēlonis ir organismu atlieku, galvenokārt gliemežu, brahiopodu un stromatoporu, izšķīšana. Kavernu sienas parasti ir svaigas, bet dažreiz tās klāj sīki sekundāra kalcīta vai dolomīta kristāliņi.

Pēc fizikāli mehāniskajām īpašībām abi izturīgo dolomītu paveidi ir līdzīgi, to izturība ir pilnīgi pietiekama kvalitatīvu, salizturīgu būvmateriālu ražošanai. Pēc



32. attēls. Marmorveida dolomīts Kranciema atradnē.



33. attēls. Vidēji izturīgie dolomīti Kalnciema atradnē.

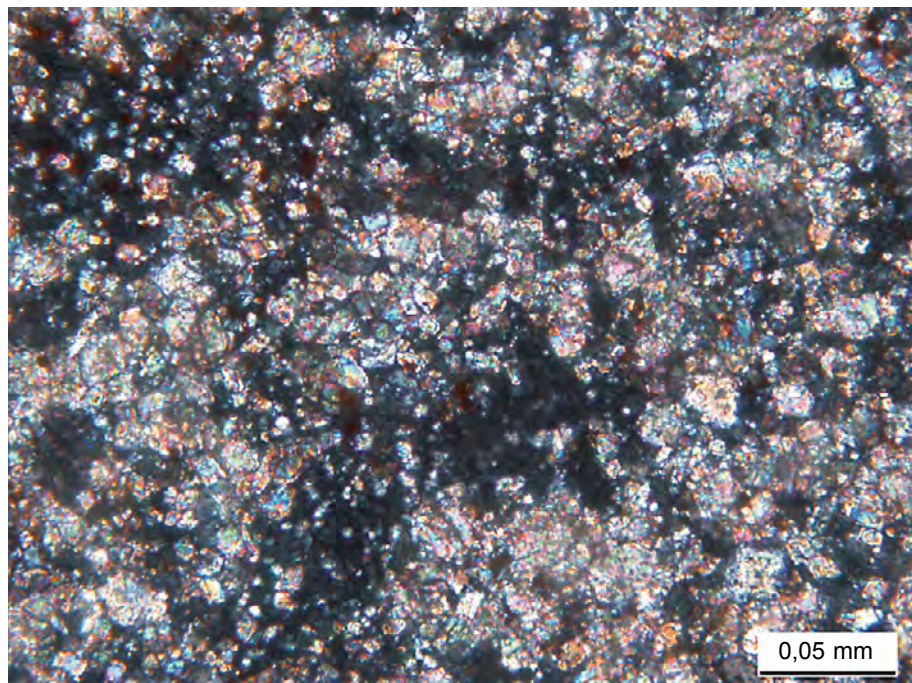
dažām īpašībām tie pat pārspēj ļoti izturīgos pirmā tipa dolomītus, jo drupinot rodas mazāk smalkumu, šķembu virsmas ir svaigas, nedaudz raupjas, kas betonā uzlabo sasaisti ar javu.

Vidēji izturīgajiem dolomītiem kristālu saaugums ir mazāk blīvs un ciešs, tāpēc to fizikāli mehāniskās īpašības ir zemākas nekā abiem iepriekšējiem tiptiem. No tiem iegūstamas tikai vidējas stiprības (400. stiprības klase) un salizturības (15, reti 25 cikli) šķembas. Vidēji izturīgie dolomīti izplatīti kā Pļaviņu, tā arī Daugavas svītu sastāvā (33. att.).

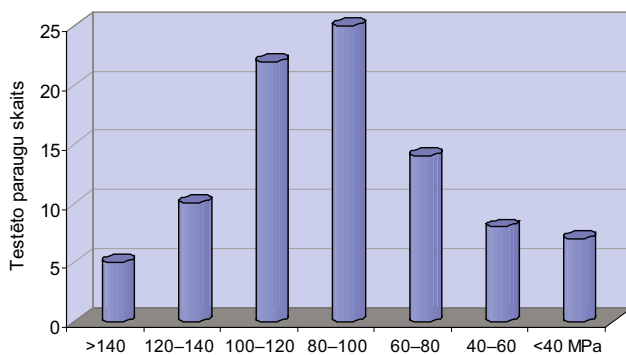
Mazizturīgie, zemjainie dolomīti parasti ir gaiši pelēkā krāsā, mikrokristālieki, sīkplātņaini, satur samērā daudz mālainu piemaisījumu (34. att.), biežāk sastopami Pļaviņu svītā.

Ģeoloģiskās izpētes gaitā tos slikto fizikāli mehānisko īpašību dēļ centās neie-slēgt derīgās slāņkopas sastāvā. Tomēr dažās atradnēs, kur mazizturīgo dolomītu biezums nav liels, tos izstrādā kopā ar izturīgākiem citu tipu dolomītiem, un rei-zēm tie diezgan būtiski iespaido iegūstamo šķembu kvalitāti, gan pazeminot to stiprību un salizturību, gan palielinot plakano un adatveida graudu daudzumu, jo sīkplātņainības dēļ tiem ir tendence šķelties plānās plāksnītēs. Neizturīgo slāņu nelabvēlīgo iespaidu var novērst ar iežu masas vairākpakāpju drupināšanu, kuras gaitā neizturīgie paveidi sasmalcinās un aiziet atsiņās.

Atradņu derīgās slāņkopas parasti veido vairākiem litoloģiski rūpnieciski-kiem tiptiem piederīgu dolomītu slāņu mija, un iegūt atsevišķi kādu no tiem ir



34. attēls. Plānslīpējuma mikrofotogrāfija. Dolomīts, mikrokristālisks līdz ļoti smalkkristālisks. Kristālu saaugums ir vājš, tādēļ dolomīts ir neizturīgs.



35. attēls. Dažādas izturības (spiedes pretestības) dolomīts stiprības rekordistē – Biržu atradnē (Rinkus, 1970).

problemātiski. Reāli iegūstamās dolomītu masas kvalitāte ir atkarīga no atsevišķo tipu daudzuma attiecībām (35. att.).

Katrai izmantošanas nozarei ir savas prasības pret dolomīta kvalitāti. Pilnu kvalitātes vērtējumu dod mineraloģiski petrogrāfisks raksturojums, dati par ķīmisko sastāvu un fizikāli mehāniskajām īpašībām, ievērojot dominējošo slodžu apstākļus.

Mineraloģiski petrogrāfisko raksturojumu iegūst, pētot un aprakstot urbumu serdes, karjeru sienas un citus atsegumus, kā arī pētot mikroskopā plānslīpējumus un pulējumus vai lietojot dažādas instrumentālas metodes, visbiežāk diferenciāli termisko analīzi un rentgenstruktūranalīzi. Tā gūst informāciju par dolomīta struktūrām un tekstūrām, par karbonātu minerālu un piemaisījumu daudzumu un sadalījumu, par dēdēšanas un citu sekundāro izmaiņu izpausmēm, par dažādiem, it īpaši kaitīgiem, ieslēgumiem (opāls, halcedons, krams, sulfīdi, sulfāti, dzelzs oksīdi un hidroksīdi, mālu un organisko vielu sakopojumi, fosfāti u.c.), par ieža krāsu un zīmējumu (36. att.), par nekondicionālu iežu starpkārtām, to biežumu un sastāvu. Šāds raksturojums ir nepieciešams jebkurai dolomīta izmantošanas nozarei. Mineraloģiski petrogrāfiskā analīze ar augstu ticamību ļauj prognozēt iežu kvalitāti un izvēlēties optimālās instrumentālās testēšanas metodes.

Vairākām nozarēm – saistvielu ražošanai, stikla un papīra rūpniecībai, keramikai, minerālvatei, metalurģijai, lauksaimniecībai – galvenais dolomīta kvalitātes rādītājs ir **ķīmiskais sastāvs**. Mazāk prasīgām nozarēm – kaļķu, romāncementa, dolomītmiltu ražošanai – dolomītu visbiežāk pārbauda ar nepilnām ķīmiskām analizēm, nosakot CaO , MgO , CO_2 vai karsēšanas zudumu, kā arī sāļsskābē nešķīstošo atlikumu, ko veido māla-aleirīta-smilts piemaisījumi. Šādi dati ļauj noteikt kopīgo karbonātu minerālu un piemaisījumu saturu, aprēķināt kalcīta, dolomīta un iespējamo citu karbonātu minerālu daudzumu, kā arī orientējoši spriest



36. attēls. Aiviekstes kreisā krasta karjera siena, kurā saskatāmas daudzveidīgas dolomītu pēcsedimentācijas izmaiņas: dzelzs oksīdu un hidroksīdu uzsūbējumu (sarkanbrūnie) veidošanās; mangāna oksīdu un hidroksīdu uzsūbējumu (melnie) veidošanās; dolomītu šķīšana un dolomītmiltu (baltie) uzkrāšanās.

par dolomīta noderību kādam konkrētam pielietojumam. Prasīgākām nozarēm – stikla, keramikas, papīra rūpniecībai, metalurģijai u.c. – ir nepieciešamas pilnas ķīmiskās analīzes.

3. tabula

Nozīmīgāko atradņu dolomītu vidējais ķīmiskais sastāvs, masas%
(pēc ģeoloģiskās izpētes datiem)

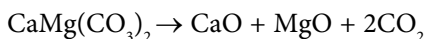
Atradne	Indekss	CaO	MgO	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃
Aiviekste, kreisais krasts	D ₃ dg	29,2	20,3	3,4
Aiviekste, labais krasts	D ₃ dg	29,4	19,3	4,5
Akmenscūciņas (Iecava)	D ₃ stp	23,9	20,6	4,7
Ape	D ₃ pl	28,7	20,3	4,4
Birži–Pūteļi	D ₃ dg	28,8	20,1	5,7
Dārziems	D ₃ pl	29,4	19,6	4,9
Degļeva	D ₃ dg	29,6	20,3	3,5
Kalnciems II	D ₃ dg	29,3	17,8	6,4
Kranciems	D ₃ dg	28,6	19,4	7,2
Pērtnieki	D ₃ dg	28,4	19,3	6,4
Remīne	D ₃ dg	29,7	18,5	11,3
Saikava	D ₃ dg	29,8	20,3	3,9
Turkalne	D ₃ dg	28,2	19,3	6,7

Latvijas dolomītu ķīmiskajam sastāvam vislielākā uzmanība tika pievērsta pagājušā gadsimta piecdesmitajos un daļēji arī sešdesmitajos gados, kad bija spēkā prasība, lai katra administratīvā rajona rūp kombinātā būtu vismaz viena kaļķu ražotne. Vēlākā laikā, būtiski mainoties dolomīta izmantošanas struktūrai no kaļķu uz šķembu ražošanu, kvalitātes raksturojumā ķīmiskais sastāvs ir zaudējis no teicošo lomu, un atradņu izpētē vairumā gadījumu tas ir noteikts tikai nelielam skaitam paraugu, kuri, ņemot vērā griezumumu nevienmērīgumu, ne vienmēr pilnībā raksturo attiecīgo atradni kopumā.

Dolomīts saistvielu ražošanai

Kā jau atzīmēts, ļoti sens dolomīta izmantošanas veids ir saistvielu ražošana, no kurām galvenās ir dolomītkaļķi (37. att.) un romāncements.

Dolomītkaļķi (magneziālie kaļķi, mūrkaļķi) satur 20–40% MgO, un tos iegūst, apdedzinot dolomītu vidēji 1000 °C (900–1100) temperatūrā, kad par oksīdiem un CO₂ ir sadalīties gan magnija, gan kalcija karbonāts:

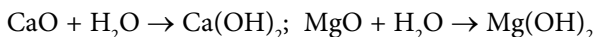




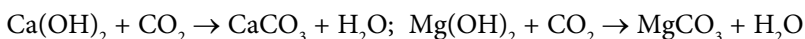
37. attēls. Mežotnes kaļķu ceplis, kas pagājušā gadsimta trīsdesmitajos gados bijis modernākais Latvijā (www.vietas.lv).

Vispiemērotākais ir dolomīts, kurā piemaisījumu ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) saturs nepārsniedz 5–8%, jo apdedzinātajos kaļķos, kad dolomīts CO_2 veidā zaudējis apmēram 47% no sākotnējās masas, šo piemaisījumu daudzums dubultojas, un tas attiecīgi samazina saistvielas efektivitāti.

Kaļķu dedzināšanas tehnoloģiskais process prasa, lai tiktu lietoti pietiekami (bet ne pārāk) cieti, nesadrūpoši, poraini ieži. Mazāk piemēroti ir ļoti blīvi, kā arī rupjkristāliski dolomīti, jo tie izdeg nevienmērīgi. Dolomītkaļķus izmanto maltā veldzētā vai neveldzētā veidā, galvenokārt būvniecībā un lauksaimniecībā. Malti dolomītkaļķi ir ļoti labs materiāls apmetuma javām, jo tie ātri saistās un cietē. Kaļķu cietēšana noris kalcija un magnija oksīdu un ūdens savstarpējā ķīmiskā iedarbībā, veidojoties kalcija un magnija hidroksīdu saaugumam:



Kalcija oksīds ar ūdeni reaģē ātri, tā aktivitāte diezgan mazā mērā ir atkarīga no apdedzināšanas temperatūras, citādi ir ar magnija oksīdu, kura reaģētspēja apdedzināšanas temperatūra iespaido ļoti būtiski; aktīvāks, ātrāk reaģējošs ir zemo temperatūru MgO. Pārdedzinātais MgO (1100 °C un vairāk) ar ūdeni reaģē ļoti lēni, reakcija turpinās jau sacietējušā javā (apmetumā), izraisot tilpuma maiņu nevienmērību un plaisāšanu. Javas cietēšana neierobežojas ar hidroksīdu veidošanos, tie, savukārt, gaisa ogļskābās gāzes iespaidā karbonatizējas, atkal pārtop par karbonātiem, it kā atgriežas sākotnējā stāvoklī:



Šīs reakcijas un galīgā kaļķu cietēšana noris lēni, javu stiprība laika gaitā, pat vēl pēc simtiem gadu, pieaug, tāpēc, pētot seno piļu un baznīcu būvmateriālus, reizēm

rodas iespaids, ka toreizējie celtnieki ir zinājuši kādus īpašus javas stiprības noslēpumus. Pašlaik Latvijā būvkaļķus ražo tikai a/s "Saulkalne S" no Kranciema atradnes dolomītiem. Šis pats uzņēmums ražo arī dolomītmiltus augšņu ielabošanai.

