

TTÜ MÄEINSTITUUT

**EESTI
MÄENDUSKLASSIKA III**

Prof Arthur Aleksander Linari-Linholm

Toimetas Enno Reinsalu

Tallinn 2008 / 2013

KES TA OLI?



Professor **Arthur Aleksander Linari-Linholm**

Eesti mäendusteadlane ja -õppejõud

12.01.1903 Tallinn...25.10.1983 Toronto.

Õppis mäeinseneriks Freibergi Mäeakadeemias 1927, kaitses doktorikraadi Clausthali Mäeakadeemias 1957.

Töötas 1928...33 Lõuna-Aafrika kullakaevandustes mäeinseneri ja -töösturina, oli 1936...40 AS Eesti Fosforiit tehniline nõuandja ja AS Esimene Eesti Põlevkivitööstus tehniline direktor.

Õppetööd alustas lektorina *Witwaterslandi* tehnikakolledžis (LAV) 1931...32. 1938 valiti ta TTÜ adjunkt- ja hiljem erakorraliseks professoriks, oli TTÜ mäetööde labori juhataja kuni emigreerumiseni 1944. 1944-46 töötas Rootsi kuninglikus tehnoloogiainstituudis (*Sveriges största tekniska universitet, The Royal Institute of Technology*), 1947...64 Johannesburgis (LAV) kaevanduskontserni *De Beers Diamond* uurimislaboris ja kuni 1970 oli selle tehniline direktor Euroopas.

SAATEKS

Professor Linari oskas loetavalt kirjutada. Gümnaasistina sepiõpetatud, tänasele lugejale kättesaamatu värssraamat „Sassi-Jussi vingerpussid 1923“ oli poisikesetemp, kuid hilisema valguses peegeldab see kirjutaja varast huvi Aafrika ja kaevandusetöö (näiteks dünaamiidi) vastu. Hoopis täiuslikum Aafrika ja kaevandustöö kirjeldus on A. Linaril Eesti-perioodil ilmunud raamatus „Päikeseküllasel kullamaal (Lõuna-Aafrikas) 1933.

Alanud maailmasõja ajal, 1940, ilmus professor Linarilt TTÜ toimetiste sarjas „Aruanne sügavpuurimistest Jõhvi lähedal“. Saksa okupatsiooni ajal kirjutas ta ajakirjas Tehnika Kuukiri kaks artiklit: „Mineraalkaevitiste rikastamine“ (1943. a, nr 1 ja 2) ning „Mäerõhk“ (1944. a, nr 1). Neid mäetehnilisi kirjutisi pole lihtne leida – poliitiliste segaduste aegadel hävitatuna on vähesed eksemplarid säilinud üksikutes raamatukogudes. Minu Tehnika Kuukirjad pärinevad professor Linari tollase kolleegi, mäeinseneri Karl August Feldweberi (Tanneri) Eestisse jäänud asjade seast. TTÜ toimetised on leitavad raamatukogudest.

TTÜ mäeinstituudi 75. aastapäeva eel ajaloolisi materjale kogudes mäe-ajaloolane Lembit Uibopuu veel kaks Linari populaarteaduslikku artiklit: „Seismilised meetodid mineraalvarade otsimisel“, Teadus ja Tehnika, nr. 3 1941 ja „Sügavpuurimisest Jõhvi lähedal“, sama ajakiri, nr 4 1941). Skaneerisime ka need ja lisasime käesolevasse ajalookogumikku.

Mis pani mind neid kirjutisi taastama? Peamiselt see, et nad käsitlevad asju, millest Eesti kaasaegne mäendus käib kaugelt mööda.

Olen täheldanud ohtu, et noorema põlvkonna mäeinsenerid ja geoloogid ei saagi teadma, kuidas toimub sügava maagikeha uuringupuurimine. Et peale südamiküsimuse ja kirjeldamise kuuluvad uuringu kavva ka mikroskoop-uurimine, rikastamiskatsed jm. Ei tea seepärast, sest maagiuuringuid pole Eestis enam ammu tehtud ja vanad uuringuaruanded on uuele põlvkonnale arusaamatus vene keeles. Kui ei teata, kuidas uurida, võib juhtuda, et ei taibata uuringut projekteerida ega uuringu tellijalt, kes veel vähem asja tunneb, nende tööde rahastamist nõuda.

Olen märganud ka, et noorem mäeinseneride põlvkond, keda valdavalt on õpetatud pindmiste, setteliste, sisuliselt kohalike maavarade kaevandamise näitel, ei oma piisavat ettekujutust vähegi keerukamatest uuringu- ega rikastamismenetlustest. Aga ükski tõeline mäeettevõtte ei võta tööle nii puuduliku haridusega inimest.

Ja kahjuks, isegi need vähesed tudengid, keda teadmishimu ja töösoov on viinud Eesti allmaakaevanduses kuni 60 m sügavusse, ei tunneta, milline on mäerõhk kilomeetri-kahe sügavuses. Selle teadmiseta ei suudeta varjata imestust, kuidas mäeinsenerid oskavad sellise koletu rõhuga toime tulla.

Professor Linari kirjutas nendest asjadest 60 aastat tagasi. Sisuliselt on see ajalugu ja võidakse küsida, mida annavad tollased teadmised ja kogemused kaasajal, uue tehnika külluses. Arvan, et vägagi palju. Kasvõi juba seepärast, et kirjutatud on lihtsalt kuid põhjalikult ja metoodiliselt. Muidugi on puurimisel kasutatud ja rikastamist illustreeriv tehnika primitiivne, kuid just selles poolest peaks nende kirjeldus vastama meie lugeja mäetehniliste teadmiste tasemele.

Kogumikus taastatud ja arvutil loetavaks muudetud aruanne ning artiklid on mõeldud ülikoolide mäenduse ja rakendusgeoloogia bakalaureuseõppe üliõpilastele. Alljärgnevas on muutmata jäetud professor Linari keelekasutus ja tema aja keelendid, samuti tema mäemõisted nagu kaevitised = maavarad, toorkaevitis = kaervis, tükkispõlevkivi = tükk-kivi, tükikivi jne, aga ka tollane geoloogiakäsitlus: siluur = Silur+Ordoviitsium, kembrium = Kambrium jm. See ei peaks lugejat väga eksitama. Naljaks ei tohiks seda ka pöörata, eriti need, kelle tänane keelekasutus haritud silmale ja kõrvale veelgi valusam on. Ja *copy/paste* meetodi harrastajad peaksid eriti ettevaatlikud olema.

Lisaks palun mõistvalt suhtuda digitaliseerimist saatvatesse tähevigadesse, mida korduval lugemisel ikka ja jälle avastan. Tüüpilised tekstituvastaja apsud on rn = m, ii = ü, i = l jm, mis mõnel juhul suudavad läbi hiilida ka arvuti keelekorrektorist.

Käesolev ilmub kolmandana TTÜ mäeinstituudi ja Eesti Mäeseltsi poolt koostatavate, piiratud levikuga käsikirjaliste kogumike EESTI MÄENDUSKLASSIKA sarjas, olles neist kõige avalikum.

Toimetaja

© Enno Reinsalu – digimine ja kommentaarid

enno.reinsalu@ttu.ee

SISUKORD

1. ARUANNE SÜGAVPUURIMISEST JÕHVI LÄHEDAL	4
1.1 Sissejuhatuseks.....	5
1.2 Sügavpuurimised Jõhvi lähedal.....	6
1.3 Esimene puurauk.....	11
1.4 Rikastuskatse.....	18
1.5 Report on Diamond Drilling near Jõhvi. (Abstract.).....	21
1.6 Kasutatud literatuur:	22
2. MINERAALKAEVITISTE RIKASTAMINE	23
3. MÄERÕHK	33
4. SEISMILISED MEETODID MINERAALVARADE OTSIMISEL.....	41
5. SÜGAVPUURIMISTEST JÕHVI LÄHEDAL.....	45

1. ARUANNE SÜGAVPUURIMISEST JÕHVI LÄHEDAL

Avaldatud:

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI TOIMETUSED

ПУБЛИКАЦИИ ТАЛЛИННСКОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ (ЭСТОНСКАЯ ССР)
PUBLIKATIONS FROM THE TECHNICAL UNIVERSITY OF ESTONIAN S.S.R AT
TALLINN

Series A No 15

(September 1940)

Aruanne sügavpuurimistest Jõhvi lähedal

With an Abstract in English

Report on Diamond Drilling near Jõhvi

koostanud

BY

A. A. LINARI (Linholm)

R. K. „TEADUSLIK KIRJANDUS“

TARTU

1940

1.1 Sissejuhatuseks.

Käesolev aruanne sisaldab Jõhvi magnetilise anomaalia läänepoolses maksimumpiirkonnas seni tehtud kahe sügavpuuraugu puurimiskäigu olulisema osa kirjelduse ja püüab ühtlasi selgitada läbistatud kivimite petrograafilist iseloomu ning avastatud maakide kasutamiskõlblikkuse võimalust.

Esimese puuraugu profiil on koostatud makroskoobiliste vaatluste põhjal, kusjuures puuraugust saadud puursüdamikest on terve rea pistproovide näol tehtud mikroskoobilisi ja keemilisi määramisi. Siin võivad edaspidised üksikasjalisemad uurimised mõnesuguseid täiendusi või ka osalisi muudatusi profiilis põhjustada, kui teostatakse mikroskoobilisi vaatlusi suuremal määral.

Veel on esimese puurprofiili maagirikkamatest vöödest määratud seal leiduvate elementide keskmised sisaldused ja sooritatud mõned laboratoorsed rikastamiskatsed.

Leiukoha geoloogilis-geneetilist määramist ei ole käesolevas aruandes püütud teostada, kuna olemasolevad puuraugud ei anna selleks küllaldasel määral vajalisi materjale ^a.

Täpsema kujutluse saamiseks kõneallevast leiukohast ja selle üle otsuste tegemiseks rakendus-geoloogilises mõttes oleks vaja teostada Jõhvi magnetilise anomaalia piirkonnas uusi selgitavaid sügavpuurimisi ja esijoones tuleks süvendada juba olemasolevaid puurauke orienteerumise mõttes umbes 1000 kuni 1200 meetri sügavuseni. See töö on kaaluva tähtsusega nii teaduslikust kui ka mäemajanduslikust seisukohast vaadatuna.

^a Toimetaja kommentaar. Nagu juba märkisin, säilitasin autori keelpruugi ning terminoloogia, mis peaks olema samavõrra mõistetavad kui huvitavad.

1.2 Sügavpuurimised Jõhvi lähedal.

Endise kaitseväe topograafia osakonna poolt teostatud üle-Eestilise magnetomeetrilise mõõtmise tulemusena avastati Jõhvi piirkonnas tähelepanuvääratavalt tugeva anomaalia olemasolu, mille põhjuste tõlgendamisel ühtusid nii meie kui ka välismaa asjatundjate arvamused, et siin peab kahtlemata maapõues laialatuslik magnetiliste omadustega kivimite kompleks^a leiduma.

Isodünaamide kaarti vaadeldes näeme, et anomaalia piirkond on kaunis suure ulatusega, kusjuures esinevad kaks teineteisest umbes 3 kilomeetri kaugusel asuvat maksimumi.

Küsimuse selgitamisele asus 1937. aasta kevadel rühma eraisikute poolt moodustatud aktsiaselts „Magna”. Sügavpuurimistega tehti algust magnetilise anomaalia läänepoolsel maksimumi punktil, kuna seal mõõtmisandmete kohaselt paistis magnetilise häiruri asukoht olevat maapinnale lähemal, kui idapoolsel punktil.

