

22.16084
EESTI NSV TÖÖSTUSE TEADUSLIKU UURIMISE KESKINSTITUUT

Nr. 5

H. PALMRE

EESTI KLAASILIIV

С РЕЗЮМЕ:

СТЕКОЛЬНЫЙ ПЕСОК



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“

EESTI NSV TÖÖSTUSE TEADUSLIKU UURIMISE KESKINSTITUUT

Nr. 5

H. PALMRE

EESTI KLAASILIIV

С РЕЗЮМЕ:

СТЕКОЛЬНЫЙ ПЕСОК



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1946



12186

A-16089

Eessõna.

Käesoleva töö ülesandeks on anda lühike ülevaade ENSV-s leiduvaist liivade st, mida võib kasutada toormaterjalina hariliku värvita klaasi tootmiseks. Et puht-tehnistel põhjustel polnud võimalik läbi uurida kõiki liiva-alasid, siis on vaatluse alla võetud tööstuslikult tähtsamad rajoonid, eeskätt need alad, kus kaevandustehni-lised tingimused on kergemad, ning teiseks paigad, kus on parim toormaterjal.

Lähtudes puhtpraktilisest seisukohast on toodud ülevaatlik geoloogiline ja hüdrogeoloogiline liivakivide ala kirjeldus ning püütud selgitada liivakivides resp. liivades esinevaid mineraale ja määrata liiva moodustavate mineraalide kvantita-tiivne suhe niivõrd, kuivõrd see on oluline klaasitööstuse seisukohalt.

Liiva granulomeetriline ja keemiline koostis on esitatud hulga proovide läbi-töötamise tulemusena.

Puhtpetsiaalse liivakivide sedimentpetrograafilise uurimise teostamiseks puudu-sid autoril töötamise perioodil mitmesugused laboratooriumiristad ja reaktiivid. Liiva kergete ja raskete fraktsioonide eraldamiseks oli võimalik kasutada ainult Thoulet' lahust, kuna muudest immersioonivedelikest olgu nimetatud metüleen-jodiid, mida jätkus vaid mõningate preparaatide valmistamiseks.

Tagavarade hindamiseks polnud võimalik teostada puurimisi näiteks Pärnu jõe alal, mispärast tuli seal kihi paksuse hindamisel tugineda ainult looduslikele paljandele ja liivakividesse raiutud kaevudele.

Ka kambriumi liivakivide alal polnud võimalik klaasiliiva otsimise eesmärgil puurimisi teostada, kuid teistel eesmärkidel teostatud puurimisel saadud materjalide ja paljandite vaatlusel selgus selle liivakivi levimise ulatus.

1932. a. teostas Eestis klaasiliiva uurimist mäeinsener I. Reinwaldt. Ta võttis vaatluse alla kambriumi liivakivid Põhja-Eesti rannikul ja devoni liivakivid Petseri ümbruses. Pikemalt peatub Reinwaldt kambriumi liivakividel, kust toob rea paljandite profiile ja keemilisi ning mehhaanilisi analüüse, kuid möödub üsna lühidalt Petseri ümbruse liivakividest, kust annab kõigest neli profiili ning mõned keemilised ja mehhaanilised analüüsid. Peaaegu mainimata jätab ins. Reinwaldt oma töös liiva-kivide mineraalse koostise ja tagavarade hindamise.

Käesolevas töös on kasutatud mõningaid I. Reinwaldt'i poolt koostatud profiile ja tema tehtud analüüse. Samuti on ära kasutatud ins. Reinwaldt'i kogutud liiva-kivide proovid mineraalse koostise ja terasuuruse määramiseks.

Suurem osa materjale ja andmeid käesolevas töös on autori poolt kogutud pea-asjalikult 1941. ja 1945. a. Talvel ja kevadel 1941. a. on teostatud liivakivide uuri-mist Ala-Tsumpa küla ja Piusa raudteejaama rajoonis ning 1945. a. suvel Pärnu jõel Oore küla juures, samuti ka Põhja-Eesti pakaldal Virumaa osas.

Keemilisi analüüse ja liivade pesemise katseid tegid klaasivabrikute keemikud Prosovitš ja Torpan Piusa klaasiliivaga, kuna keemik Truu analüüsis Oore rajooni liiva. Piusa klaasiliiva paljandite ja puuraukude absoluutsed kõrgused mõõtis vanmaamõõtja Joh. Steinmann.

Väärtuslikke näpunäiteid ja juhendeid töö teostamise perioodil andis prof. dr. A. Luha, kuna mikrofotode valmistamiseks lubas lahkesti kasutada oma laboratooriumi aparate prof. J. Kark.

Kõigile isikuile ja asutustele, kes kaasa aitasid käesoleva töö valmimiseks, avaldan siiraimat tänu.

Tallinn, detsember 1945.

H. Palmre.

I. Sissejuhatus.

Eesti NSV maa-ala kujunes ajaloolis-geoloogilise arenemise vältel settimisbasseiniks purdkiviliikidele. Kambriumiajastu algul settisid rannalähedases meres sinisavi, eofüüton-liivakivi ning valge ränniliivakivi (kohati näib valge ränniliivakivi olevat kontinentaalse tekke-laadiga). Hiljem taandus meri. Ordoviitsiumiajastul vallutab aga meri kõne all oleva ala ning siis tekivad *Obolus*-liivakivi, diktüoneema-kiltkivi ja võimsad lubjakivi lademed. Siluri lõpul taandub Eesti alalt uuesti meri, tekib settimises lünk. Alles devoniajastu keskel ründab meri ning siis setivad rannalähedases meres põimkihilised tüsedad liivakivi kihid ja mere avardades Kagu-Eestis devoni lubjakivid.

Eesti ajaloolis-geoloogilise arengu ülevaateks on toodud järgmine tabel, mis selgitab tähelepanu väärivate liivakivide ja savide paigutust aluspõhjas.

Ladestu	Lade
devon	Dubniki
	Irboska
	Gorodištše
	„Old Red“-liivakivi Tartu—Vastseliina
	Pärnu—Narva jõe
	klaasiliivad, käia- ja luisukivid, tulekind- lad savid
silur	Ohesaare
	Kaugatuma
	Paadla
	Kaarma
	Jaagarahu
	Jaani
silur	Adavere
	Raikküla
	Tamsalu
	Porkuni

Ladestu	Lade
ordoviitsium	Saaremõisa
	Rakvere
	Vasalemma—Oandu
	Keila
	Jõhvi
	Kukruse—Idavere
	Uhaku
	Lasnamäe (ehituslubjakivi)
	Aseri
	<i>Vaginatium</i>
	<i>Megalaspis</i>
	Glaukoniitliiv
alamkambrium (<i>Estonium</i>)	Diktüoneema-kiltkivi
	<i>Obolus</i> -liivakivi
	Valge räniliivakivi (klaasiliivad, luisukivid)
	Eofüüton-liivakivi
	Sinisavi
	Liivakivid ja konglomeraadid

Eesti aluspõhjas esinevad liivakivid, mis võivad arvesse tulla klaasi toormaterjalina, on grupeeritud kahte ossa: kambriumi liivad ja devoni liivad. Kambriumi valge räniliivakivi paljandub peaaegu pidevalt Põhja-Eesti klindil, Virumaa kirdeosas, eriti Saka ja Ontika-Saka juures. Saka rannast lääne poole on parimaid paljandeid Aseris ja Kundas. Kundast kuni Paldiskini paljandub valge räniliivakivi lünklikult kogu rannikualal, kuigi ulatuslikud paljandid puuduvad.

Teine liivakivide rajoon, mis väärib tõsist tähelepanu, on keskdevoni „Old Red“-liivakivide alal Lõuna-Eestis. Üldiselt „Old Red“-liivakivi on punane, kuid pealmises osas on ta heledam ja paiguti koguni valge. Pariimaid sellise valge räniliivakivi paljandeid leidub Petseri linna ja jaama, Piusa jaama, Põlva, Sõmerpalu ja Helme ümbruses.

Kolmandana on klaasiliiva poolest huvipakkuv keskdevoni alumiste liivakivide ala Pärnu jõel.

Ligi kuuskümmend protsenti segust, mis läheb klaasi sulatamise protsessi, on liiv, seepärast on mõistetav, et liiva omadused on otsustava tähendusega klaasi väärtusele. Liiva toime klaasi väärtusele sõltub sellest, millisel määral on temas rauaoksüüdi, lupja, savi, põldpagu, vilku ja muid mineraale. Harilikult hinnatakse liiva väärtust ainult rauaoksüüdi hulga järgi, kuid peale rauaoksüüdi on klaasi omadustele määrav liiva terasuurus ja terade ühtlus.

Üldiselt hea liiv peab sisaldama maksimaalse hulga — üle 90% SiO_2 -te ja minimaalse hulga kõiki muid mineraale, mis tavaliselt segavad liiva puhtust. Endastmõistetav on, et madalama kvaliteediga klaas- toodete valmistamiseks kõlbab ka väiksema ränisisaldusega ja suurema rauaoksüüdihulgaga liiv.

Lähtudes NSVL RKN määrusest (Žukovski, 1936), võib rauaoksüüdi- sisaldus olla liivas, mis läheb parema sordi klaasi valmistamiseks, 0,03%.

Vaatleme mõningaid NSVL ja välismaa liivu, kusjuures on esitatud niihästi halvemad kui ka paremad liivasordid (L. Springer, 1925, 1931; Žukovski, 1936).

T a b e l 1.

Liiva asukoht	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
Ljubretski (NSVL)	99,27	0,07	0,03	0,34	0,05	0,02
Uršelski (NSVL)	97,46	0,13	0,13	1,57	0,06	0,07
Hohenbocka (Saksa)	99,83	0,04	—	0,051	0,024	0,014
Saksa (tundm. asukohaga)	94,30	0,35	—	3,2	1,5	—
Greer (P.-Ameerika)	99,55	0,02	—	0,15	0,09	—
Shreveport (P.-Am.)	96,01	0,44	—	3,12	0,38	—

R. Dralle annab klaasitööstusele järgmised normid rauaoksüüdi jaoks:

kristallklaas	0,02%
parem riistaklaas	0,04%
peegliklaas	0,20%
akna- ja harilik	
õonesklaas	0,50%

Silmas pidades eespool-mainitud RKN määrust ning Nõukogude Liidu ja välismaa klaasitööstuse praktikas kujunenud nõudeid toormaterjalide alal, on püütud leida Eestis esinevatest liivadest klaasi toormaterjaliks sobivaid ning on neid siin käsitletud.

II. Liivakivide ala geoloogia ja geomorfoloogia.

1. Põhja-Eesti kambriumi liivakivi. Fukoid- ehk valgeräniliivakivi (A_{1d}).

Valge räniliivakivi on meie kodumaa aluspõhja vanem lüli, mis pal- jandub Põhja-Eesti klandil. Ta asetus piki Soome lahe rannikut läänest idasse pole ühesugune. Läänes, Paldiski poolsaarel, uhavad merelained liiva- kivi ülemisi osi, kuna ida poole suundudes kerkib liivakivipank tervikuna üle merepinna ning juba Aseri juures jõuab kulminatsioonini. Ta omab

üldiselt Põhja-Eesti kohta maksvat kihtide kallakust, 3 m langust kilomeetri kohta, mis on puuraukude andmeil ETTUK-i Maavarade Osakonnas kindlaks tehtud. Nagu eespool juba mainitud, pole liivakivi paljandumise tingimused mitte ühtlased kogu Põhja-Eesti rannikul. Kohati tungib klint kaugele maa poole ja jaguneb üksikuiks astanguiks, kohati liibub ta tihe-
dalt vastu merd ja tõuseb taeva poole metsiku kaljuseinana. Neil metsikult paljandunud kaljuseintel ja klindi jalamil näeme, et valge ehk nn. fukoid-
liivakivi lasub veidi rohekal eofüüton-liivakivi ülemisel vöötmel. See on nn. *scenella*-vööde, mis ilma terava piirita läheb üle valgeks räniliivaki-
viks. Lasumi moodustab *Obolus*-liivakivi.

Räniliivakivi on pinnalt kaetud kollaka porsumiskoorikuga, mis on võrdlemisi pude. Liivakivis esinev fauna on esindatud ainult kahe proble-
maatilise kivistisega — *Corophioides erraticus* (Richter) ja *Corophioi-
des helmerseni* (A. Öpik, 1929).

Ulatuslikumad liivakivi paljandid on klindi idaosas, seepärast alus-
tame ka läbilõigete vaatlust sealtpoolt.

Kunda Kronks-kaldal näeme räniliivakivi paljandumas järgmiselt (I. Reinwaldt, 1932) :

Paljand nr. 1 (vt. joon. 5).

- 0,70 m — valge peeneteraline liivakivi,
- 0,30 „ — valge, veidi pruunikas üksikute glaukoniiditeradega liiva-
kivi,
- 0,10 „ — tumepruun peeneteraline glaukoniiditerade-rikas liivakivi,
- 1,60 „ — valge, hõredalt pruunikate kihikestega, üksikute glauko-
niiditeradega liivakivi,
- 0,10 „ — rohekas savikas liivakivi,
- 0,95 „ — valge liivakivi rohekate savi-vahekihtidega,
- 0,07 „ — rohekas liivakas savi,
- 1,10 „ — valge liivakivi väga õrnade savi-vahekihtidega,
- 0,05 „ — rohekas liivane savi,
- 3,25 „ — valge liivakivi roostepesadega,
- 0,65 „ — valge liivakivi rohekate savi-vahekihikestega,
- 0,75 „ — valge liivakivi,
- 0,40 „ — valge põimkihiline liivakivi savikate kihikestega ja
pesadega,
- 0,60 „ — valge puhas liivakivi mõne savika pesaga,
- 0,20 „ — valge põimkihitud liivakivi,
- 2,70 „ — valge liivakivi hulgaliste roostepesadega,

0,15 „ — sinakas liivane savi,
0,60 „ — roosterikas liivakivi,
0,60 „ — sinine savi, õhukeste 1—2 cm paksuste liiva-vahekihi-
kestega.

Profiili üldkõrgus on 14,87 m. Liivakivi selles läbilõikes on võrdlemisi puhas.

Kunda ja Aseri vahemikus on kõrge paekallas hävinud ning teda asendab astanguliselt mere poole laskuv aluspõhi. Paljanduvat valget räniliivakivi on näha vaid mõningais kohtades. Parimad looduslikud paljandid on Aseris nn. Reeskaldas, mis ulatub kuni Kalvi asunduseni. Aserist ida pool Mustametsa kaldas on ulatuslik räniliiva paljand.

Aseri Reeskaldalt mõõdetud profiil on järgmine (I. Reinwaldt, 1932):

Paljand nr. 2 (vt. joon. 5).

+ 0,30 — lasub *Obolus*-liivakivi:

3,40 m — valge liivakivi mõningate õhukeste savi-vahekihtidega,
0,10 „ — helesinakas liivane savi,
3,00 „ — valge liivakivi õhukeste helesiniste savi-vahekihtidega,
0,15 „ — sinine plastiline savi,
1,35 „ — valge liivakivi mõningate pruunikate roostepesadega,
1,35 „ — valge põimkihiline liivakivi,
3,95 „ — valge liivakivi roostepesadega,
0,15 „ — helesinine savi.

Profiili üldkõrgus on 13,55 m.

Nagu selgub, on liiv selles profiilis võrdlemisi valge ja terade suurus 0,1 mm piirides.

Aseri vabrikust 1,5 km ida pool algab Mustametsa kallas. Kõrkküla kohal moodustab valge räniliivakivi avamus ligi 1 km laiuse ja 3 km pikuse tasandiku, mille põhjapoolne serv langeb järsu liivakivipaljandina eofüüton-liivakivini. Mustametsa kaldalt on mõõdetud järgmine profiil (I. Reinwaldt, 1932):

Paljand nr. 3 (vt. joon. 5).

1,10 m — pruunikas liiv koos pinnakattega,
1,60 „ — valge pude liivakivi roostepunaste vahekihtidega,
2,00 „ — valge liivakivi punaste laikudega ja lõhedega,
1,60 „ — valge liivakivi õhukeste sinise savi vahekihtidega,
2,10 „ — valge liivakivi pruunide laikudega,
2,00 „ — valge liivakivi õhukeste helesiniste savi-vahekihtidega.
Alumises osas on savi-vahekihid paksemad.

Mõõdetud profiili kõrgus on 10,40 m.

Aseri ja Saka ranna vahemikus ei paku rannikuala häid looduslikke paljandeid ning liivakivi avamus on kaetud paksult aherainega. Pinnakate koosneb Purtse ja Saka vahemikus mitmesuguseist rannaliivadest, mis aga klaasiliivaks ei kõlba. Kõrge paekallas algab Saka rannast Rannu talu juurest. Sealt on mõõdetud järgmine profiil (H. Palmre, 1939):

Paljand nr. 4 (vt. joon. 5).

Lasub *Obolus*-liivakivi:

- 3,50 m — valge pankjas liivakivi väheste roostepesadega,
- 2,70 „ — valge liivakivi õige väheste roostepesadega,
- 0,30 „ — savikas pude liivakivi,
- 1,95 „ — valge põimkihiline liivakivi,
- 0,10 „ — savikas pude liivakivi.

Mõõdetud profiili üldkõrgus on 8,55 m. Valge räniliivakivi üldpaksust selles paekalda osas võib hinnata 12,0 meetrini. Valge räni liivakiviosa vastu eofüüton-liivakivi on rusuga kaetud ja pole täpselt mõõdetav.

Järgmine profiil on mõõdetud ligi 75—100 m Saka asundusest ida poole. Et liivakivi kiht terves ulatuses polnud ligipääsetav, seepärast olgu toodud vaid osa sellest (I. Reinwaldt, 1932):

Paljand nr. 5 (vt. joon. 5).

- 0,60 m — sinakas savirikas liivakivi,
- 0,35 „ — valge puhas liivakivi,
- 0,03 „ — sinakas liivane savi,
- a. 0,45 „ — valge liivakivi,
- 0,01 „ — sinakas liivane savi,
- a. 1,02 „ — valge liivakivi,
- 0,03 „ — sinakas liivane savi,
- 0,35 „ — valge liivakivi,
- 0,15 „ — rauaoksüüdi tõttu pruunikas liivakivi.

Märkus: täht a näitab, et vastavast profiili osast on tehtud keemiline analüüs. Analüüsi andmed on toodud tabelis 6.

Saka, Ontika-Saka, Valaste ja Toila küla kohal on liivakivi püsivama iseloomuga ning üldmulje liivast on sama, mida annavad Saka kalda läbilõiked. Türsamäe ja Voka rannas on kambriumi liivakivi jälle sagedate savi-vahekihtidega. Sillamäelt olgu toodud järgmine profiil (I. Reinwaldt, 1932):

- 2,65 m — *Obolus*-liivakivi vaheldumisi õhukeste savika diktüoneema-kiltkivi vahekihtidega,
- 1,35 „ — *Obolus*-liivakivi, hõredalt *Obolus*-karpide kildudega,
- 2,55 „ — valge räniliivakivi õhukeste siniste savi-vahekihtidega,
- 0,60 „ — pruunikas kõva liivakivi,
- 0,60 „ — helepruunikas liivakivi siniste savi-vahekihtidega,
- 0,40 „ — pruunikas kõvasti tsementeerunud liivakivi,
- 1,70 „ — pruunikas liivakivi sinaka savi vahekihtidega,
- 0,40 „ — valge räniliivakivi,
- 1,50 „ — valge nõrgalt tsementeerunud liivakivi helesiniste savi-vahekihtidega,
- 0,45 „ — liivakivi glaukoniiditeradega,
- 1,50 „ — sinine savi punakate kihtidega ja laikudega,
- 0,30 „ — liivakivi glaukoniiditeradega,
- 5,00 „ — sinine savi õhukeste liivakihtidega.