Lietojot mālainus dolomītus un dolomītmerģeļus, var iegūt saistvielas ar hidrauliskām īpašībām, ar spēju cietēt ūdens vidē. Latvijā savulaik ļoti populārs ir bijis **dolomīta romāncements** – hidrauliska javas saistviela, ko iegūst no dolomītmerģeļiem, tos apdedzinot 800–900 °C temperatūrā, kad dolomīts ir daļēji disociējis un brīvais kalcija oksīds stāties reakcijās ar mālaino piemaisījumu, veidojot cementa minerālus. Galvenās dolomīta romāncementa sastāvdaļas ir kalcija silikāti un alumināti, kā arī MgO un CaCO₃.

Dolomīta romāncementa ražošana Latvijā īpaši attīstīta bija pirms Pirmā pasaules kara, kad darbojās četras fabrikas, pa vienai Rīgā un Maruškā (38. att.) un divas Slokā.

Romāncementa pozitīvākās īpašības ir ātrā cietēšana un ēku ātrā izžūšana, tās gandrīz tūlīt pēc uzcelšanas ir apdzīvojamas. Tomēr šai saistvielai ir arī vairākas negatīvas īpašības – īsa saistišanās laiks apgrūtina būvdarbu mehanizāciju, tilpuma maiņas nevienmērība cietēšanas gaitā izraisa plaisāšanu, turklāt nelielās stiprības dēļ materiāls nav piemērots daudzstāvu ēkām.

Plašus pētījumus par šo trūkumu novēršanas iespējām pagājušā gadsimta piecdesmitajos gados veica Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Ķīmijas institūtā (Vaišvads, Hofmans, Karlsons, 1958; kr.val.). Noskaidrojās, ka romāncementa cietēšanas procesos lielu lomu spēlē tieši magnija oksīds. Tilpuma maiņu nevienmērības cēlonis bija pārdedzināta MgO klātbūtne. To zināmā mērā varēja novērst ar paliecinātu (līdz 8%) ģipsa piedevu. Tika izstrādāti arī tehnoloģiski paņēmieni saistīšanas laika pagarināšanai. Šāds uzlabotas kvalitātes romāncements ir izmantojams kā lēta saistviela javās, apmetumos, zemākas stiprības betonos. Tā ražošanā materiāla apdedzināšanas temperatūra ir tikai 800–900 °C, savukārt portlandcementa



38. attēls. Maruškas romāncementa fabrika Daugavas labajā krastā iepretī Doles saī. Pagājušā gadsimta divdesmitie gadi. Fabrika ar pārtraukumiem darbojās no 20. gs. sākuma līdz 1950. gadam.

iegūšanai tā ir 1400–1450 °C, tāpēc romāncements, nenoliedzami, ir ievērojami lētāka, tomēr mazāk universāla saistviela. Tās ražošana Latvijā pārtraukta 1964. gadā. Pašlaik interese par romāncementu, vismaz zinātnieku aprindās, ir atjaunojusies saistībā ar seno ēku rekonstrukciju to autentiskuma saglabāšanai (Barbane et al., 2011).

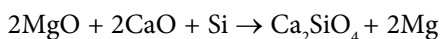
Apdedzinot tīru dolomītu zemākā temperatūrā (<800 °C), var iegūt t.s. **kaustisko dolomītu** (grieķu val. “*kaustikos*” nozīmē “apdedzināts”) vai *Sorela cementu*. Latvijas dolomītiem optimālā apdedzināšanas temperatūra kaustiskā dolomīta iegūšanai ir 700–750 °C. Tas ir magneziāla javu saistviela, kurā ir pilnīgi sadalījies magnija karbonāts, bet nepilnīgi kalcija karbonāts. Kaustiskais dolomīts cietē kā ūdenī, tā arī sāļu šķīdumos un uzrāda labas mehāniskās īpašības.

Dolomīts metalurģijā

Samērā daudzveidīgas ir dolomīta izmantošanas iespējas **metalurģijā**, kur tas noderīgs kā ugunsizturīgs materiāls, kā kusnis un kā izejviela metāliskā magnija ieguvei. Kā ugunsizturīgu materiālu martenkrāšņu kloniem un oderēšanai lieto *saķepdolomītu*, kuru iegūst, apdedzinot dolomītu augstā temperatūrā (1500 °C un vairāk), kad tas ir pilnīgi sadalījies līdz brīviem oksīdiem, magnija oksīds ir pārgājis neaktīvajā periklāza formā, bet kalcija oksīds stāties augsttemperatūru reakcijās ar dolomīta smilšainajiem un mālainajiem komponentiem, veidojot saķepšanu veicinošus cementa tipa minerālus. Lai nodrošinātu pilnīgu CaO saistišanu silikātos, dolomītam īpaši pievieno dažādus ar SiO₂ bagātus iežus vai minerālus – kvarcītu, trepelu, diatomītu, opoku u.c. Savulaik šāds materiāls no Pļaviņu apkārtnes dolomīta ražots arī Latvijā, vēl ne pārāk sen tas lietots Liepājas metalurģijas uzņēmumā martenkrāšņu oderēšanai, bet 19./20. gadsimta mijā tas pat ir skaitījies labākais Krievijā un ar to apgādātas 20 lielākās tērauda fabrikas. Dolomītā, kuru izmanto ugunsizturīgiem materiāliem, limitē SiO₂ (4–7%), kā arī Al₂O₃ + Fe₂O₃ (3–5%) saturu. Šādu dolomītu Latvijā ir daudz.

Kā *kusnis* metalurģijā piemaisījumu saistišanai piemērotāks ir kalcītisks dolomīts ar CaO un MgO attiecību (3–4) : 1 vai arī attiecīgs kaļķakmens un dolomīta maisījums. Magnija oksīdi optimizē sārņu viskozitāti un stabilizē metālkausēšanas procesa režīmu, kas palielina ražību un uzlabo metāla kvalitāti, kā arī samazina koksa patēriņu. Arī šeit ir nepieciešams tīrs dolomīts ar minimālu smilšainu vai mālainu piemaisījumu daudzumu.

Tāpat tīru dolomītu var izmantot **metāliskā magnija ieguvei**. Šim nolūkam lieto 1000–1100 °C temperatūrā apdedzināta dolomīta un silīcija (ferosilīcija veidā) maisījumu, kuru briketē un apdedzina vakuumā apmēram 1200 °C, kad norisinās oksidēšanās-reducēšanās reakcija:



Reakcijas rezultātā izveidojies magnijs iztvaiko un kondensējas. Šāds magnija ieguves process ir ļoti energoietilpīgs.

Dolomīts lauksaimniecībā

Maltu dolomītu plaši lieto lauksaimniecībā skābo augšņu kalķošanai. Šim nolūkam var izmantot gan mazāk kvalitatīvos dolomīta paveidus, gan šķembu ražošanas atslas. Māla-aleirīta-smilts piemaisījumi nav šķēršļi, tie būtībā ir parasti augšņu komponenti.

Dolomīts stikla rūpniecībā

Stikla rūpniecībā dolomītu lieto stikla ķīmiskās un mehāniskās izturības palielināšanai un kristalizācijas tendences samazināšanai. Dolomīts pieder pie stikla rūpniecības pamatizejvielām, ar to stikla masā ievada t.s. oksīdus-modifikatorus CaO un MgO, kuri kausējumā paši par sevi stiklu neveido, bet ietekmē vairākas stikla īpašības – palielina ķīmisko un mehānisko izturību, samazina kausējuma viskozitāti un kristalizācijas tieksmi u.c. Dolomītu šihā ievada tik daudz, lai MgO daudzums stiklā nepārsniegtu 4%.

Pastāvot kopīgai prasībai par izejvielu sastāva nemainīgumu, CaO, MgO, SiO₂ un Al₂O₃ saturu dolomītā stikla rūpniecībā pa lielākai daļai īpaši nelimitē, toties krāsojošo īpašību dēļ ierobežo dzelzs oksīdu saturu līdz 0,05–0,3(0,4)% atkarībā no stikla veida. Divvērtīgās dzelzs joni stiklu krāso zilgani zaļu, bet trīsvērtīgās – dzeltenbrūnu.

Par piemērotākajiem Latvijā savulaik ir atzīti Paplakas apkārtnes perma oolītiskie dolomīti Priekules novadā Vārtājas un Virgas upju sateku rajonā, kuros Fe₂O₃ saturs variē robežās no 0,14 līdz 0,28% (Bamberg, 1941). Pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados notika samērā plaši karbonātiežu meklēšanas darbi stikla un papīra rūpniecībai (ģeologi Imanta Mēkone un Krišs Bērziņš), to laikā tika apsekota arī Paplakas apkārtnē un konstatēts, ka aptuveni 1 km uz dienvidiem no Paplakas abpus Vārtājas upei atrodas visai perspektīva iegula, kurā dominē gaiši pelēcīgi vai dzeltenīgi dolomīti ar minimālu klastiskā materiāla piejaukumu (4. tabula). Nokonturētajā perspektīvajā laukumā dolomīta unikālās kvalitātes dēļ pieļauta lielāka nekā parasti segkārtas–derīgā slāņa attiecība (1 : 0,5), potenciālie krājumi pārsniedz 5,7 milj. m³.

4. tabula

Paplakas atradnes perma dolomītu vidējais ķīmiskais sastāvs, %
(I. Mēkones un K. Bērziņa dati, 1965)

Laukums	Karsēšanas zudums	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Labā krasta – Upenieku	46,1	29,18	20,74	2,40	0,34	0,21
Kreisā krasta – Polaku	46,36	29,0	21,59	1,78	0,76	0,27

Tomēr, neskatoties uz augsto kvalitāti, perma dolomītu izmantošanas perspektīvas stikla ražošanai ir minimālas, jo ļoti mazā pieprasījuma dēļ uzturēt tam īpašu karjeru ir pārāk neekonomiski.

Pēdējos 30–40 gados dolomīta atradnes ir pētītas galvenokārt šķembu ražošanai, nozarei, kurā noteicošās ir iežu fizikāli mehāniskās īpašības, tāpēc ķīmisko analīžu ir salīdzinoši maz, tomēr periodiski saistībā ar stikla ražotņu prasībām dolomītu ķīmiskajam sastāvam, it īpaši dzelzs savienojumu saturam, ir bijusi pievērsta lielāka vērība. Pēc esošajiem datiem, vairumā Latvijas dolomīta paveidu Fe_2O_3 saturs ir ievērojami augstāks par stikla ražošanai pieļaujamajiem 0,30%. Ir zināms, ka ķīmiski tīrāki ir dolomīta izturīgākie paveidi, tāpēc daļu dzelzs savienojumu – garoziņas, kavernu un plaisu aizpildījumu u.c. – var atdalīt ar ieža gabalu vairākkārtīgu drupināšanu un mazgāšanu. Šādi dolomīta šķembu bagātināšanas eksperimenti veikti ar Biržu un Aiviekstes atradņu dolomītu, lielākos un izturīgākos gabalus papildus drupinot un mazgājot, kas ļāva samazināt dzelzs savienojumu saturu aptuveni divas reizes, vidēji līdz 0,3%. To apstiprinājusi arī Latvijas taras stikla ražotņu pieredze, izmantojot mazgātas šķembas no Biržu atradnes izturīgākajiem dolomīta gabaliem.

Tomēr šķiet, ka perspektīvāks dolomīta avots stikla ražošanai ir Degļevas atradne Kārsavas novadā, kur jau sākotnēji Fe_2O_3 saturs (0,2–0,26%) ir zemāks nekā jau minētajos eksperimentos iegūtajā materiālā (0,29–0,37%). Pēdējos gados Degļevas apkārtnē ir pētītas, gan bez ķīmiskajām analizēm, vairākas jaunas, nelielas atradnes, kurās tāpat sagaidāms zems dzelzs savienojumu saturs, par ko liecina dominējošā, ļoti gaišā, gandrīz baltā, dolomīta krāsa.

Nav analītisku datu par dzelzs savienojumu minerālajām formām, kas, iespējams, ļautu izstrādāt efektīvākus paņēmienus šā komponenta daudzuma samazināšanai. Par iežu, arī dolomīta, ķīmiskajās analizēs parasti noteiktā “nešķīstošā atlikuma”, būtībā māla + aleirīta + smilts, detalizētāku sastāvu orientējoši var spriest pēc SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O satura un attiecībām: Al_2O_3 , K_2O , Na_2O ietilpst māla minerālos, bet tajos ir saistīta arī daļa SiO_2 un dzelzs oksīdu. Daļa SiO_2 ir brīvā, kvarca formā, daļa – laukšpatu un vizlu sastāvā, dzelzs var būt pirītā, brīvos oksīdos-hidroksīdos, smagajos minerālos u.c.

Ir dažas Daugavas un Pļaviņu svītas dolomītu nešķīstošās daļas mālu frakcijas (<0,001 mm) rentgenogrammas, kas uzrāda visai vienveidīgu ainu – 95% illīta un 5% hlorīta, ir arī dažas šo frakciju ķīmiskās analīzes ar pārrēķinu uz izteikti dominējošā minerāla illīta (hidrovizlas) struktūrformulām (Лейшкалн, 1963). No tām izriet, ka pētītajos paraugos masas procentos Al_2O_3 saturs ir divas reizes mazāks nekā SiO_2 saturs, savukārt Fe_2O_3 + FeO saturs Daugavas svītas māla minerālos ir aptuveni 3, bet Pļaviņu svītā 2–2,5 reizes mazāks par Al_2O_3 saturu. Vēl ir daži dati par to, ka nešķīstošās daļas aleirītu frakciju veido kvarcs un laukšpats aptuveni vienādos daudzumos (Клявинь, Спрингис, 1957).