Kuna „Magna” endal puudusid vajalised abinõud löökpuurimise läbiviimiseks siluuri ja kembriumi^b aegsetes settekihtides, siis anti see töö ühele kohalikule kaevupuurimisettevõttele. Töö teostati tavalise löökpuurmasinaga ja puuraugu läbimõõt muutub sügavuse kasvades järgmiselt :

- maapinnalt kuni 28,4 meetri sügavuseni on esimene puurauk läbimõõduga 340 mm ja see osa varustati augu seinte varisemiste kaitseks 330 mm läbimõõduga manteltoruga;
- järgmine osa puuraugust puuriti läbimõõduga 254 mm ja vooderdati alates maapinnalt kuni 128,8 meetri sügavuseni manteltoruga, mille läbimõõt on 203 mm.

Samal sügavusel lõpevad kembriumi savid ja algavad tihedad liivakivid, millest ettevõtjal õnnestus läbipuurida kuni kristaliinse aluspõhjani, s.o. kuni 237,7 meetrini, ilma et oleks olnud tarvidust teostada puuraugu seinte kaitset manteltorudega. See huvitav asjaolu näitab, et sealsed liivakivid, mis asuvad allpool kembriumi savisid, on väga kompaktsed ja ei sisalda suuremaid veehulki.

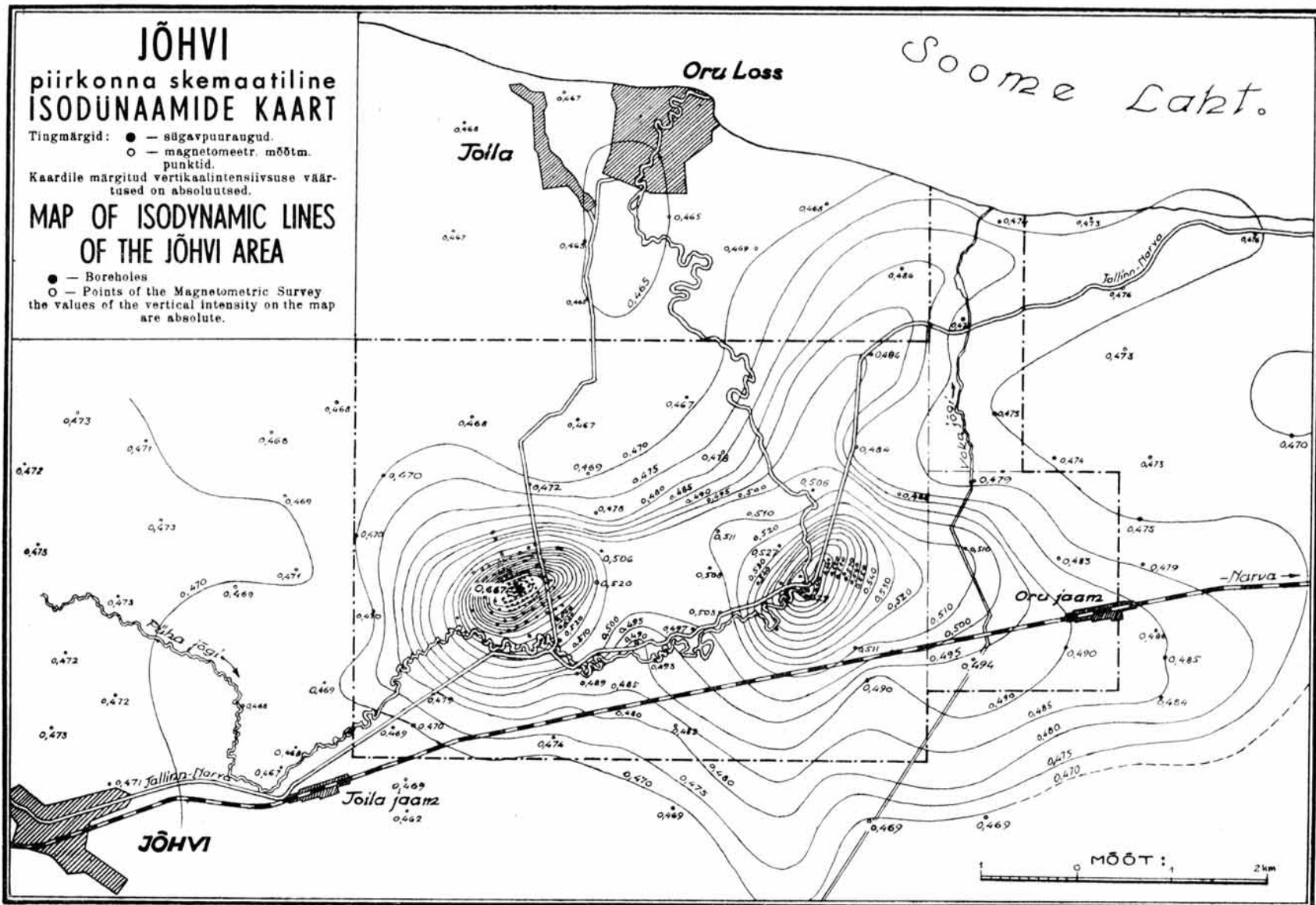
Sinisavi pealsetes liivakivides leidub aga rohkesti vett ja seda kasutati hilisematel teemantpuurimistel loputusveeks. Puurimisel vajaline loputusvesi võeti puuraugu ülemisest osast seesmise manteltoru tagant. Seal püsis veepind alaliselt umbes 3,5 meetri kaugusel allpool maapinda ja oli puhas, olles kaitstud üheltpoolt seesmise manteltoru poolt ja väliselt puuraugu ülemises osas oleva 330 mm jämeduse toru poolt.

Löökpuurimise lõppedes 237,7 meetrilisel sügavusel oli puurauk oma alumises osas vähendatud 150 mm läbimõõdule ja nüüd paigutati puurauku selle terves ulatuses 105 mm läbimõõduga manteltoru, et seda järgnevas teemantpuurimiseks vabana hoida. Seega osutus 203 mm manteltoru täiesti ülearuseks ja see tõsteti hüdrauliliste tungraudade abil terves ulatuses puuraugust välja. Puuraugu alumisse ossa manteltoru taha pumbati rohkesti tsementi, et toru ja ümbritseva manneraine vahel tihedat kontakti luua ja seega varisemisi puurauku takistada.

Siit edasi teostati puurimistööd juba A/S. Magna enda poolt ja rakendati tegevusse kohapeal vanast Craelius-tüüpi käsi-teemantpuurist masinveole ümberehitatud puurmasin. Jõuallikaks kasutati 10 HJ hõõgpeaga naftamootorit ja loputusvee jaoks rakendati jällegi käsipumbast ümberehitatud kolvpump, mida käitati vahelelülitatud transmissioonilt. Ümberehitusel parandatud pump andis keskmiselt 25 liitrit vett minutis kuni 15 at survega. Töötamisel osutus see saavutus rahuldavaks vaid väiksematel sügavustel, kuna sügavuse kasvades antud veehulk küllaldane ei olnud ja seetõttu puudus võimalus suurendada vajaduse järgi puurmasina tiirude arvu.

^a TEHNIKA AJAKIRI Nr. 5, 1937, A. A. Linholm; Rakendus-geoloogilisi oletusi Jõhvi magnetilise anomaalia piirkonna kohta.

^b Vt. märkus eelmisel leheküljel. Samuti tasub teada, et tol ajal ei eristatud Eestis veel Silurit ja Ordoviitsiumi.



Teemantpuurimise alul tuli osutada äärmist ettevaatust teemantkrooni suhtes, kui selgus, et kembriumi settekihtide ja süvakivimite kontakt koosnes mitme meetri ulatuses kristaliinsete veerkivide lasust, kus kivide vahed olid täidetud savikate liivadega. Puurimist teostati masina aeglaste tiirude juures, et hoiduda teemantkrooni purunemisest, mis oleks võinud kergesti sündida kiiretel tiirudel, kui puurkroon kõvast kivist äkki pehmesse savisse sattudes ja sellest kiirelt läbi vajudes võinuks põrgata vastu järgmist kivirahnu.

Settekihtide lõppedes seisti täiesti tundmatute olude ees. Eestis ei tundud seni veel meie kristaliinset aluspõhja sügavpuurimiste kaudu. Vähemalt ei ole selliseist võimalikest puurimistest säilunud kusagil ei usaldatavaid andmeid ega ka puurproove. Seetõttu valitigi ettevaatuse mõttes puuraugu ülemise osa manteloru läbimõõduks

105 mm, et järgnevatel puurtöödel esineda võivate äparduste puhul võimalus oleks väikeselt puurkroonilt suuremamõõdulisele üle minna, ilma et peaks kaotama tervet tehtud tööd.

Teemantkrooni väliseks läbimõõduks valiti 47 mm ja see võimaldas keskmiselt 30 mm läbimõõduga puursüdamikuga saamist, mis on küllaldane läbistatavaist kivimeist selge pildi saamiseks. Teise puuraugu juures suurendati krooni välist läbimõõtu 49,8 mm peale, jättes seesmise mõõdu endiseks. Seega saadi suurem pind vajalise arvu lõiketeemantide paigutamiseks ja ka krooni enda vastupidavus tõusis.

Veerkividevahelised suuremad saviliiva pesad valmistasidki puurimisel rohkesti takistusi. Nii ei püsinud nendes puuraugu seinad ja auk kippus ummistuma. Pealegi ähvardas puurkrooni alaline kinnikiilumise oht. Seal tuli kasutusele võtta kiirelt tarduva tsemendi kaasabi. Seda pumbati läbi õõnsa puurvarda augu põhja, kus see siis kivistudes kõva prundi moodustas, millest järgmisel päeval läbipuurides saadi ka savipesades puuraugule püsivad seinad.

See veerkividest koosnev tugevasti murenenud lasu lõpeb aga juba 256 meetrilisel sügavusel ja sealt edasi muutuvad kivimid kompaktseteks ning värsketeks. Nüüd avanes ka võimalus puurimiskiirust ja survet puurkroonile tõsta, ning ei tekkinud vajadust suurema läbimõõduga teemantkrooni tarvituselevõtuks.

Esimesed teemantkroonid telliti Saksamaalt firma Bade & Co. juurest ja nendes kasutati kõrgekvaliteedilisi Brasiilia amorfseid teemante n. n. karboone (carbonados), milliste hind oli umbes Kr. 185.- karaat^a. Ühte puurkrooni paigutati ligikaudu 8 karaati sarnaseid kive ja need võimaldasid keskmiselt 2 meetrit süvakivimeid läbi puurida, mille järele teemandid oma pesadest välja võtta ja kulunud nurga asemel krooni lõikepinnale uus terav nurk pöörata tuli. Selline teemantide ümberpaigutus toimus Saksamaal ja koos karboonide kõrge hinnaga põhjustas terve töö ebanormaalselt suuri kulusid.

Esimene puurauk lõpetati 505 meetrilisel sügavusel, kuna suurte kulude tõttu puurimiseks kokkupandud kapital oli kiirelt lõppenud.

Edaspidisteks puurimisteks õnnestus saada riiklist laenu ja nüüd teostati suuremad ümberehitused puurmasina juures, et puurimiskiirust tõsta ja ühtlasi töökulusid vähendada. Puurmasina lihtsad hõõrilaagrid asendati rull- ja kuullaagritega, mille

tõttu võimalikuks osutus puurvarda tiirude arvu 120 tiirult kuni ligi 400 tiiruni minutis tõsta. Samuti kasutati ära teemantpuurimise tehnika uusimad saavutised ja seniste kalliste karboonide asemel katsetati teise puuraugu puurimistöödel juba ligi kümme korda odavamate n. n. bort-teemantidega, millest uuemad literatuur-andmed tõid huvitavaid tähelepanekuid. Nimelt on bort-teemandid alles hiljuti leitud sobivaimaks ja kõvimaiks just kõvades kivimites puurimiseks^b.