Liivakivi selles paekalda osas on üsna savirikas ning õhukesed puhta liiva kihid ei oma erilist praktilist väärtust.

Sillamäe profiiliga lõpetame paekalda idarajooni liivakivi vaatluse.

Kunda ja Tallinna vahemikus on paekallas liigestunud üksikuiks astanguiks ning astangud on pinnakattega paksult kaetud. Sellest tingitult on ka looduslikke paljandeid võrdlemisi vähe. Tsitre ja Ülgase paljand võimaldavad tutvuda räniliivakiviga, kuid liiv nendes paljandites on liiga savikas ega kõlba klaasitööstusele. Ainus parim paljand klaasiliiva seisukohalt on Viimsi poolsaarel Lubja küla juures, kust on liiva veetud Tallinna klaasivabrikule. Praegu kasutab Tallinna klaasivabrik Piritat ja Kose vahelisel alal olevat lahtist kambriumi liiva (klaasivabriku ins. Vint'i andmed). Liiva terasuurus ning keemiline koostis on toodud tabelleis 5 ja 6.

Teistest Tallinna-lähedastest räniliiva paljanditest olgu siin nimetatud veel Rannamõisa, kuid ka seal paljanduv liivakivi on võrdlemisi savi- ja rauaoksüüdirikas ning ei kõlba ilma pesemata hariliku värvita klaasi tootmiseks (I. Reinwaldt, 1932).

Tallinna ümbruse lahtisi rannaliivu on uurinud klaasitööstuse seisukohalt keemik Vilbok (Tallinna Riiklik Polüteh. Inst., 1944) ja on leidnud, et sobivaimaks liivaks hariliku värvita klaasi valmistamiseks on Kose Metsakalmistu liiv. Kõik teised suuremad lahtise liiva alad Tondi ja Mustamäe juures ei sobi niihästi terajämeduse kui ka rauaoksüüdisisalduse tõttu.

Kõikide kambriumi liivakivi paljandite ülevaatusel selgub, et kambriumi liivakivi on mõnes kohas väga roostelaiguline ja savirikas, kohati aga puhas ja valge. Üldiselt on liivakivi pind roosterikkam. Puurimiste andmeil selgub, et seal, kuhu pinnavete infiltratsioon ei ulatu mõju avaldama, on liivakivi valge või veidi kollakas (tähelepanekud Rausvere ja Kiviõli sügavpuuraukudest). Kuigi kambriumi liiva levimisala on laialdane ja kihi tusedus kaunis soliidne, on kihi tootlikkus siiski suhteliselt väike. Liiga sageli vahelduvad liivaka savi ja puhta savi vahekihid viivad tootlikkuse väärtuse alla. Suure muutuvuse tõttu pole võimalik liiva produktiivseks pakuseks võtta liivakivi kihi kogupaksust, vaid kõige rohkem 3,0—3,5 m. Kogu Põhja-Eesti paekalda kohta olgu toodud vaid 5 parimat rajooni, kus liiv on enamvähem kõlvuline hariliku värvita klaasi tootmiseks. Järgnevas tabelis on esitatud paremaid kambriumi liiva leiukohti Põhja-Eesti paekaldalt:

T a b e l 2.

Asukoht	Produktiivse osa keskmine paksus
1. Saka	3,00—3,50
2. Aseri	2,50—3,00
3. Kunda	1,50—2,00
4. Viimsi	2,00—2,50
5. Rannamõisa	3,00—3,50

2. Lõuna-Eesti keskdevoni liivakivi. 1941. ja 1945. a. teostatud uurimine.

Keskdevoni liivakivid aluspõhjана haaravad enda alla terve Lõuna-Eesti, alates 59°30' laiuskraadist kuni Läti piirini.

Kõne alla tulevad siin Pärnu—Narva jõe ja Tartu—Vastseliina lademet liivakivid. Tartu—Vastseliina ala on esitatud enamasti punaste pude-date, nn. „Old Red“—liivakividenä. Nooremad osad sellest lademest, alates Põlva—Helme joonelt, on võrdlemisi heledad ja võivad kõne alla tulla klaasiliivana. Looduslikke aluspõhja paljandeid mainitud alal leidub peaaesjalikult jõgede orgudes. Tähelepanedavam klaasiliivade ala on Petseri ja Piusa rajoonis, seepärast vaatleme üksikasjalisemalt eeskätt Piusa ala, mis jääb Nõukogude Eesti territooriumile.

A. Piusa ala geoloogilisi ja geomorfoloogilisi üldjooni.

P i n n a e h i t u s. Piusa Ala-Tsumpa küla ümbrus (vt. joon. 1 ja 2), s. o. paik, kus toimus devoni liivakivi uurimine, moodustab väikese murdosa Petserimaa tasandikkude, lavakõrgendikkude ja ürgorgude maastikust

(vt. joon. 2). Laialdast, veidi lohklikku maastikku läbib lääne—ida suunas Piusa jõe lammhaudmik-org, millesse suubuvad vasemalt ja paremalt väiksemad külgorud. Peaorgu suubuvate väikeste orgude tõttu omab Piusa jõe org sopilisi ja lamedaid veere. Piusa oru veerud moodustavad 25—35⁰-lisi kallakuid ning on kaetud peajasjalikult devoni liivakivist varisenud rusuliivaga. Oru põhi on lame ja moodustab kohati külgedega tähelepandevaid nurki. Suurim Piusa oru laius Tuhkvitsa oja suust kuni Piusa klaasiliiva kaevanduseni on 700 m (kõrgus- resp. sügavussuhteid vt. tabelist 3).

Teine tähtsam pinnavorm antud maastikus on Tuhkvitsa org, mille veerud on pinnakattest paljastunud kohtades peaaegu püstloodis. Üldiselt aga moodustavad oru kaldad 35—45⁰-lisi kallakuid. Eelnimetatud asjaolu tõttu on Tuhkvitsa orus häid devoni liivakivi paljandeid. Siin selgub, et orud on lõikunud peaaegu eranditult devonisse. Orgude sügavus on keskm. 30 m. Need kaks orgu jätavad Piusa ja Tuhkvitsa ristudes eneste vahele maastikuosa, mis on lõuna pool Kiksova küla leviva lavatasandiku servaks. Selle lavatasandiku serval, Piusa ja Tuhkvitsa oru ning Kiksova küla vahelisel alal, toimus devoni liivakivi uurimine.

Pinnakatte sellel Kiksova lavatasandikul moodustab hele liivamoreen väheste ja väikeste rändrahnudega. See moreenmaterjal on ilmselt erodeeritud devonist. Liivamoreeni kõrval tuleb ette laiguti kivivaest pruunikat savimoreeni, mis aga liiga väheste levimise tõttu pole pinnakattena tähelepandev. Pinnakatte paksus on mitmesugune ning näib, et ta paksus sõltub pinnamoest. Lavatasandiku serval toimetatud puurimistel selgus, et liivamoreeni paksus ulatub kuni 6,35 meetrini (puurauk nr. 1, joon. 6). Kui arvestada lavatasandikul esinevat mikroreljeefi, siis võib kohati pinnakatte maksimaalseks paksuseks võtta 7,0 m.

Pinnakatte paksus puurimisandmeil.

Puurauk nr. 1	— 6,35 m,	helekollane savikas liivamoreen,
„ „ 2	— 3,50 „	pruunkollane liivamoreen,
„ „ 3	— 1,75 „	hele liivamoreen, mis all läheb üle kivi- vaeseks savimoreeniks,
„ „ 4	— 3,00 „	liivakas savimoreen.

Oru külgedel on pinnakate tunduvalt õhem kui mujal, ja aluspõhi valendab sageli palja kaljuseinana, eriti järskudel oruveerudel. Tavaline pinnakatte paksus oruveerudel on 0,5—3,0 m. Ülal oru serval on pinnakate alati õhem kui all orus lavakõrgendiku jalamil. Oruveerudel esineb pinnakattes huvitav lainjas põimkihisus, mis on arvatavasti tekkinud hilis- ja postglatsiaalsel ajajärgul. Oru lammid moodustavad pinnakattes omaette

osa. Orgudes on tähtsal kohal huumusrikas uhtliiv, mis ilma morfoloogilise eraldumiseta liibub vastu oru veert. Uhtliiv orgudes on ilmselt pärit kas samast lähedalt või ka kaugemalt erodeeritud devonist, milles domineerivad näiliselt samad mineraalid mis aluspõhjaski.

Aluspõhi. Nagu vastavad uurimused (W. Gross, E. Kraus, N. Delle, K. Orviku) on näidanud, moodustavad Kagu- ja Lõuna-Eesti aluspõhja devoni setted, mis nii faunistiliselt kui ka sedimentpetrograafiliselt jaotatakse järgmiselt (N. Delle):

Lasuvad:	Ülemdevoni meresetted, dolomiidid ja lubjakivid: b ₂ <i>Ladogia meyendorfi</i> , <i>Spirifer muralis</i> b ₁ Mergel, <i>Bothriolepis cellulosa</i> , <i>Lingula</i>
Keskdevon	a ₄ Valge liivakivi, <i>Psammolepis</i> , <i>Asterolepis radiata</i>
	a ₃ Punane liivakivi, <i>Dendrodus biporcatus</i>
	a ₂ <i>Heterostius</i> , <i>Homostius</i>
	a ₁ <i>Pterichthys</i> -kihid, <i>Pterichthys concatenatus</i>
Lamavad:	Siluri ja ordoviitsiumi setted, lubjakivid, dolomiidid

Piisa juures esinevad keskdevoni ülemised valged liivakivikaljud; kohati on nad roosakad, roostepunased, värskest raiutud pinnad valged, violettpunakate laikude, täppide ja ribadega. Vähe on üldse näha paljandite pinnal helevalget liivakivi; viimane on peidetud tavaliselt 1—1,5 m paksuse, pinnaroostest rikutud kooriku taha. Sageli aga ulatuvad pinna infiltratsioonid õige sügavale, nagu see selgus paljandi nr. 6 stollis. Tavaliselt toimub infiltreerumine liivakivis püstloodis lõhede kaudu. Ka põhjavesi, kui see lähedal on, põhjustab liiva, s. o. räniterade kattumist roostekorraga. (Nagu vastavad katsed on näidanud, on seesugune rooste liivateradelt kergesti kõrvaldatav.)

Liivakivile annavad ta värvuse komponendid, millest ta koosneb. Tavaliselt on liivakivis enamuses räni- resp. SiO₂-terad, millede värvus on valge või vesihall; sekka esineb ka kollaseid ja violetseid kui ka peaaegu musti teri. Räniga kaasub tumedaid, raskema erikaaluga teri, mida on mõnes profiilis rikkalikumalt ning mis moodustavad tavalise hajali laialipillatuse kõrval valges liivakivis isegi 5—10 cm paksusi suiduvaid kihte või läätsi. Need tumedavärvuselised titaanirikkad ilmeniidi- või magnetiiditerad teevad valge liivakivi veidi vesisinakaks. Huvitav on, et neid teri esineb rohkem, võiks ütelda, peaaesjalikult (kui see pole liialdus,

sest vastavat spetsiaaluurimist pole tehtud) sellises liivakivis, mis kuulub peeneteralisemate hulka. Nad on seal ikka enamasti ribadena, kuna seevastu jämedateralises liivakivis esinevad tumedad raskemineraalide terad hajusalt, või kui nad ka harva juhtuvad olema korraldatud kihikese või ribana, siis on see peen kui sidumisnöör. Liivakivi on põimkihiline. Ühes paljandis on jämedamate gruppi kuuluvad terad, teisel aga peened terad. Ka ei või kunagi kaevates kindel olla, et paljandis esinev jämedateraline liivakivi esineb pidevalt. Järsku kui noaga lõigatult võib tulla peen (tolmutaoline) tolmuteraline liivakivi või koguni savikiht.

Koos tolmuteralise liivakiviga esineb sageli paljandeis heledat vilku ($H_2KAl_3Si_3O_2$), mille soomusjad lehekesed on rohekaskollase, kohati violetja pärlnutri läikega. Vilgurikas liivakivi on pude, tundub käele pehmena ja libedana nagu talk või kiudlik läikiv asbest. Vilk ei ole siin mitte hajusalt domineeriv, vaid moodustab jälle liivakivis omaette kihte, mille paksus on 5—10 cm; see moodustis on siis peaaegu vilk. Muidu on vilgurikaste liivakihtide paksus 1,0—1,5 m või enamgi. Sel juhtumil asetsevad aga vilgu lehekesed hajusalt ning nende asetus horisontaalpinna suhtes on muutuv. Vilgu lehekesed moodustavad horisontaalpinnaga nurki või on sellega rööpsed. Seevastu aga õhukestes vilgurikastes kihtides on vilgu lehekesed enamvähem rööpsed kihi pinnaga. (Siinjuures võib meenutada veel tsirkooniteri. Ka need esinevad mõnikord mustava kirmetisena kihi pinnal.) Hajusalt esineva vilguga vilgurikastes kihtides moodustavad ka vilgu killud põimjalt paeljaid ribasid. Vilgurikaste kihtidega kontaktis tuleb ette lahja ultramariinse või halli seebivee värvusega savi kihikesi, millest omakorda sädelevad vilgu killud.

Kõik need liivakivi moodustavad nimetatud mineraalid on omavahel nõrgalt tsementeerunud, mille tõttu kivi on pude, eriti pindmises osas, ning laguneb kergesti kirkaga raiumisel. Sügavamal stollides on kivim kõva ja lahtikaevamine nõuab soonimise ja raiumise kombineeritud tehnikat. Kohati leidub liivakivis isegi pakse savikihte. Nagu eespool öeldud, vahelduvad peeneteralised ja jämedateralised liivakivi kihid, mis on omavahel erineva kõvadusega. Jämedateralisem liivakivi on pudedam peeneteralisest, ning temas esinevad väga sageli saviveermed mitmesuguses suuruses. Saviveermed kujutavad endast kihilisi savipalle, mis on tekkinud arvatavasti kuskil voolava vee basseini põhja savifaatsiese lähedal. Tavaliselt on nad liivakivis hajusa levikuga, aga mõnikord juhtub, et nad asuvad külg külje kõrval ridamisi ning moodustavad nagu mingi konglo메라atide riba. Säärast pilti võib näha Tuhkvitsa oja kaldal Segari talu lähedal.

Kivistisi liivakivis või nende fragmente peab tegelikult esinema, aga nende otsimine ei tasu harilikult vaeva, ja kui sealt midagi leitakse, siis harva. Tuhkvitsa oja kaldapaljandis leitud põimkihilises jämedateralises liivakivis 30 mm pikkune ja keskmiselt 10 mm paksune ränistunud moodustis, mis juba väliselt meenutab kiulist trahheiididega või trahheedega puitu. Meie devoni ala kohta käiva vastava devoniajastu floristilise kirjanduse põhjal tuleb otsustada, et see moodustis on siiski ränistunud puit, mida seni Eesti devoni alal on leitud vaid moreenist (P. W. Thomson).

Tööstuses kasutatav osa devoni liivakivist Piusa juures esineb paljandites kui ka puuraukudes profiili alumises osas. Valge liivakivi, mis on enamvähem kohane klaasiliiva tootmiseks, on keskmiselt 3 m paks. Pinna- ja veidi sügavamal on liivakivi roostelaiguline, kuid see rooste on siin sekundaarne, ning nagu pesemise katsed näitavad, saab sellest liivast küllalt sobivat materjali klaasi valmistamiseks. Sügavamal muutub liivakivi puhtamaks ja näib sinakasvalgena. Selle sinaka tooni annavad liivakivile temas esinevad raskemineralli lisandid, nagu on juba eespool mainitud.

Järgnevalt on toodud paljandite profiilide kirjeldused:

Paljand nr. 1 (vt. joon. 8).

Näeme üksikute erinevate liivakihtide järjestust järgmiselt:

- 0,30 — liivane muld,
- 0,40 — veidi savikas liivamorean,
- 1,00 — kihitatud peen kruus, suurim terasuurus 10 mm,
- 1,70 — roostepunaste põimetega peen liiv, devoni pealmine osa,
- 0,15 — peen valge liiv roostelaikudega,
- 0,05 — valkjashall savi,
- 0,05 — valge liivakivi,
- 0,03 — võidunud valge savi,
- a. 1,32 — roosakasvalge põimkihiline liivakivi vilgu põimribadega,
- 0,68 — liivakivi rikkalike savipesadega (veermed): saviveermed kuni 8 cm läbimõõdus; kiht muutub täiesti punaseks ja savikaks vastu allolevat savikihti,
- 0,70 — punane devoni savi, murdub õhukeste kordadena; savikordade vahel kuni 5 mm paksused heledad liivakad savikihid,
- a. 0,75 — punakas, vilgurikas, lainja põimega liivakivi,
- a. 1,60 — pisut roosakas põimkihiline vilgurikas liivakivi,
- a. 1,00 — veidi roosakas põimkihiline liivakivi.

Märkus: täht a näitab, et vastavast profiili osast on tehtud keemiline analüüs. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 7.

Selles profiilis esinev liivakivi on vilgurikas, ainult kõige alumine osa sisaldab vilku vähe ning on ka näiliselt kõige parem, kuid tehnilistel põhjustel polnud võimalik paljandit süvendada, et kindlaks teha selle kihi paksust.

Paljand nr. 2 (vt. joon. 8).

Kaevatud Tuhkvitsa oja kaldal, sisaldab võrdlemisi jämedateralist liiva. Sama paljandi kohta, ent madalamale, on kaevatud stoll. Stollis on liivakivi samuti jämedateraline, kuid sisaldab saviveermeid.

Uksikute kihtide järjestus profiilis on:

- 0,40 — lahtine liivane muld,
- 0,70 — põimjas devoni liivakivi,
- a. 1,05 — veidi punakas devoni liivakivi kiht roostepunaste joonekestega,
- a. 0,90 — roosteviirudega valge liivakivi,
- a. 1,00 — laiade roosteviirudega liivakivi,
- a. 0,70 — tihedate roostepõimetega liivakivi.

Tööstusliku liivakivi osa paksuseks selles kohas võib lugeda 3,65 m.

Paljand nr. 3 (vt. joon. 8).

- 0,70 — lahtine rebaspunane liiv (liivamoreen),
- 1,00 — pude lahtine devoni liiv,
- 0,60 — põimjate roostekihtidega ja -laikudega pude liiv,
- a. 1,25 — veidi roosakas, roostepruunide triipudega liiv,
- a. 0,40 — veidi vilku sisaldav ning savikas liiv,
- a. 1,30 — punakate põimetega võrdlemisi peenike liiv.

Paljandeis nr. 4 ja 5 esinev liivakivi oli liiga pinnalähedane ning nendest kohtadest pole analüüsimiseks proove võetud. Üldmulje liivakivist on siiski sama mis eelmisteski paljandites.