Izmantojot šo informāciju, var aprēķināt, protams, ļoti aptuveni, cik dolomīta sālskābē nešķīstošajā atlikumā ir alumosilikātu (māla un laukšpatu) un cik kvarca, kā arī to, kāds daudzums dzelzs ir saistīta mālā un kāds citās minerālās formās – brīvi oksīdi/hidroksīdi, smagie minerāli, pat izomorfs piemaisījums pašā

dolomītā. Precīzākam vērtējumam diemžēl datu nav. Lai aptvertu plašāku teritoriju, aprēķinos ietverti arī dažu šobrīd no praktiskā viedokļa maz perspektīvu atradņu (Cēsu Laučiņi, Ieriķi, Pilupe, Smārde) ķīmisko analīžu dati.

Aprēķini rāda, ka Daugavas svītas dolomītos māla piemaisījums variē robežās no 1,1 līdz 2,6%, izņemot Kalnciema atradni, kur ir 6% māla, savukārt aleirīta-smilts daudzums vairumā atradņu nepārsniedz 3%, izņemot Kranciema, Remīnes un Kalnciema atradnes, kur tas ir lielāks par 5%. Pļaviņu svītas atradnēs nekarbonātisko piemaisījumu saturs caurmērā ir par 2–3% augstāks nekā Daugavas svītā, un dominē māls (5. tabula).

Daugavas svītas dolomītos māla minerālos ir saistīti 0,1–0,25 masas procenti $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, vairāk to ir Latvijas rietumdaļā Kalnciema (0,6%) un Smārdes (0,31%) atradnēs. Šos dzelzs savienojumus lielākā vai mazākā mērā iespējams atdalīt ar ieža drupināšanu un mazgāšanu. Mālos nesaistīto dzelzs oksīdu atdalīšana ir problemātiskāka, to saturs Kalnciema un Rīgas apkārtnes atradnēs ir aptuveni 0,45%, Aiviekstes un Biržu atradnēs ap 0,25–0,3%, bet viszemākais tas ir Latvijas austrumdaļas atradnēs – tikai no 0,08 (Degļeva) līdz 0,12% (Saikava, Pērtņieki), kas izskaidro šeit dominējošās ļoti gaišās ieža krāsas. Tieši Austrumlatvijas atradnes ir visperspektīvākais dolomīta avots stikla ražošanai.

Pļaviņu svītā gandrīz visi dzelzs oksīdi, kuru saturs vidēji atradnēs mainās no 0,69 līdz 1,42%, ir saistīti māla minerālos. To apstiprina arī augstie korelācijas koeficienti starp Al_2O_3 un Fe_2O_3 saturu, kas variē no 0,75 līdz 0,95, samazinoties D virzienā (Pilupe). Daugavas svītā korelācija šo komponentu starpā ir nedaudz vājāka. Iespējams, ka augstāko dzelzs savienojumu saturu Pļaviņu svītas dolomītu māla piemaisījumā nosaka lielāks hlorīta daudzums, kas jānoskaidro turpmākos pētījumos. Stipinu svītā māla un aleirīta-smilts attiecības ir tuvas Daugavas svītai, augstāks ir dzelzs oksīdu saturs (0,8–1,2%), to lielākā daļa saistīta mālā.

Lai gan veiktie aprēķini ir balstīti uz vairākiem, ne pārāk labi pamatotiem pieņēmumiem, iegūto datu visumā apmierinošā sakritība ar litoloģiski faciālo fonu liecina par zināmu racionālu kodolu. Dolomītu nekarbonātisko daļu ir vērts papētīt sīkāk.

Dolomītu lieto arī *keramikā* kā sastāvdaļu glazūrās, kas tāpat būtībā ir viegli kūstoši stikli. Magnija oksīds ietekmē glazūras viskozitāti un sekmē tās izplūšanu vienmērīgākā kārtā, kā arī piešķir virsmai spožumu. Tāpat kā stikla ražošanai arī glazūrām noderīgi ir ķīmiski tīrākie dolomīta paveidi. Zemākas kvalitātes dolomītu var lietot tikai krāsainajām podniecības izstrādājumu glazūrām.

Savulaik Kalnciema atradnes dolomīts kopā ar brākēto ķieģeļu lauskām no Kalnciema un citām Jelgavas apkārtnes ķieģeļnīcām attiecībā 60 : 40 ir lietots *minerālvates* ražošanai. Arī minerālvate zināmā mērā ir uzskatāma par stikla paveidu. Tā sastāv no ļoti smalkiem stiklveida pavedieniem, ko iegūst, strauji izsmidzinot ķieģeļu–dolomīta kausējumu. Šim nolūkam par tīra dolomīta un ķieģeļu lausku maisījumu piemērotāka izejviela varētu būt dabiskie dolomītmērģeļi, kuriem ir vienmērīgāks graudojums un labāka kūstamība.

Izejvielu piemērotību minerālvates ražošanai vērtē pēc ķīmiskā sastāva, galvenokārt pēc attiecības $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) : (\text{CaO} + \text{MgO})$, kuras optimālās vērtības

5. tabula

Dolomītu sālskābē nešķīstošās daļas iespējamais minerālais sastāvs

Atradne	Indekss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Korelācijas koeficienti				Kvarcs	Lauk- špats	Al ₂ O ₃ lauk- špatā	SiO ₂ mālā	Al ₂ O ₃ mālā	Fe ₂ O ₃ mālā	Fe ₂ O ₃ citas formās	Māls	Aleirīts + smilts
					SiO ₂ - Al ₂ O ₃	SiO ₂ - Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ - Fe ₂ O ₃										
Aiviekste, kreisais krasts	D ₃ dg	2,65	0,46	0,36	0,56	0,63	0,48	1,27	1,27	1,27	0,12	1,1	0,34	0,12	0,24	1,56	2,54
Aiviekste, labais krasts	D ₃ dg	2,76	0,74	0,49	0,84	0,81	0,80	0,54	0,54	0,54	0,05	2,1	0,69	0,23	0,26	3,02	1,08
Ape	D ₃ pl	6,02	1,49	0,89	0,97	0,94	0,95	1,59	1,59	1,59	0,15	4,07	1,34	0,89	0	6,3	3,18
Birži–Pūteļi	D ₃ dg	1,92	0,31	0,42	0,74	0,66	0,59	0,99	0,99	0,99	0,07	0,71	0,24	0,08	0,34	1,03	1,98
Cēsu Laučini	D ₃ pl	5	1,14	0,74	0,97	0,92	0,90	1,58	1,58	1,58	0,15	3,07	0,99	0,66	0,08	4,72	3,16
Dārziems	D ₃ pl	4,32	1,91	0,69	0,87	0,79	0,72	0	0	0	0	4,32	1,91	0,69	0	6,92	0
Zvejnieki – Liepavoti	D ₃ pl	4,43	1,91	0,69	0,99	0,75	0,75	0	0	0	0	4,43	1,91	0,69	0	7,03	0
Degleva	D ₃ dg	2,7	0,5	0,25	0,77	0,60	0,83	1,2	1,2	1,2	0,12	1,24	0,38	0,13	0,12	1,79	2,4
Dzeņi	D ₃ pl	3,48	1,21	0,56	0,72	0,85	0,68	0	0	0	0	3,48	1,21	0,56	0	4,04	0
Iecava	D ₃ stp	3,03	0,72	0,97	0,84	0,84	0,55	0,87	0,87	0,87	0,08	1,97	0,64	0,21	0,76	2,82	1,74
Ieriķi	D ₃ pl	9,11	2,67	1,18	0,97	0,92	0,90	1,1	1,1	1,1	0,11	7,77	2,56	1,18	0	11,51	2,2
Kalneciems II	D ₃ dg	9,83	1,81	1,05	0,90	0,95	0,87	4,4	4,4	4,4	0,43	4,46	1,38	0,46	0,6	6,3	8,8
Kranciems	D ₃ dg	6,83	0,77	0,6	0,55	0,67	0,41	4,52	4,52	4,52	0,44	1,32	0,33	0,11	0,49	1,76	9,04
Pērtņieki	D ₃ dg	2,42	0,76	0,37	0,91	0,91	0,86	0,14	0,14	0,14	0,01	2,25	0,75	0,25	0,12	3,25	0,28
Paplaka	P ₂ nk	3,52	0,42	0,2	-0,01	0,29	0,86	2,26	2,26	2,26	0,21	0,76	0,21	0,07	0,13	1,04	4,52
Remīne	D ₃ dg	8,9	0,66	0,56	0,91	0,67	0,84	4,92	4,92	4,92	0,67	0,46	0	0	0,56	0,4	9,84
Saikava	D ₃ dg	2,92	0,79	0,38	0,99	0,90	0,93	0,55	0,55	0,55	0,05	2,25	0,74	0,25	0,13	3,24	1,1
Smārde	D ₃ dg	4,2	0,92	0,75	0,99	0,60	0,68	1,44	1,44	1,44	0,14	2,44	0,78	0,26	0,49	3,48	2,88
Trapene	D ₃ pl	8	1,61	0,97	0,80	0,90	0,92	3,17	3,17	3,17	0,31	4,13	1,3	0,43	0,56	5,86	6,34
Turkalne	D ₃ dg	4,46	0,74	0,53	0,92	0,83	0,76	2,24	2,24	2,24	0,22	1,73	0,52	0,17	0,28	2,42	4,48
Pilupe	D ₃ pl	11,24	2,52	1,42	0,59	0,83	0,41	3,68	3,68	3,68	0,36	6,75	2,16	1,44	0	10,35	7,36

ir 1,5–1,7. Klastiski karbonātisko iežu ķīmiskā sastāva izvērtējums ir parādījis, ka par vispiemērotākiem uzskatāmi dolomītmerģeļi, kuros smilts un māla komponenta saturs (nešķīstošais atlikums) ir aptuveni 45%. Šāda sastāva ieži ir dažu derīgo izrakteņu atradņu segkārtā (Skaistkalnes ģipša atradnē), paslānī (Krancie-ma dolomītu atradnē), bet visplašāk sastopami augšdevona Famenas stāva Elejas svītas nogulumos Kurzemes dienvidaustrumu daļā, kur tie veido samērā vienda-bīgus, 8–10 m biezus slāņus. Minerālvates ražošanai piemērotu dolomītmerģeļu prognozētie resursi ir gandrīz 400 miljoni kubikmetru.

Zemtemperatūru kompozītmateriāli

RTU Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātē ir izstrādāts inovatīvs, perspektīvs zemtemperatūru būvmateriāls uz dolomīta bāzes ar nosaukumu **dolomītkeramika**. Dolomīta (var izmantot šķembu ražošanas atsisas) un māla maisījumu apdedzina zemā – 700–800 °C – temperatūrā, kad notiek tikai daļēja dolomīta sadalīšanās, veidojas deformēta karbonātu struktūra ar jaunveidojumu inkrustācijām un rodas izturīgs materiāls, kuram piemīt kā keramikas stiprība, tā hidraulisku saistvielu īpašības ar ievērojamu stiprības pieauguma tendenci laika gaitā. Variējot izejvielu attiecības, var būtiski ietekmēt un vēlamā virzienā regu-lēt produkcijas īpašības, dažādot krāsu. No dolomītkeramikas var ražot ķieģeļus, lielizmēra blokus ar stiprību līdz 48 MPa, mazu blīvumu (līdz 1,6 g/cm³) un salī-dzinoši zemu siltumvadāmību. Lielākās dolomītkeramikas priekšrocības ir ievē-rojami zemāka, vidēji par 200 °C, apdedzināšanas temperatūra salīdzinājumā ar klasisko keramiku, kā arī iespējamā dolomītšķembu un ķieģeļu ražošanas blakus-produktu utilizācija (Sidraba et al., 2013).

Dolomīts būvakmeņiem un šķembām

Dolomīta noderību pašlaik vadošajai patēriņa nozarei – *šķembu, būvakmeņu, apdares materiālu* – ražošanai nosaka tā fizikāli mehāniskās īpašības (6. tabula). Pēc tām gan dolomīts atpaliek no magmatiskajiem un metamorfajiem iežiem, to-mēr pat tādās valstīs, kur ir lieli un viegli pieejami šādu iežu resursi, šķembu ražošanā nereti, ja patērētāju prasības nav pārāk augstas, priekšroku dod karbo-nātiežiem, it īpaši dolomītam, jo tas, būdams mazāk abrazīvs, drupināšanas un šķīrošanas gaitā mazāk bojā aparāturu. Šiem nolūkiem izmantojamam dolomī-tam ir jābūt iespējami viendabīgam, veselam (bez sīkām plaisiņām), bez krama, organisku vielu un pīrīta ieslēgumiem.