^a Väga ligikaudse hinnangu järgi oli tollase Eesti krooni ostujõud võrdne 60...70 praegusega (2008.a)

^b JOURNAL OF THE CHEMICAL, METALLURGICAL AND MINING SOCIETY OF SOUTH AFRICA, Jaanuar 19U, lhk. 318, Clair: Diamond Drilling.

Tehtud paranduste tõttu suudeti mõningate katsetuste järele saavutada juba päris häid tulemusi puurtööde edukuses. Nii oli parimaks tagajärjeks teise puuraugu puurimisel kõvas graniidis tervelt 150 cm puurauku tunnis, kasutades puurimiseks bort-teemante. Seda tagajärge võib julgesti kõrvutada rahvusvaheliste tagajärgedega teemantpuurimise alal, kuigi Jõhvis töötava masina tiirude arv minutis ei tõusnud üle 400. Praktika andmetel aga mujal maailmas on sobivaimaks kiiruseks teemantpuurimisel 49,7 mm läbimõõduga puurkrooni juures tervelt 1000 tiiru minutis.

Kuna vahepeal olid ka soomlased teemantpuurimisel rikkalikke kogemusi omandanud, siis õnnestus nende juures teemantide kroonidesse paigutamist äraõppida ja seda tööd juba kohapeal Jõhvis teostada.

Bort-teemantide tarvitusele võtmisega tõusis teemantkrooni vastupidavus nii, et senise kahemeetrilise karboonidega puurimise asemel tuli nüüd puurimine teemantide ümberpaigutamiseks katkestada alles kolme ja vahel isegi suurema arvu meetrite järele. Seetõttu avanes võimalus puursüdamikude püüdetoru pikkust kolmele meetrile suurendada, mis omakorda puuri stabiilsemaks töötamiseks kaasa aitas.

Esimese puuraugu juures selgus, et seni kasutatav lihtne südamikutoru ei ole otstarbekohane, kuna selles sageli murdunud südamike kinnikiilumiste tõttu suured hõõrumised tekkisid, põhjustades südamike saamisel suuri kadusid. Seepärast võeti teise puuraugu töödel kasutamisele kahekordsete seintega südamikutoru ja siit peale ilmnes kohati kuni 98% südamiku saak võrreldes läbipuuritud profiiliga. Sellegipärast oli ka teise puuraugu keskmine südamikusaagi protsent tuntavalt väiksem, mille põhjusi mitmesugustest äpardustest tuleb otsida, nagu puuri tõstmisel südamiku tükide osaline augu põhja kukkumine, kust neid sageli ei olnud võimalik tervetena kätte saada, vaid nad tulid meisliga puruks raiuda, et vabastada augu põhja puurimistööde jätkamiseks, jne.

Esimese puuraugu töödel oli tavaliseks puurimise kiiruseks keskmiselt 180 tiiru minutis ja suurimaks tiirude arvuks 270. Bort-teemantide tarvitusele võtmisega osutus vajalikuks puurmasina tiirude arvu üle senise maksimumi suurendada ja selleks varustati teise puuraugu settekihte läbistav osa 51 mm läbimõõduga manteltoruga, kus nüüd kitsama ruumi tõttu puurvarras ka suurimatel tiirudel liigselt võnkuma ega vastu manteltoru seinu peksma ei pääsenud. Samuti oli nüüd võimalik survet puurkroonile tõsta, saades seega paremaid tulemusi puurtööde edukuse mõttes.

Esimese puuraugu lõppsügavuseks on praegu 505 meetrit ja selle süvendamisel tuleks ka siin puuraugu ülemine osa varustada puuri stabiilsuse tõstmiseks 51 mm manteltoruga.

Kuna tagajärjed esimese augu töödel püstasendis olevat kivimite kompleksi oletada lasksid, mis võib olla languse põhja suunas omab, siis valiti ettevaatuse pärast teise puuraugu asukohaks punkt, mis esimesest august kõigest 60 m kaugusel põhjasuunas asub, et hoiduda võimalusest mitte tabada uuritavat kivimite kompleksi.

Siin kasutati omavalmistatud teemantkroone, millistesse keskmiselt 52 bort-teemanti, kogukaaluga ea 12 karaati paigutati. Üksikute kivide suurus kõikus seejuures 0,25 ja 0,5 karaadi vahel. Nende hind oli keskmiselt Kr. 20.- karaadilt.

Üldiselt toimus teise augu puurimine palju kiiremini kui esimese puuraugu töö, kuna teostatud tehniline viimistlemine puurseadmete juures soodsaid tulemusi andis. Ka olid puurijad ise vahepeal rohkesti väärtuslikke kogemusi omandanud.

Teise puuraugu üldsügavuseks on 721,5 meetrit, millest ülemine osa koosneb 241,5 meetri ulatuses siluuri ja kembriumi settekihtidest. Seega on siin 480 meetrit läbistatud süvakivimeid, milliste läbipuurimine toimus 1905 töötunni vältel. Sellest kulus :

normaalseks puuri tõstmiseks ja remontideks	548 tundi = 29%
mitmesuguste ettenägemata töötakistuste kõrvaldamiseks, nagu puurvarraste katkemised, puurkrooni vigastused, masinarikked, jne.	733 tundi = 38%
tegelik puurimine	624 tundi = 33%
Kokku	1905 tundi = 100 %

Puurimistöodel oli ühes vahetuses korraga tööl 1 puurmeister ja 3 töölist.

Siit näeme, et ettenägemata töötakistusi esines rohkem kui normaalsel puurimisel vast võiks lubada. Need takistused olid peamiselt puurvarraste materjalivigadest tingitud, kuna suurelt osalt siin juba eelmisel puurimisel kulunud ja vigastatud puurvardaid kasutati.

Tähendatud 480 m ulatuses süvakivimite läbistamiseks valmistati kokku 132 teemantkrooni, milledesse asetati üldse 250,89 karaati Lõuna-Aafrika päritoluga bort-teemante, koguväärtuses Kr. 4634,73. Siia on kaasa arvatud ka teemantide lõhenemisel ja purunemisel tekkinud kaod. Tegelike töötamiskulude osas saame seega :

teemantide arvel	Kr.	4634,73
teemantkroonide materjali arvel	Kr.	480,-
kütteõli (mootoris) ja määrdeõli arvel .	Kr.	1900,-
tööliste palgade arvel	Kr.	11175,-
Kokku	Kr.	18189,73

Järjelikult on kulusid iga läbipuuritud meetri puuraugu kohta :

teemante 0,52 karaati	Kr.	9,65
kroonide materjal	Kr.	1,-
tööliste palgad	Kr.	23,28
mootori- ja määrdeõlid	Kr.	3,96
Kokku	Kr.	37,89

Loomulikult lisanduvad siia veel masinate ja seadmete amortisatsioonikulud, tööriistade ja masinate korrashoid, jooksev remont, ettevõtte ärikulud jne.

Vaadeldes kokkuvõttes teise puuraugu töodel saavutatud puurtehnilisi tagajärgi ja kõrvutades neid rahvusvaheliste tulemustega, peab rahuldusega konstaterima, et vaatamata puudulikule ja osalt improviseeritud sisseseadele, võib nende tulemustega rahule jääda. Teemantpuurimise kiirus sarnases kõvas kivimis nagu Jõhvis, kus puhta puurimisaja kohta on keskmiseks saavutuseks 0,77 meetrit puurauku tunnis, on kahtlemata tänapäeva tasemel. Samuti on üldine tagajärg, kui arvata kaasa normaalsed ja erakorralised seisakud puurimistöös, keskmiselt 0,25 meetrit puurauku tunnis, mis ka moodsate seadmete juures ei ole just kõige halvem saavutus.

1.3 Esimene puurauk.

Siluuri ja kembriumi ajastute settekihid moodustavad siin puurprofili algul 237,7 m pikkuse osa, mis koosneb peamiselt liivakividest, savidest ja paest. Retsentsete liivade ja savide all algavad 8 meetri sügavusel siluuri paed ja ulatuvad kuni 25,5 meetrini, kus ligi ühe meetrilise savikihi ja 90 cm diktioneemakildi all järgneb kembriumi liivakivi, ulatudes kuni 53 m sügavuseni, kus algab kembriumi sinisavi. Viimasena on kembriumi savide all alates 128,8 meetrilt kuni kristalline aluspõhjani tihedad liivakivid.

Nendele settekihtidele järgnevad Eestis esmakordselt sügavpuurimise teel avastatud kristaliinsed süvakivimid, mis esimeses puuraugus 237,7 m sügavusel algavad ja on käesolevas profiilis jälitavad 266 meetri ulatuses, s. o. kuni sügavuseni 505 meetrit.

Esimestel meetritel koosneb süvakivimite vöö saviliivadega kokku kitud veerkivimeist, mis tugevaid murenemistunnuseid näitavad. See nähe laseb oletada sarnase geoloogilise perioodi olemasolu, kus kristaliinsed kivimid pikemat aega maapinna läheduses asusid ja seetõttu atmosfääriliste tegurite - vesi, õhk - mõjutuse all olid, enne kui nendele sadestusid kembriumi liivakivid. Murenemistunnused kaovad kaunis järsku umbes 256 meetrilisel sügavusel ja kivim muutub värskeks.

Mikroskoobiliste vaatluste sooritamiseks valmistati esimese puuraugu puursüdamikest üldse 43 õhukest lihvi ja 39 pindlihvi. Sügavuse järjekorras selgusid nendest lihvidest järgmised andmed:

S ü g a v u s 238 m: murenenud augiiti sisaldav gneis suurte põldpao fragmentidega ja kohati amfibool ühenduses granaat-skarniga. Märkatav karbonatiseerumine. Magnetiid sporadiliselt piirab ja läbib segakivimi mineraalkomponente ning esineb osaliselt kihilise magnetiid-kvartsiidina.

S ü g a v u s 243,6 m: äärmiselt tugevalt surutud pegmatiit mosaiik-kvartsiga ja suurte põldpao üksustega. Magnetiid esineb sporadiliselt ja samuti kui eelmiseski sügavuses.

S ü g a v u s 251,3 m: murenenud amfibool-gneis laialdase karbonatiseerumisega ja magnetiid-kvartsiidis nähtavate magnetiidi idioblastidega.

S ü g a v u s 256,8 m: murenenud amfibool-gneis selge karbonatiseerumisega. Mosaiik-kvarts ja granaat-skarn. Rohkem moondunud magnetiidi idioblastid, millede ümber osaliselt näha püriiti.

S ü g a v u s 257 m: tüüpiline kihiline magnetiid-kvartsiit. Ebatäielikult arenenud püriidi idioblastid, milledest mõned kuni 2 mm pikad. Püriidi üksused on nii magnetiidi ümber kui ka selle sees. Kivim: pegmatiit magnetiid-kvartsiidiga ja granaat-amfibooliga.

S ü g a v u s 258 m: muljutud magnetiidi kihid ühenduses granaat-skarniga, mosaiik-kvartsiidiga ja vähese püriidiga. Kivim : granaat-skarn ja pegmatiit.