Paljand nr. 6 (vt. joon. 8).

- 1,00 — liivane muld koos porsunud devoni liivakividega,
- a. 1,10 — valge liiv hõredalt punaste ribadega,
- 0,15 — savine liivakivi suurte saviveermetega,
- a. 0,20 — valge liivakivi õrnade punaste ribadega,
- 0,25 — savikiht roosaviolettsete liivaribadega,
- a. 0,90 — liivakivi laiade punaste, punaviolettsete vahe ribadega,
- 1,25 — punaviolettne liivakivi ja savi õhukeste, 5 cm paksuste valge liivakivi vahekihtidega,

- 1,50 — savirikas liivakivi punaviolettsete vahekihtidega,
- a. 1,60 — laiade punaviolettsete põimetega liivakivi,
- a. 1,30 — põimkihiline liivakivi peente roostepunaste vahekihtidega,
- a. 1,40 — laiade roostepõimetega liivakivi,
- a. 1,65 — valge liivakivi pinnaroostest rikutud laikudega,
- a. 1,70 — roostelaikudega valge liivakivi, peeneteraline.

Paljandi nr. 6 kohal on paljandi alumisest osast alatud stolli kaevamist. Stolli pikkus on 7,5 m, kõrgus stolli lõpus 2,20 m. Liivakivi, mis paljandub stollis, on algusest lõpuni ühtlase iseloomuga. Stollist võetud liivaga on tehtud pesemiskatseid tööstuslikus mõõdus. Nagu vastavad katsed näitavad, sobib selles paljandis klaasiliivana 7,65 m paksune kiht, mis kõlbab isegi parema klaasi valmistamiseks.

Paljand nr. 7 (vt. joon. 8).

Asub 50 m kuuendast paljandist lääne pool. Paljandis üksikute kihtide järjestus on:

- 1,50 — lahtine devoni liiv,
- 4,00 — telliskivipunaste põimetega, kohati kollakate laikudega devoni liivakivi,
- 1,90 — kollakate ja roostepunaste laikudega valge devoni liivakivi.

Paljand on liivakihiis kaevatud 4 m sügavusele, arvates liivakalju välisseinast.

Paljand nr. 8 (vt. joon. 8).

Asub vasakul pool Obinitsa—Kiksova küla teed Piusa jõe paremal kaldal. Paljandist on võetud umbes 3 tonni liiva proovideks. Selles paljandis esinev liiv on haruldaselt jämedateraline ning üks paremaid, mida seni on katsetamiseks saadud. Paljandis näeme järgmisi kihte:

- 0,50 — varisenud pude devoni liiv,
- 1,50 — valge devoni liivakivi väheste kahvatukollaste põimetega,
- a. 1,40 — devoni liivakivi kollakate roostelaikudega,
- a. 1,80 — jämedateraline liivakivi kollakate laikudega ja väikeste saviveermetega; liivas esineb kuni 2 cm läbimõõduga kive.

Tööstusliku osa paksuseks selles paljandis võib võtta 4,70 m.

Paljand nr. 9 (vt. joon. 8).

Asub Tuhkvitsa oru parempoolsel veerul, peaaegu kohakuti paljandiga nr. 2, mis asub oja vasemal kaldal. Paljandis esinev liiv on jämedateraline ning sisaldab rikkalikult violettmusti raskemineraalide teri (ilmeniit, magnetiit jm.). Liigse pinnaläheduse ning toimunud infiltratsiooni tõttu on kollakas liivakivi väikeste veripunaste laikudega.

Paljanduvad kihid on järgmised:

- 0,50 — liivakas muld,
- 0,50 — porsunud devoni liivakivi,
- a. 2,50 — kollakashall, põimkihiline devoni liivakivi väikeste veripunaste laikudega ja saviveermetega.

Selles paljandis esinev liivakivi on tähelepandav oma jämedateralisuse poolest.

Paljandi nr. 10 kirjeldus on vahele jäetud, sest et seal esineb samasugune liivakivi nagu profiilis nr. 9.

Paljand nr. 11.

Ei lisa erilist uut, vaid siingi paljandub tavaline liivakivi, nagu on eespool kirjeldatud.

- 0,08 — liivane muld,
- 0,15 — kollakas moreenliiv,
- 0,10 — leetunud valge liiv,
- 0,45 — pude porsunud devoni liivakivi,
- 1,90 — põimjas punaroosa devoni liivakivi,
- 3,10 — valge devoni liivakivi kollakate laikudega,
- 1,10 — valge devoni liivakivi väheste roostekollaste laikudega.

Märkus: paljandite kirjelduses on toodud profiilis kõik vähegi erinevad osad omaette kihina (s. o. nad on märgitud omaette kihi paksust näitava arvuga), mis aga praktilisest seisukohast ei oma erilist tähtsust.

Puuraugud.

Puurimistöö teostati käsilöökpuuriga, mille kroon koosnes 50 mm läbimõõduga ja kuulventiiliga varustatud proovivõttetorust (vene keeli *želonka*). Ülemine puuraugu osa kuni devoni liivakivini on lahtine kaevatud šurf.

Sügavus maapinnast	Kihi paksus	Kihi geoloogiline iseloom	Üldisi märkmeid
		Puurauk nr. 1 (vt. joon. 6).	
0,0—4,00	6,35	Savikas liivamureen, kivilisandeid alumi- ses osas vähe	
4,0—6,35	1,45	Savi-vahekihtidega devoni liivakivi. Savi punaviolettne. Savikihtide paksus 10 cm	
6,35—7,80	3,80	Kollakas devoni liivakivi	
7,80—11,00			
11,00—11,60			
11,60—11,00	5,25	Valge devoni liivakivi	Puuraugu üldsügavus 16,85 m
11,00—16,85			
		Puurauk nr. 2 (vt. joon. 6).	
0,00—3,50	3,50	Pruunkollane liivamureen väik. munakatega	
3,50—5,70	2,20	Pude valge devoni liiv	
5,70—7,50	1,80	Kollane, kohati veidi savikas devoni liiv	
7,50—10,00	2,50	Valge devoni liivakivi	
10,00—12,00	10,0	Algab kõva valge devoni liivakivi. Liiva- terad kaetud kerge roostega	Puuraugu sügavus 20,0 m
12,00—20,00			
		Puurauk nr. 3 (vt. joon. 6).	
0,0—1,75	1,75	Pinnal liivamureen, all kivivaene savimureen	
1,75—3,45	1,70	Sinakasvalge devoni liivakivi, pehme	
3,45—4,00	0,55	Liivakivi, rikas mustadest mineraalidest	
4,00—8,00	4,00	Devoni liivakivi, veidi kollakas	
8,00—9,75	1,75	Kollane savikas devoni liiv	
9,75—10,00	0,25	Valge savine liivakivi	Puuraugus puudub vesi
10,0—11,50			
11,50—20,00	10,0	Väga kõva ja valge devoni liivakivi	
		Puurauk nr. 4 (vt. joon. 6).	
0,0—0,30	0,30	Savikas muld	
0,30—0,60	0,30	Leetunud valge muld	
0,60—2,30	1,70	Liivane savimureen, pealmine osa savikam, punaka värvusega	
2,30—3,00	0,70	Kivirikas liivane savimureen. Rahnud 0,5 m läbimõõduga. Moreen halli pleekunud tooniga	
3,0—4,10	1,10	Pude devoni liivakivi punavalge põimega. Liivas puuduvad kivid	
4,10—5,70	1,60	Punane devoni savi, allpool valkjam savine	
5,70—6,70	1,00	Valge devoni liiv	
6,70—7,14	0,44	Devoni liiv saviveermetega	
7,14—7,55	0,41	Kollakasvalge devoni liiv	
7,55—8,00	0,45	Punane devoni savi	
8,00—8,65	0,65	Kollane devoni liiv	
8,65—8,76	0,11	Punaviolettne savi	
8,76—8,86	0,10	Savine liiv	
8,86—8,90	0,04	Devoni liiv, selle all kõva savi	Veepind puuraugus 7,42 m maapinnast

Jälgides puurprofiile näeme kõigis lõigetes kahte osa. Peal on pinna-
kate ja selle all joonistel täppidega märgitud aluspõhi, nn. valge devoni
liivakivi. Kõikides puuraukudes on pealmises osas liivakivi kollakas. Tihe-
damad täpid joonisel osutavad liivakivi pruunikamale või kollakamale
värvusele.

Mida sügavamale puurida, seda heledam on liivakivi. Erandi moodustab puuraugus nr. 2 esinev liivakivi, mille terad põhjavee piirkonnas rauarooste tõttu on muutunud ookerkollaseks. (Vastavad katsed näitavad, et see liivaterade pinnal esinev rooste on kõrvaldatav.)

Nagu puurprofiilidest näha, ulatuvad kaks puurauku, nr. 2 ja 4, põhjavee kihini, kuna 1-ses ja 3-ndas ei ole vett, arvatavasti nende erilise asukoha tõttu maastikus. Kolmas puurauk on huvitav temas esineva gaasi tõttu. Umbes 16 m sügavusel algas manteltorust gaasi puhumine, mis kestis 29. V 41 — 9. VI 41. Väljavoolav gaas on täiesti lõhnata, värvuseta ning mittepõlev. Võimalik, et siin on tegemist CO₂-ga või siis hariliku õhuga (vastav gaasianalüüs on aparatuuri puudumise tõttu tegemata).

Me näeme, et tööstusliku liivakivi kihi paksus kõikides puuraukudes on haruldaselt suur.

Esimeses puuraugus võib kihi paksust hinnata 5,25 m,	
teises " " " " "	vähemalt 7,50 m,
kolmandas " " " " "	kuni 10,00 m.

Neljandas puuraugus ei jõutud puhttehnilistel põhjustel sügavamate kihtideni. Paljandite järgi otsustades asub sealgi sügavamal samalaadiline liivakivi nagu kõigis eelmistes puuraukudes.

T a b e l 3.

Plusa paljandite loodimise andmed.

Paljand nr. 1	62,83 m	merepinnast
" " 2	53,57 m	"
" " 3	59,45 m	"
" " 4	74,73 m	"
" " 5	65,40 m	"
" " 6	74,88 m	"
" " 7	66,50 m	"
Puurauk " 3	79,55 m	"
Plusa jõe kõige kõrg. veeseis	50,25 m	"

B. Pärnu jõe ala devoni liivakivide geoloogilisi ja geomorfoloogilisi üldjooni.

P i n n a k a t e. Maa-ala, kus teostati klaasiliiva uurimist, asub Lääne-Eestis Pärnu jõe madalikul (vt. joon. 1 ja 4). Maapind on täiesti lame. Sellesse lamedasse tasandikku lõikub sisse Pärnu jõe säng ühes väikeste salk-orukestega, mida kevadised pinnaveed on uuristanud liivakasse maapinda. Pärnu jõe parempoolne kall as Oore küla kohal langeb mõnes kohas järsu liivakiviastanguna peaaegu veepinnani. Aluspõhja kivimid, devoni liivakivi ja gotlandiumi dolomiidid, paljanduvad jõe järskudel kallastel. Jõest kaugemal katavad aluspõhja fluvioglatsiaalsed setted — liiv, kruus ja savi. Kohati on katematerjal täiesti sortimata ja moreense ilmega.

Pinnakatte paksus Pärnu jõe kalda-alal on 2,0 m. Kaldast kaugemal tõuseb maapind ning koos sellega ka pinnakatte paksus. Kaevus nr. 3 on pinnakatte paksus 8,03 meetrit. Maa-ala, mis jääb väljapoole devoni liivakivi avamust, on ulatuslikuma pinnakattega. Näiteks kaevudes nr. 5 ja 7 on mõõdetud 12,0 meetrit pinnakatet. Pinnakatte keskmiseks paksuseks liivakivi alal on 4,0—4,5 meetrit. Üldiselt pinnakate pakseneb Pärnu jõe kaldast eemaldudes. Seda tõendavad mõõtmised kaevudest nr. 1, 2, 3, 4 (vt. joon. 9, kaevude profiile liivakivi alalt Oore küla juures).

Et puurimisi polnud võimalik teostada, siis on võetud vaatluse alla need Oore küla talude kaevud, mis asuvad Pärnu jõe lähemal. Nendest kaevudest mõõdeti ja määrati esmalt pinnakatte paksus, devoni liivakivi paksus, põhjavee pind ning liivakivi üldilme.

Olulisima osa välistöödest moodustab Pärnu jõe looduslike kalda-paljandite uurimine. Üksikasjaliselt vaadati läbi liivakivine kallas alates Virula-Kase vesiveskist kuni Oore küla meiereini. Sellel ligi 600 m pikusel kaldajoonel valiti 5 kohta, kust on mõõdetud kalda profiil ja võetud liivaproovid analüüsimiseks.

Olgu siin toodud eespool-mainitud kuus kaldaprofiili (vt. joon. 7):

Nr. 1. 0,0—2,50 — pinnakate (savikas liivamureen koos mullakihiga),
 2,50 m — peeneteraline põimkihiline vilgurikas liivakivi,
 3,00 m — jämedateraline liivakivi,

Nr. 2. 0,00—2,00 — pinnakate (savikas liivamureen),
 1,00 m — jämedateraline liivakivi,
 0,15 m — vilgurikas peeneteraline liivakivi,
 2,00 m — jämedateraline põimkihiline liivakivi,
 1,00 m — peeneteraline liivakivi,
 0,25 m — vilgurikas peeneteraline liivakivi,
 0,75 m — jämedateraline liivakivi.

Profiili üldkõrgus 7,15 m.

Nr. 3. 0,00—2,0 — pinnakate (savikas liivamureen),
 1,00 m — peeneteraline liivakivi,
 0,05 m — eriti vilgurikas peeneteraline liivakivi,
 1,00 m — peeneteraline liivakivi,
 0,70 m — vilgurikas peeneteraline liivakivi,
 1,30 m — jämedateraline liivakivi.

Profiili üldkõrgus 5,75 m.

Nr. 4. 0,00—2,0 — pinnakate (savikas liivamoreen koos mullakorraga),
2,0 m — jämedateraline liivakivi,
2,0 m — peeneteraline liivakivi.
Profiili üldkõrgus 6,0 m.

Nr. 5. 0,00—2,0 — pinnakate (savikas liivamoreen koos mullakorraga),
1,50 m — jämedateraline liivakivi,
0,05 m — eriti vilgurikas peeneteraline liivakivi,
1,20 m — jämedateraline liivakivi,
0,07 m — eriti vilgurikas peeneteraline liivakiht,
1,00 m — jämedateraline liivakivi.
Profiili üldkõrgus 5,80 m.

Nr. 6. Asub väljaspool uuritavat ala Pärnu jõe parempoolsel kaldal.
0,00—2,0 — pinnakate (savikas liivamoreen),
2,50 m — jämedateraline põimkihiline liivakivi,
0,25 m — eriti vilgurikas peeneteraline põimkihiline liivakivi,
2,00 m — peeneteraline liivakivi,
0,20 m — eriti vilgurikas peeneteraline liivakivi,
1,00 m — jämedateraline liivakivi,
0,30 m — peeneteraline vilgurikas liivakivi saviveermetega.
Profiili üldkõrgus 8,25 m.

Toodud läbilõikeist näeme, et liivakivi omab eri kihtides eri jämedusega ning osalt erineva mineraloogilise koostisega liivateri. Vahelduvad peeneteralised ja jämedateralised liivakivikihid on omavahel eraldatud eriti vilgukivirikaste ja peeneteraliste kihikestega.

Profiilis nr. 6 on ülemised 2,50 meetrit liivakivist peeneteralised ning keskmine liivatera suurus selles osas on 0,12 mm, kuna alumine osa profiilist (3,00 m) on jämedateralisem ning keskmine liivaterade läbimõõt on 0,30 mm.

Erilist vilgukivirikast osa selles profiilis ei paista olevat ning terasuuruse üleminek profiili ülemisest osast alamasse ossa on enamvähem pidev ja ilma terava piirita.

Kõigis järgmistes profiilides esinevad eriti peeneteralised ja vilgukivirikad kihid, mis on ka sageli väikeste saviveermete või konkretsioonide kandjaiks.

Tööstusliku liivakivi kihi paksuseks võib lugeda:

profiilis nr. 1	— 5,5 m
„ „ 2	— 4,0 m
„ „ 3	— 3,0 m
„ „ 4	— 4,0 m
„ „ 5	— 3,7 m
„ „ 6	— 5,5 (asub jõe vasakpoolsel kaldal).

Eespool-toodud kuus profiili andsid ülevaate liivakivi paksusest ning võimaldasid liigestada paksu liivakivi kihti terajämeduse järgi. Järgnevalt olgu toodud läbilõiked lahtistest kaevudest, kust selguvad ainult liivakivi levimine ja osaline kihi paksus (vt. joon. 9).

Kaev nr. 1	0,00—4,60 m — pinnakate,
	+ 2,60 — valge liivakivi;
„ „ 2	0,00—3,10 m — pinnakate,
	+ 6,80 — valge liivakivi;
„ „ 3	0,00—8,03 m — pinnakate,
	sügavamal kaevu põhjas valge liivakivi;
„ „ 4	0,00—1,50 m — pinnakate,
	+ 7,25 — valge liivakivi;
„ „ 5	0,00—12,0 m — savikas liivamureen;
„ „ 6	0,00—8,85 m — savikas liivamureen;
„ „ 7	0,00—12,0 m — kruus,
	kaevu põhjas gotlandiumi dolomiit.

Maha arvates kogu liivakivi kihist savikad ja rauaoksüüd-konkretsioonide-rikkad osad, võib tagasihoidlikult võtta tootmiseks sobiva liivakivi kihi keskmiseks paksuseks 4,0 meetrit.

Kõikide eespool-nimetatud kaevude ja paljandite kaugus ja asetus selguvad juurdelisatud kaevude ja paljandite asendiplaanist (vt. joon. 4).

A l u s p õ h i. Heites pilgu juurdelisatud skemaatilisele geoloogilisele kaardile (vt. joon. 1) näeme, et uuritava ala geoloogilise aluse moodustavad keskdevoniaegsed liivakivid, mis kuuluvad nn. *Pterichthys*-formatsiooni ja katavad diskordantselt siluri kihte. Oore küla klaasiliiva leiukoht asub just formatsiooni avamuse põhjapoolsel serval, kuulub *Pterichthys*-formatsiooni vanemate setete hulka ning on esitatud võrdlemisi pureda heleda liivana. Käesoleval korral polnud võimalik ilma puurimiseta kindlaks määrata liivakivi kihi kogupaksust, ent paljandite ja lahtiste kaevude andmeil ulatub liivakivi maksimaalne paksus igal juhutamil 10 meetrini (prof. K. Orviku andmeil on *Pterichthys*-formatsiooni Pärnu kihi paksus vähemalt 12 m).

Pärnu jõel kulgeb *Pterichthys*-formatsiooni avamuse põhjapoolne serv kaarjalt läbi Oore küla (vt. joon. 4), alates Tölba talust üle Mäelta, Tiidu ja Kellame. Kellame talu juurest pöörab formatsiooni serv Virula-Kase vesiveski suunas ning avaneb Pärnu jõel järsu liivakiviastanguna. Järsu liivakiviastangu pikkus on ligi 600 m. Avaneva liivakivikihi paksus Oore küla juures on kuni 10 m, kui kaasa arvata ka see osa, mis jääb kaldaruru alla.