Fizikāli mehāniskās īpašības pēc to fizikālās dabas var iedalīt trīs grupās:

- 1) īpašības, kas raksturo ieža fizikālo stāvokli, – blīvums, porainība, tilpummasa;
- 2) īpašības, kas raksturo ārēju fizikālo faktoru iespaidu uz iezi, – ūdens ab-sorbcija (uzsūce), salizturība, atmieķšķēšanās, izturība pret atmosfēras aģentu iedarbību;

6. tabula

Nozīmīgāko atradņu dolomītu kvalitātes raksturojums
(pēc ģeoloģiskās izpētes datiem)

Atradne	Spiedes pre- testība, MPa	Tilpumsa, g/cm ³	Porainība, %	Ūdens absorbēcija, %	Salizturība, ciklī	Drupināmība cilindrā, %	Nodilums, %	Triecienpre- testība
Aiviekste, kreisais krasts	75,0	2,56	9,7	2,3	50	16	34	104
Aiviekste, labais krasts	64,2	2,58	9,9	2,5	25	13	29	
Ape	89	2,63	7,8	2,2	25	14	36	
Birži–Pūteļi	92,3	2,64	7,0	2,0	50	12	29	
Brūveri	93	2,58	9,9			24	39	
Dārzciems	72,0	2,65	8,3	2,4	25	17	34	
Degļeva	75,5	2,64	7,4	1,9	25	14	29	68
Dzelzāmuri	63	2,63	4,2	1,1				
Dzeņi	58,5	2,65	10,0	3,1	15–25	19	39	
Gaitiņi	97,0	2,59	9,3	2,5	25	15		
Iecava (Akmenscūciņas)	44,6	2,41	15,4	4,8	25	23	42	
Kalnciems	62,0	2,60	8,4	2,6	25	22	41	
Kapsēde	82	2,65	6,3	3,0				
Kranciems	72,1	2,42	14,8	4,6	25			
Krustaliči	131	2,69		1				71
Lauce	66	2,60	7,4	3,4				
Mežkalni	37	2,41	15,2	4,4	25	23	36	68
Pērtnieki	57,5	2,46	12,8	4,1	25	19	32	
Pilupe	44	2,70		2,6				
Pullēni	77	2,67		3,2				
Purmales/Purmaļi	46	2,50	11,7	3,7		17	31	54
Purgaiļi	67	2,59	9,5	2,6	25	22		62
Rembate, dolomīt- smilšakmens	22-55	2,20	13,9	5,7-6,5	15-25			
Remīne	70,0	2,53	10,4	2,9	25	18	38	77
Rudzāti I	90	2,42		5,2	15-25	21		55
Saikava	66,7	2,56	10,3	3,1	25	19	38	58
Salenieki	49,0	2,49	12,8	3,8	25	14	32	
Siļukalns	97	2,66	5,5	1,6	25			
Sloka	77	2,52	9,8					
Straujupe	56							
Turkalne	52,0	2,55	11,2	3,2	25	15	23	55
Trapene	78	2,56	9,5	2,9		22		

Tukšās šūniņas nozīmē, ka nav attiecīgo datu

- 3) mehāniskās īpašības – spiedes pretestība, no ieža iegūto šķembu drupināšanas pretestība statiskā un dinamiskā slodzē, nodilumpretestība, triecienpretestība.

Fizikāli mehānisko īpašību kopā ietilpst arī dati par neizturīgo (vājo) iežu paveidu saturu un ieža plaisainību, kuru visbiežāk raksturo ar vidējo attālumu starp plaisām.

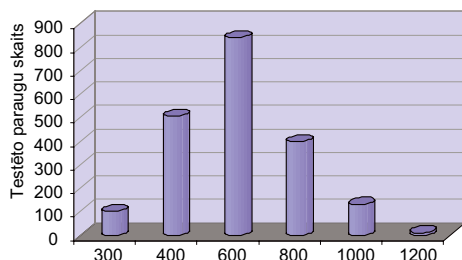
Mehānisko izturību raksturo ar vairākiem rādītājiem. Viens no tādiem ir **spiedes pretestība**, ko nosaka no ieža izzāģētiem pareizas formas kubiņiem vai cilindriņiem sausā un ar ūdeni piesūcinātā stāvoklī. Latvijas dolomīti ar ūdeni piesūcinātā stāvoklī ir vidēji par 1–5 MPa vājāki nekā sausi.

Izturību var raksturot arī ar **drupināmību** (masas zudumu), šķembas sausā vai ar ūdeni piesūcinātā stāvoklī saspiežot cilindrā ar noteiktu statisku slodzi. Pēc šiem datiem nosaka ieža stiprības marku (39. att.), kas ir viens no galvenajiem kritērijiem, vērtējot dolomīta noderību betona pildmateriāliem un būvakmeņiem.

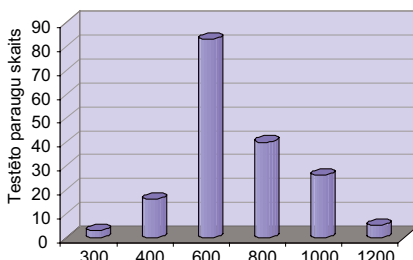
Autoceļu būvē lietotajam dolomītam nozīmīgs kvalitātes rādītājs ir **drupināšanas pretestība dinamiskā slodzē** un **nodilumpretestība**, bet dzelzceļu balasta materiāliem arī **triecienizturība**.

Vairākas dolomītu fizikāli mehāniskās īpašības saista cieša korelācija, piemēram, tilpummasa saistīta ar ūdens absorbciju un porainību (40. att.), savstarpēji korelējas arī dažādie stiprības rādītāji (41. att.), bet korelācijas koeficienti nav universāli, tie gandrīz katram dolomītu paveidam un katrai atradnei ir specifiski.

Pagājušā gadsimta ģeoloģiskās izpētes darbos, kuri ir aptvēruši vairākus desmitus dolomīta atradņu, dolomītu kvalitāte tika vērtēta pēc vairāku PSRS Valsts standartu prasībām. Šie standarti periodiski tika pārskatīti, un to prasības laika gaitā ir vairākkārt mainījušās. Viena no galvenajām šo standartu prasībām attiecās uz iežu (dabisko akmeņu, dabisko būvakmeņu) stiprības marku, kura tika izteikta veselos simtos un atvasināta no spiedes pretestības kilogramos uz kvadrātcilmetru. Eiropas standartos materiālu stiprību izsaka citās mērvienībās – ņūtonos uz kvadrātmilimetru (N/mm^2) vai megapaskālos (MPa). 1 kg/cm^2 aptuveni atbilst $0,1 \text{ N/mm}^2$ vai $0,1 \text{ MPa}$.

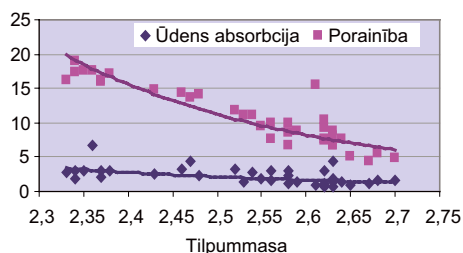


Biržu atradne (Bahromkina, 1989)



Degļevas atradne (Kondratjeva, 1992)

39. attēls. Šķembu stiprības klases pēc piesūcinātu paraugu drupināmības cilindrā.

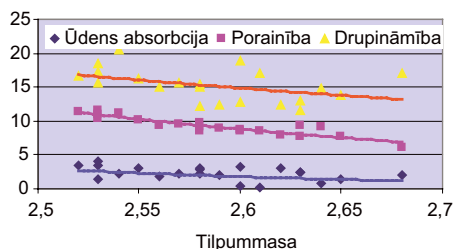


Aiviekstes kreisā krasta atradne,

korelācijas koeficienti:

tilpummasa–ūdens absorbcija –0,52

tilpummasa–porainība –0,93



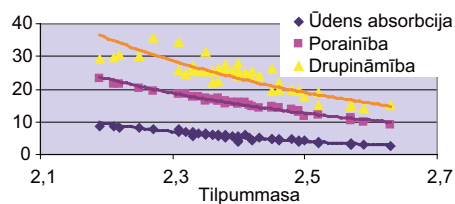
Gaiķņu atradne,

korelācijas koeficienti:

tilpummasa–ūdens absorbcija –0,43

tilpummasa–porainība –0,90

tilpummasa–drupināmība –0,42



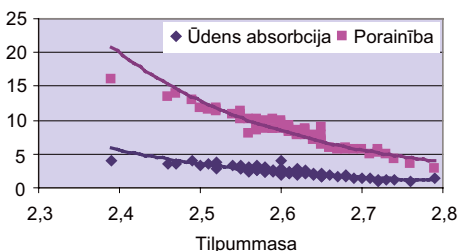
Iecavas (Akmenscūciņu) atradne,

korelācijas koeficienti:

tilpummasa–ūdens absorbcija –0,95

tilpummasa–porainība –0,99

tilpummasa–drupināmība –0,88

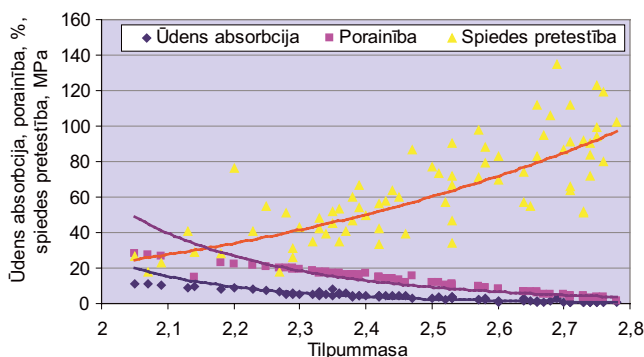


Dārziema atradne,

korelācijas koeficienti:

tilpummasa–ūdens absorbcija –0,89

tilpummasa–porainība –0,97



Pērtņieku atradne,

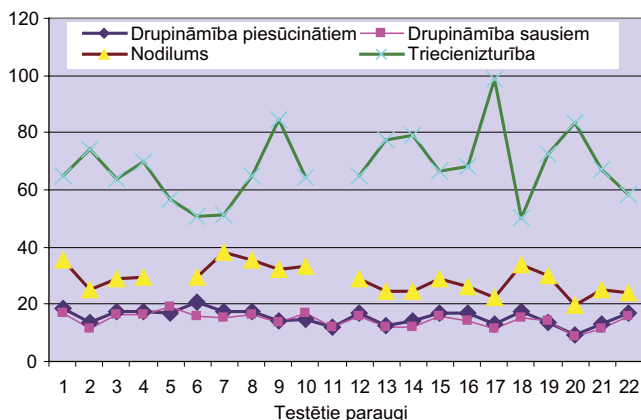
korelācijas koeficienti:

tilpummasa–ūdens absorbcija –0,96,

tilpummasa–porainība –0,98,

tilpummasa–spiedes pretestība +0,77

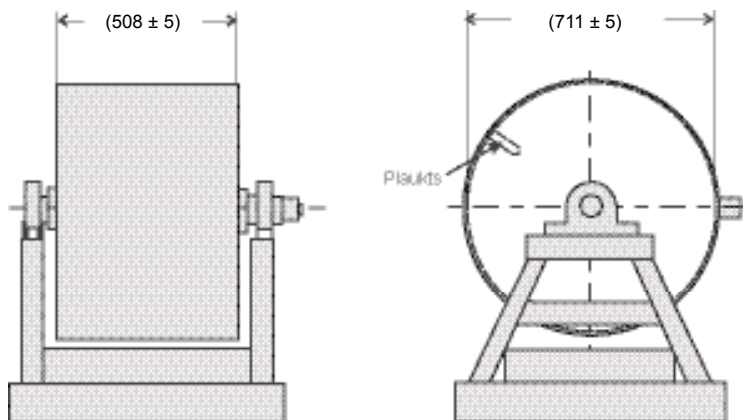
40. attēls. Sakarības starp dolomītu tilpummasu (g/cm^3) un dažām fizikāli mehāniskām īpašībām.



41. attēls. Sakarības starp dažiem dolomītu stiprības rādītājiem, Degļevas atradne (Kondratjeva, 1992).

Jāatzīmē, ka vairākām līdz Ģeoloģijas pārvaldes izveidošanai (1957) pētītajām atradnēm, kad izpēti veica Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Ģeoloģijas un derīgo izrakteņu institūts un Pilsēt būvniecības projektēšanas institūts, uzrādīti ekstrēmāli augsti dolomīta spiedes pretestības rādītāji: Cēsu Lauciņu atradnē (D_{3pl}), kas pētīta 1950. gadā, no 12 testētajiem paraugiem 3 spiedes stiprība pārsniedz 200 MPa, augsts ir arī vidējais rādītājs – 137 MPa; 1953. gadā pētīta Pērtnieku atradne (D_{3dg}), kur testēto 8 paraugu vidējā spiedes stiprība ir 137 MPa, t.sk 2 paraugiem attiecīgi 199 un 180 MPa. Turpretī 1976. gada izpētē vairāk nekā 70 šās atradnes testēto paraugu vidējā spiedes stiprība ir daudz zemāka – 64 MPa, un tikai dažiem paraugiem tā pārsniedusi 100 MPa. Augsta spiedes stiprība konstatēta arī 1957. gadā pētītajā Liepēnu atradnē (D_{3dg}) Kandavas novadā (vidēji 102 MPa). 170 MPa pārsniedz vairāki paraugi no slāņiem, kas aprakstīti kā merģelaini dolomīti, Līvānu (1956, D_{3pl}) un Katlakalna (1951, D_{3dg}) atradnēs. 1956. gadā pētītajā Mežotnes atradnē (D_{3stp}) spiedes stiprība noteikta 32 paraugiem, un vidēji tā ir 108 MPa. Vēlākā laikā pētītajās Stipinu svītas dolomītu atradnēs (Iecava–Akmenscūciņas, Gulbji, Jumpravmuiža u.c.) tik augsta stiprība vairs nav konstatēta. Domājams, ka augsto rādītāju cēlonis meklējams tolaik lietotajā aparatūrā. Pēc 1957. gada, kad izpēti pārņēma Ģeoloģijas pārvalde un paraugi tika testēti tās Centrālajā laboratorijā, tik augstas dolomītu spiedes stiprības vērtības parādās reti un tikai atsevišķiem paraugiem, bet atradņu vidējie dati nevienā gadījumā, pat Biržu atradnē, nav lielāki par 100 MPa. Pretēja tendence ar ievērojami zemākiem spiedes stiprības rādītājiem iezīmējas vairumā pēdējā desmitgadē pētīto dolomīta atradņu.

Ģeoloģisko izpēti tagad veic vairākas firmas pēc konkrētu fizisku vai juridisku personu pasūtījuma un prasībām, un pieeja dolomīta kvalitātes vērtējumam ir būtiski mainījusies. Plānotais dolomīta izmantošanas mērķis gandrīz visos gadījumos ir ceļu būve un remonts, tāpēc izpētē noteicošās ir šās nozares



42. attēls. Losandželas drupinājumpretestības testēšanas iekārtas shēma, izmēri milimetros.

prasības – materiāla **drupināšanas un berzes pretestība dinamiskā slodzē, termiskā un atmosfēras iedarbības izturība**, bet spiedes stiprība statiskā slodzē vairs nav galveno kritēriju skaitā. Ceļu būvē ir ļoti strikti noteiktas normas, kurās dolomīta testu rezultātiem ir jāiekļaujas (Ceļu specifikācijas 2014).