Foto : Nr. 1. Sügavus : depth : 263 m, Suurendus : magnified 5 ×. ^a

Ühe cm laiune magnetiidi soon väikeste püriiditerakestega (valged) magnetiidis. Vasakul pegmatiit; paremal skarn granaatidega (hallid). A vein of magnetite one cm in width. In the magnetite grains of pyrite. On the left: pegmatite. Right: skarn with garnets (grey).

S ü g a v u s 258,2 m: peagu ilma maagita pegmatiit ja granaatskarn.

S ü g a v u s 260,5 m: oliviini sisaldav granaat-pürokseenskarn. Magnetiidid osalt kihilised ja osalt hõlmavad granaate, pürokseene ja amfibooli. Püriit esineb väikestes, kuni 1,5 mm läbimõõdus, üksustes kaunis rohkelt nii kivimisis kui ka magnetiidis ja magnetiidi ümber.

S ü g a v u s 261,9 m: suhteliselt palju maaki, peamiselt magnetiiti, milles kaunis suured püriidi idioblastid ja ka suured magnetiidi idioblastid. Magnetiidid osalt kihilised. Püriit oma ette pesadena ja ka magnetiidi sees ning selle ümber.

S ü g a v u s 262,6 m: väga vähesel maagisisaldusega pegmatiit.

S ü g a v u s 263 m: granaat-vilgukivi-skarn ühes pegmatiidiga. Nende vahel ligi 2 cm laiune magnetiidi soon, milles 80-kordsel suurendusel loeti üle 100 väikese püriidi idioblasti. Nende asetus laseb oletada suunatud surumist (Stress).

S ü g a v u s 266 m: vilgukivi-granaat-skarn ja magnetiitkvartsiidid. Kitsad, rebitud magnetiidikihid, millele pindadel leiduvad üksikud püriidikihid ja idioblastid.

S ü g a v u s 267,8 m: granaat-skarn koos oliviinisisaldava pürokseen-amfibool-kivimiga. Magnetiidid : nagu eelmiselgi sügavusel, kuid laiemates kihtides ja vähem püriiti.

S ü g a v u s 272,1 m: granaat-epidot-skarn ühes amfiboolpürokseen-kivimiga. Kihiline magnetiidid umbes 25% lihvipindalast.

S ü g a v u s 277 m: granaat-vilgukivi-skarn ühenduses apatiiti sisaldava pegmatiidiga. Ussrani, ortoklas, mikropertiit, hapu plagioklas. Lõhed põldpagudes täidetud kloriidiga. Magnetiidid väga vähe ja sellega koos veidi püriiti.

S ü g a v u s 284 m: maagivaba pegmatiit nagu eelmine proov.

S ü g a v u s 311,5 m: pürokseen-granaat-skarnis läbistavad püriidi idioblastid granaate ja pürokseene. Magnetiidid-kvartsiidid magnetiidi kihid.

^a Toimetaja märkus: Vaatamata originaali hämmastavalt heale kvaliteedile (ikkagi 1940. a sügis) ei osutunud fotokujutisi paremaks teha. Kas õnnestuks leida üles õhikuid?

S ü g a v u s 325 m: granaat-skarn vähese pegmatiidiga. Püriidi idioblastid hulgaliselt läbikasvanud pürroitiiniga. Sageli tungivad püriidi üksused läbi pürroitiini agregaatide, millised reflekteeruvad rohkem tumekollastena, omades pruunika varjundi. Magnetiid esineb koos püriidiga ja pürroitiiniga kihiliselt.

S ü g a v u s 329 m: magnetiid-kvartsiidi kihid peagu ilma püriidita.

S ü g a v u s 342,8 m: selgelt kurdunud vilgukiviga ja suurte granaatidega granaat-vilgukivi-skarn, milles kergelt muljutud magnetiidi kihid vähese püriidiga.

S ü g a v u s 347 m: granaat-skarn magnetiid-kvartsiidiga ja pegmatiidiga. Suured, kuni 0,5 cm läbimõõdus, magnetiidi idioblastid peenelt viirse magnetiid-kvartsiidi kõrval. Viimase sees väikesed püriidi terakesed.

S ü g a v u s 350 m: ebapuhast skarn koos pegmatiidiga. Ebatäielikult läbisegatud magnetiidi idioblastid, millede sees ja ümber veidi enam püriiti kui eelmises lihvis.

S ü g a v u s 363,4 m: suurte ortoklasidega, mikropertiidiga ja hapu plagioklasiga pegmatiit, milline sisaldab rohkesti apatiiti, granaat-vilgukivi-skarni kõrval.

S ü g a v u s 368,8 m: segatud magnetiidi kihid, peagu ilma püriidita, granaat-vilgukivi-skarnis. Umbes 30% lihvipinnast koosneb magnetiidist.

S ü g a v u s 369,7 m: paksemad ja ka päris õhukesed, kohati rebitud magnetiidi sooned magnetiid - kvartsiidis läbistavad vilgukivipürokseen-skarni.



Foto: Nr. 2. Sügavus: depth: 370,1 m, Suurendus: magnified: 5 ×.

Kurrutatud magnetiidi kihid (valged) voolavad ümber skarnkivimi suuremate pürokseenide ja granaatide. Folded bands of magnetite (white) flowing c,,; ound the larger pyroxenes and garnets of the skarn-rock.

S ü g a v u s 370,1 m: pegmatiidiga segunenud skarn-kivimis kihilised ja õhukeseks veninud magnetiidi sooned, millised on tugevalt ja ebakorrapäraselt kiprunud. Mõned püriidipesakesed omaette ja ka magnetiidi sees ja selle ümber. Magnet-püriidi jäljed.

S ü g a v u s 397,5 m: sporaadiliselt maaki sisaldav skarn ja pegmatiit.

S ü g a v u s 407,4 m: ebapuhtas skarn-kivimis läbistab poole cm paksune püriidi soon skarni magnetiid-kvartsiidi, milline näitab nõrka segunemist.

S ü g a v u s 427,3 m: pürokseen-kivim magnetiidi sisaldusega. Peagu igalpool ümbritseb maaki kitsas diopsiidilistest pürokseenidest koosnev reaktsiooni vöö.

S ü g a v u s 431,8 m: amfibool-pürokseen-kivim koos amfibool-pürokseen-skarniga, mida läbistab osalt hästi kiprunud ja viirne magnetiid-kvartsiit. Püriit puudub. Lõhedes kaltsiit.

S ü g a v u s 439,8 m: pürokseen-amfibool-agregaat läbistatud ja piiratud magnetiidist, kuna magnetiit-kvartsiidi mosaiik-kvarts on peagu täiesti ilma maagita. Vähe püriiti magnetiidis ja selle lähedal.

S ü g a v u s 441 m: magnetiit vähese püriidiga nõrgalt muljutud kihikestena koos venitatud räniteri sisaldava magnetiit-kvartsiidiga, mis moodustab pürokseen-amfibool-agregaadist ühe komponendi.

S ü g a v u s 449 m: ebareeglipäraselt jaotatud magnetiit ümbritsetud vähese püriidiga, pürokseenidega ja amfibooliga, milline agregaat moodustab segu granaat-pürokseen-skarnidega. Magnetit on siin veel olemas muljutud kihtides magnetiit-kvartsiidis. Kivimit läbistavad lõhekesed on osaliselt täitunud kaltsiidiga. Pürokseenamfibool-agregaadi pürokseenid ja amfiboolid on osaliselt serpentiniseerunud.

S ü g a v u s 453 m: sporaadiliselt püriiti sisaldavad magnetiidi kihikesed.

S ü g a v u s 454,2 m: pürokseen-amfibool-agregaadi murenenud, karbonatiseerunud ja serpentiniseerunud-pürokseenid ja amfiboolid hõlmavad magnetiiti. Pragudes kaltsiidi tekkimine. Pürokseen-amfibool-agregaat on segunenud granaat-skarniga, milles leiduvad magnetiit-kvartsiidi kihid.

S ü g a v u s 455,8 m: vähese püriidiga magnetiit apatiiti sisaldavas magnetiit-kvartsiidis ühes murenenud pürokseenide ja amfibooli kihtidega. Kivimis rohkesti pragusid. Soolhappe toimel kihiseb vaid pürokseen-amfibool-agregaadi osas.

S ü g a v u s 459 m: vähe muljutud magnetiit väga vähese püriidiga magnetiit-kvartsiidis, milline on seotud serpentiniseerunud ja karbonatiseerunud pürokseen-agregaadi pürokseenidega. õhukeses lihvis on selgelt näha maagi kihiline ehitus.

S ü g a v u s 475,3 m: sporaadiliselt püriiti sisaldav magnetiit esineb osaliselt magnetiit-kvartsiidis kihilisena ja osalt hõlmab ta pürokseen-amfiboolkivimite pürokseene, oliviine ja rohelist amfibooli.

S ü g a v u s 475,6 m: kivim identne eelmisega. Vähe püriidiga magnetiit esineb kihilisena magnetiit-kvartsiidis, milline on seotud pegmatiidiga. Pindlihvis on näha püriidi kristalle selles osas, milline näitab kurrutust ja vaid mõned üksikud agregaadid kihilises magnetiit-kvartsiidis. Pindlihvi keskel pegmatiidi soon ebahõltselt paigutatud magnetiidiga.

S ü g a v u s 483 m: magnetiit ja vähemal määral eraldunud püriit suurtes agregaatides täidavad granaatide vahelisi tühikuid. Granaadid kuuluvad hästi arenenud granaat-vilgukivi-pürokseen epidot-skarnide kompleksi. Samuti tungivad magnetiidi ja püriidi üksused suurte vilgukivi lehtede vahelt esile.

S ü g a v u s 485 m: pegmatiidiga seotud granaat-vilgukiviskarn. Maaki äärmiselt vähe: veidi magnetiiti ja üksikud püriiditerad piiratud tumedast vilgukivist.

S ü g a v u s 485,5 m: hästi arenenud ussräniga pegmatiit sisaldab ortoklasi, mikropertiiti ja hapu plagioklasi põiklõikeid ning veidi apatiiti. Kivim seotud granaat-vilgukivi-skarniga. Maak puudub peagu üldse.

S ü g a v u s 488 m: magnetiiti vähe. Lihviserval hulgaliselt püriidi idioblaste skarn-kivimis ja veidi pegmatiiti. S ü g a v u s 491 m: kompaktne kuni 0,8 cm paks magnetiidi soon pegmatiidi suurte kvartside, ortoklaside ja mikropertiitide vahel. Magnetit tungib ka peenemaid pragusid kaudu põldpao ja vilgukivi sisse.



Foto: Nr. 3. Sügavus: depth: 491 m, Suurendus: magnified: 5 ×.

Magnetiidipesa pegmatiidis. Vasakul ja all põldpagu, paremal räni.

A nest of magnetite in the pegmatite. Left and bottom: feldspar, right: quartz.

S ü g a v u s 495 m: peagu püriidivaba magnetiit hõlmab skarn-kivimi granaate ja vilgukive n.n. magnetiitvõrguna ja esineb, osalt ka rebitud kihtidena kivimis.

S ü g a v u s 499 m: enam või vähem rebitud magnetiidikihid granaat-skarnis. Sarnaneb üldiselt eelmisele proovile.

S ü g a v u s 502 m: hästi arenenud, kurruline, muljutud magnetiit-kvartsiit vähese rohelise pürokseeniga ja rohelise amfibooliga granaat-skarnid. Püriit peamiselt eraldatuna ja vähemal määral magnetiidi sees. Pindlihvis nähtub magnetiidi kogunemine kindlatesse kihtidesse, kusjuures need kihid on siis enam või vähem rebitud.