Kuigi antud juhtumil võib hinnata jõe kaldal liivakivikihi maksimaalseks paksuseks 10 m, siiski ei tohi seda võtta Oore küla ala kohta üldmaksvana, kuna võib arvata, et liivakivi pind mannerjää poolt on tugevasti erodeeritud ja kihi serv üsna loogeline. Kose küla rajoonis pole enam jõe parempoolsel kaldal liivakivi, vaid aluspõhjas on siluri dolomiidid.

I paljand on Kose talu juures (vt. joon. 4), kus avanevad siluri dolomiidid. Kivi on eriti tihe, peeneteraline ning temas leidus kaks kivistist, *Leptaena* ja *Lingula*, mis igatahes tõendavad kivimi siluriaegset päritolu (prof. K. Orviku, 1930).

II ja III paljand asuvad Kose külas Lüüsi talu lähedal ning seal paljanduvad peeneteraline mergdolomiit, savimergel ja selle all kollakas jämedateraline liivakivi. Neis kahes viimases paljandis nähtud kivimid kuuluvad keskdevoni alumiste kihtide seeriasse ning vanuselt tuleks neid igatahes paigutada Kose siluri dolomiitide ja Oore küla liivakivide vahele (prof. K. Orviku, 1930).

T a b e l 4.

	Kose dolomiit	Lüüsi mergdolom.
Räni, vilgukivi silikaadid		
savi	7,19%	31,05%
Fe ₂ O ₃	0,19%	0,56%
FeCO ₃	1,03	2,02
MnCO ₃	0,13	0,05
CaCO ₃	51,04	37,33
MgCO ₃	40,17	27,80
NaCl	0,27	0,24
CaSO ₄	—	jäljed
FeS ₂	jäljed	0,24
Kuumutuskadu	0,08	0,18
	100,11%	100,13%

Praktiliseks otstarbeks klaasitööstusele eespool-kirjeldatud dolomiidid ei kõlba. Illustratsiooniks on esitatud Kose ja Lüüsi dolomiidi keemilised analüüsid, mis on tehtud Tartu Ülikooli Mineraloogia-laboratooriumis (prof. K. Orviku, 1930).

Oore küla kaldapaljandis on näha liivakivi vahelduv terasuurus. Jämedateraliste kihtide vahel paistavad silma õhukesed, eriti vilgukivirikad, peeneteralised kihid savikate uhtkonkreetsioonidega. Uhtkonkreetsioonide läbimõõt on keskm. 0,5—1,0 cm.

Liivakivile on omane põimkihisus, mis viitab tema tekkimisele. Profiili ülemises osas on kohati kõvemat tsementeerunud ja horisontaalse kihilusega liivakivi, mida võiks kasutada luisukivina, kuid sellist materjali on Oore küla rajoonis liiga vähe.

III. Liivakivide ala hüdrogeoloogia.

Põhja-Eestika mürumiliivakivi ala haarab enda alla rannikuala, mis kulgeb rööbiti Soome lahega. Põhjavesi Põhja-Eesti rannikualal kui ka kaugemal on jaotatud kolme põhimisse ossa. Kõige ülemine põhjavesi esineb ordoviitsiumi lubjakivides ja glaukoniitliivas. Ta on otsest ühenduses atmosfääriga. Järgmine põhjavee horisont on *Obolus*- ja valges räniliivakivis ning kolmas, kõige rikkalikum, asub allpool sinisavi. Põhjavesi, mis esineb *Obolus*- ja valges räniliivakivis, on jaotatud omakorda vähemaiks horisontideks. Tähelepanekute ja vaatluste varal võib arvata, et ülemine osa räniliivakivist, mis kõlbab klaasiliivaks, on kuivem ning niiskuse protsent liivakivi ülemises osas on madalam kui alamal. Nagu eespool juba mainitud, on alumine liivakivi savikam, esinevad liivakas-savised ja puhta savi vahekihid. Nende savikate kihtide piiril, kus valge räniliivakivi läheb üle eofüüton-liivakiviks, niriševad paekalda rinnaku all allikad. Põhjavee ärajuhtimine proovistollidest kui ka mõeldava kaevanduse strekkidest on väga kerge põhjavee loomuliku drenaaži tõttu.

Piusa ala hüdrogeoloogia.

Puurides ja paljandeid kaevates Piusa oru veerudel selgus, et mõnes kohas on aluspõhjas vett kandvaid kihte. Paljandis nr. 1 profiili ülemises osas pinnast 5,63 m sügavusel ja oru veerul umbes 45 m kõrgusjoonel tuleb välja savikiht. Selle savikihi peal lasuv liivakivi on niiskem kui tavaliselt ning aeg-ajalt immitseb sealt vähesel määral vett. Vee väljavool pinnale on niivõrd nõrk, et suur osa aurab kergesti ära päikesekiirtega perpendikulaarselt asuvalt kallakult.

Paljand ja stoll nr. 2 asuvad ligikaudu 42 m kõrgusjoonel, s. o. umbes kaks meetrit kõrgemal Tuhkvitsa oja tavalisest kevadisest veeseisust. Liivakivi stollis on niiske, ning isegi saviveermed, mis liivakivis esinevad, on plastilised, kuna muidu seesugust nähtust harilikus kuivas liivakivis ei esine. (Stollist on võetud liivaproov niiskuse määramiseks.)

Üks vee horisont tuleb välja Tuhkvitsa oru veerul umbes 70 m kõrgusjoonel, paljandist nr. 4 veidi kõrgemal. Sellel kõrgusel levib depressioonipind laialdaselt, sest et mäe rinnakul võib tähele panna vee väljavoolamist nii Surma talu karjakurus kui ka neljanda puuraugu läheduses orus. Seda vee horisonti tuleb pidada kõige kõrgemaks ning tema kandjaks on savi-vahekihtidega liivakivi, nagu see selgub puuraugu nr. 4 profiilist.

Võimalik on, et see liivakivi vähene niiskus, mis esineb esimeses paljandis 45 m horisondil, on põhjustatud kõrgemal, 70. m asuvast vee horisondist, mis on niivõrd tugev, et mäe rinnakul kihtide avamustel tekib allikaid.

Puuraugus nr. 2 on põhjavee horisont pinnast 18,25 m sügavusel. See vastaks oru veeru horisontaalide järgi ligikaudu Piusa oru lammi kõrgusele. Kõik teised paljandid ja puuraugud, mis esinevad lavakõrgendike servadel, on kuivad ning liivakivi neis omab tavalist niiskust.

Pinna voolavatest vetest on antud maastikus olulise tähtsusega Piusa jõgi ja Tuhkvitsa oja. Piusa jõe laius Tuhkvitsa oja sissevoolu kohal on 10 m, sügavus 1,5 m. Tuhkvitsa oja laius on 3 m, sügavus 20—30 cm. Vaatamata oma väiksusele on oja veerohke ja kiire vooluga, ning ülemjooksul kasutatakse tema veejõudu elektrienergia tootmiseks Küllatova külas. Piusa jõgi on aga eriti kevaditi veerohke ning ujutab madala oru lammi Piusa kohal 300—400 m laiuselt veega üle.

Põhjavee kihid, mida on kirjeldatud eespool ning mis esinevad paljandites nr. 1, 2, 4 ja puuraugus nr. 4, ei ole mitte väga veerikkad, välja arvatud see, mis asub 70. isohüpsil; kuid võib arvata, et nad kaevandusele on ebasobivad sellepärast, et niiske liivakivi on pudedam ning võib kergesti põhjustada kaevanduse lae varisemist.

Pärnu jõe ala hüdrogeoloogia.

Hüdrogeoloogiliselt vaatekohalt on *Pterichthys*-formatsiooni Pärnu liivakivi vett läbilaskev ning erilisi vett kandvaid vahekihte ei ole. Esimese vett kandva põhikihina on siluri dolomiidid ja keskdevoni dolomiitmerglid, mis asuvad Oore küla juures järsu liivakivikalda all Pärnu jõe suvise veepinna kõrgusel (abs. kõrgus 5,50 m; Aug. Wellner, 1926).

Samuti näeme allikate väljatulekut Kose külas devoni ja siluri piiril.

Vesi, mis esineb liivakivis ning mis koguneb kaevudes, on otseses seoses atmosfääriga. Selle pinnalähedase põhjavee kõrgus on kaevude andmeil järgmine:

Kaevu nr. 1	veepind	maapinnast	—	5,50 m
„ „ 2	„	„	—	5,85 m
„ „ 3	„	„	—	6,80 m

Kaevu nr. 4	veepind	maapinnast	—	8,30 m
„ „ 5	„	„	—	8,85 m
„ „ 6	„	„	—	8,60 m

Saadud mõõtmiste andmed on omavahel raskesti seotavad, sest puuduvad kaevusuudmete absoluutsed kõrgused, samuti pole võimalik joonestada hüdroisohüpse; mõõtmistest selgub ainult, et kaevud, mis asuvad jõest kaugemal, on kõrgema pinnalähedase põhjavee seisuga kui need, mis asuvad jõe lähemal.

Pinnalähedase põhjavee valgumise suund on Pärnu jõkke. Põhjavesi liigub liivakivis mitte ainult filtratsiooni teel, vaid ka lõhesid ja koopaid mööda, nagu selgus kaevude mõõtmisel.

Veepind püsib kaevudes peaaegu aasta läbi ühel tasemel, ainult kevadised suurveed põhjustavad ajutise veepinna tõusu. Vesi on kaevudes puhas, hästi läbipaistev ning ilma halva lõhnata ja maiguta.

IV. Liivakivide mineraloogilis-petrograafiline keemiline koostis.

Kambriumi liivakivi oma üldilmelt ja omadustelt on kõigis paljandeis enamvähem ühtlane. Ta koosneb peaaesjalikult ümardunud väikesist valgeist räniteradest, mis on omavahel nõrgalt tsementeeritud. Isegi sõrmede vahel võib väikesi liivakivipanku purustada. Erandi moodustavad Aseri-Kõrkküla ja Kunda-Malla rajoonis esinevad liivakivid. Aseri ja Kunda-Malla rajooni liivakivi on tugevasti tsementeeritud, tihe, peeneteraline ja kõlbab kõvemate luiskude ning käiade valmistamiseks.

Kambriumi liivakivi paljandeid vaadeldes näeme läbisegi jooksmas põimjaid jooni. See põimsus on tingitud veidi erinevast liivaterade suuruselt. On kohti, kus tihe liivakivikiht on täiesti ilma põimkihitusega, kuid seevastu esinevad liivakivis püstlõhed.

Püstlõhedega liivakivi liivaterad on puhtamad ning kaetud õhema raua-oksüüdi korraga; neis kohtades on liivakivis püriiti vähe või see puudub koguni. Vastand eelmainitule on horisontaalse kihitusega liivakivi, milles esineb sageli püriiti ja savi.

Kambriumi liivakivi on võrdlemisi vaene raskemineraali teradest. Binokulaariga liiva uurides võib leida räniterade hulgast muskoviiti, põldpagu, üsna vähesel määral magnetiiti ja limoniiti. Peale selle esineb mõningal määral savi, eriti Tallinna rajooni liivakivis.

Nagu eespool mainitud, on kambriumi liivakivi terasuuruselt võrdlemisi ühtlane ja peeneteraline.

Terade suurus. Hulgalisist sõelumisandmeist selgub, et kambriumi liiva terade keskmine suurus kõigub 0,08—0,20 mm vahel (vt. joon. 10).

Tabel 5.

Sõelal auke 1 cm ²	Terasuurus mm	K a a l u %			
		Aseri	Saka	Kunda	Kose
80	0,65	—	—	—	0,02
200	0,43	—	—	—	0,13
400	0,30	—	—	—	0,85
900	0,20	5,85	5,85	4,01	5,12
2500	0,12	80,00	77,25	78,80	51,90
4900	0,08	8,85	11,05	11,53	41,63
4900	>0,08	5,30	5,85	5,66	0,35
	läbib sõela				

Proovidest võetud liivaterad on keskmiselt hõõrdunud. Nurgelisemaid teri leidub peenemais fraktsioonides.

Keemiline koostis. Keemilise koostise tundmaõppimise otstarbel on võetud proovid tüüpilisemaist ja paremaist lokaliteetidest. Analüüsid on tehtud mitte ainult looduslikust, vaid ka pestud liivast. Nagu katse tulemused näitavad, vähendab liiva pesemine mõnevõrra soovimata lisandeid. Kambriumi liiva üldine halb omadus on see, et temas leidub liiga palju savi, kuid savi ongi võimalik pesemisega kergesti kõrvaldada.

Tabel 6.

	Aseri		Saka		Kunda		Viimsi		Kose	
	toor.	pest.	toor.	pest.	toor.	pest.	toor.	pest.	toor.	pest.
SiO ₂	98,08	99,17	96,91	99,10	96,80	—	96,21	—	96,50	96,30
Fe ₂ O ₃	0,18	0,05	0,15	0,07	0,20	—	0,18	—	0,20	2,57
Al ₂ O ₃	0,36	0,23	1,31	0,5	0,58	—	2,00	—	1,80	0,70
CaO	0,41	0,09	0,14	0,02	0,36	—	0,42	—	0,20	0,09
MgO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O }	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—
K ₂ O }	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Kambriumi liivadest osutuvad parimaiks Saka ja Aseri liiv. Mõlemas liivas on tubli kvantum savi, kuid seda on võimalik pesemise teel kõrvaldada.

Devoni liivakivi.

Piusa liiva terasuurus ja keemiline koostis. Tartu—Vastseliina lademe Piusa ala liivakivi, mis ulatuslikult esineb Piusa jaama ja Tuhkvitsa oru ümbruses, on meie parimaid klaasi toormaterjale nii terasuuruselt kui ka keemiliselt koostiselt.

Hulgaliste sõel-analüüside tulemusena selgus liiva granulomeetriline koostis.

Liiva terasuuruse protsentarvud, mis on kokku võetud tabelisse 7 ja joon. 10, näitavad, et valdav enamik terasuurustest langeb kahte gruppi. Esimene grupp on 0,12—0,25 mm suurusega, teine grupp 0,25—0,49 mm läbimõõduga. Need kaks terasuuruste gruppi moodustavad peamassi Piusa liiva teradest. Paljandist nr. 1 saadud liivaproovis moodustavad 0,12—0,25 mm jämedusega terad üle 80% proovist, kuna paljandis nr. 2 esinev liiv omab peaaegu võrdselt 0,25—0,49 mm ja 0,12—0,25 mm läbimõõduga teri, kusjuures mõlemad terasuuruse grupid annavad kumbki kuni 49% kogukaalust. Kolmandas paljandis on 20% 0,12—0,25 mm jämedusega liivateri. Võrdlemisi ühtlane liiv esineb ka kuuendas paljandis, kus 0,25—0,49 ja 0,12—0,25 mm jämedusega teri on peaaegu võrdselt 45%.

Kui eelmistele juurde lisada alla 0,12 mm jämedusega terad, mida on 3,5%, ja üle 0,49 mm jämedusega terad, mida on 3,0%, siis on ülekaalus peened terad.

T a b e l 7.

Piusa klaasiliiva terasuurus.

Profil nr.	Liivakihi paksus meetrites	Liiva koostis terasuuruse järgi %							
		1,5 mm	1,5—1,2 mm	1,2—0,75 mm	0,75—0,49 mm	0,49—0,25 mm	0,25—0,12 mm	0,12—mm	%
1	0,60	—	0,03	0,05	0,70	15,8	80,8	2,0	99,38
1	0,72	—	0,03	0,15	1,30	33,3	62,35	2,7	99,83
1	0,72	—	0,05	0,15	1,25	36,7	59,7	2,0	99,85
1	1,60	—	0,02	0,05	0,40	10,8	81,2	7,2	99,67
1	1,00	0,15	0,30	1,05	5,30	59,25	31,8	1,8	99,65
2	1,05	—	—	0,02	0,30	41,20	56,15	1,65	99,32
2	0,90	0,5	0,20	0,30	1,25	49,0	46,6	1,3	99,95
2	1,00	0,05	0,15	0,40	2,25	63,5	31,55	1,70	99,60
2	0,70	0,1	0,12	0,56	3,40	65,7	28,1	1,3	100,0
				0,01	0,02	5,00	90,05	4,65	99,73
3	1,25	0,02	0,10	0,20	1,80	43,90	49,60	4,05	99,67
6	1,10	—	0,08	0,13	1,50	51,46	42,20	4,00	99,36
6	0,20	0,05	0,10	0,45	2,90	54,05	39,90	2,40	99,85
6	0,20	0,07	0,30	1,05	5,00	59,60	31,20	2,25	99,37
6	1,60	—	0,03	0,05	0,75	39,50	55,25	4,20	99,78
6	1,30	—	0,01	0,05	0,60	40,65	54,00	4,35	99,66
6	1,90	0,05	0,06	0,10	0,30	32,80	68,50	3,90	99,71
6	2,20	0,07	0,02	0,10	0,80	46,80	49,15	2,95	99,89
7	1,90	—	0,05	0,12	0,70	37,50	57,82	3,70	99,89
8	1,40	—	0,19	0,60	5,80	71,90	20,00	1,15	99,64
8	0,90	—	0,18	0,60	5,80	71,90	20,00	1,15	99,63
8	0,90	0,05	0,07	0,48	4,13	60,2	33,20	1,55	99,68
9	1,60	0,12	0,60	1,85	9,67	74,1	12,95	0,70	99,99

Paljandid nr. 8 ja 9 omavad kõige jämedateralisemat liiva. Neis mõlemas on 0,25—0,49 mm läbimõõduga teri valdavalt 65% ning paljandis nr. 9 0,25—0,49 mm jämedusega teri kuni 75%.

Puuriga saadud liivaproovid on jäetud terasuuruse suhtes läbi uuri-mata, sest et lõokpuur toob purustatud liivateri, mis terasuuruse määra-miseks ei kõlba.

Liiva keemiliste omaduste kõrval on olulise tähtsusega liivaterade jämedus. Kui paremaks klaasiliivaks lugeda liiva, mille terade jämedus Springeri järgi kõigub 0,25—0,50 mm piirides, siis sellega võrreldes osutub Piusa liiv peeneks, sest Piusa liivaterade suurus on 0,12—0,25 mm piirides.

Kuigi Eesti Piusa klaasiliivaväli sisaldab, võrreldes välismaa liivadega, madalakvaliteedilist toormaterjali, siiski vastavate vääristusmenetlustega, pesemistega ja sõelumistega on võimalik liiva väärtust tõsta.

Keemiline koostis.

Vaatleme paljandeist võetud liivaproove üksikult. Paljandist nr. 1 võetud liivaproovid olid kõik võrdlemisi rikkad raua- ja alumiiniumiühendite poolest. Pesemata liiva analüüsi andmeid vaadeldes ja võrreldes näeme, et kõige kõrgem Fe_2O_3 -% on 0,22, kõige madalam 0,106. Mõlemad äärmised arvud näitavad kõrget rauasisaldust. Kui võtta pesemata liiv, millel raua-oksüüdi protsent on 0,131, ning seda pesta veega, siis väheneb rauasisaldus kuni 0,081%-ni. Kui aga sama proovi pesta veel bromoformiga, siis saame liiva, kus on rauda 0,035% — seesugune liiv on juba kõlvuline parema riistaklaasi tootmiseks.