Drupināšanas pretestību raksturo ar t.s. **Losandželas koeficientu (LA)**, ko nosaka pēc masas zuduma, noteiktu šķembu daudzumu kopā ar tērauda lodēm drupinot rotējošā cilindrā (42. att.).

Pēc testēšanas beigām (parasti 500 cilindra apgriezieniem) paraugu sijā un procentos izsaka masas daļu, kas pēc sijāšanas paliek uz 1,6 mm sieta. Lielāks atlikums uz sieta nozīmē, ka paraugs ir izturīgāks, tas testēšanas laikā ir mazāk saīsis un tā Losandželas koeficients ir zemāks. LA tests, kas Latvijā ienācis samērā nesen, nav nekas jauns, Amerikas testēšanas un materiālu apvienība (ASTM – American Society of Testing and Materials) šo metodi akceptējusi jau 1939. gadā.

Jāatzīmē, ka Losandželas testēšanas iekārta konstruktīvi ir ļoti līdzīga plauktu cilindram, kādā agrākos gados noteica t.s. nodilumpretestību (kr. *износ*), tuvi ir arī iegūtie skaitliskie raksturojumi.

Dažu jauno atradņu izpētē ir veikts arī **mikro-Deval tests**, kas savā ziņā ir līdzīgs LA testam, tikai to veic mitriem (ar ūdeni piesūcinātiem) paraugiem ūdens vidē mazāka tilpuma tvertnē un ar mazāku maļķermeņu – tērauda ložu – masu. Metode izstrādāta Francijā, tās aizstāvji uzsver, ka šā testa mitrā vide vairāk atbilst ceļu materiālu ekspluatācijas apstākļiem nekā sausais LA tests. Par Latvijas dolomītiem pagaidām šādu datu ir pārāk maz, lai kaut orientējoši spriestu par metodes priekšrocībām vai trūkumiem.

Salizturība agrāko gadu izpētē ir raksturota ar sasaldēšanas–atkausēšanas ciklu skaitu, kurus ieža paraugi iztur bez ievērojama masas zuduma (5–10%); Latvijas mērenā klimata apstākļos būvmateriālu salizturībai jāatbilst 15–25 cikliem, un vietējie dolomīti šīs prasības apmierina.

Tagad salizturību jeb *termiskās un atmosfēras iedarbības izturību*, “veselību” (angl. *soundness*), raksturo galvenokārt ar **magnija sulfāta testu (MS)**, šķembu paraugu vairākas reizes, parasti piecas, atkārtoti piesūcinot MgSO_4 šķīdumā un izžāvējot. Šķīdums iesūcas šķemбу porās un mikroplaisās, izžūstot magnija sulfāts kristalizējas, palielinās tilpumā un izraisa materiāla lielāku vai mazāku sairšanu. MS vērtību aprēķina pēc masas zuduma.

Agrākos gados Latvijā dažreiz ir veikts līdzīgs tests ar nātrija sulfātu, kam gan ir mazāks kristalizācijas spēks nekā MgSO_4 un līdz ar to – maigāka iedarbība. Par magnija sulfāta priekšrocību uzskata arī to, ka tas parastajā testēšanas temperatūru intervālā sastopams tikai vienā kristāliskā formā, savukārt NaSO_4 tādas ir trīs ar dažādu kristalizācijas ūdens daudzumu, kas var ietekmēt noteiktās koncentrācijas šķīduma pagatavošanu. Nelielas korekcijas magnija sulfāta testa rezultātos var ienest dolomītam un šķīdumam kopīgais magnija jons, kas var izraisīt savstarpēju ķīmisku mijiedarbību. Tradicionālā sasaldēšanas-atkausēšanas metode materiālu salizturības vērtēšanai pēdējos gados dolomītu atradņu izpētē lietota samērā reti.

No jauna (pēc 2005. gada) pētītās atradnes, kuru skaits jau tuvojās 50, ir nelielas, samērā mazs ir arī dolomītu kvalitāti raksturojošo datu apjoms un veidi (7. tabula).

7. tabula

Pēc 2005. gada pētīto atradņu dolomītu kvalitātes raksturojums
(Tukšās šūniņas nozīmē, ka attiecīgie testi nav veikti)

Novads	Atradne	Izpētes gads	Indekss	Tilpums, g/cm^3	Ūdens absorbcija, %	Drupināmība cilindrā, %	Spiedes pretestība, MPa	Micro-Deval	LA	MS
Allažu	Bomīši-2	2008	D ₃ dg				39		34	
Apes	Saulrīti	2010	D ₃ pl	2,73	2,04				26	
	Zvejnieki–Liepavoti	2009	D ₃ pl	2,61	4,88		45		27	20
Ciblas	Garupe	2009	D ₃ dg						25	22
Grobiņas	Ielejas Luteri	2009	D ₃ žg						49	26
Ikšķiles	Kokneši 2	2010	D3dg	2,60	3,2		47			
	Lāsītes	2009	D ₃ pl	2,61	2,45		52		29	29
	Meža Ošāni	2013	D ₃ pl	2,76	2,95		47		35	
	Vārpas	2009	D ₃ dg	2,66	4,1		28		35	30
Jaunjelgavas	Lauce–Sīļi	2009	D ₃ dg	2,7	2,6		47		53	23
	Muldavas	2008	D ₃ pl	2,82	4,22				45	57

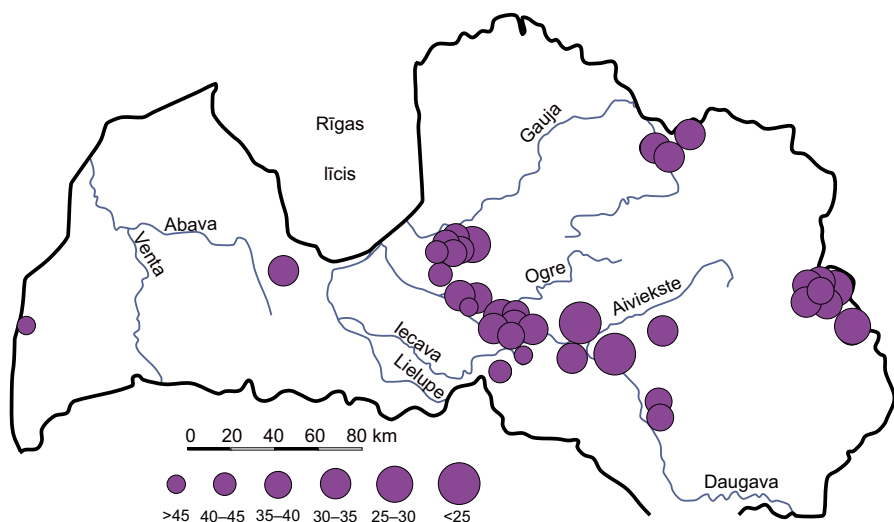
Kārsavas	Baravikas	2005	D ₃ dg	2,56	1,58		79		36	
	Dekterlauki	2008	D ₃ dg				74	18	31	18
	Jākubi	2009	D ₃ dg	2,67			59		35	
	Lielmārkalne	2011	D ₃ dg	2,67	3,2		54		30	19
	Ločukrosti	2009	D ₃ dg			14,1			27	
	Vasariņas	2012	D ₃ dg	2,69	2,7		52		34	18
Krustpils	Īrisi	2010	D ₃ dg				61		23	13
Lielvārdes	Ceļavekteri	2014	D ₃ dg	2,75					34	25
	Jasmīni	2013	D ₃ dg						43	30
	Lauciņi	2006	D ₃ dg		4,2				31	28
	Piekalni-1	2005	D ₃ dg		2,37		134		33	
	Piekalni-2	2006	D ₃ dg		1,14				28	28
	Upesvekteri	2009	D ₃ dg						39	20
Līvānu	Priedulāji	2010	D ₃ pl						36	
	Rudzusalas	2009	D ₃ pl	2,49	0,98		36		38	22
Madonas	Liciši	2008	D ₃ dg	2,77			37		35	
Neretas	Dainas-1	2009	D ₃ dg	2,46	0,96		34		36	19
Ogres	Lāsmalas	2012	D ₃ dg			19			32	
	Saides	2009	D ₃ dg	2,57	1,81		58		31	28
	Vilciņi	2011	D ₃ dg	2,53	2,7		36		42	32
Pļaviņu	Jaunsmilktiņas	2010	D ₃ dg	2,82	1,65				22	
Ropažu	Arēni	2009	D ₃ dg	2,64	3,08				38	26
	Dutkas	2007	D ₃ dg	2,58	6,43		62		43	33
	Jaunastītes	2006	D ₃ pl		1,29				49	28
	Kalnagrāviši	2009	D ₃ dg				34		34	27
	Lejasnoras	2011	D ₃ dg	2,69	4,5		48		35	
	Sienāži	2005	D ₃ dg		2,9				28	
	Viļņi	2009	D ₃ pl	2,61	2,54		33		36	29
Salas	Birži–Miķe- lāni, iecirknis “Dzīles”	2006 2009	D ₃ dg	2,53	3,6		80		38	20
	Brēķu studenti	2009	D ₃ dg						30	
Smiltenes	Bemberu pļavas	2011	D ₃ pl	2,62	2,76		56		34	
	Jaunpurgaiļi	2008	D ₃ pl				61		35	
	Kalna Kades-1	2012	D ₃ pl	2,65	1,38		76			
	Kalna Kades-2	2013	D ₃ pl	2,62	2,75		56		35	28
Tukuma	Lancenieki	2009	D ₃ dg		2,1		41		33	25

Teritoriāli visvairāk jauno atradņu ir Ikšķiles, Kārsavas, Lielvārdes, Ropažu un Smiltenes novadā, pa lielākai daļai jau agrāk pētīto atradņu tuvumā vai to novērtēto krājumu laukumos. Vairumā gadījumu testēto paraugu skaits nepārsniedz 10, bet ir arī atradnes, kur paraugu skaits ir vairāki desmiti (Dutkas, Saulrīti, Saldes u.c.). Paraugu testēšana ir notikusi akreditētās laboratorijās – SIA “Turson”, “Mark Invest Latvia”, (agrāk “Luduss”), Ceļu laboratorijā, dažiem analīžu veidiem arī citur.

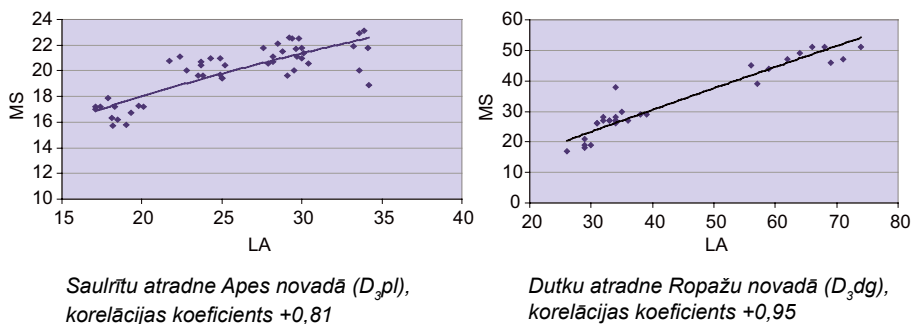
Izņemot atradni Kokneši-2, kas robežojas ar Kranciema atradni, visās pārējās ir noteikts Losandželosas koeficients, tā zemākās vērtības (17) konstatētas dažiem Pļaviņu svītas dolomītu paraugiem no Saulrītu atradnes pie Apes, bet maksimālās, 60 un pat vairāk, dažiem Oliņkalna ridas pašas apakšējās daļas paraugiem Dutku atradnē Ropažu novadā. Biežāk sastopamās LA vērtības variē robežās no 30 līdz 40 (43. att.). Ar viszemākajām LA vērtībām izceļas jau minētā Saulrītu atradne, kā arī Jaunsmilktiņu un Īrisu atradnes attiecīgi Pļaviņu un Krustpils novadā, teritorijā, kas jau sen pazīstama kā izturīgāko dolomītu avots. Jāatzīmē, ka 2 no 7 Ceļu laboratorijā testētajiem Jaunsmilktiņu atradnes paraugiem uzrādījuši ekstremāli augstu tilpummasu, pārsniedzot $2,9 \text{ g/cm}^3$, kas jau robežojas ar dolomīta patieso blīvumu.

Vairumā atradņu veikts arī magnija sulfāta tests, kura rezultāti labi korelē ar Losandželosas koeficientu (44. att.).

Jaunajās atradnēs, salīdzinot ar agrāk pētītajām, visumā ir zemāka dolomītu spiedes pretestība. Pēc šī rādītāja stiprākie ieži ir Kārsavas (D_3dg) un Smiltenes (D_3pl) novada atradnēs. Ar visaugstāko spiedes stiprību (vidēji 134 MPa) tomēr izceļas atradne Piekalni-1 Lielvārdes novadā (D_3dg), kuras paraugi testēti Ceļu laboratorijā. Tā pārspēj ne vien jaunās, bet arī “vecās” stiprības rekordistes – Aivieksti, Biržus, Degļu u.c.



43. attēls. Vidējās Losandželosas koeficienta vērtības pēc 2005. gada pētītajās atradnēs.



44. attēls. Sakarība starp Losandželosas koeficientu (LA) un termisko/atmosfēras izturību (MS).

Vairāki ģeologi ar lielu pieredzi dolomīta pētījumos ir pasvītējuši pozitīvu korelāciju starp dažādiem dolomīta kvalitātes raksturlielumiem, it īpaši starp stiprību un tilpummasu, savukārt Konstantīns Šaraks (1975) ir saskatījis sakarību starp dolomīta izturību un blīvumu, kas gan Latvijas dolomītiem variē šaurās robežās starp 2,82 un 2,89 g/cm³. Šādas sakarības ir pilnīgi loģiskas, jo kā lielāka tilpummasa, tā arī lielāks blīvums piemīt tīrākajiem dolomīta paveidiem ar minimālu daudzumu piemaisījumu, tādiem, kuru galvenajiem komponentiem (māla minerāli, kvarcs, laukšpati) blīvums ir būtiski, par 0,2–0,3 g/cm³, mazāks nekā dolomītam.