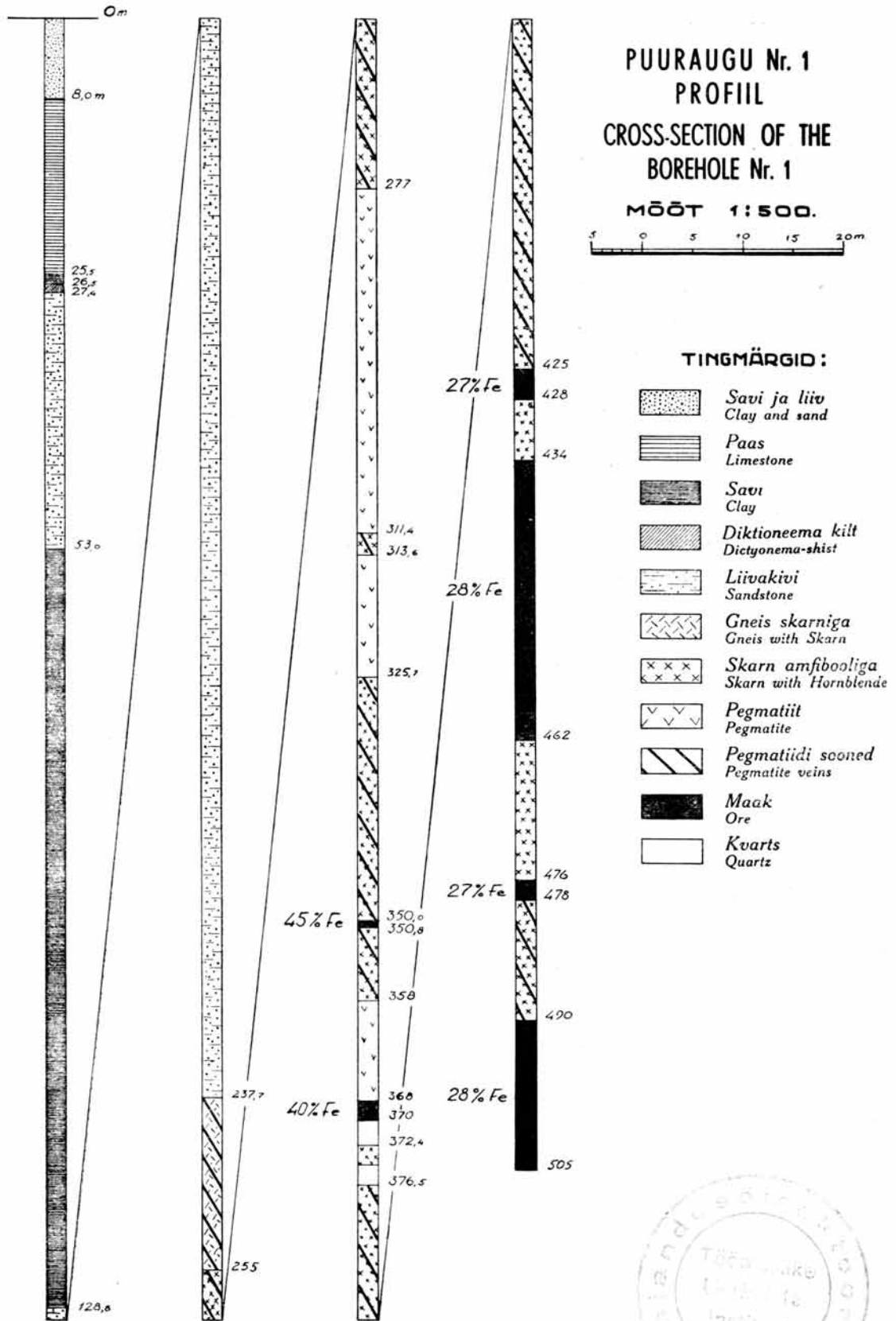
S ü g a v u s 504 m: granaat-pürokseen-skarn. Püriiti rohkem ja see esineb osalt püriit-võrguna, osalt kihtidena, kuid ikka eraldatuna oma ette. Magnetiiti vähem, kuid üksikutes kihtides kohati kontsentreerituna. Veidi pürrotiini omaette ja lihvi serval püriidi sees kaks juuspeent vasepüriidi soonekest.

Kõikide nende lihvide juures teostatud vaatluste tulemusena selgus, et meil on siin graniitse kivimitekompleksiga tegemist, mis on kohati pegmatiitseks arenenud ja sisaldab vahelduva rohkusega magnetiiti.

Pegmatiidid läbivad seda kompleksi mitmesugustes sügavustes ja seal kus nad on tihedalt seotud skarnidega (skarn sõna laiemas mõttes), seal sisaldavad pegmatiidid ka magnetiiti, kuna paistab tõenäosena, et maagikandjana esinevad kohati amfiboole sisaldavad skarn-kivimid.

Selle kivimitekompleksi peamine maak on magnetiit ja selle kõrval esineb palju vähemal määral püriiti. Veelgi vähem on maagis leiduva pürrotiini hulk ja vasepüriiti esineb hoopis sporaadiliselt määras, mis on ilma praktilise tähtsusega.

Iseloomult on esinev maak kihiline magnetiit-kvartsiit, milles samuti kihtidena leiduvad granaadid, pürokseenid ja amfiboolid. Tektooniliselt on kivimid ja maak tugevalt mõjustatud, mis nähtub maagi kihtide sagedases kurrutuses ja rebitud struktuuris. Selget tektoonilist mõjutust näitavad eriti magnetiit-kvartsiidis leiduvad mosaiik-räni agregaadid ja pegmatiitide suured põldpao üksused,



Õhemaid maagisooni kõrvalejättes näeme, et käesolevas profiilis esinevad neli magnetiidirikamat vööd järgmistes sügavustes :

sisaldades ea 40% Fe, 2 m paksune vöö 368 m ja 370 m vahel,

sisaldades ca 27% Fe, 3 m paksune vöö 425 m ja 428 m vahel,

sisaldades ea 28% Fe, 28 m paksune vöö 43-4 m ja 462 m vahel ja

sisaldades ca 28% Fe, 15 m paksune vöö 490 m ja 505 m vahel.

Kõik need neli maagivööd kokku moodustavad esimeses puuraugus umbes 48 m kogupaksusega maagilademe, mis sisaldab keskmiselt 28% soolhappes lahustuvat rauda, kusjuures on eriti huvitav, et sügavuse kasvades näib maagi kvaliteet paranevat. See viimane tähelepanek tingib olemasoleva puuraugu süvendamise jätkamist, et selgitada maarde iseloomu täpsemalt.

Tähendatud rikkamate maagivööde kõrval leidub käesolevas profiilis rauda peagu igal horisondil, väljaarvatud vast pealmised settekihid ja pegmatiitide vööd, kuid nende rauasisaldus ei tõuse kusagil üle 20%, vaid püsib enamikus tuntavalt allpool seda määra.

Nelja maagivöö maake analüüsid, ilmsid järgmised asjaolud : kõige esmalt on loomulik suur ränihappe sisaldus maagis, kuna meil on siin tegemist peamiselt magnetiit-kvartsiidiga. Nii näitas Tallinna Tehnikülikooli Anorgaanilise ja Analüütilise Keemia laboratooriumis sooritatud 28% rauasisaldusega maagi analüüs tervelt 36% ränihapet.

Kahjulikke lisandeid otsides selgus, et titaani sisaldus kõigub üldiselt madalais piires ja ei tõuse üheski proovis üle 0,3%. Samuti ei leidu maagis vanaadiumi.

Väävlisisaldus on väga kõikuv. Kohati tõuseb see kaunis kõrgele ja ületab hulgalt magnetiidi, kuid keskmiselt jääb ta siiski alla ühte protsenti.

Fosfori leidub maagis võrdlemisi vähe ja kuna mikroskoobilisel uurimisel ilmnes, et fosforikandjaks maagis on mineraal apatiit, siis on tõenäoline, et magnetilisel rikastamisel eraldub mittemagneetne apatiit koos aherainega maagist ja kontsentraat võib osutada koguni praktiliselt fosforivabaks.

Edasi leidub maagis väga vähesel määral vaske vasepüriidi kujul ja huvitaval kombel on ka siin märgata sügavuse kasvades, olgugi .

minimaalsel määral, vasehulga suurenemist. Nii on eelpool tähendatud neljas maagivöös vasesisaldus järgmine:

esimeses vöös 0,01% Cu,

teises vöös 0,01% Cu,

kolmandas vöös 0,05% Cu ja

neljandas vöös 0,07% Cu.

Lõpuks oleks veel märkida kõikides maagivöödes kindlakstehtud tsingijäljed, millised ilmsid Loodusvarade Instituudi poolt teostatud analüüsid. Missugune mineraal tsingi kandjana esineb, seda ei ole selle elemendi vähese hulga tõttu esimesest puuraugust võetud proovides mikroskoobiline uurimine veel suutnud selgitada, kuna arvatavasti on tsingi mineraal võrdlemisi ebahühtlaselt maagis jagunenud.

Üldisest maagi iseloomust annab ettekujutuse Freibergi Mäeakadeemia Rikastuslaboratooriumis tehtud keskmise maagiproovi analüüs:

Fe	31,15%
Mn	1,62%
SiO ₂	41,83%
Al ₂ O ₃	4,17%
CaO	2,41%
MgO	3,88%
K ₂ O Ja Na ₂ O	0,42%
P	0,08%
S	0,20%
Cu	0,02%
Ti	0,27%
Zn	jäljed
Niiskus	0,45%
Kuumutuskadu	2,26%
	100,51%

Maagis leiduv raud on selles analüüsis totaalne raud, kuna soolhappes lahustuvat rauda oli selles proovis 28% ja ülejääk on mittelahustuv silikaat-raud, mis maagi väärtuse määramisel ei ole mõõduandev.

1.4 Rikastuskatse.

Kõik neljast maagivööst saadud puursüdamikud lõhestati pikuti, üks pool jäi arhiivi, kuna teine pool andis ligi 55 kg rauamaaki keskmise sisaldusega 28% soolhappes lahustuvat rauda. Selle maagi juures sooritati rida magnetilisi rikastuskatseid.

Maagis olev magnetiit on väga peenelt aherainega läbikasvanud ja seetõttu osutus vajalikuks intensiivne jahvatamine küllaldase peensuseni, et lahutada magnetiit aherainest enne magnetilist eraldamist. Loomulikuks rikastusmenetluseks selle maagi juures on kahtlematult magnetiline separatsioon ja kuna katsel kuivmenetlus magnetilisel trummel-eraldajal ei andnud produkti peenuse tõttu soovitud tagajärgi, siis teostati kõik rikastuskatsed märjalt, s. o, vee kaasabil, kasutades selleks Ullrich-separaatorit (Ringscheider).

Uuritavale maagile sobivaimat peenenduskraadi otsides jahvatati väikesed, paarisaja grammilised maagikogused kuulveskis mitmesuguste terasuurusteni ja eraldati magnetiliselt saadudprodukte.

Nende eelkatsete tulemused näitasid, et terve maak tuleb jahvatada toimpeeneks (Schlamm), kui soovitakse tõhusalt eraldada magnetiit aherainest. Parimad tulemused saadi sarnase maagiga, milline oli jahvatatud peensuseni läbi sõela 60 µ. Kui aga jahvatuskraad ei küüeninud selle peensuseni, siis oli tulemuseks päris vaene kontsentraat. Nii näiteks rikastati sarnast produkti, mille peensus kõikus 200 µ ja 60 µ vahel ning saadi kontsentraat vaid 42% Fe sisaldusega, mis loomulikult magnetiidi jaoks on liialt vaene.