Paljandist nr. 2 saadud proovid on tugevasti roostesed. Kõrgeim raua-oksüüdi % on 0,82, madalaim — 0,079. Kui neid eelnimetatud kahte proovi segada ja veega pesta, siis väheneb rauaoksüüdi % 0,065-ni. Kui seda veega pestud proovi veel pesta bromoformiga, siis saame 0,034%-lise rauaoksüüdisisaldusega liiva.

Paljandist nr. 6 on võetud 11 üksikproovi. Vastavalt on ka tehtud 11 analüüsi, kusjuures nende üheteistkümne proovi hulgas oli suurim raua-oksüüdi % 0,228. See proov on võetud paljandi ülemisest ja ka pindmi-sest osast. Sama paljandi alumise profiiliosa stollist võetud pesemata liiva rauaoksüüdi % on 0,09. Toodud kahe analüüsi võrdlus näitab, kuivõrd suur vahe on pinna lähedalt võetud liiva ja stollist võetud proovi vahel. Mada-laim rauaoksüüdi % on 0,062, mis esineb kuuenda paljandi veega pestud liivaproovides. Võrdlemisi madala rauasisaldusega on kaheksandast pal-jandist saadud liivaproovid. 0,1%-line liiv veega pestult annab keskmiselt 0,051%-lise liiva. See on kõige parem liiv üldse, mida Piusa liiva pese-

mise katsetel on saadud. Kui seda veega pestud liiva veel pesta bromoformiga, siis kahaneb rauaoksüüdi % kuni 0,035-ni.

T a b e l 8.

Piisa klaasiliiv	Fe ₂ O ₃ -sisald.	Niiskus	Erikaal
Pesemata	0,83—0,079	2,50—2,76	2,60
Veega pestud	0,09—0,051		
Bromoformiga pestud	0,038—0,029		

Neist tabelis toodud arvudest näeme, et suurem osa rauaoksüüdist lah-
kub liivast veega pesemisel, kuna bromoform viib kaasa väiksema osa.
Kui tabelis 2 jälgida bromoformiga pestud liiva rauasisaldust, siis näeme, et
rauaoksüüdi kõrvaldamine on võimalik ainult teatava piirini. Meie liiva-
proovide puhul näib selleks piiriks olevat 0,03%.

T a b e l 9.

Piisa klaasiliiva rauaoksüüdisisaldus.

Profil nr.	Liivakihi paksus m	Liiva Fe ₂ O ₃ -%			
		pesemata		veega pestud	bromoformi- ga pestud
		üksikult	koos		
1	0,60	0,164	—	—	—
+					
1	0,72	0,106	0,131	0,081	0,035
1	0,75	0,55	—	—	—
1	1,60	0,22	—	—	—
1	1,00	1,56	—	—	—
2	1,05	0,82	—	—	—
2	0,90	0,079	0,081	0,065	0,034
2	1,00	0,218	—	—	—
2	0,70	0,212	—	—	—
3	1,25	0,23	—	—	—
6	1,10	0,116	—	—	—
6	0,20	—	—	—	—
6	0,90	0,228	0,112	0,062	0,037
6	1,60	0,104	—	—	—
6	1,30	0,127	—	—	—
6	1,40	0,106	—	—	—
6	1,65	0,111	—	—	—
6	0,70	0,120	—	—	—
6	1,00	0,100	0,108	0,073	0,036
6	1,90	0,113	—	—	—
6	2,20	0,09	—	—	—
7	1,90	0,03	—	0,068	0,038
8	1,40	0,157	—	0,09	0,029
8	0,90	0,083	—	—	—
8	0,90	0,09	0,140	0,051	0,035
9	1,60	1,29	—	—	—

Peale Ala-Tsumpa liivarajooni on Piusa jaama lähemas ümbruses Piusa vana liivakaevanduse vahetus läheduses veel teisi klaasiliiva leiukohti. Olgu allpool toodud keemilised analüüsid esmalt Piusa kaevanduse liivast, mis asub ENSV piirides, kuna teised naabruses asuvad liivad, nagu Patskovka oru, Petseri kloostri koobaste ja Podgorje oma, asuvad väljaspool ENSV territooriumi.

Petseri linnast Patskovka külla viiva tee ääres asub vana liivakaevandus (Patskovka orus), kus 0,5—1,0 m paksuse savimoreeni all paljandub kuni 4 m paksuses valge devoni liiv. Devoni liivakivi häid paliandeid on veel mitmel pool Patskovka oru veerudel.

T a b e l 10.

Hapendid	Piusa kaevanduse liiv		Patskovka oru liiv (vana kaevand.)	Petseri kloostri liiv	Podgorje liiv
SiO ₂	96,5	99,30	98,90	97,92	98,62
Fe ₂ O ₃	0,2	0,16	0,08	0,10	0,06
Al ₂ O ₃	1,8	0,28	0,18	0,27	0,43
CaO	0,2	0,12	0,32	0,13	0,34
MgO	0,62	0,06	—	—	—
Na ₂ O)	0,3	0,12	—	—	—
K ₂ O)					
Kadu					

Toodud analüüsid näitavad, et liiv nendest leiukohtadest pole mitte väga halb ning kõlbab hariliku värvita klaasi tootmiseks. Kui sellise liiva vääristamiseks rakendada ainult sõelumist ja pesemist, siis võib liiva hea eduga kasutada parema kvaliteediga klaasi tootmiseks.

Analoogilist liiva, mis oma kvaliteedilt sugugi halvem pole, võib leida Lõuna-Eestis Sõmerpalu, Helme ja ka Põlva ümbrusest, kuid mainitud leiukohad vajavad tagavarade seisukohalt veel lähemat uurimist.

Pärnu jõe liivakivi.

Nagu eespool toodud paljandite kirjeldusest selgub, võib jaotada Pärnu jõe liivakivi peamiselt kolme ossa: 1. — jämedateraline, 2. — peeneteraline, 3. — vilgurikas peeneteraline, savikonkretsioonidega.

Pärnu jõe liivakivi erikaalu määramise tulemusena selgus erinevus Sindi-Taali ja Oore küla liivakivi vahel.

Oore küla liivakivi erikaal	2,591
Sindi-Taali „ „	2,683
Looduslik niiskus (Oore)	2,2—2,3%

T a b e l 11.

Sõelal auke ühel cm ²	Terasuurus mm	Kaalu %		
		Oore	Sindi-Taali	Papiniidu
80	0,65	0,24	0,25	0,07
200	0,45	1,95	3,25	2,77
400	0,30	42,60	59,65	27,25
900	0,20	36,60	23,95	53,97
2500	0,120	12,51	7,65	14,80
4900	0,088	3,20	2,85	1,14
4900	>0,088 läbib sõela	2,90	2,40	—

Liiva granulomeetriline koostis.

Esitatud tabelis on toodud sõel-analüüside andmed.

Ülevaatlikkuse mõttes on esitatud joonisel 10 sõel-analüüsi-andmete graafiline kujutus, kus abstsissil on toodud terade suurus millimeetreis ja ordinaadil fraktsioonide kaalulised hulgad protsentides. Graafiliselt jooniselt kui ka eespool-toodud tabelist on näha, et kõige enam on 0,3 mm jämedusega teri, sellele järgneb 0,2 mm jämedus. Väga peent ning jämedamat kui 0,45 mm on üsna vähe.

Kui sõelutud liiva fraktsioonide kaupa jälgida, siis selgub, et raskemineraalid on koondunud enam peenemaisse fraktsioonidesse.

Nii näeme, et

sõelale nr. 80, millele jäävate terade suurus on 0,65 mm, on jäänud SiO₂-liivateri, mis on üsna hästi ümardunud. Mõned terad on korrodeerunud pindadega. Raskemineraale leidub väga harva.

Sõel nr. 200, terade suurus 0,43 mm. Liivaterad hästi hõõrdunud. Nurgelisi teri vähe. Mõningad korrodeerunud pindadega. Raskemineraale väga harva.

Sõel nr. 400, terade suurus 0,30 mm. Liivaterad halvasti kuni keskmiselt hõõrdunud. Osa teri korrodeerunud pinnaga. Valkjashallis SiO₂-terade põhimassis suhteliselt vähe pruunikaid raskemineraalide teri.

Sõel nr. 900, terade suurus 0,20 mm. Liivaterad keskmiselt hõõrdunud. Teravate kantidega teri rohkesti. Raskemineraale vähe.

Sõel nr. 2500, terade suurus 0,12 mm. Liivaterad halvasti kuni keskmiselt hõõrdunud. Valkjas vesihallis SiO₂-terade põhimassis rikkalikult pruunikaid, tumedavärvuselisi raskemineraale.

Sõel nr. 4900, terade suurus 0,088 mm. Liivaterad halvasti hõõrdunud kuni päris nurgelised. Korrodeerunud pinda pole näha. Heledas SiO_2 -terade põhimassis rikkalikult kollakaspruune, tumepruune raskemineraalide teri, rikkalikult muskoviiti.

Läbivad sõela nr. 4900, terade suurus $> 0,088$ mm. Liivaterad halvasti hõõrdunud kuni päris nurgelised. Terade pinnal korrosiooni pole näha. Rikkalikult tumedaid raskemineraalide teri. Eriti rikkalikult muskoviiti.

Liiva keemiline koostis.

Liiva keemilise koostise määramiseks on võetud proovid profiilidest 1, 3, 4, 5, 6. Samuti on võrdluseks tehtud üks analüüs Sindi-Taali liivakivist. Rauaoksüüdi hulk on määratud esiteks looduslikul pesemata liival, siis veega pestud, sõelutud ja hiljem pestud liival. Sõelumist on toimetatud sõelaga nr. 30, millel on 900 auku 1 cm^2 selleks, et liivast kõrvaldada väikesi rauaoksüüdi konkretsioone.

Liivas esinev rauaoksüüdi (Fe_2O_3) % on võetud kokku alltoodud tabelis:

T a b e l 12.

Asukoha nimetus	Profiili nr.	Pesemata liiv	Pestud liiv	Sõelutud s. nr. 30	Sõelutud ja pestud
Oore	1	0,54	0,51	0,40	0,37
"	2	—	—	—	—
"	3	0,53	0,50	0,46	0,31
"	4	0,50	0,46	0,45	0,42
"	5	0,60	0,53	0,46	0,41
"	6	0,50	0,48	0,46	0,41
Sindi	7	0,50	0,45	0,43	0,39

Toorliiva üksikasjalisem keemiline koostis profiilidest nr. 1 ja 4 on järgmine:

T a b e l 13.

	Profiil nr. 1	Profiil nr. 4
SiO_2	93,4 %	94,1 %
Al_2O_3	3,19	2,8
Fe_2O_3	0,54	0,6
CaO	0,01	0,1

Liiva puhtust rikuvad rauaoksüüd- ja savikonkretsioonid. Savi-konkretsioone või -veermeid esineb eriti peeneteralistes ja vilgurikastes vahekihtides, kuna rauaoksüüd-konkretsioonid näivad esinevat laialipillatult kogu liivakihis. Rauaoksüüd-konkretsioonid pole muud kui rikkaliku rauaoksüüdiga liitunud väikesed liivaterad. Hõõrumise puhul lagunevad nad roostega kattunud liivateradeks ja tolmpeeneks rauaoksüüdiks. Sellepärast on ka võrdlemisi raske rauaoksüüdist sõelumise teel lahti saada.

Liivakivile on omane põimkihisus, mis viitab tema tekkimisviisile. Profiili ülemises osas on kohati kõvemalt tsementeerunud ja horisontaalse kihitusega liivakivi, mida võiks kasutada luisukivina, kuid Oore küla alal on sellist materjali vähe.

K a m b r i u m i l i i v a k i v i koosneb peaausjalikult hästi kuni keskmiselt hõõrdunud räniteradest, mis omavahel on üsna nõrgalt tsementeeritud. Sideaineiks on vähesel määral silikaat ja lubiaine. Aseri-Kõrkküla ja Kunda-Malla Iila küla alal on tugevasti tsementeeritud liivakivi. Selline kivi esineb lokaalselt räniliivakivi ülemises osas ning haarab endaga kaasa ka *Obolus*-liivakivi alumise osa.

Kui jälgida Kunda-Malla—Aseri—Saka ala liiva fraktsioonide kaupa, siis selgub, et liiv sõelalt 900 auku cm^2 koosneb 99% SiO_2 -st ja 1% muudest mineraalidest, nagu põldpagu, glaukoniit. Suur hulk väikesi räniteri on selles fraktsioonis omavahel liitunud ja nad moodustavad konarlikke teri teiste omasuuruste siledapinnaliste räniterade hulgas.

Sellist väikeste räniterade liitumist üheks suuremaks teraks võis ka konstateerida juba varem *Obolus*-liiva sõelumisel (H. Palmre, 1938, 1940). Nende väikeste räniterade omavaheliseks liiteaineiks on ränisideaine. Peale ränisideaine on mõningad väikesed liivaterad liidetud karbonaatsideainega. Sellised liitterad lagunevad soolhappes üksikuiks väikesteks terakesteks, kusjuures eraldub energiliselt CO_2 . Liiv sõelalt 2500 auku cm^2 koosneb 98% SiO_2 -st ja 2% muudest lisandeist. Hulgaliselt esineb sõelumisel liivaterade küljest lahtimurenenu valgeid karbonaatse sideaine terakesi.

Liiv sõelalt 4900 auku cm^2 koosneb 98% SiO_2 -st ja 2% muudest mineraalidest. Samasuguse mineraalide hulga vahekorra annab ka liiv, mis läbib sõela 4900 auku cm^2 , või teiste sõnadega, mis on peenem kui 0,080 mm. Peale eespool-loetletud mineraalide esineb fraktsioonides muskoviiti, biotiiti ja püriiti.

D e v o n i l i i v a k i v i Piusa alalt koosneb peaausjalikult väikestest ümardunud räniteradest, kuid nende hulgas leidub ka 2—3 cm läbimõõduga ning väga harva ka kuni 7 cm läbimõõduga veerkive.

Sõelumisel saadud fraktsioonides domineerib räni, mida igal juhtumil

on 98—99%, kuna ülejäänud 1—2% on mitmesugused raske- ja kergemineraalid. Olgu siin nimetatud mõningad Piusa liivakivis esinevad mineraalid: ilmeniit — FeTiO_3 , rutiil — TiO_2 , magnetiit — Fe_3O_4 . Väga sage mineraal on turmaliin. Võrdlemisi sagedad on silikaadid, tsirkoon — ZrSiO_4 , stauroliid — $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot 2 \text{Al}_2\text{SiO}_5$ ja tsüaniit (sinine disteen). Viimased kaks on võrdlemisi sagedad ka tänapäeva Skandinaavia metamorfseis kivimeis. Kergemineraalidest peale räni on sage hele vilk muskoviit, aga võrdlemisi harv biotiit.

Pärnu jõe *Pterichthys*-formatsiooni liivakivi Oore küla alalt erineb oma rohekashallilt välisilmelt Piusa liivakivist, ent binokulaariga või lihtsa luubiga vaadeldes näeme, et liivakivi resp. liiva põhimassi moodustavad SiO_2 -ränioksiüdi või lihtsalt räniterad, mida on kõige vähem 97—98%, kuna ülejäänud 2—3% on muid mineraale. Vesiselgete räniterade massist paistavad üksikuina pruunikad, sinakad, kollakad ja rohekad terad.

Räniterad on kui väikesed jäätükikesed. Nad on nurgelised ja veidi kulunud kantidega ning mõningad korrodeerunud pinnaga. Huvitav on, et väga palju on suletistega räniteri. Need suletistega räniterad on raskemad kui teised ning sadenevad koos raskemineraalidega. Nad põhjustavad ka mõnevõrra Fe_2O_3 hulka puhastatud liivas. Räni järel kõige sagedamad mineraalid on muskoviit ja ka biotiit, mille rohkusest liivakivi omab rohekashalli värvust. Thoulet' vedelikus sadenevad liiva põhimassist ilmeniit, magnetiit, turmaliin, rutiil ja limoniit. Õige harva on liivas väikesi urbseid mügerikke, mis on arvatavasti mõningate lubjakiviterakeste lahustuss jäägid või liivakivi osaline sidematerjal.

Võrreldes eespool-kirjeldatud liivakive resp. liivu näeme mõningaid erinevusi esiteks üldilmes, terasuuruses, keemilises ja mineraalses koostises. Kambriumi liivakivi eriomaduseks on tema liivaterade peenus ning ühtlus ja mitmesuguste muude mineraalsete lisandite vähesus. Seevastu aga devoni liivakivi on jämedateralisem ja mitmekesisem mineraalse koostise poolest. Suurt mineraloogilist erinevust ühelt poolt ülemiste „Old Red“-liivade ja teiselt poolt keskdevoni põhimiste Pärnu jõe liivade vahel pole. Nii Pärnu jõel kui ka Piusa alal esinevad peaaegu samad mineraalid, ent üksikute mineraalide sageduses on erinevus. Olgu siin toodud näiteks rutiil või stauroliid, mis on võrdlemisi sagedad mineraalid Piusa alal, kuid Pärnu jõel esinevad harva. Suur erinevus on Piusa ja Pärnu jõe ala räniterades. Pärnu jõel Oore, Tori ja Sindi liiva hulgas on väga palju suletistega räniteri. Seevastu aga Piusa liivas on suletistega räniterad õieti haruldased.

Selgema, konkreetse ning praktiliselt seisukohalt olulise võrdleva ülevaate annavad keemilised analüüsid, milledest mõnevõrra peegeldub ka mineraalne koostis.

Olgu toodud siin kõrvuti rida keemilisi analüüse pesemata kambriumi ja devoni liivadest.

T a b e l 14.

	Aseri	Saka	Kunda	Viimsi	Kose- Pirita	Kose- Metsa- kalmistu	Piusa- kaev. liiv	Patskov- ka oru liiv	Petseri kloostri liiv	Podgorje	Oore	Sindi	Papiniidu
SiO ₂	98,08	96,81	96,80	96,21	96,50	96,30	99,30	98,90	97,92	98,62	93,40	—	93,50
Fe ₂ O ₃	0,18	0,15	0,20	0,18	0,20	2,57	0,16	0,08	0,10	0,06	0,54	0,50	0,31
Al ₂ O ₃	0,36	1,61	0,58	2,00	1,80	0,70	0,28	0,18	0,27	0,43	3,19	—	3,45
CaO	0,41	0,14	0,36	0,42	0,20	0,09	0,12	0,32	0,13	0,34	0,01	—	—
MgO	—	—	—	—	0,62	—	0,06	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O } K ₂ O }	—	—	—	—	0,30	—	—	—	—	—	—	—	—

V. Klaasiliiva tagavarade arvutus.

Kambriumi ala. Käesolevas töös pole võimalik käsitleda kõiki varusid, mis esinevad nii Lõuna- kui ka Põhja-Eesti alal, siin on valitud välja ainult tuntumad rajoonid. Põhja-Eesti kambriumi liivakivide alal on varud väga suured. Tugides paekalda paljandile ja paarile sügavpuur-augule (Kiviõli ja Rausvere), mis asuvad Soome lahe rannikult kuni paar-kümmend kilomeetrit eemal, näeme, et valge räniliivakivi, mille üldine paksus on keskmiselt 10 meetrit, on puhta iseloomuga ilma savi- jm. vahekihtideta. Arvestades liivakivikihi puhast koostist, valime Ida-Eesti rannikualalt Aseri, Saka ja Kunda rajooni, sest neis kohtades on liivakivi tehnilised tootmisvõimalused hõlpsamad kui muudel aladel. Kui võtta igast eelmainitud rajoonist ainult 1 km² suurune ala ning tööstuslikult kasutatava kihi minimaalseks paksuseks 2 meetrit, liiva erikaaluks 2,6 ning puhta liiva tootmise kaoprotsendiks 20, siis saab igalt ruutkilomeetrilt 4 000 000 tonni puhast räniliiva.