Lai uzskatāmi ilustrētu augšminētās sakarības, praktiski visu jauno un Ģeoloģijas pārvaldes pētīto dolomīta atradņu fizikāli mehānisko īpašību testēšanas dati par vairākiem tūkstošiem paraugu pēc tilpummasas ar soli 0,1 g/cm³ ir sadalīti vairākās grupās, un katrai no tām aprēķināti galvenie kvalitātes parametri (8. tabula). Nav izmantoti paši senākie pagājušā gadsimta piecdesmito gadu sākumā pētīto atradņu dati, jo šaubas raisa ekstremāli augstie spiedes pretestības rādītāji, kādi vēlākos pētījumos nav novēroti. Jaunākā laika izpēte nav skārusi Stipinu svītas dolomītus, tāpēc tabulā nav LA un MS datu.

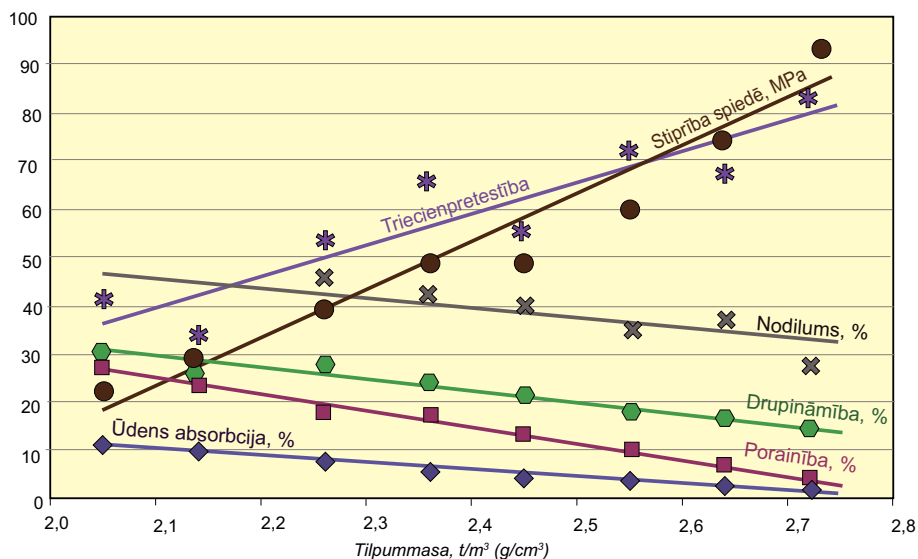
Kā redzams, Daugavas un Pļaviņu svītu dolomīti katrā blīvuma grupā uzrāda tuvas rādītājus, nedaudz atšķiras Stipinu svītas dolomīti. Izskaidrojums vienkāršs – Daugavas un Pļaviņu svītu dolomītu vidējos stiprības rādītājus diezgan būtiski ietekmē pēc 2005. gada pētīto atradņu dati, savukārt Stipinu svītā jaunu atradņu nav.

Palielinoties dolomīta blīvumam (tilpummasai), izteikti pieaug spiedes un triecienpretestība un tikpat izteikti samazinās drupināmība un nodilumpretestība, kā arī ūdens absorbcija un porainība. Šīs sakarības ļauj izveidot stiprā dolomīta “portretu”. Atlasot no plašās testēto paraugu kopas tos, kuru spiedes pretestība ir ne zemāka par 90 MPa un drupināmība cilindā atbilst šķembu markai 800 un vairāk (tādu ir aptuveni 600), aprēķinātas atbilstošās galveno kvalitātes parametru vidējās vērtības (9. tabula).

8. tabula

Dažādu blīvuma grupu dolomītu fizikāli mehāniskās īpašības

Blīvuma grupas, g/cm ³	Vidējā tilpummasa, g/cm ³	Ūdens absorbcija, %	Porainība, %	Drupināmība cilindrā: masas zudumi, %	Nodilums plauktu cilindrā, %	Triecienpretes- tība	Spiedes pretestība, MPa	Nodilums Devāla cilindrā, %	Losandželosas koe- ficients (LA)	MgSO ₄ tests (MS)
2,7–2,8	2,72	1,6	4,3	15,2	28,5	83	94	4,3	32	25
2,6–2,7	2,64	2,2	7,0	16,5	36,0	78	75	4,7	30	24
2,5–2,6	2,55	3,5	10,1	16,7	37,1	82	60	4,5	39	31
2,4–2,5	2,45	4,2	13,5	22,4	42,6	55	49	6,25	35	25
2,3–2,4	2,36	5,5	17,0	25,0	42,6	66	47	Nav datu	34	32
2,2–2,3	2,26	8,1	17,9	28,0	46,1	54	40	Nav datu	Nav datu	Nav datu
2,1–2,2	2,14	10,3	24,0	24,7	Nav datu	30	27	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Tai skaitā pa svītām blīvuma grupām ar lielāko testēto paraugu skaitu										
Blīvuma grupa 2,7–2,8 g/cm ³										
D ₃ dg	2,73	1,6	4,0	14,8	28,3	83	92	4,3	33	24
D ₃ pl	2,72	2,0	4,9	16	28,8	Nav datu	91	Nav datu	31	26
D ₃ stp	2,72	0,9	4,0	Nav datu	Nav datu	Nav datu	116	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Blīvuma grupa 2,6–2,7 g/cm ³										
D ₃ dg	2,64	2,4	7,0	16,4	32,7	71	73	5	31	25
D ₃ pl	2,65	2,1	7,1	16,8	37,0	71	78	4	28	20
D ₃ stp	2,64	2,1	7,1	15,4	34,2	85	74	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Blīvuma grupa 2,5–2,6 g/cm ³										
D ₃ dg	2,55	3,4	9,9	16,8	35,6	67	61	5	38	
D ₃ pl	2,55	4,0	9,7	16,8	40,0	67	57	4	40	31
D ₃ stp	2,55	3,1	10,7	15,4	34,3	130	58	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Blīvuma grupa 2,4–2,5 g/cm ³										
D ₃ dg	2,44	4,2	13,8	19,2	38,4	49	53	7	35	25
D ₃ pl	2,45	4,2	12,2	21,2	43,0	49	50	5	34	25
D ₃ stp	2,44	4,4	14,0	27,4	44,6	74	35	Nav datu	Nav datu	Nav datu



45. attēls. Sakarība starp dolomīta tilpummasu un galvenajām fizikāli mehāniskajām īpašībām.

9. tabula

Stiprā dolomīta vidējās fizikāli mehāniskās īpašības

Tilpum- masa, g/cm ³	Ūdens absorb- cija, %	Porainība, %	Spiedes pretes- tība, MPa	Drupi- nāmība: masas zudumi, %	Šķembu marka	Nodi- lums: masas zudumi, %	Nodiluma klase
2,71	1,12	4,9	107	11,9	1000	25,3	I–II

Vislielāko interesi, protams, vienmēr ir izraisījuši visizturīgākie dolomīta paveidi un to ieguves iespējas. Tie sastopami pārsvarā Daugavas svītā Pļaviņu–Jēkabpils–Varakļānu–Viļānu–Kārsavas apkārtnēs. Tie ir dominējošais paveids Biržu atradnē un nosaka šīs atradnes dolomītu augsto kvalitāti. Pārējās līdz šim pētītajās atradnēs ļoti izturīgo dolomītu ir mazāk, un to selektīva ieguve ir gandrīz neiespējama. Izturīgo paveidu atdalīšanai šeit varētu izmantot kādu no bagātināšanas metodēm, piemēram, vairākpakāpju drupināšanu. Tāda sekmīgi darbojas vairākos Lietuvas uzņēmumos (Petrašūnu, Klovaiņu) un ļauj no Stipinu svītas dolomītiem iegūt izometriskas augstas stiprības šķembas. Iespējama arī bagātināšana smagās vidēs (suspensijās), jo izturīgāko dolomītu blīvums ir lielāks, nekā tas ir mazāk izturīgajiem paveidiem.

Šķembās nevēlami ir *amorfa SiO₂ ieslēgumi*, kas sārmainajā betona vidē var stāties nevēlamās reakcijās ar cementa komponentiem. Šajā aspektā pretenziju



46. attēls. Kramots dolomīts Žagatu klintīs.

par Latvijas dolomītšķembu kvalitāti nav, arī izpētē šādi veidojumi dolomīta slāņkopās nav fiksēti, tikai vienā gadījumā kāda Pērtnieku atradnes dolomīta parauga plānslīpējumā atzīmēta halcedona klātbūtne. Tomēr agrāko gadu pētījumos (V. Grāvītis, P. Liepiņš, R. Ulste, V. Sorokins) ir norādīts, ka Daugavas svītas dolomīti vietām satur krama konkrēcijas (Daugavas baseinā) vai pat kramota dolomīta starpslāņus (līdz 0,3 m) Latvijas ziemeļos Virešu apkaimē (46. att.), kur gan nav šās svītas dolomīta atradņu.

Visdetalizētāk šos veidojumus kā silicītus (kramainu nogulumiežu kopīgs nosaukums) ir pētījis Viktors Grāvītis (1963). Pēc viņa datiem abu tipu kramainie veidojumi ir sastopami pārsvarā Kranciema ridas dolomītos, tie satur 90–99% SiO_2 , tai skaitā 0,5–0,8% aktīvā, sārmos šķīstošā. Kramu veidošanos viņš saista ar regresējošā Franas baseina hidroķīmiskajām īpatnībām, kas veicināja kramaino organismu attīstību un nogulu bagātināšanos ar to atliekām.

Dolomīts apdares materiāliem

Par nenoliedzami perspektīvu dolomīta izmantošanas nozari jāatzīst apdares materiālu ražošana. Šajā ziņā Latvijā ir gan atzīstamas tradīcijas, gan atbilstoši dziļu resursi. Apdarei noder masīvi, rupjplātņaini (47. att.), mazplaisaini, pietiekami izturīgi un salizturīgi ieži, ja tie iegūstami zāģēšanai piemērota lieluma bluku veidā. Liela nozīme ir arī akmens dekoratīvajām īpašībām – krāsai, rakstam.

Latvijas dolomītu iegulās sastopami vairāki izskatīgi, vizuāli atšķirīgi dolomīta paveidi – sārti, dzeltenīgi un pelēcīgi Kranciema atradnē (48. att.), gaiši pelēki,



47. attēls. Rupjplātņainais Pļaviņu svītas dolomīts (attēla apakšā un vidū) Randātu klintīs Gaujas labajā krastā.



48. attēls. Kranciema dolomītu mozaika Kongresu nama apdarē (V. Kurša foto).

viegli lāsumaini Dārziemā, tumši sārti un pelēcīgi violeti Iecavas (Akmenscūciņu) atradnē (49. att.), brūnpelēki un sārti pelēki Aiviekstes atradnē, tumši pelēki Biržu atradnē. Apdares dolomīta detalizēta izpēte ir notikusi Dārziema un Iecavas (Akmenscūciņu) atradnēs, kur ir akceptēti A kategorijas krājumi.

Viens no iecienītākajiem apdares akmens materiāliem izsenis ir bijis tagad zaudētais Saulkalnes gliemeždolomīts, kura lielākā daļa ir sadedzināta kaļķos, bet nelielie atlikušie krājumi pēc Rīgas HES uzcelšanas applūdināti. Plašu pārskatu par šī unikālā akmens pielietojumu gadsimtu gaitā un “izskaušanu” jaunākā laikā ir sniedzis A. Tramdahs (1947). Viņš citē arī fragmentu no pazīstamā angļu ģeologa Roderika Mērcisona (1792–1871) apraksta, kas attiecas uz ģeoloģisko



49. attēls. Sārtais dolomīts lecavas (Akmenscūciņu) atradnē.

griezumu pie vecās Salaspils bruņinieku pils un apstiprina, ka dolomīts ne vienmēr saucies tā tagadējā vārdā:

- | | |
|--|------------------|
| 1) šiferis, ciets, pelēks, bez pārakmeņojumiem | 4 pēdas = 1,2 m |
| 2) pelēks, apakšā iesārts kaļķakmens ar savādu vienpusīgu gliemežvāku, kas pieder pie <i>Rotella</i> kopā ar <i>Natica</i> | 8 pēdas = 2,4 m |
| 3) ciets, iesārts kaļķakmens | 3 pēdas = 0,9 m |
| 4) mālais, sārti plankumains kaļķakmens un šiferis | 12 pēdas = 3,6 m |

Populārs ir bijis arī maz izplatītais sārti pelēkais Rembates dolomītsmilšakmens, kurš sākotnēji ir izmantots vietējām vajadzībām kā trinamais akmens (50. attēls).

Pagājušā gadsimta sākumā par to ieinteresējās arhitekts Vilhelms Bokslafs (1858–1945), kas ieteica šo akmeni izmantot tolaik ceļamās Rīgas biržas komercskolas (tagad Mākslas akadēmija) portāla un skolotāju dzīvokļu balkonu kolonnām. Dažus gadus vēlāk tas lietots arī Dubultu baznīcas altāra izbūvē. Interese par dolomītsmilšakmeni atjaunojās pagājušā gadsimta 30. gadu nogalē sakarā ar Finanšu ministrijas ēkas celtniecību Rīgā, Smilšu ielā. Šim nolūkam Rembatē pašā Ogres krastā pie Kalnrēžu mājām tika ierīkotas īpašas lauztuves, notika arī plaši ģeoloģiski un tehnoloģiski pētījumi, kuru rezultāti apkopoti īpašā, dolomītsmilšakmenim veltītā Zemes bagātību pētīšanas institūta rakstu krājumā. 1952. gadā notikusi Rembates atradnes detalizēta izpēte, taču gandrīz visi krājumi atrodas Ogres upes aizsargzonā.



50. attēls. Rembates dolomītsmilšakmens Ogres kreisajā krastā pie Kalnrēžu mājām. Attēlā redzami no akmeņlauztuves upē iegāzušies dolomītsmilšakmeņu monolīti.