Vähendades pidevalt terasuurust jahvatamisel selgus, et kogu maak tuleb jahvatada peensuseni läbi sõelaava 60 µ. Loomulikult nõuab kõva magnetiit-kvartsiit sarnase terasuuruseni jahvatusel suurt kulu sobiva produkti valmistamisel, aga selle eest on saadav kontsentraat kõrgeväärtuslik.

Töötamisel kasutati separaatori magnetiseerimisel 220 voldilise pingega ja 0,1 amprilise tugevusega alalisvoolu. Sooritatud magnetiliste rikastuskatsete tulemused eelpoolkirjeldatud produktiga Ullrich-separaatoris andsid järgmisi tulemusi :

Katse Nr. 1

20,4 kg jahvatatud maaki rauasisaldusega 28% Fe andis :

4,5 kg kontsentraati, sisaldusega 60,15% Fe,

3,7 kg I vaheprodukti, sisaldusega 54,9% Fe,

2,6 kg II vaheprodukti, sisaldusega 35,4% Fe ja

9,0 kg aherainet, sisaldusega 3,1% Fe.

Kadu : 0,6 kg.

Siit näeme, et kontsentraadi rauasisaldus on juba vajalisel kõrgusel ja kui võtta saagise hulka I vaheprodukt, milline tavaliselt koos II vaheproduktiga saadetakse uuesti üle veski separaatorisse, siis näeme, et maagis olevast kogurauast on selles katses kätte saadud ligi 84%, mis on küllaltki rahuldav.

Katse Nr. 2.

14,2 kg jahvatatud maaki sisaldusega 28% Fe andis:

3,1 kg kontsentraati, sisaldusega 60,01% Fe,

3,2 kg I vaheprodukti, sisaldusega 55,5% Fe,

0,4 kg II vaheprodukti, sisaldusega 20,50% Fe ja

7,2 kg aherainet, sisaldusega 2,3% Fe.

Kadu : 0,3 kg.

Koos I vaheproduktiga on selles katses saadud väga hea saagise protsent, mis on 91%, ja kui mõlemad vaheproduktid sooritavad ringkäigu uuesti, siis võib arvata, et see protsent ei peaks langema alla 90%.

Katse Nr. 3.

16,0 kg jahvatatud maaki sisaldusega 28% Fe andis:

2,9 kg kontsentraati, sisaldusega 58,02% Fe,

3,8 kg I vaheprodukti, sisaldusega 47,50% Fe,

2,4 kg II vaheprodukti, sisaldusega 23,60% Fe ja

6,5 kg aherainet, sisaldusega 5,1% Fe.

Kadu : 0,4 kg.

Selles katses on saagise protsent, kaasaarvates ka I vaheprodukt, kõigest 77%. Kuna uuel ringkäigul mõlemad vaheproduktid veel osa oma rauast kaotavad, siis on loomulikult lõppsaagise protsent siin veelgi madalam.

See katse ei ole üldiselt hästi õnnestunud, kuna katse vältel tekkinud rikke tõttu veejuurdevool oli ebakorrapärane ja sellest tingituna uhuti osalt aherainet kontsentraadi hulka, samuti sattus osa kontsentraati ka vaheproduktidesse. Ka on aheraines rauasisaldus senistest katsetest suurem, mille põhjuseks on asjaolu, et ajutine tugev veevoolus uhtus osa tolmpeenest magnetiidist aherjäägi hulka.

Katse Nr. 4.

2,2 kg jahvatatud maaki sisaldusega 28% Fe andis:

0,46 kg kontsentraati, sisaldusega 65,10% Fe,

0,34 kg I vaheprodukti, sisaldusega 59,55% Fe,

0,15 kg II vaheprodukti, sisaldusega 44,85% Fe ja

1,15 kg aherainet, sisaldusega 2,7% Fe.

Kadu : 0,1 kg.

Siin on saagise protsent ühes I vaheproduktiga ca 82% ja kui mõlemad vaheproduktid oma rännaku veelkordselt läbi rikastussüsteemi sooritavad, siis ei tohiks lõpp-produkti juures see enam langeda. Eriti silmatorkav selle katse juures on kontsentraadi kõrge rauasisaldus, mis on pea võrdne Sydvarangeri kontsentraadile Põhja-Norras, kus samuti toodetakse magnetiit-kvartsiiti, milles on soolhappes lahustuvat rauda 32,5% ja mittelahustuvat silikaat-rauda keskmiselt 2,5%. Seniavastatud Jõhvi rauamaagis on seevastu keskmiselt 28% soolhappeslahustuvat ja umbes 3% mittelahustuvat silikaat-rauda.

Kokku võttes võib ütelda, et Jõhvi rauamaak on väga tihedalt läbi kasvanud aherainega ja magnetiidi vabastamiseks aherainest tuleb kogu maak jahvatada läbi sõela 60 μ .. Ühe tonni kontsentraadi saamiseks umbes 62% Fe-sisaldusega tuleb jahvatada ja rikastada seda maaki umbes 2,5 tonni. Silmaspidades aga neljanda katse tulemusi, on tõenäollik, et kontsentraadi rauasisaldus võib heal juhul veelgi kõrgemaks osutuda.

Vaadates saadud kontsentraadi keemilist koosseisu näeme, et on tegemist väga kõrgevärtusliku produktiga, milles puuduvad niisuguste kahjulikkude elementide hulgad, milliste mõjul võiks kannatada maagi väärtus. Nii sisaldab neljandal katsel saadud kontsentraat järgmisi komponente ^a:

65,10% HCl-lahustuvat Fe,

9,55% SiO₂,

0,05% Cu,

0,76 Mn,

0,12% S,

0,03% Ti,

0,01% P ja

jäljed Zn.

Huvitav on fosfori sisalduse küsimus. Mikroskoobilisel uurimisel selgus fosfori päritolu maagis leiduva apatiidi näol. Toormaa sisaldab 0,08% fosfori, millest suurem osa magnetilise rikastusprotsessi vältel, kui mittemagneetne mineraal, kandus aherjäägi hulka, andes lõpptulemusena fosforivaese kontsentraadi.

Mis puutub rikastusel saadavat saagise protsenti, siis on tõenäollik, et tööstuslikus ulatuses ja hästi reguleeritud seadmetega töötamisel on võimalik saagist tõsta heal juhul üle 85%, kuna seda lootust õigustavad senised katsete tulemused. Samuti on Jõhvi maagile oma struktuurilt identse Sydvaranger maagi rikastamisel saadav saagise protsent 88, kusjuures saadakse 65-66% Fe-sisaldusega kontsentraat.

^a Analüüsitud Freibergi Mäeakadeemia Rikastuslaboratooriumis. (Autori originaalkommentaari).

A/S. Sydvaranger'i kirjaliku teate põhjal vajab sealne rikastustehas üldse 19 KWh elektrienergiat ühe tonni toormaagi töötlemiseks ja materjalide kulumised veskites on järgmised:

purustajates kulub 70 gr manganterast ühe tonni toormaagi purustamisel. Kuulveskites kulub 400 gr manganterasest otsplaate ja valtsitud terasest kestavoodrit. Trummelveskites kulub ränikivitäitest 600 grammi ja veski 125 mm paksune kvartsitvooder peab vastu 5000 töötundi, mille vältel jahvatatakse umbes 6,5 tonni toormaagi tunnis. Trummelveski mõõdud on 1400 mm × 500-0 mm.

Need andmed annavad lootust ka Jõhvi maagi tootmiskõlblikuks muutmisele, kui edaspidised sügavpuurimised küllaldaselt hulgal maaki avastavad ja kui võimalikuks osutub tööstusele odavat elektrienergiat muretseda põlevkivitööstuste väljaarendamisel.

1.5 Report on Diamond Drilling near Jõhvi. (Abstract.)

This report contains the main items of the drilling operations in the area of the magnetic anomaly at Jõhvi followed by a brief description of the petrographic character of penetrated rocks, whereby the necessity to continue the exploratory work is duly emphasised.

Whereas the present drilling results do not give enough and detailed data as to the genetic origin of the magnetite ores discovered by boring, the analysis in that direction has not yet been attempted.

A private company, „Magna, Ltd.", was formed in 1937 which started boring in the anomalous area. The superincumbent sedimentary formations of the silurian and cambrian ages were penetrated by the means of churn-drilling and from the depth of 237,7 m in the encountered granitic rocks diamond drilling was adopted. The work was carried out with an old reconstructed and reinforced hand-driven Craelius machine, which had to be rebuilt to be driven by a 10 HP oil engine. The diamond bits used had a diameter of 49.8 mm giving a core of approx. 30 mm in diameter and the well known bort-diamonds were used.

With that locally improved drilling rig 400 revolutions per minute at the bit were obtained, resulting in an average drilling speed of 0.77 m per hour excluding stoppages.

The working cost of drilling operations comprised the following items:

0.52 carats of diamonds	Kr.	9.65
steel for drill bits	„	1.-
wages	„	23.28
fuel and lubrication	„	3.96
Kr. 37.89 for every m drilled		

To this must further be added charges for repairs, spares, investment amortisation, etc.

From the drill-cores of the first borehole 82 specimens were prepared and observed under the microscope. These observations revealed that the rocks have a granitic character frequently developing into pegmatites, which intersect the granitic rocks at various depths. Where these pegmatites are more intimately connected with the skarn-like rocks (skarn in a broader sense of the word) they carry also magnetite. It appears that these skarn-like rocks, which frequently contain hornblende minerals, are the actual bearers of the ore.

The main ore in these rocks is magnetite. By far in smaller quantities appears iron-pyrite and in still smaller amounts the mineral pyrrhotite is present. Very sporadic is the occurrence of copper as chalcopyrite.

In general this ore has a character of a banded magnetite quartzite, where also in thin layers occur amphiboles, pyroxenes and garnets. It bears clear signs of strong tectonic influence as for instance can be observed in the foldedness and distraction of ore bands.

In the first borehole there are four major sections of magnetite ore amounting together to 48 m vertically with an average content of soluble iron of 28%. It is definitely a siliceous ore containing from 35 to over 45% of silica. Other harmful ingredients remain well below their respective danger points. Phosphorus for instance is never present in larger quantities than 0.08% and as it comes from the mineral apatite, the experiments with the magnetic separators have shown that most of it goes during the process of separation away into the waste, thus giving a concentrate which is practically free of phosphorus.

Investigations showed that the content of magnetite in these ores is steadily though slowly increasing with the depth. Same applies to the very small copper content.

The laboratory work in magnetic separation proved, that the ore must be milled very intensely due to the fine structure of the rock. Milling through the mesh of 60 μ . enabled to obtain a concentrate with up to 65% Fe, whereby the recovery was about 85% in average.

If further drilling should prove large enough ore bodies under favourable mining conditions and if the possibility of getting cheap electricity from the neighbouring oil-shale mines becomes real, it could be thought of mining this low-grade iron ore without a working loss.

It was possible to complete this report in a comparatively short, time because of the kind assistance and help rendered by the professors Dr. F. Schumacher, H. Madel and Dr. R. Schreiter, all of the Mining Academy Freiberg in Germany, who gave their laboratories to the authors disposal for research work and helped in many ways with practical hints, etc. To all these well known scientists I am glad to be able to express herethrough my sincerest thanks and appreciation.

1.6 Kasutatud literatuur:

- 1) Aktieselskabet Sydvaranger, Kirkenes: Kiri autorile, 21. 3. 39.
- 2) Tehnika Ajakiri Nr. 5, 1937.
- 3) Journal of the Chem., Met. & Mining Society of South Africa, 1937.
- 4) Text-Book of Ore Dressing, S. J. Truscott, 1923.