Devoni ala. Piusa Ala-Tsumpa rajoonis on liivatagavara hindamine läbi viidud üksikute kolmnurkade kaupa, mis on tingitud maastikust ja liivakihtide iseloomust. Puurimistel ja paljanditest saadud andmeil on tööstusliku liivakivi paksus kuni 7 m, mõningail juhtumel isegi rohkem. Vastavalt kihi paksusele ja liiva erikaalule (2,6) on tagavara arvutus läbi viidud ning maa-ala suuruseks on võetud 53 550 m². Liiva tõeline tagavara sellelt maa-alalt oleks ümmarguselt 974 610 tonni. Piusa liiva kaoprotsendiks on 15. Arvesse võttes seda asjaolu ulatub tõeline puhta räniliiva

tagavara 828 970 tonnini. Samasugused võimalikud liivatagavarad on ka Petseri jaama ümbruses.

Pärnu jõe liivakivi tagavarade hindamise aluseks on võetud liivakivi kihi produktiivsuse keskmise aritmeetilise arvutuse põhimõte (S. S. Izakson, 1940). Kihi produktiivsuse q määrame järgmise valemi abil:

$q = 1 \text{ m}^2 \cdot t \cdot d = td$ (tonni) — produktiivsus ühe ruutmeetri kohta (t — kihi paksus, d — erikaal).

Pindala suurus — 75 000 m²,
kihi keskmine paksus — 4,0 m,
liiva erikaal — 2,5,

järelikult tagavara $q = 75\,000 \cdot 4 \cdot 2,5 = 750\,000$ tonni. Kui arvestada kadudeks 15%, siis jääb puhast räniliiva 637 500 tonni.

Liivatagavara on hinnatud ainult vastavate liiva-alade sisemises kontuuris (vt. joon. 4).

Kui arvestada Eesti kolme suurema klaasitööstuse aastatarvitust 30 000 tonnile, peaks esitatud maardlate liivatagavaradest jätkuma kindlasti enam kui 50 aastaks.

VI. Töötulemuste kokkuvõte.

Töötulemusena selgus kambriumi ja devoni liivakivide levimine ruumis, nende granulomeetriline, keemiline ja mineraloogiline koostis nii-võrd, kuivõrd seda vajab klaasitööstus.

Selgus, et Eesti alal leidub keskmise kvaliteediga klaasiliiva, mida võib kasutada hea eduga hariliku värvita õõnes- kui ka tahvelklaasi tootmiseks.

Terasuuruselt on nii kambriumi kui ka devoni liiv peenemate liivade liigist.

Kambriumi liiva keskmine terajämedus kõigub 0,20—0,08 mm vahel, kuna devoni liiv on üldiselt jämedam ja ta terade suurus on 0,30—0,12 mm piirides.

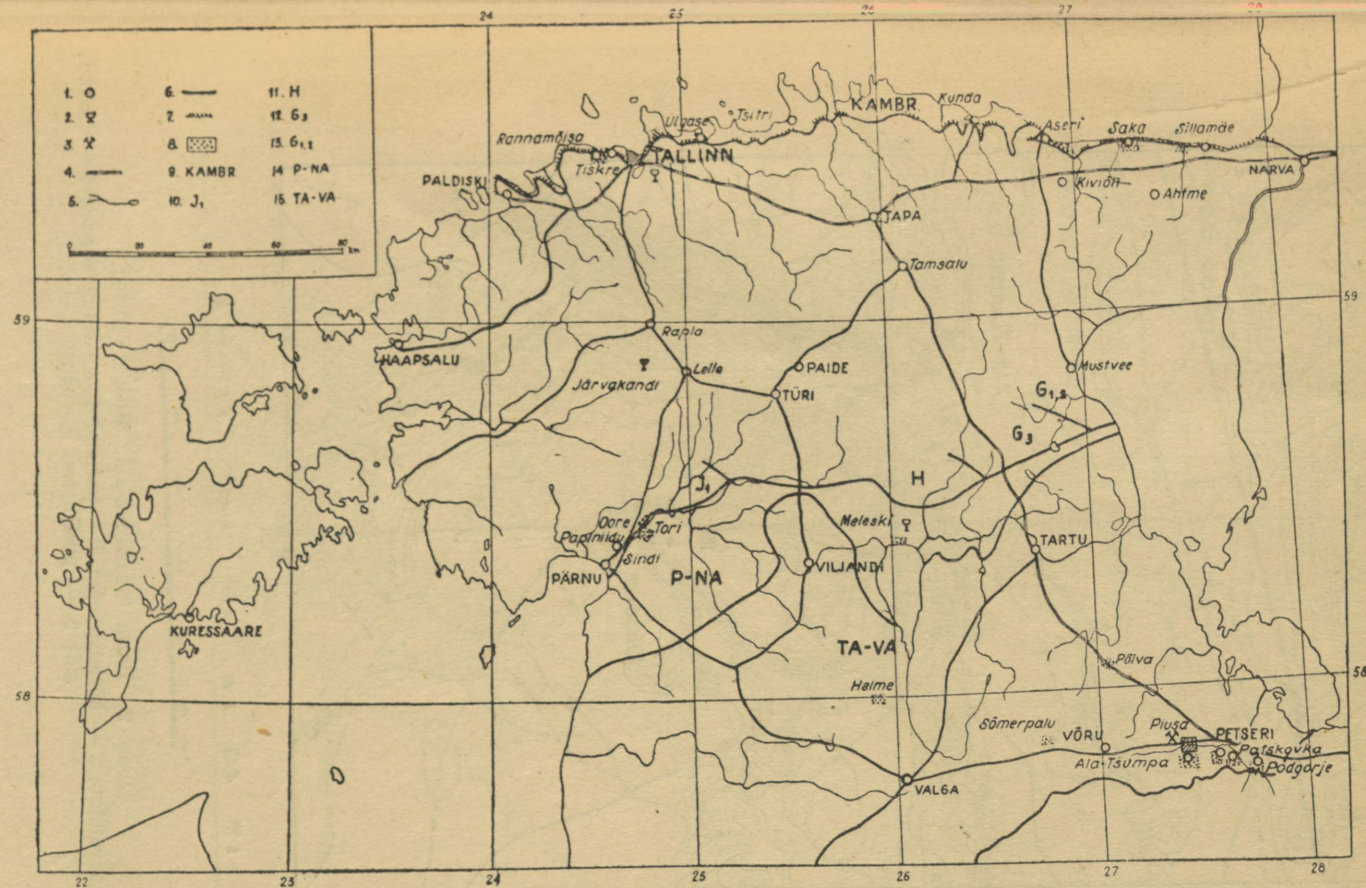
Keemiliselt seisukohalt kõlbavad nii kambriumi kui ka devoni liiv klaasi tootmiseks. Peamised kahjulikud lisandid, savi ning muud raske-mineraalid, on kõrvaldatavad liiva vääristamise meetoditega (pesemine ja sõelumine).

Kõige halvem lisand, mis liivas esineb, on rauaoksüüd. Selle hulk pesemata liivas kõigub keskmiselt 0,09—0,2% piirides.

Parimad klaasiliiva leiukohad on „Old Red“-liivakivi alal, eeskätt Piusa ja Petseri ümbruses. Samasuguse kvaliteediga liiva esineb ka Sõmerpalu, Helme ja Põlva ümbruses, kuid mainitud aladel on tagavarad selgitamata.

Ka Pärnu—Narva jõe lademe liivakivi Oore ja Tori rajoonist kõlbab klaasi valmistamiseks. Põhja-Eestis parim liiv esineb Aseri, Saka ja Ontika-Saka ranna paekaldal, ent nimetamata ei või jätta ka Tallinna lähedalt Rannamõisa kallast ja Pirita—Kose vahelist kambriumi liiva ala, kust praegu võtab endale liiva Tallinna klaasivabrik.

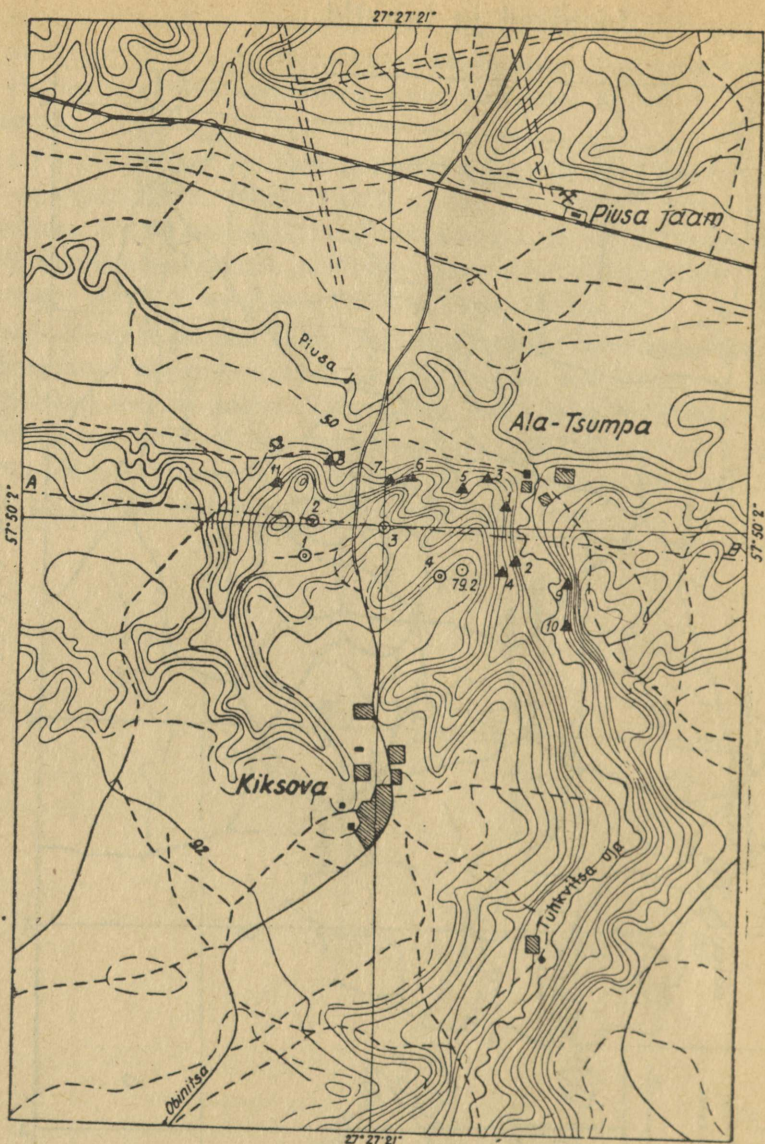
Põhja-Eesti paekaldal tuleb liiva kaevamisel rakendada maa-aluseid töid, kusjuures väljakaevatud materjali kui ka aherainest on võimalik vagonettidega mereni saata. Kaevanduse laeks jääb liivakivi, mis juba üsna vähese toestamise korral on vastupidav. Devoni liivakivide alal, Piusa ja Pärnu jõe piirkonnas, on otstarbekohane kasutada lahtisi karjääre, sest liivakas pinnakate ulatub vaid mõningate meetriteni.



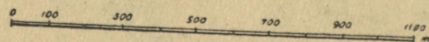
Joonised ja tahvlid.

Joon. 1. Eesti NSV klaasiliiva leiukohad. Mõõt 1:1 000 000.

1 — asulad; 2 — klaasivabrikud; 3 — liivakaevandused; 4 — raudteed; 5 — jõed ja järved; 6 — lademete avamuste piirjooned; 7 — paekallas; 8 — klaasiliiva leiukohad; 9 — kambriumi liivakivide ja savide ala; 10 — Jaani lade; 11 — Adavere lade; 12 — Raikküla lade; 13 — Tamsalu lade; 14 — Pärnu—Narva jõe lade (*Pterichtys*-form.); 15 — Tartu—Vastseliina „Old-Red“.

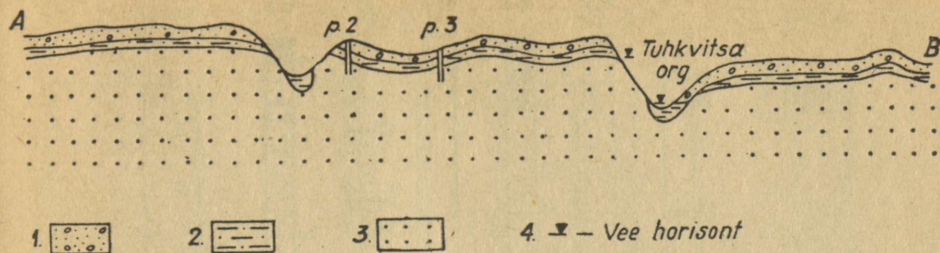


1. ✕ 2. ○ 3. ▲ 4. ⊙ 5. — 6. A — B



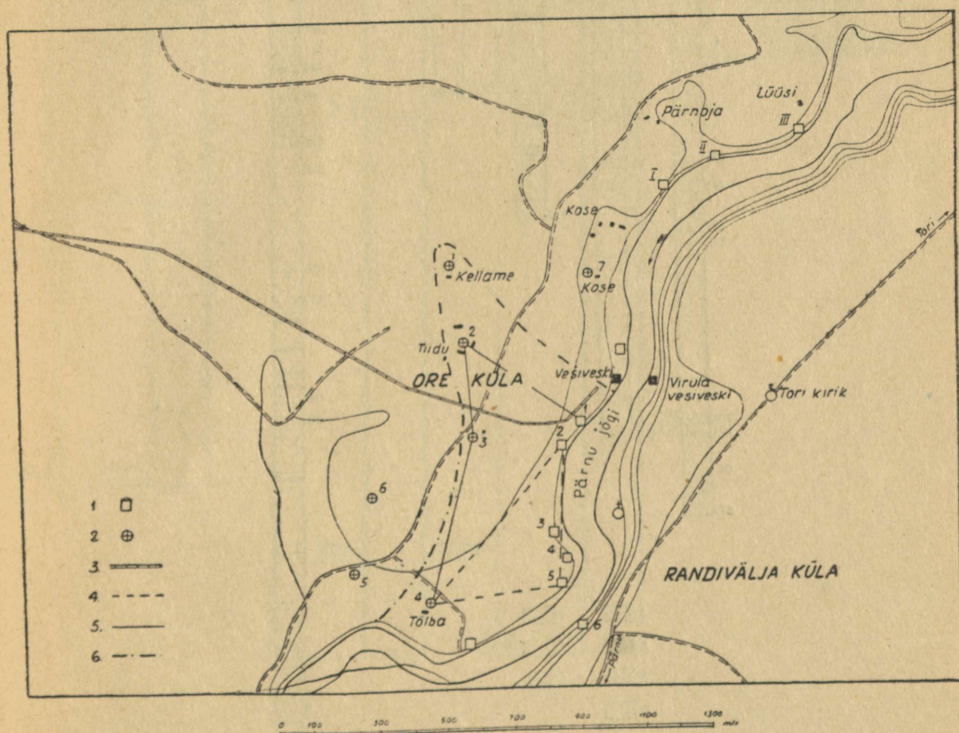
Joon. 2. Piusa klaasiliiva-ala. Mõõt 1:10 000.

1 — liivakaevandus; 2 — kõrguspunkt; 3 — paljandid; 4 — puuraugud; 5 — isohüpsid; 6 — profiiljoon A—B.



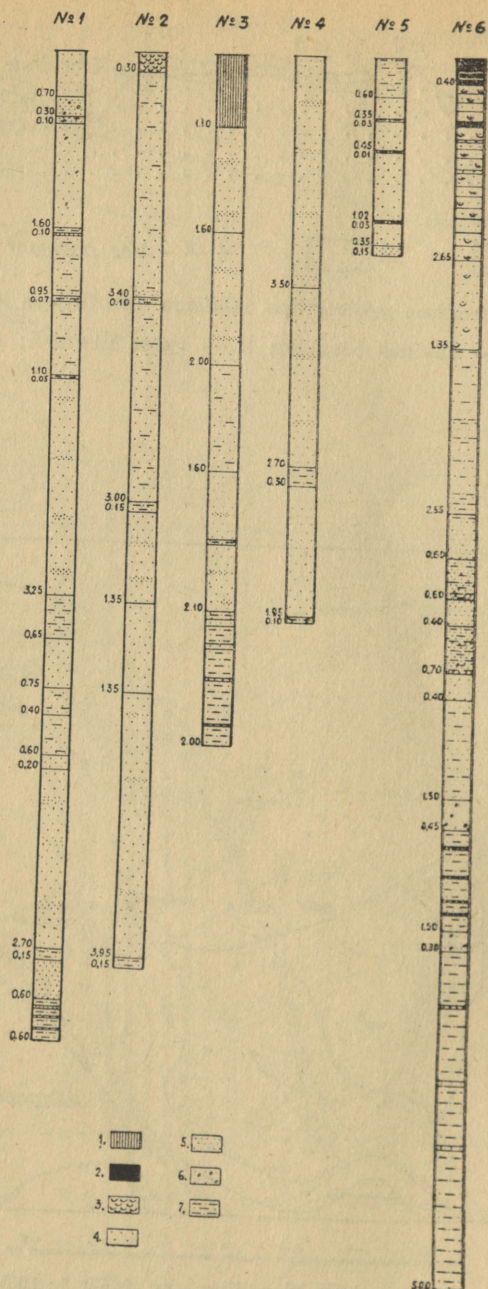
Joon. 3. Skeemiline geoloogiline läbilõige (profiiljoon A — B).

1 — liivamureen; 2 — savikas liivakivi; 3 — valge liivakivi; 4 — vee horisont.