51. attēls. ležu masas uzirdināšana ar spridzināšanu Turkalnes atradnē.

Dolomīti ir Latvijas mehāniski izturīgākie nogulumieži, un to ieguve šķembu ražošanai tiek veikta ar spridzināšanas palīdzību, pielietojot brizantās sprāgstvielas (51. att.). Tā tas notiek arī Dārziema un Iecavas atradnēs līdzās apdares dolomītu blokiem, līdz ar to nelabvēlīgi ietekmējot to monolītumu.

PALEOKARSTS LATVIJAS DEVONA DOLOMĪTOS

Lai gan dolomīts ir vāji šķīstošs minerāls un pakļaujas ūdeņu un skābju iedarbībai pat lēnāk nekā ģipsis un kaļķakmens, tieši devona dolomītos un klastiskajos nogulumiežos, kas mijas ar dolomītiem, ir atzīmētas Latvijā lielākās un daudzskaitlīgākās karsta kriteres, kuras aizpilda devona smilšainie, mālainie un cita sastāva nogulumi. Sakarā ar to rašanos pirms kvartāra perioda (Скуодис, 1978) šīs aizpildītās kriteres sauc par paleokarsta veidojumiem. Par mūsdienu karsta veidojumiem devona dolomītos ir maz pārliecinošu datu. Domājams, ka lielākā daļa mūsdienās zināmo dolomīta karsta apgabalu Latvijā ir mantoti no senākiem ģeoloģiskajiem laikposmiem.

Paleokarsta veidojumu izplatība ir masveidīga, liels to skaits atklāts Daugavas, Lielupes un Gaujas ielejā. Daugavas ielejā jau 20. gadsimta 70. gados bija atklāti vismaz 66 šādi veidojumi un iegūtas nepārbaudītas ziņas par vēl 15 veidojumiem. Lielākie no šiem veidojumiem ir 100–120 m dziļi un līdz 100 m diametrā (Скуодис, 1978).

V. Hodireva (1997) norāda, ka senā karsta iegruvumu izmēri mainās no desmitiem līdz simtiem metru un to sienas ir gandrīz vertikālas. Ir problemātiski noskaidrot to dziļumu, jo paleokarsta iegruvumi šķērso gan visu Daugavas, gan Pļaviņu svītas karbonātisko slāņkopu. Tikai 70–100 un vairāk metru dziļumā konstatēts netraucēts iežu sagulums.

Daudzi paleokarsta veidojumi atklāti nesenos pētījumos Latvijas dolomītu atradnēs (52. att.). Pētījumos Aiviekstes kreisā krasta atradnē tika konstatēti 17 paleokarsta veidojumi, Kranciema atradnē arī 17 veidojumi, Gaitiņu dolomīta atradnē konstatēti 6, Remīnes atradnē – 3, bet Turkalnes – 6 karsta veidojumi (Kaļva, 2010). Šie veidojumi ir būtisks apgrūtinājums dolomītu ieguves procesā. Paleokarsta veidojumi ir aizpildīti ar smilšaini mālainu materiālu. Pārsvarā šie veidojumi ir aizpildītas kriteres, bet atsevišķos gadījumos konstatētas arī aizpildītas karsta alas (53. att.). Pamatojoties uz šo nogulumu granulometriskā sastāvu, tajos esošajiem dolomītsmilšakmeņu ieslēgumiem, kā arī uz mugurkaulnieku mikrofosiliju kompleksu, secināts, ka šajās atradnēs sastopamo karsta veidojumu aizpildījuma materiāla ģeoloģiskais vecums ir augšējā devona Katlešu un Ogres svīta (Kaļva, 2010).

Par paleokarsta veidojumu rašanās apstākļiem ir diskutējuši vairāki pētnieki. O. Varfolomejeva paleokarsta norises saista ar senu ieleju esamību, ar nogāzēm, ar karbonātiežu drupināšanas un šķīšanas zonām. Samērā intensīva šķīšana notika Pļaviņu svītas karbonātisko un Amatas svītas smilšaino iežu kontakta



52. attēls. Trīs paleokarsta veidojumi devona Daugavas svītas dolomītos. Tie ir aizpildīti ar devona Katlešu un Ogres svītas nogulumiem un dolomīta ieguves procesā Kranciema atradnē atstāti kā palikšņi.



53. attēls. Ar Katlešu svītas mālainajiem nogulumiem aizpildīta karsta ala devona Daugavas svītas dolomītos.

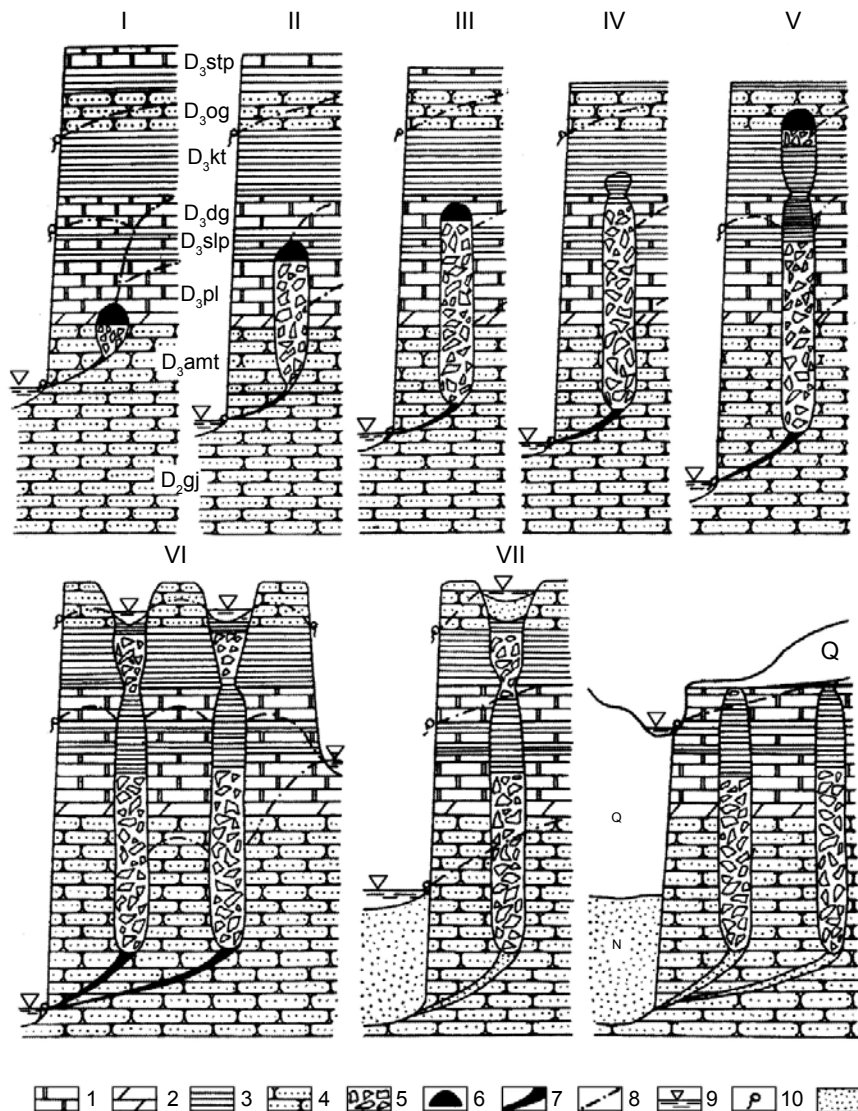
zonā. Milzīgu tukšumu veidošanos, kuros vēlāk iebruka pārsedzošie ieži, var izskaidrot gan ar dolomītu karstu, gan arī ar Amatas svītas smilšaino iežu sufoziju (Барфоломеева, 1965).

Plašus pētījumus par paleokarsta parādībām Latvijā ir veicis lietuviešu ģeologs V. Skuodis. Viņš uzskata, ka paleokarsta hidrodinamiskie apstākļi dolomītos

un citos Daugavas, Salaspils un Pļaviņu svītas iežos bija labvēlīgi vertikālu kanālu izveidei, kas turpinājās uz leju arī senākos klastiskajos iežos (Скуодис, 1978). Šo kanālu attīstībai vislabvēlīgākie apstākļi bija tektonisko plaisu krustpunktos. Pārviēto Ogres svītas nogulumu biezums dažās paleokarsta kriteņēs sasniedz 40 m, kas liek domāt, ka šī svīta karsta norises vietās un laikā bija pilnā vai gandrīz pilnā biezumā. Iespējams, ka šos nogulumus pārsedza jaunākie Bauskas (tagad Stipinu svītas augšdaļas) svītas un pat Famenas stāva nogulumi (Скуодис, 1978). Šos pārsedzošos nogulumus, kas šobrīd ap lielāko daļu kriteņu vairs nav saglabājušies, domājams, iznīcināja galvenokārt pleistocēna apledojumi. V. Skodis savos darbos norāda, ka šie lielie veidojumi ir saistīti ne tikai ar karsta, bet arī ar sufozijas un pat erozijas procesiem, tādēļ nosauc tos par sufozijas-karsta (Скуодис 1962), vēlāk pat par karsta-sufozijas-erozijas veidojumiem (Скуодис 1978). V. Skodis nodala un apraksta šo veidojumu vairākas attīstības stadijas (54. att.).

Pagaidām neskaidrs un diskutabls ir jautājums par seno karsta veidojumu rašanās laiku. V. Skuodis (Скуодис, 1973, 1978), pamatojoties uz sava laika plašāku teritoriju paleoģeogrāfisko rekonstrukciju datiem un priekšstatiem par tagadējās Latvijas teritorijas tektonisko pacēlumu par vairākiem simtiem metru, uzskata, ka paleokarsta veidojumi ir radušies neogēna periodā. Kā pamatojums karsta norisēm neogēna periodā kalpo arī nepabeigtu palinoloģisko pētījumu dati, kas liecina par priedes sporām šo veidojumu aizpildījumos (Скуодис, 1973). Nesenos pētījumos augšminētie dati ir papildināti. Tā, piemēram, K. Kaļva (LU ĢZGF) savā maģistra darbā 2009. gadā Daugavas svītas dolomītos sastopamo paleokarsta veidojumu aizpildījumā atklājusi egles, priedes un ginku sporas, kas, iespējams, liecina par kainozoja nogulumu piejaukumu, taču šis jautājums tālāk pagaidām nav risināts.

Šajā sakarā ir svarīgi atzīmēt gigantisko Eridanas (Eridanos) upju sistēmu, kas attīstījās paleogēna beigās un neogēnā tagadējā Baltijas jūras ieplakā. Šīs upju sistēmas attīstība bija saistīta ar Fenoskandijas vairoga celšanos un vienlaicīgu Ziemeļjūras baseina grimšanu (Overeem et al., 2001). Nav izslēgts, ka šī upju sistēma bija par iemeslu dziļā hidrogrāfiskā tīkla attīstībai kainozojā pirms kvartāra perioda tagadējā Latvijas teritorijā un kalpoja par iemeslu karsta procesu pastiprinātai darbībai. Lai precizētu seno karsta veidojumu rašanās laiks, ir jāveic plaši papildu ģeomorfoloģiskie, palinoloģiskie un litoloģiskie pētījumi.



54. attēls. Karsta-sufozijas-erozijas iegruvumu attīstības shēma (nedaudz papildināta pēc Ckyoduc 1978): 1 – dolomīts; 2 – dolomītmergelis; 3 – māls; 4 – smilšakmens, aleirolīts; 5 – sajauktas dažādu izmēru atlūzas; 6 – iegruvuma tukšums; 7 – sufozijas-erozijas tukšums; 8 – pazemes ūdeņu līmenis; 9 – virszemes ūdeņu līmenis; 10 – avoti; 11 – smilšaini akumulatīvie veidojumi; I–VII – paleokarsta veidojumu attīstības stadijas; D_{2gj} – vidējā devona Gaujas svīta; D_{3am} – augšējā devona Amatas svīta; D_{3pl} – augšējā devona Pļaviņu svīta; D_{3slp} – augšējā devona Salaspils svīta; D_{3dg} – augšējā devona Daugavas svīta; D_{3kt} – augšējā devona Katlešu svīta; D_{3og} – augšējā devona Ogres svīta; D_{3stp} – augšējā devona Stipinū svīta; N – neogēns; Q – kvartārs.

NOSLĒGUMS

Dolomīts, nenoliedzami, ir Latvijas nacionālā bagātība un mūsu pašu “pelēkais dārgakmens”, un tikai no mums pašiem ir atkarīgs, cik saprātīgi to izmantosim, tajā skaitā – tikai mehāniski iegūsim šķembas un citus salīdzinoši vienkāršus un lētus produktus vai arī meklēsim veidus, kā no dolomīta iegūt iespējami sarežģītākus un zinātnietilpīgus izstrādājumus un produktus.

Dolomīts ir salīdzinoši plaši izplatīta izejviela, un to tautsaimniecības vajadzībām iegūst gandrīz visās pasaules valstīs, galvenokārt akmens bloku, šķembru un skalotas grants veidā. Ievērojami mazāks daudzums dolomīta (apm. 3–5% no gada ieguves apjoma) tiek izmantots ķīmiskajā rūpniecībā, kurā to izmanto cementa un kaļķu ražošanā.

Būvākmeņu realizācijas tirgū dolomīta un kaļķakmens loma svara izteiksmē pasaules tirgū ir aptuveni 45%, no kuriem dolomīts un dolomitizēts kaļķakmens ir aptuveni 30%. Visvairāk šādus materiālus iegūst Ķīnā, Brazīlijā un Itālijā (75% no pasaules tirgus), un realizētā dolomīta būvākmeņu preces vērtība 2014. gadā pārsniedza 523 miljonus €, un pēdējo gadu laikā visai noturīga ir šī tirgus segmenta izaugsme par apm. 1,3–1,4% gadā. Eiropas Savienības dalībvalstu telpā dolomīta ieguve būvākmeņu izmantošanai netiek sistemātiski uzskaitīta, un kā vietēji izmantotais būvākmeņš tas tiek iegūts aptuveni 2,2–2,7 miljonus tonnu ar tirgus vērtību nedaudz augstāku par 30 miljoniem €. Lielākais importētājs ir Nīderlande, lai gan tikai visai neliela šī materiāla daļa tiek patērēta šajā zemē – tur tiek veikta akmens bloku pirmapstrāde, tiem tiek piešķirti precīzāki izmēri vai lielie bloki tiek sadalīti daļās, un tālāk būvākmeņš nonāk daudzās ES valstīs.