2. MINERAALKAEVITISTE RIKASTAMINE ^a

Originaal - TEHNIKA KUUKIRI 1943. a, nr 1 lk 18...21 ja nr 2, lk 41...43.

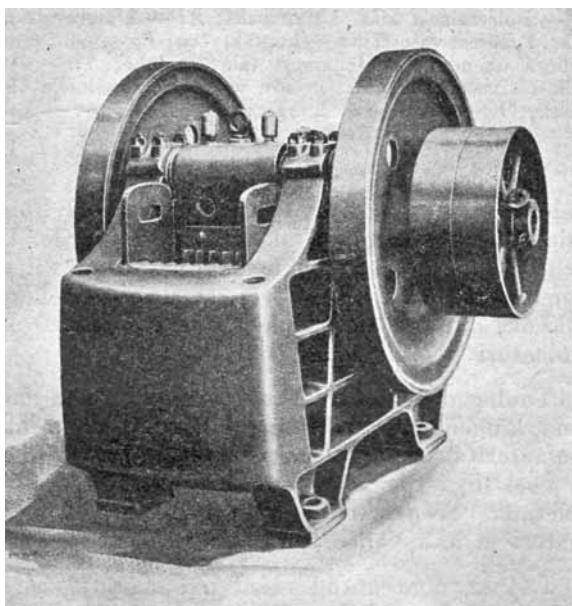
Varem kogumikus EESTI MÄENDUSKLASSIKA // TTÜ mäeinstituut, Eesti Mäeselts, 2006

Tänapäeva arenenud tehnika vajab üha suurenevais kogustes igasuguseid tooraineid, millede hulgas erilist tähtsust omavad kõige mitmekesisemad mineraalkaevetised. Harva on aga kaevandusest tulevad kaevetised kõlblikud otseseks kasutamiseks. Enamikul juhtudel vajab toorkaevetis vähemal või rohkemal määral puhastavat ja ettevalmistavat käsitlemist, enne kui ta osutub sobivaks tööstuslikuks kasutamiseks.

Nii näiteks on sageli vältimatu kasutu kivimi, s. o. aheraine kõrvaldamine toorkaevetisest ning samuti on mõnikord vajalik ka nende kahjulikkude lisandite eraldamine, mis takistaksid mineraalvara edukat tarvitamist. Nende puhastavate ja ettevalmistavate operatsioonide järel vabaneb mineraalkaevetis segavaist ja väärtusetuist komponentidest ning tema kvaliteet paraneb. Kasuliku aine sisaldus kaevetises tõuseb, s. o. produkt rikastub, tema väärtus kasvab. Sellest asjaolust ongi tingitud nende tööprotsesside sarja üldnimetus, mis taotlevad kaevetise väärtuse suurendamist. Mäemees nimetab neid protsesse mineraalkaevetiste rikastamiseks.

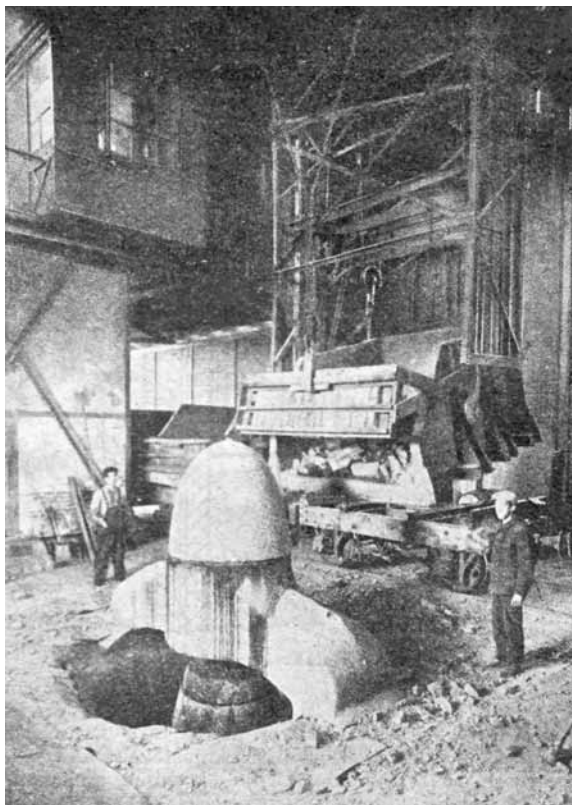
Moodne tehnika tunneb tervet rida mitmesuguseid rikastamismenetlusi, millede eesmärgiks on kahjulikkude ja ka aherainete eraldamine toorkaevetisest ning püüe saada võimalikult puhtaid mineraalkontsentrante.

Mõnelt kaevetiselt nõutakse, et ta oleks sorditud tüki suuruse järgi, sest see hõlbustab nende edasist kasutamist. Mõnda kaevetist saab jällegi edukalt kasutada vaid peenendatud kujul, jne. Kõiki neid protsesse hõlmab rikastamistehnika.



Joon. 1. Põskpurustaja.

^a Toimetaja kommentaar: Nii selles kui ka järgmises prof Linari artiklis on säilitatud autori loodud mäendusterminid: kaevetis, toorkaevetis = kaevis, vene mäemass, inglise ROM j.t. Paljud nendest mõistetest asendusid laenudega vene keelest (toosama mäemass, samuti tükkispõlevkivi) või muutusid sobivamaks kaasaegsele keelekasutusele.



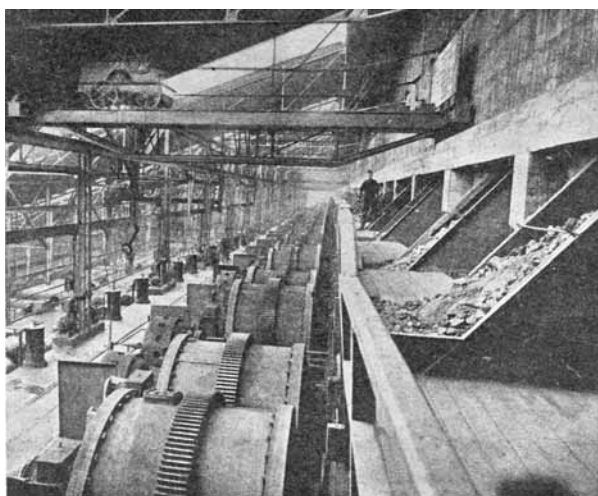
Joon. 2. Žiraator- (vurr-) purustaja rauamaagi purustamisel.

Kõik rikastamismenetlused tuginevad antud mineraalvaras esinevate mineraalkomponentide erinevaile füüsikalistele ja füüsikalise-keemilistele omadustele. Nende rakendamisel kasutatakse mitmesuguseid looduslikke fenomene, millede tõttu osutubki võimalikuks mineraalkomponentide separatsioon, s. o. üksteisest eraldamine.

Lihtsaim rikastamismenetlus on käsitsi sortimine. See algab juba kaevetööl kaevanduses endas, kus lahtimurtud kaevetise massist nopitakse välja suuremad aherkivitükid. Kui kasuliku kaevetisetüki külge on jäänud aherkivi, siis eraldatakse see kõpla- või vasaralöögiga.

Loomulikult ei suudeta seesugusel viisil eraldada kaevetisemassist kogu aherainet, sest see oleks liiga kulukas ja takistaks koristusesis edukat laadimistööd, eriti mehaanilise laadimise puhul. Seepärast teostatakse käsitsi sortimist kaevetise edasise transpordi vältel, kui see on juba töökohast väljunud.

Sortimine toimub aeglaselt liikuvail sortimislintidel ja selle protsessi teostamine on võimalik kasuliku mineraali ning ahermineraali erineva värvuse, läike ja vähemal määral erikaalu tõttu.



Joon. 3. Kuulveskid kaevanduse rauamaagi rikastamise vabrikus Põhja-Norras.

Liikuvail lindil mööduvast õhukesest toorkaevetise kihist nopib tööline aherkivitükid välja ja viskab need vastavasse anumasse või punkrisse. Keskmiseks sortimislindi liikumiskiiruseks on umbes 0,2

meetrit sekundis ja väiksemaks nopitava tüki läbimõõduks on soodsaimal juhul kuni 25 mm, sest sellest peenema produkti sortimine mehaaniliste vahenditega on tavaliselt odavam.

Mehaaniline rikastamine kasutab järgmisi tähtsamaid mineraalide erinevaid omadusi: tera suurus, tera kuju, hõõrdetakistus, erikaal, magnetiline läbitavus, elektrivoolu juhtivus ja mineraalide niisutatavus veega. Vähemal määral rakendatakse puhtkeemilisi rikastamismenetlusi, nagu amalgameerimine, lahustamine ja kuumutamine.

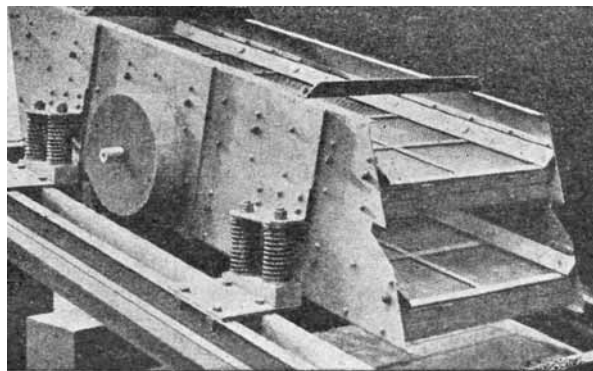
Enne kui on võimalik toorkaevetist rikastada ja seda eraldada üksikuiks komponentideks, on enamikul juhtudel vajalik kaevetise peenendamine, et vabastada kasulik mineraalne selle külge kasvanud aherainest. Vastavalt mineraalkomponentide läbikasvamise peenusele toimub toorkaevetise peenendamine mitmesugustes purustajates ja veskites. Purustaja valik sõltub peale selle veel peenendatava mineraalne iseloomust ja soovitud purustamispeenusest.

Kuna purustamine ja jahvatamine on kulukamaid operatsioone mineraalkaevetiste rikastamisel ning nõuab rohkesti energiat, siis on tähtis, et purustamine toimuks igal juhul ainult kuni nõutava peenuseni ja mitte üle selle. Tihti on vaja peenendada mõnda kaevetist, mida ei ole tarvis enam edasi rikastada, vaid mis kohe peale peenendamist läheb kas tarbimisele või keemilisele töötlemisele. Nii näiteks ei ole ratsionaalne saata suuri põlevkivitükke õliutmise retortidesse, sest suure tüki utmiseks kulub rohkem aega selleks, et kuumus jõuaks tükist läbi mõjuda, kui võrdse hulga väiksematükilise põlevkivi utmiseks. Utmisprotsessi kiirendamise eesmärgil peenendataksegi ülemääraselt suured põlevkivitükid.