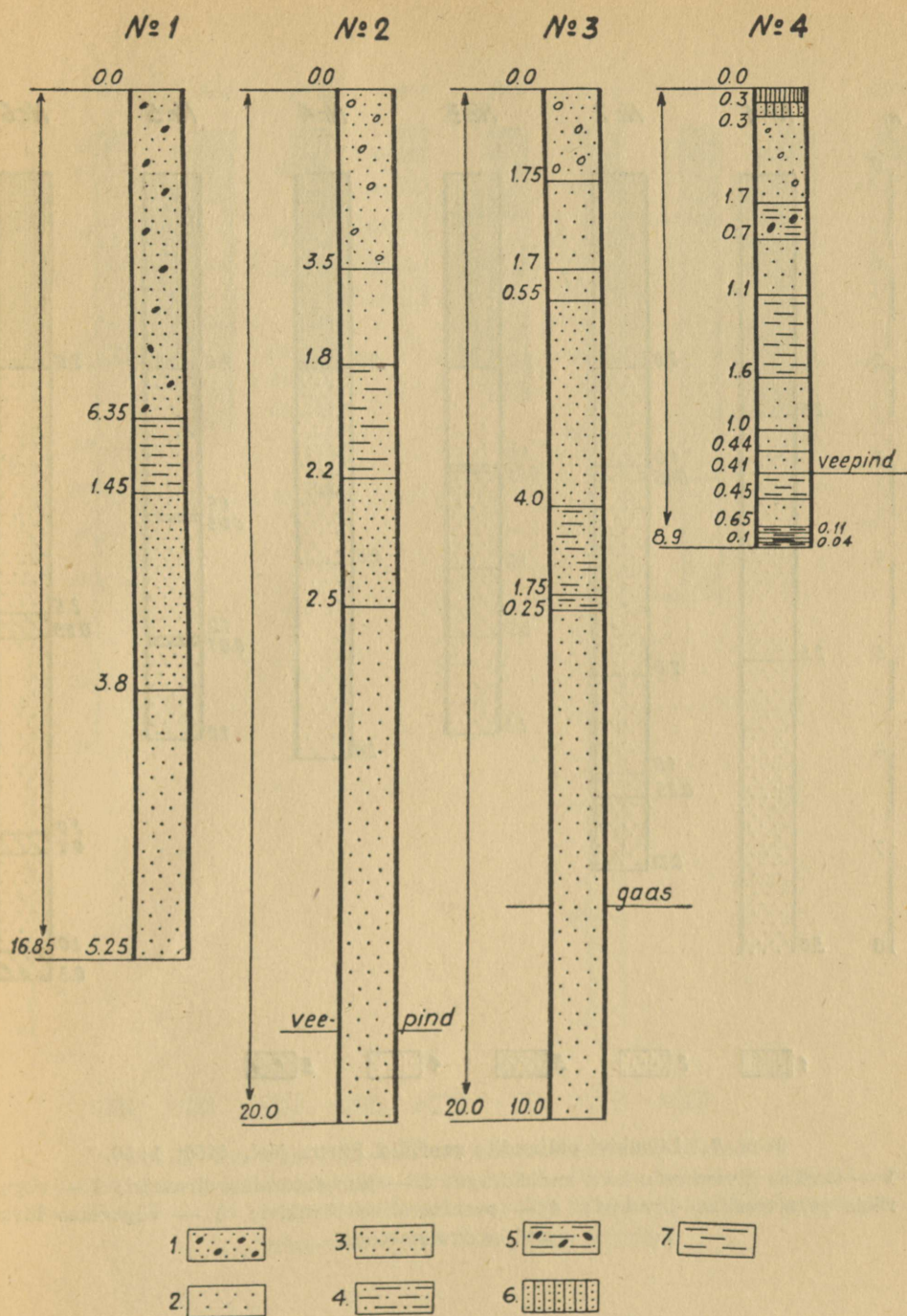


Joon. 4. Oore küla klaasiliiva-ala. Mõõt 1:10 000.

1 — aluspõhja paljandid; 2 — kaevud (lahtised); 3 — projekt. raudtee; 4 — sisemine kontuur; 5 — välimine kontuur; 6 — *Pterichthys*-formatsiooni avamuse põhjapiir.

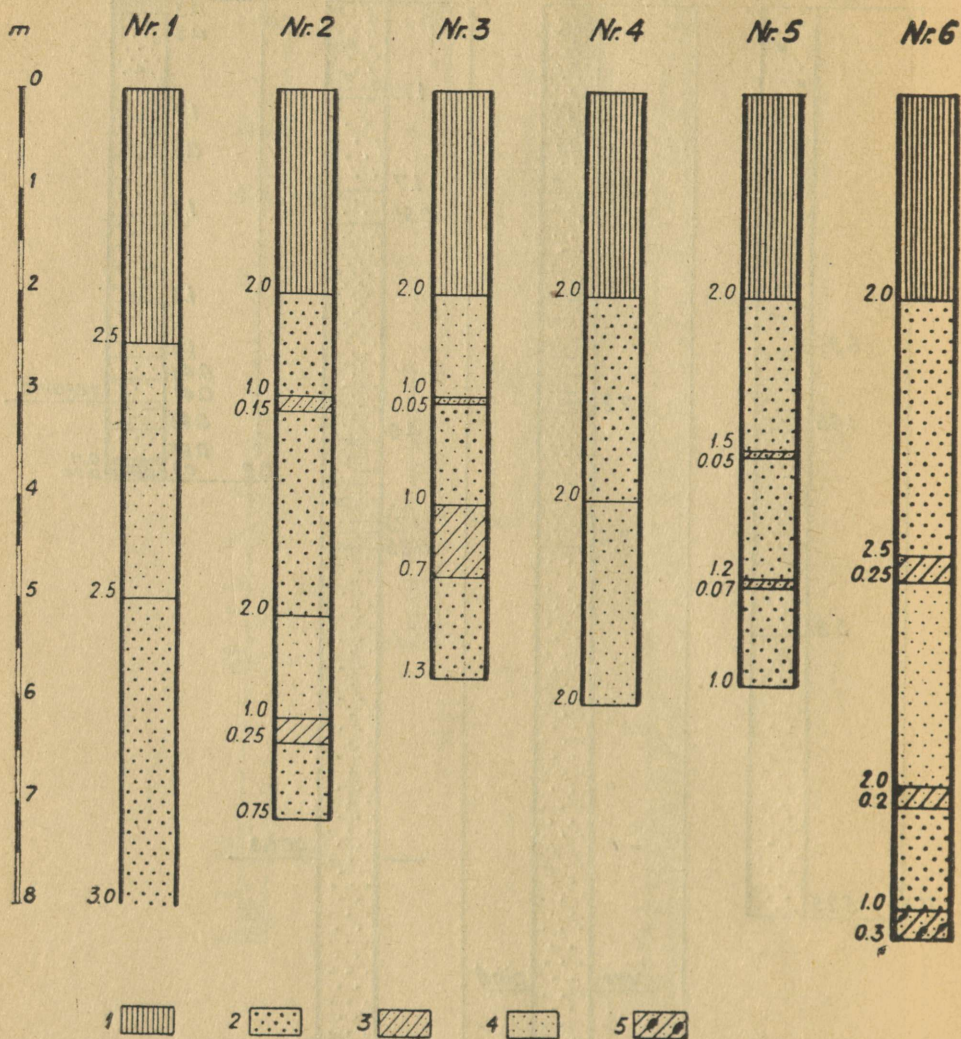


Joon. 5. Kambrümi liivakivi paljandite profiilid. Mõõt 1:40.
 1 — liivakas muld; 2 — diktioneema-kiltkivi; 3 — *Obolus*-liivakivi (*Obolus*-konglo-
 meraat); 4 — valge liivakivi; 5 — roosterikas liivakivi; 6 — liivakivi glauko-
 niiditeradega; 7 — liivakivi helesiniste savi-vahekihtidega.



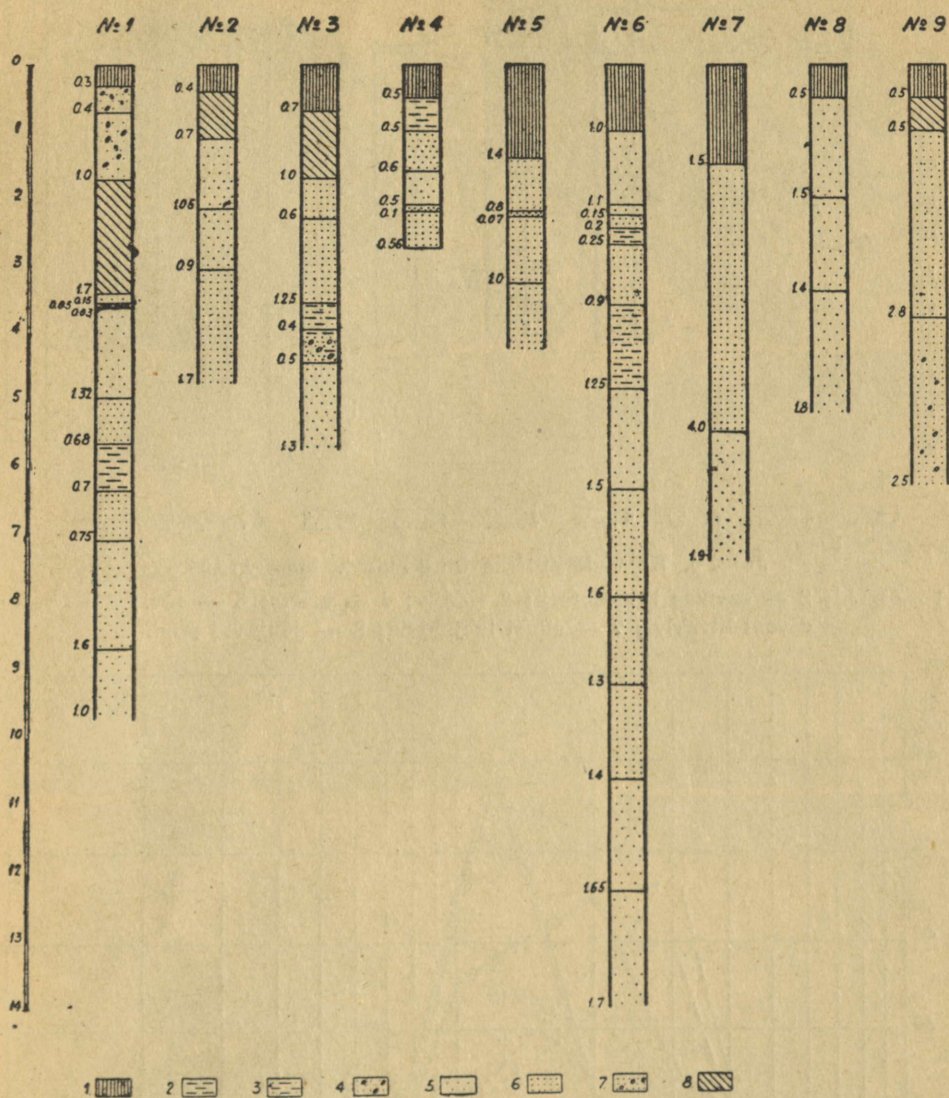
Joon. 6. Piusa puuraugud. Mõõt 1:100.

1 — liivamoreen; 2 — valge liivakivi; 3 — kollakas liivakivi; 4 — savikas liivakivi; 5 — savikas liivamoreen; 6 — liivane muld; 7 — savi.



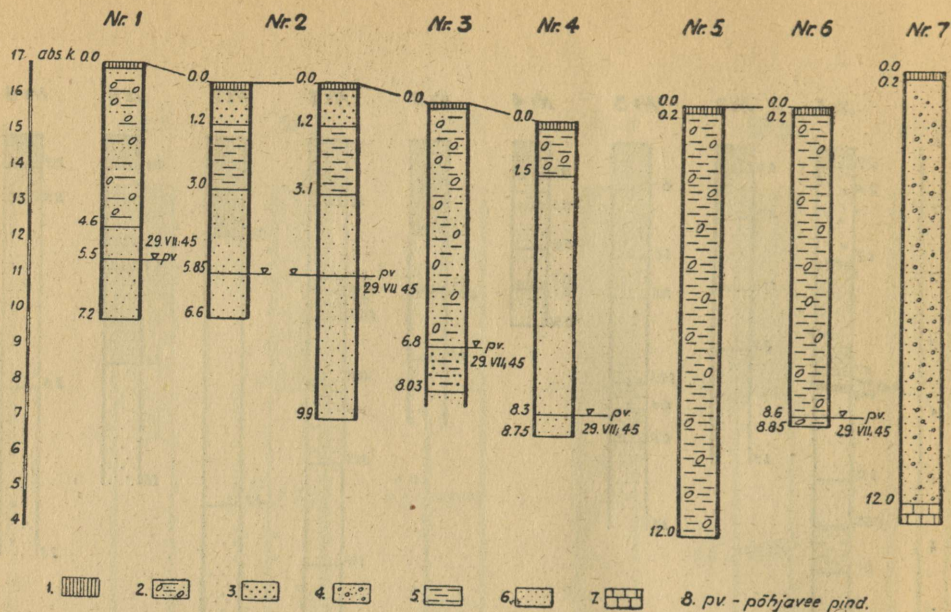
Joon. 7. Liivakivi paljandite profiilid Pärnu jõel. Mõõt 1:50.

1 — savikas liivamoreen koos mullakihiga; 2 — jämedateraline liivakivi; 3 — vilgurikas peeneteraline liivakivi; 4 — peeneteraline liivakivi; 5 — vilgurikas liivakivi saviveermetega.



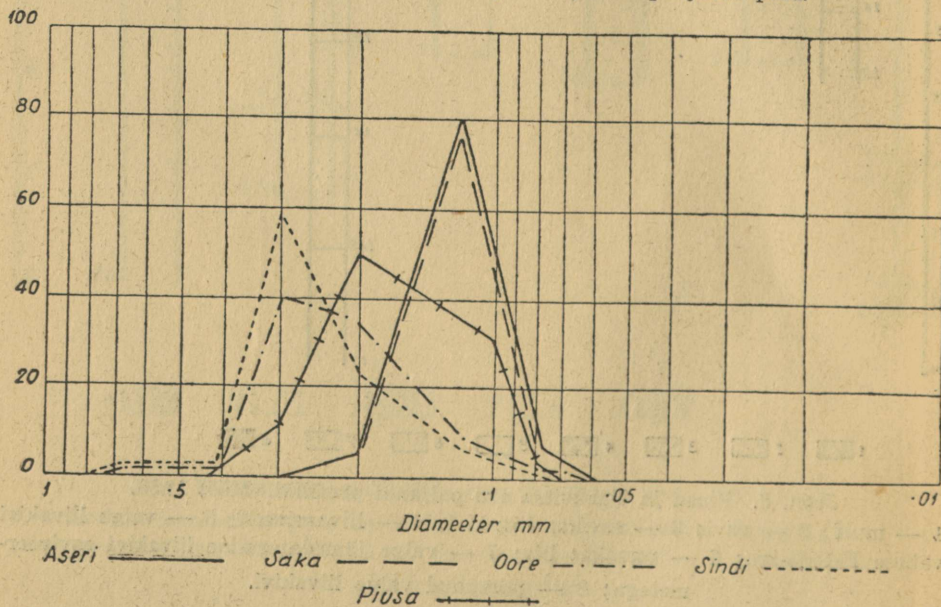
Joon. 8. Piusa ja Tuhkvitsa oru paljandi profiilid. Mõõt 1:50.

1 — muld; 2 — savi; 3 — savikas liivakivi; 4 — liivamoren; 5 — valge liivakivi vähese F_2O_3 %-iga; 6 — punakas liiv; 7 — valge jämedateraline liivakivi saviveermetega; 8 — porsunud valge liivakivi.



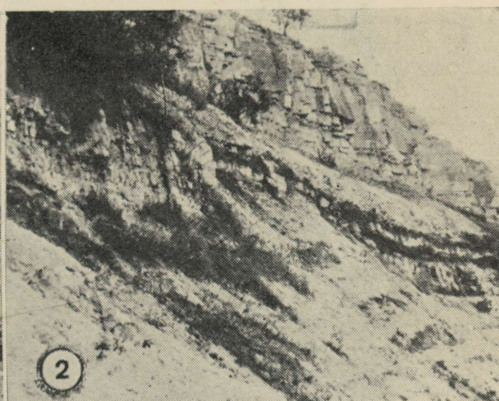
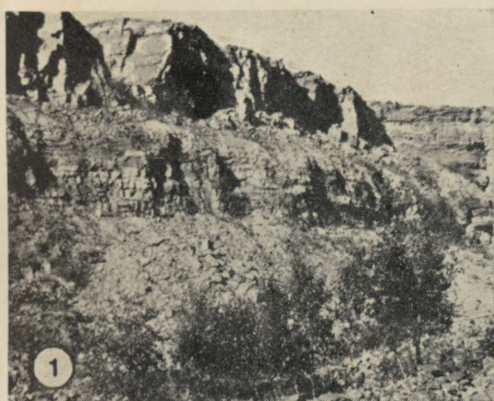
Joon. 9. Kaevude profile Oore külast. Mõõt 1:100.

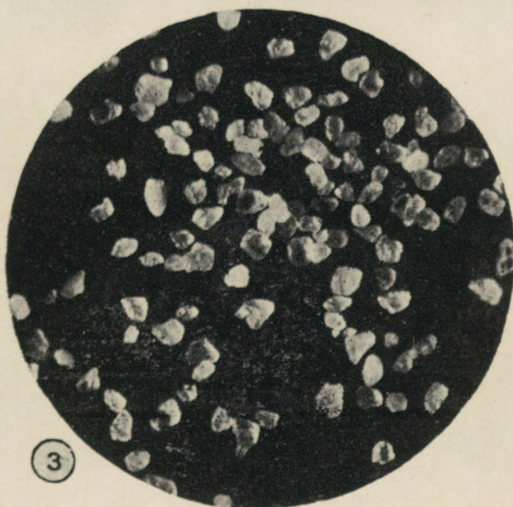
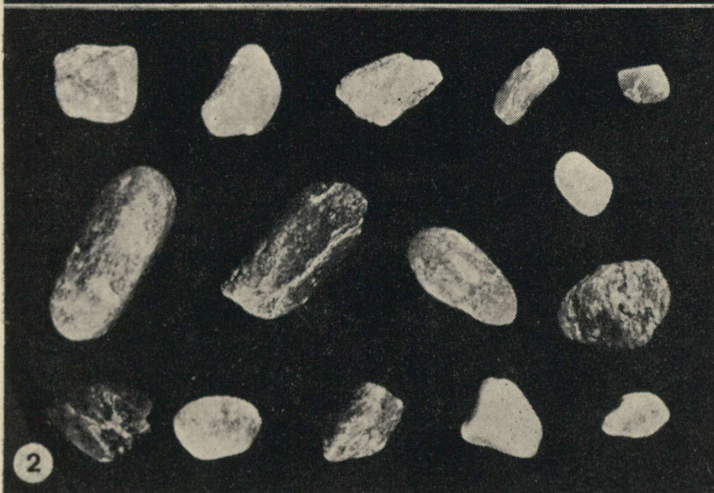
1 — muld; 2 — savikas liivamureen; 3 — liiv; 4 — kruus; 5 — savi; 6 — valge devoni liivakivi; 7 — siluri lubjakivid; 8 — põhjavee pind.