Dažādu izmēru dolomīta šķembas (skalotas, mazgātas, apaļotas, precīzi noteiktas viena izmēra frakcijas vai dažādi īpaši veidoti šķembru maisījumi u.tml.) apzinātajā šķembru pasaules tirgū aizņem aptuveni 6%. Eiropas Savienībā šis tirgus ir nedaudz mazāks un ir tieši atkarīgs no lielo infrastruktūras objektu būvniecības aktivitātēm. Kā pildviela būvmateriālos dolomīta šķembas tiek izmantotas salīdzinoši mazāk, kopējā patēriņā nepārsniedzot 1% (masas izteiksmē), un šajā sektorā dolomīta šķembru izmantošana būtiski samazinās jau daudzus gadus, tās tiek aizstātas ar būvgružu pārstrādes produktiem.

Vēl salīdzinoši nesenā pagātnē nozīmīgs dolomīta patēriņš tirgus bija augstas ķīmiskas tīrības dolomīts stikla ražošanā, aitas vilnas attaukošanā, cukura rūpniecībā u.c., bet šajās jomās mūsdienās dolomītu praktiski vairs neizmanto. Daudz mazāk dolomītu izmanto arī cementa lielražošanā, kas orientējas uz lielām kaļķakmeņiem un mālaina kaļķakmeņiem (merģeļiem) atradnēm. Nemainīgs augsts

pieprasījums ir pēc dolomītu miltiem un atskalām lauku ielabošanai, tomēr transportēšanas augsto izmaksu dēļ šie produkti tiek ražoti un arī patērēti visai lokāli.

Ķīmiskajā pārstādē mūsdienās visplašākais dolomīta pielietojums ir ugunsizturīgu materiālu ražošanā. Tie galvenokārt ir dažādi izolācijas materiāli, un no tiem tiek veidoti kompozīti būvmateriāli, tomēr aizvien pieaug dolomīta izmantošana dažādu speciālo keramikas materiālu ražošanā. Tikai dažos uzņēmumos ir izdevies ekonomiski pamatoti realizēt magnija oksīda un magnija ieguvu no dolomīta, kā arī iegūt konkurētspējīgus reaģentus biomasas pārstrādes un dažos katalītiskos procesos. Pagaidām tie joprojām ir tikai daži uzņēmumi pasaulē.

Latvijā dolomītu 2014. gadā rūpnieciski ieguva vairākās atradnēs, no tām piecās valsts nozīmes atradnēs (Dārziems, Kranciems, Aiviekste – kreisais krasts, Iecava, Pērtņieki, Turkalne, Birži–Pūteļi), kurās 2013. gadā kopā tika iegūts 1038 tūkst. m³ dolomīta, un 23 nelielās dolomīta atradnēs – tajās kopā 2013. gadā tika iegūti 783,20 tūkst. m³ dolomīta, gandrīz tikai šķembu ražošanai. Tie ir salīdzinoši nelieli daudzumi gan absolūtā daudzuma ziņā, gan attiecībā pret kaimiņvalstīs iegūtu dabisko būvmateriālu izejvielu daudzumu. Atzīmējama arī visai nozīmīgā importētā dolomīta šķembu daļa būvdarbu realizācijā Latvijā.

Neliela iegūtā dolomīta daļa tiek izmantota citiem mērķiem – augsnes kaļķošanai, dolomītmiltiem un būvkaļķu ražošanai, bet nav zināmi gadījumi, kad iegūtais dolomīts ir ticis izmantots augstākas pievienotās vērtības produkcijas rūpnieciskai ražošanai. Šajā kontekstā grāmatā ievietotais uzzīņu materiāls un pētījumos iegūtie konkrētie analītiskie dati var veicināt pievērsties dolomīta mazāk tradicionāliem un ne tik vienkāršiem izmantošanas veidiem, kas veicinātu šī augstvērtīgā zemes dziļu resursa pilnvērtīgāku un mērķtiecīgāku izmantošanu nākotnē.

LITERATŪRA

- Arvidson, R. S., Mackenzie, F. T. 1999. The dolomite problem: control of precipitation kinetics by temperature and saturation state. *American Journal of Science*, 299: 257–288.
- Bamberg, K., 1941. Paplakas dolomīts un tā nozīme stiklrūpniecībā. *Zemes bagātību pētīšanas institūta raksti*, II, Rīga, 130.–135. lpp.
- Barbane, I., Sedmale, G., Dzene, L. 2011. Dolomīta-mālu maisījumu izpēte romāncementa izstrādei. RTU zinātniskie raksti “Materiālzinātne un lietišķā ķīmija”, 24, 35.–38. lpp.
- Bontognali, T. R. R., Vasconcelos, C., Warthmann, R. J., Bernasconi, S. M., Dupraz, C., Strohmenger, C. J., McKenzie, J. 2010. Dolomite formation within microbial mats in the coastal sabkha of Abu Dhabi (United Arab Emirates). *Sedimentology*, 57: 824–844.
- Burns, S. J., Baker, P. A. 1987. A geochemical study of dolomite in the Monterey Formation, California. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57(1): 128–139.
- Cander, H. S. 1994. An example of mixing-zone dolomite, Middle Eocene Avon Park Formation, Floridan aquifer system. *Journal of Sedimentary Research*, A64(3): 615–629.
- Ceļu specifikācijas 2014, 2014. Vispārējās valsts autoceļu būvdarbu izpildes un kvalitātes prasības atbilstoši autoceļu noslojumam. VAS “Latvijas autoceļi”, 304 lpp.
- Frisia, S. 1994. Mechanisms of complete dolomitization in a carbonate shelf: comparison between the Norian Dolomia Principale (Italy) and the Holocene of Abu Dhabi Sabkha. *Dolomites. A volume in honour of Dolomieu. Special Publication of the IAS*, 21: 55–74.
- Gill, I. P., Moore, C. H., Aharon, P. 1995. Evaporitic mixed-water dolomitization on St. Croix, U.S.V.I. *Journal of Sedimentary Research*, A65(4): 591–604.
- Grosvalds, I., 1964. *No piramīdām līdz dzelzsbetonam*. Rīgā, ZA izd., 102 lpp.
- Hardie, L. A. 1987. Dolomitization: a critical view of some current views. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57(1): 166–183.
- Hodireva, V., Sidraba, I., Purviņš, E. 2010. Augšdevona dolomīta litoloģiski morfoloģiskie tipi Rīgas Kultūrvēsturiskajos pieminekļos. RTU zinātniskie raksti “Materiālzinātne un lietišķā ķīmija”, 22, 105.–113. lpp.
- Iannace, A., Capuano, M., Galluccio, L. 2011. “Dolomites and dolomites” in Mesozoic platform carbonates of the Southern Apennines: Geometric distribution, petrography and geochemistry. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 310: 324–339.
- Kaczmarek, S. E., Sibley, D. F. 2011. On the evolution of dolomite stoichiometry and cation order during high-temperature synthesis experiments: An alternative model for the geochemical evolution of natural dolomites. *Sedimentary Geology*, 240: 30–40.
- Kondratjeva, S., Hodireva, V., 2000. *Latvijas dolomīti*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 79 lpp.
- Kondratjeva, S., 1997. *Apdares dolomīti un to ieguves iespējas*. Latvijas ģeoloģijas vēstis, 2, Rīga, 3.–12. lpp.
- Kraus, E. 1930. Studien zur ostbaltischen Geologie. Die Geschichte des Devons Lettlands – *LU raksti, Matemātikas un Dabaszinātņu sērija*, 6, Rīga, 101.–211. lpp.
- Land, L. S. 1985. The origin of massive dolomite. *Journal of Geological Education*, 33: 112–125.
- Land, L. S. 1986. Environments of limestone and dolomite diagenesis: some geochemical considerations. *Colorado School of Mines Quarterly*, pp. 28–41.
- Lagzdīņa, S., Bidermanis, L., Liepiņš, J., Sedmalis, U., 1998. Low temperature dolomitic ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 18: 1717–1720.

- Lumsden, D. N. 1979. Discrepancy between thin section and X-ray estimates of dolomite in limestone. *Journal of Sedimentary Petrology*, 49: 429–436.
- Lumsden, D. N., Chimahusky, J. S. 1980. Relationship between dolomite nonstoichiometry and carbonate facies parameters. *Concepts and Models of Dolomitization*. Edited by Zenger D. H., Dunham J. B. and Ethington R. A. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication No. 28, pp. 123–139.
- Machel, H.-G., Mountjoy E. W. 1986. Chemistry and environments of dolomitization – a reappraisal. *Earth Science Reviews*, 23: 175–222.
- Machel, H. G., 2004. Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal. *Geological Society, London, Special Publications*, 235: 7–63
- Morrow, D. W. 1982. Diagenesis 2. Dolomite – Part 2: Dolomitization Models and Ancient Dolostones. *Geoscience Canada*, 9(2): 95–107.
- Peryt, T. M., Scholle, P. A. 1996. Regional setting and role of meteoric water in dolomite formation and diagenesis in an evaporative basin: studies in the Zechstein (Permian) deposits of Poland. *Sedimentology*, 43: 1005–1023.
- Sánchez-Román, M., McKenzie, J., Rebello Wagener, A. D. L., Rivadeneyra, M. A., Vasconcelos, C. 2009. Presence of sulfate does not inhibit low-temperature dolomite precipitation. *Earth and Planetary Science Letters*, 285: 131–139.
- Sass, E., Katz, A. 1982. The origin of platform dolomites: new evidence. *American Journal of Science*, 28: 1184–1213.
- Scotese, C. R., 2014. *Atlas of Devonian Paleogeographic Maps*, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, volume 4, The Late Paleozoic, Maps 65–72, Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, IL.
- Searl, A., 1994. Discontinuous solid solution in Ca-rich dolomites: the evidence and implications for the interpretation of dolomite petrographic and geochemical data. *Dolomites: a Volume in Honour of Dolomieu*. Ed. by Purser B., Tucker M., Zenger D. IAS Special Publication No. 21, pp. 361–376.
- Sidraba, I., Šperberga, I., Vītiņa, I., Hodireva, V., Krāge, L. 2013. Latvijas mālu un dolomīta resursu atbilstības novērtējums zemtemperatūras kompozītmateriālu izstrādei. RTU zinātniskie raksti “Materiālzinātne un lietišķā ķīmija”, 27, 35.–42. lpp.
- Stinkulis, Ģ. 1998. Latvijas devona klastisko-karbonātiežu un kaļķakmeņu-dolomītu pārējas zonu sedimentoloģija un mineraloģija. Promocijas darbs. Rīga, LU, 228 lpp.
- Stinkulis, Ģ., 2008. Kāpēc devona kaļķakmeņi tagad Latvijā ir dolomīti? LU 66. zinātniskā konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes*. Rīga: Latvijas Universitāte, 14.–16. lpp.
- Sun, S. Q., 1994. A reappraisal of dolomite abundance and occurrence in the Phanerozoic. *Journal of Sedimentary Research*, A64(2): 396–404.
- Tramdahs, A., 1947. Saulkalnes gliemežu dolomīts kā būvakmens. *ZA Ģeoloģijas un ģeogrāfijas institūta raksti*, I, Rīgā, 207.–222. lpp.
- Tucker, M. E., Wright, V. P., 1990. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, 482 p.
- Vasconcelos, C., McKenzie, J. A., 1997. Microbial mediation of modern dolomite precipitation and diagenesis under anoxic conditions (Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil). *Journal of Sedimentary Research*, 67(3): 378–390.
- Wacey, D., Wright, D. T., Boyce, A. J., 2007. A stable isotope study of microbial dolomite formation in the Coorong Region, South Australia. *Chemical Geology*, 244: 155–174.
- Warren, J. 2000. Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations. *Earth-Science Reviews*, 52: 1–81.

- Williams, D., Hampel, K., Allen, J., Fowler, D. Update on Icar 507: The significance and application of the micro-deval test. 28 p.
- Wright, D. T., Wacey, D., 2005. Precipitation of dolomite using sulphate-reducing bacteria from the Coorong Region, South Australia: significance and implications. *Sedimentology*, 52: 987–1008.
- Вайвад, А., Гофман, Б., Карлсон, К., 1958. Доломитовые вяжущие вещества, Рига, 260 с.
- Гравитис, В., 1963. Силициты даугавской свиты. *Франские отложения Латвийской ССР*, Рига, с. 243–262.
- Гросвалд, И., Гравитис, В., 1991. Новые данные об известковых растворах средневековых замков Латвии. *Неорганические стекла, покрытия и материалы*, вып. 10, Рига, с. 151–159.
- Клявинь, А., Спрингис, К., 1957. Доломиты. Сб. *Полезные ископаемые Латвийской ССР*, ч. 1 Карбонатные породы. Рига, 147 с.
- Лейшкалн, М., 1963. Минералогический состав коллоидной фракции глин некоторых разрезов франского яруса центральной части Латвийской ССР. *Франские отложения Латвийской ССР*, Рига, с. 213–241.
- Сорокин, В. С. 1978. *Этапы развития Северо-Запада Русской платформы во Франском веке*. Рига, Зинатне, 282 с.
- Ходырева, В., 1988. Литолого-промышленные типы верхнедевонских доломитов Латвии. *Прогнозные ресурсы полезных ископаемых Прибалтики*, Рига, Зинатне, с. 52–75.
- Шарак, К., 1974. Опыт классификации доломитов франского яруса по физико-механическим свойствам. *Региональная геология Прибалтики*, Рига, с. 131–135.
- Шарак, К. 1975. Закономерности распределения и физико-механические свойства литолого-промышленных типов франских доломитов Латвии. Автореферат, Таллин, 1975, 29 с.