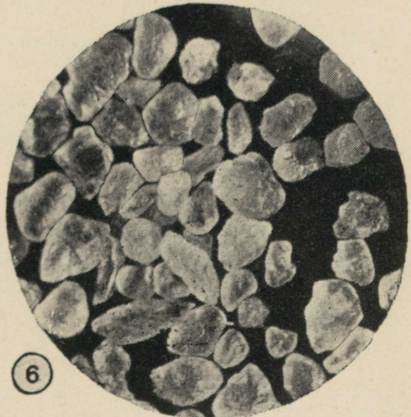
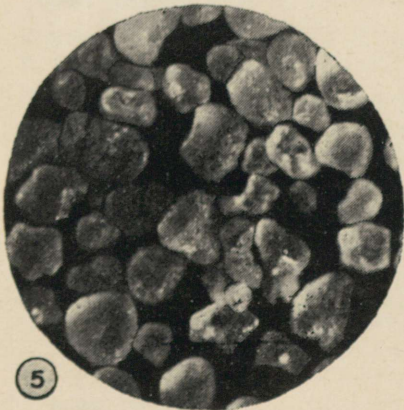
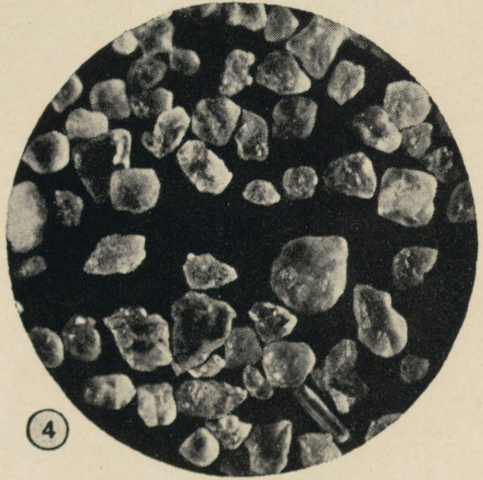
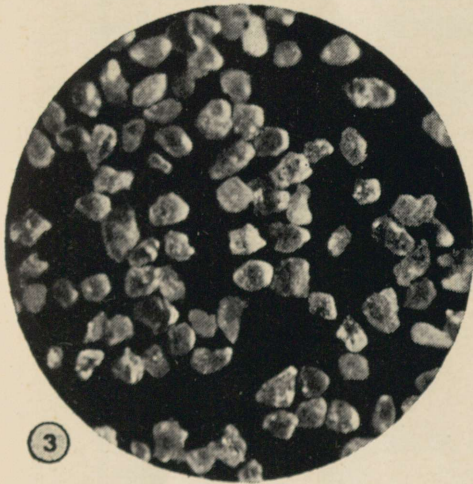
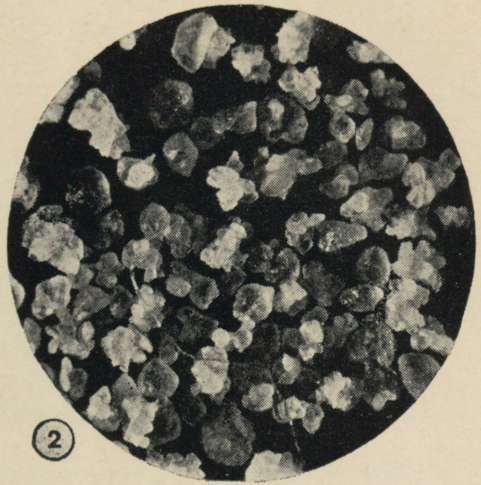
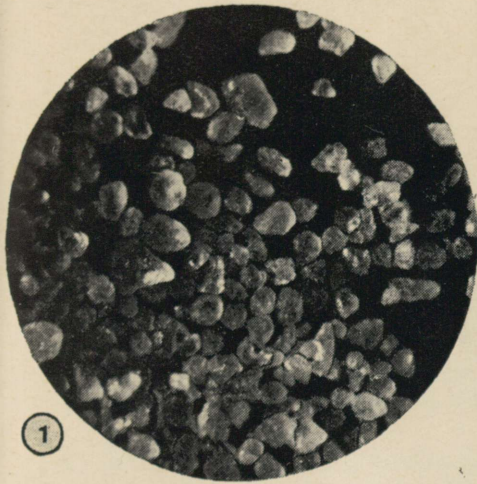


Joon. 10. Liivatera suurus.

TAHVEL I.







TAHVEL I:

1. Ülesvõte Aseri paekaldast paemurru kohal. Ültal esimene astang lubjakividest, teine glaukonitliivast, diiktüoneema-kiltkivist ja *Obolus*-liivakivist. Allpool, rusuga kaetud osas, algab valge räniliivakivi. Foto A. Luha, 1939.
2. Ülesvõte Aseri paekaldast. Ülemine osa järsult langev — koosneb lubjakividest, keskmine osa *Obolus*-seeriast ning kõige alumine, liuskjalt laskuv kaldaosa koosneb valgest räniliivakivist. Foto A. Luha, 1939.
3. Devoni liivakivi paljand Tuhkvitsa oja kaldal. Näha põimkihiline määrdunud valge devoni liivakivi. Mehe pea kõrgusel saviveermeist rikas vööde. Foto A. Luha, 1941.
4. Devoni liivakivi paljand Tuhkvitsa oja kaldal. Näha põimkihiline määrdunud valge devoni liivakivi, kust on leitud ränistunud puitu. Foto A. Luha, 1941.
5. Astmeliselt kaevatud devoni liivakivi Piusa oru veerul; paljand nr. 6. Foto A. Luha, 1941.
6. Valgesse liivakivisse kaevatud stoll Piusa oru veerul; paljand nr. 8. Foto A. Luha, 1941.

TAHVEL II:

1. Kõva kambriumi valge räniliivakivi Kunda-Mallast, 2 × vähendatud. Foto H. Palmre, 1945.
2. Devoni liivakivis esinevaid kvartsiidimunakaid, 2 × vähendatud. Foto H. Palmre, 1945.
3. Pestud liiv Aserist. Näha pudedas räniliivakivi teri läbimõõduga 0,12—0,08 mm. Foto H. Palmre, 1945.

TAHVEL III:

1. Toorliiv Sakalt. Näha keskmiselt hõõrdunud räniteri. Foto H. Palmre, 1945.
2. Pestud liiv Sakalt. Näha kobariikkudena lubiainega nõrgalt tsementeeritud väikesi liivateri. Foto H. Palmre, 1945.
3. Pestud liiv Petseri jaama juurest. Näha halvasti hõõrdunud räniteri. Foto H. Palmre, 1945.
4. Pesemata liiv Piusa Ala-Tsumpa rajoonist. Näha halvasti hõõrdunud räniteri. Paremal pool all pikk pulkjas turmaliinikristall. Foto H. Palmre, 1945.
5. Pesemata liiv Pärnu jõelt Oore küla juurest. Näha halvasti hõõrdunud räniteri. Foto H. Palmre, 1945.
6. Pesemata liiv Piusa Ala-Tsumpa rajoonist. Näha halvasti hõõrdunud räniteri. Mõned räniterad korrodeerunud pindadega. Foto H. Palmre.

Kasutatud kirjandus.

- Delle, N., Zemgales līdzenuma; Augšzemes un Lietuvas devona nogulumi. Acta Universitatis Latviensis, Latvijas Ūniversitātes Raksti, Matēmatikas un drabās zinātņu fakultātes serijs II. 5. Rīga, 1937.
- Dralle, R., Die Glasfabrikation. Berlin.
- Изако́н, С. С., Подсчёт запасов полезных ископаемых. Государственное Научно-Техническое Издательство нефтяной и горно-топливной литературы. Москва — Ленинград, 1940.
- Китайго́рский, И. И., Обезжелезывание песка. Труды Государственного Научно-Исследовательского Института Стекла, 1935.
- Krumbein, W. C. and Pettijohn, F. J., Manual of Sedimentary Petrography. The Century Earth Science Series. New-York, London.
- Kupffer, A., Über die Chemische Constitution der baltischsilurischen Schichten. Dorpat, 1870.
- Linck u. Jung, Grundriss der Mineralogie u. Petrographie. Jena, 1935.
- Orviku, K., Keskevoni põhikihid Eestis, Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis A XVI 5. Tartu, 1930.
- Palmre, H., Püasa klaasiliiv. Tööstuslike Uurimiste Instituut, Geoloogia osakond, Tallinn, 1941 (käikiri).
- Palmre, H., Oore (Tori) klaasiliivade tagavarade ulatus ja kõlblikkus. ENSV Tööstuse Teadusliku Uurimise Keskinstituut, Maavarade osakond, Tallinn, 1945 (käikiri).
- Palmre, H., Geoloogilise kaardistamise päevikud. Geol. Komitee ja Tööstuslike Uurimiste Instituut, Tallinn, 1939 (käikiri).
- Пустова́лов, Л. В., Петрография осадочных пород. Ч. I, II. Государственное Научно-Техническое Издательство нефтяной и горно-топливной литературы. Москва — Ленинград, 1940.
- Рейнвальдт, М. А., Белые пески и песчаники Эстонии. Министерство Нар. Хозяйства. Разведка. Таллин, 1932.
- Springer, L., Laboratoriumsbuch für die Glasindustrie. Halle, 1925.
- Springer, L., Ergänzungsbuch für die Glasindustrie. Halle, 1931.
- Жуковский, Г. Ю., Обезжелезывание песков механическими способами. Труды Государственного Научно-Исследовательского Института Стекла, 1936.
- Thomson, P. W., Beitrag zur Kenntnis der fossilen Flora des Mitteldevons in Estland. Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetused nr. 56. Tartu, 1940.
- Wellner, Aug., Sisevete uurimise andmed VIII. Tallinn, 1926.
- Õpik, A., Studien über das Estnische Unterkambrium; (Estonium). Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetused nr. 15. Tartu, 1929.

Стекольный песок.

Целью настоящей работы является краткий обзор песков, находящихся в ЭССР, их свойств и количества, в виду возможности использования их для изготовления обыкновенного бесцветного стекла. В виду того, что по чисто техническим причинам невозможно было охватить все имеющиеся залежи песков, в круг рассмотрения включены лишь важнейшие в промышленном отношении залежи, из них в первую очередь те, где горно-технические условия добывания легче, и во вторую — где сырой материал лучше. Территория Северной Эстонии в процессе геологического развития образовала собой осадочный бассейн для разного рода обломочных пород. Так, в кембрийском периоде образовались: синяя глина, зофитоновый песчаник и белый кварцевый песчаник (фукоид).

К концу силурийского периода море отступает с территории Эстонии; возникает перерыв в осадкообразовании. Только в середине девонского периода море снова наступает, и тогда в прибрежном море осаждаются только косослойистые песчаники, а в девонском море — девонские известняки Юго-Восточной Эстонии.

Песчаники, встречающиеся в Эстонии и представляющие интерес в смысле сырья для изготовления стекла, можно объединить в две группы: кембрийские и девонские песчаники.

Кембрийский, белый, кварцевый песчаник почти непрерывно обнажается на северо-эстонском глинте в северо-восточной части Вирума, особенно около Сака и Сака-Онттика. На запад от берега в Сака лучшие из обнажений находятся в Азери и Кунда. От Кунды до Палдиски белый кремнёвый песчаник обнажается с перерывами вдоль всего берега, хотя обширные обнажения и не наблюдаются.

В промежутке между Кундой и Таллином береговой обрыв разделяется на отдельные террасы, покрытые толстым поверхностным покровом. Вследствие этого природных обнажений здесь сравнительно мало. Единственное хорошее обнажение стекольного песка находится на полуострове Вимси у деревни Лубья, откуда добывался песок для Таллинской фабрики. Сейчас эта фабрика использует абрадируемые пески из слоев кембрия и ордовизиума, расположенные между Пирита и Козе.

Из числа ближайших к Таллину обнажений кварцевого песка следует упомянуть ещё Раннамыйза, но обнажающийся там песчаник сравнительно богат глиной и окисью железа и без промывки не пригоден для приготовления обыкновенного бесцветного стекла.

Другой район песчаников, заслуживающий серьёзного внимания, расположен в Южной Эстонии в области среднедевонских песчаников „Old Red“. В общем „Old Red“ — песчаник красного цвета, но в верхней части светлее, а местами даже белого

Ex bibl. univ. Tall.

цвета. Лучшие обнажения подобного белого кварцевого песчаника находятся в Печёрском районе, Псковской области, в окрестностях города и станции Печёры, станции Пиуза, Пылва, Сымерпалу и Хельме.

Третьим районом, представляющим интерес в отношении стекольного песка, являются нижние средне-девонские наложения у реки Пярну.

Из рассмотрения всех обнажений кембрийского песчаника следует, что, хотя местами он очень богат глиной и покрыт пятнами ржавчины, но кое-где всё же бывает чистым и белым. На основании бурений выяснено, что там, куда не простирается влияние инфильтрации поверхностных вод, песчаник — белого или слегка желтоватого цвета.

Хотя кембрийские пески широко распространены, и слой их весьма солидной толщины, всё же промышленная пригодность этого слоя сравнительно мала. Промышленная ценность их понижается тем, что в них слишком часто суглинистые слои песка перемежаются со слоями чистой глины. Вследствие частой мелкозернистости состава нельзя считать продуктивной всю толщину слоя, но самое большее — 3—3,5 м.

Из всего берегового обрыва Северной Эстонии можно привести только 5 районов, где песок пригоден для изготовления обыкновенного бесцветного стекла:

1. Сака,	средняя толщина продуктивной части	3,00—3,50 м.
2. Азери,	" " "	2,50—3,00 "
3. Кунда,	" " "	1,50—2,00 "
4. Вимси,	" " "	2,00—2,50 "
5. Раннамыйза	" " "	3,00—3,50 "

Средне-девонские песчаники Южной Эстонии охватывают всю её территорию начиная от 59° 30' широты до латвийской границы. Мы имеем в виду песчаники ярусов рек Нарва — Пярну, а также залежи песчаника (Old-Red) Тарту — Вастселийна. Природные обнажения упомянутых залежей находятся преимущественно в оврагах рек.

В отношении залежей стекольных песков заслуживают особого внимания районы железнодорожных станций Печёры и Пиуза.

На основании обнажений и профилей буровых скважин выяснено, что в районе Пиузы у деревни Ала—Цумпа промышленная толщина слоя песчаника во всех буровых скважинах исключительно велика. Так, промышленная мощность песчаника в буровой скважине № 1 равна 5,25 м, в скважине № 2—7,50 м. и в скважине № 3—10,0 м.

В районе яруса Нарва—Пярну залежи расположены у деревень Оре, Тори, Синди и Таали.

Подробнее исследован песчаник района деревни Оре, который богат глиной и отличается весьма различной величиной зёрен. Песчанику свойственна косая слоистость, обусловленная его происхождением. Геологическую основу исследованной области составляют песчаники среднего девона, относящиеся к так называемой Pterichthus, формации которых покрывают слои силура.

Месторождение стекольного песка у деревни Оре находится как раз на северной окраине обнажения формации. Песчаники формации Pterichthus сравнительно

рыхлы и светлы. В рассматриваемом случае невозможно было установить полную толщину слоя песчаника, не прибегая к глубокому бурению, но, судя по обнажениям и открытым колодцам, максимальная толщина достигает во всяком случае 10 метров (по данным проф. К. Орвику мощность песчаника формации равна 12 м.).

Хотя в данном случае максимальную мощность слоя песчаника у берега реки можно считать равной 10 м., результат этот нельзя обобщить на весь район деревни Оре, так как можно предполагать, что поверхность песчаника сильно повреждена здесь ледниковым льдом. Если отнять от всего объёма слоя песчаника части, богатые глиной и включениями окиси железа, то можно с осторожностью принять среднюю промышленную мощность его слоя равной 4 м.

Минералогически-петрографический и химический состав кембрийских и девонских песчаников не одинаков. Кембрийский песчаник сравнительно беден тяжёлыми минералами. Чаще всего среди зёрен песка встречается мусковит и полевой шпат, но магнетита и лимонита совсем мало. Местами в кембрийском песчанике обнаружено много пирита.

На основании многочисленных данных, полученных просеиванием, выяснено, что средняя величина зёрен кембрийского песка колеблется между 0,08 и 0,2 мм., тогда как девонский песок в общем грубее, и поперечник его зёрен лежит в пределах 0,3—0,12 мм. В кембрийском песке количество зёрен диаметром 0,12 мм. составляет 80%, тогда как в девонском песке зёрен диаметром 0,2 мм. находится до 60%.

При сравнении вышеописанных песков наблюдается различие прежде всего в общем характере и величине зерна, а также в химическом и минеральном составе. Отличительным свойством кембрийского песка является мелкость и равномерность его зёрен, как и незначительное содержание посторонних минеральных примесей.

Напротив, девонский песчаник крупнозернист и разнообразнее в отношении минерального состава. Более ясную, конкретную и с практической точки зрения более существенную картину дают химические анализы песков.

Самая вредная примесь, встречающаяся в песках, — окись железа. Количество её в непромытом песке колеблется от 0,09—0,2%.

Большой минералогической разницы между верхними песками и нижними средне-девонскими не имеется. Как в тех, так и в других, содержатся те же самые минералы; различие заключается только в их количествах. Так, напр., в районе Пиузы из минералов очень часто встречаются рutil и ставролит, которые в песчаниках яруса Нарва—Пярну содержатся редко.

В песках формации *Pterichthys* района яруса Нарва—Пярну имеется очень мало зёрен кремнезёма с включениями, так в песках района Пиузы и Ала — Цумпы их обнаружено совсем мало. Лучшими месторождениями стекольного песка являются песчаники в окрестностях Пиузы и Печёр, но песок подобного же качества встречается и в других упомянутых выше местах. На северно-эстонском берегу лучший песок находится в Азери и Сака, а также на береговом обрыве в Сака—Онтика, но нельзя не упомянуть и близкий к Таллину берег Раннамыйза а также предглинтовый участок, расположенный между Пирита и Козе, который покрыт абрадированным песком, откуда в настоящий момент добывается сырьё для Таллинской стекольной фабрики „Тарбеклаас“.

В настоящей работе мы не могли охватить все запасы песка, имеющиеся как в Южной, так и в Северной Эстонии, но если установить годовое потребление песка

тремя крупнейшими стекольными предприятиями Советской Эстонии в 30.000 тонн в год, то разведанных запасов сырья должно хватить наверное больше чем на 50 лет. В результате исследования выяснилось, что в Советской Эстонии имеется достаточное количество стекольного песка среднего качества, который может быть с полным успехом использован для изготовления обыкновенного дутого и листового стекла.

Sisukord.

	Lk
Eessõna	3
I. Sissejuhatus	5
II. Liivakivide ala geoloogia ja geomorfoloogia	7
1. Põhja-Eesti kambriumi liivakivi. Fukoid- ehk valge räniliivakivi (A _{1d})	7
2. Lõuna-Eesti keskdevoni liivakivi, 1941. ja 1945. a. teostatud uurimine . .	12
A. Piusa ala geoloogilisi ja geomorfoloogilisi üldjooni — 12. B. Pärnu	
jõe ala devoni liivakivide geoloogilisi ja geomorfoloogilisi üldjooni — 21.	
III. Liivakivide ala hüdrogeoloogia	26
IV. Liivakivide mineraloogilis-petrograafiline ja keemiline koostis	28
V. Klaasliiva tagavarade arvutus	38
VI. Töötulemuste kokkuvõte	39
Joonised ja tahvlid	41
Kasutatud kirjandus	50
Резюме : Стекольный песок	51

Vastutav toimetaja

D. Palgi.

Tehniline toimetaja

L. Treiman.

Ladumisele antud 21. III 46. Trükkimisele antud 18. VI 46. Paberi kaust $67 \times 95 \frac{1}{16}$. Trükipoognaid $3\frac{1}{2}$ + tahvlid $\frac{3}{8}$. Autoripoognaid 3,06. Arvestuspoognaid 3,86. MB 01611. Laotihedus trpg. 44 800. Tiraaž 1200. Trükkija tellimus nr. 573.

Trükikoda „Hans Heidemann“,
Tartu, Vallikraavi t. 4.

Hind rubl. 13.50

1. trükk.

X. Палме, Стекольный песок.
На эстонском языке. Эгосиздат
„Научная Литература“, Тарту.

T.k.



Rbl. 13.50

A-16089