Tähtsaimad purustajate tüübid ja neis saadavate produktide peenused on ligikaudu järgmised:

Purustaja tüüp:	Suurim toortüki läbimõõt mm	Purustatud produkti peenus mm
Põskpurustaja	1500...100	300...25
Žiraatorpurustaja	1500...50	250...10
Simons-žiraatorpurustaja	350...40	80...5
Valtspurustaja (sile valts)	50...10	10...3
Valtspurustaja (okastega)	500...200	200...25
Löökpurustaja	500...25	25...0.5
Veskid	Kuni 25	kuni tolmppeen

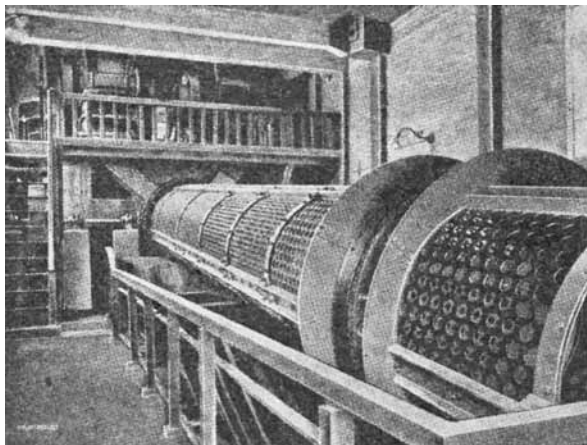
Sobivaimaks purustajaks põlevkivi peenendamisel on kahtlemata okastega valtspurustaja, sest see ei valmista palju vähemväärtuslikku peenikest puru, kuna ta töötab lõhestavalt ja murdvalt ilma tolmutekitava hõõruva toimeta. Kui aga põlevkivi sisaldab rohkesti kõva paasi, siis põhjustab paas okaste vigastumisi. Seesuguse produkti peenendamiseks sobiks paremini hammaspindadega põskpurustaja, kuid selline, mille põseliikumine ei pea põhjustama hõõruvat purustamistööd.



Joon. 4. Vönksöel.

Mineraalkaevetiste rikastamine tera suuruse järgi toimub sõelumise teel. Toorkaevetis, milles leiduv kasulik mineraal ja aheraine omavad erinevat tera suurust, laseb ennast sõelumisel rikastada. Ligema näitena võime mainida Eestis esinevat obolus-fosforiiti, mille rikastamine endises Ülgaste fosforiidikaevanduses toimus mitme aasta vältel lihtsalt sõelumise teel, sest fosforhapet sisaldavad obolus-karbikesed lasevad ennast suuremalt osalt räniliivast eraldada sõelumise teel.

Sõelumist kasutatakse ka peenendatud või pudedate mineraalkaevetiste jaotamiseks sortidesse ehk nn. klassidesse. Kütteained nagu põlevkivi ja kivisüsi eraldatakse sõelumise teel eri sortidesse, kusjuures igasse sorti kuuluvad kindlaksmääratud läbimõõduga tükid. Selle tagajärjel sisaldab sorditud tükkispõlevkivi kuhi tükkide vahel rohkem vaba ruumi kui sortimata põlevkivi. Vaba ruum tükkide vahel võimaldab koldes põledes paremat tuuletõmmet ja utteretordis utmisel paremat gaaside läbivoolu kui sortimata põlevkivitükkidest tihedalt pakitud mass.



Joon. 5. Trummelsõel killustiku sõelumisel.

Suuremate tükkide eraldamine toimub teraslattidest restidel, mis asetsevad liikumatult või ka mehaaniliselt liigutatavalt. Moodsais rikastamisvabrikuis leiavad liikumatud lattrestid kasutamist ainult punkrite peal vagonettide kummutuskohtadel, kuna mujal neid ei kasutata, sest nende läbilaskevõime on piiratud.

Keskmise suurusega tükkide eraldamiseks kasutatakse auklikust terasplekist või ka traatvõrgust sõelu. Peenemate produktide sõelumine toimub ainult traatvõrgust sõelte abil.

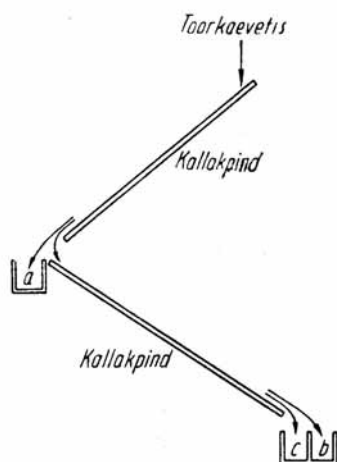
Välise kuju järgi eristame kahte liiki sõelu: lame- ja trummelsõelad. Joonis 4 kujutab ühte kahepinnalist lamesõela; nn. võnksõela. Oma energilise liikumise tõttu on need sõelad suurema läbilaskevõimega kui trummelsõelad. Joonis 5 kujutab trummelsõela killustiku sõelumise tehases.

Rikastamist tera kuju järgi teostatakse peamiselt kivisöe juures, ja seda siis, kui kaevetis sisaldab õhukest kiltkivi, mille eraldamine teiste meetoditega on raskendatud. Seesugune nähtus esineb Donbassi antratsiit-kivisöekaevandustes. Sealne antratsiit sisaldab õhukest aherkilti, mille eraldamiseks kasutatakse erilise kujuga lattreste. Rohkem ümarikud antratsiiditükid jäävad resti peale, kuna õhukesed kilditükid satuvad liikuvale restil lattide-vahelistesse piludesse ja kukuvad nendest läbi.

Rikastamine hõõrumise põhimõttel. See meetod põhineb mitmesuguste mineraalide erineval libiseva hõõrumise takistusel või ka sellel nähtusel, et libisev hõõrdetakistus on suurem kui veerev hõõrdetakistus.

Hõõrdseparaatorite, nn. friktsioonseparaatorite olulisem element on mingisugune kallakpind, mis võib olla sirgjooneline või sagedamini spiraalikujuuline. Seesuguse separaatori kallakpinnal libisevad lapikkehad, nagu näiteks kiltkivitükid, vilgukivi lehekeseid, asbest jne., suurema hõõrdetakistusega, s.o. aeglasemalt kui rohkem ümarikud kaevetisetükikesed. Pealegi kipuvad viimased veel veerema ja saavutavad kallakpinna lõpule jõudes suurema kiiruse ning hüppavad sellelt hooga kaugemale kui aeglaselt libisevad lamedad mineraaliterad. Selle tulemusel toimub sarnaselt erinevate omadustega mineraalide separatsioon.

Joonisel 6 on skemaatiliselt kujutatud ühe sellise hõõrdseparaatori tööviisi, mida näiteks kasutatakse asbesti eraldamiseks väärtusetust serpentiin-mineraalist. Kallakpinnal libisevad kerged asbestikiud aeglaselt, kuna samal ajal raskemad ja ümarikud serpentiinitükikesed veerevad kiiresti ning hüppavad kaugemale selleks ettenähtud kasti. Asbest aga kukub ilma suurema hoota peagu otsejoones kallakpinna lõpul sellelt maha.



Joon. 6. Kallakpindadega friktsioonseparaatori skemaatiline tööviis:

- a - kiirelt veerevad ümarikud serpentiini tükid;
- b - serpentiinitükid koos nende külgekasvanud asbestiga, nn. vaheprodukt, mis tuleb veel kord saata purustajasse, et eraldada serpentiin asbestist;
- c - aeglaselt libisev asbest, nn. kontsentraat.

Spiraalikujuliselt keeratud kallakpinnaga hõõrdseparaatoreid kasutatakse USA-s antratsiidi eraldamiseks aherkildist. Väikese hõõrdetakistusega liikuvad antratsiiditükid saavutavad kallakpinnal liikudes peagi nii tugeva hoo, et nad paiskuvad tsentrifugaaljõu mõjul separaatorist välja, kuna aeglaselt libisevad aherkildi tükid sooritavad oma teekonna rahulikult spiraalse kallakpinna lõpuni ja kukuvad sealt aherkivipunkrisse.

Rikastamine erikaalu järgi on üks vanemaid mehaanilise rikastamise menetlusi. Siin kasutatakse erinevate erikaaludega mineraaliterade separatsioonil raskustungi ja mõnikord ka hõõrdetakistuse kaasabi.

Lihtsaima näitena seesugusest rikastamisest võiks tuua kullaliiva pesemise voolavas vees. Vastavalt toorkaevetise terasuurusele valitakse pesurenni kalde muutmise teel sobiva tugevusega veevoolu kiirus, kus siis aheraine kui kergem produkt ära uhutakse ja renni põhja asetatud ribide taha või peeneteralise kulla puhul koredale rüdele jääb lebama kuld kui raskem aine. Joonis 7 kujutab primitiivsel rennil kullapesemist Serbias.

Rikastamine erikaalu järgi kasutab mineraaliterade erinevaid langemiskiirusi vedelikus või õhus. Lisaks sellele kasutatakse mõnes aparadis ka veel erinevusi hõõrdetakistustes. Vedelikuks, milles need rikastamisprotsessid toimuvad, on enamasti vesi ja selle järgi, millises keskuses separatsioon toimub, nimetatakse ka protsessi ennast märjaks või kuivaks rikastamiseks.

Kui me raputame vette peenendatud toorkaevetist, mis koosneb erinevate erikaaludega mineraaliteradest, siis langevad mineraaliterad põhja kindla reeglipärasuse järgi nii, et kõige alumise kihi moodustavad suurima kiirusega langevad terad, selle peale paigutuvad väiksema langemiskiirusega mineraaliterad, jne. Ühe sõnaga, võrdse langemiskiirusega terad moodustavad eraldi kihid.

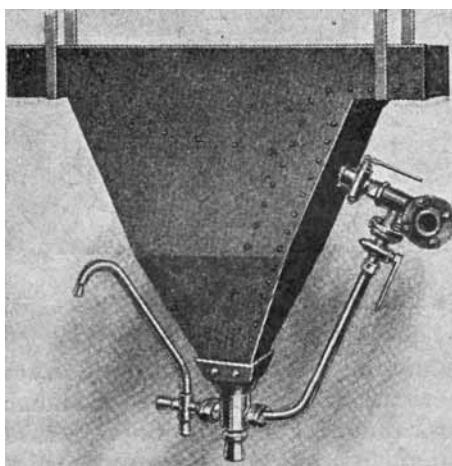


Joon. 7. Kullapesijad Serbias.

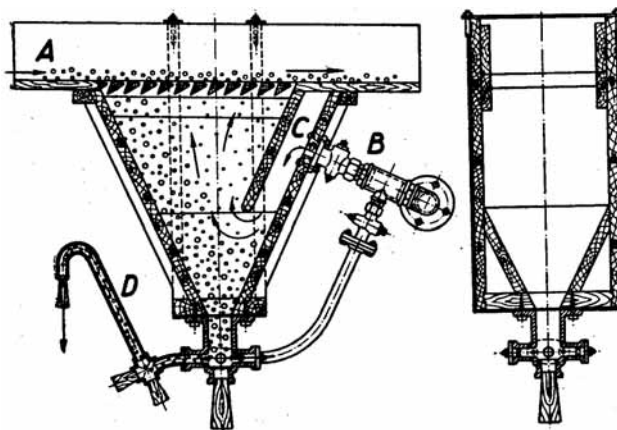
Kui antud toorkaevetis koosnes ligikaudu ühesuurustest mineraaliteradest, siis koosneb nüüd kõige alumine kiht suurima erikaaluga teradest; järgmine kiht koosneb väiksema erikaaluga mineraaliteradest ja kõige ülemine kiht on moodustatud toorkaevetises olnud kõige kergema mineraali teradest. Seega on toimunud mineraaliterade separatsioon erikaalu järgi.

Oli aga toorkaevetis sõelumata ja koosnes erineva suurusega mineraaliteradest, siis sisaldavad ka tekkinud võrdse langemiskiirusega mineraaliterade kihid erineva suurusega teri. Seejuures on ühe kihi koosseisus kergema mineraali terade läbimõõt suurem kui raskema mineraali terade läbimõõt. Nüsusuguseid produkte peame edasi käsitsemise sobivais rikastamismasinais, et lõplikult eraldada üksteisest üksikuid mineraalikomponente.

Mineraalkaevetiste eraldamine erikaalu või võrdse langemiskiiruse järgi, toimub mitmesuguseis kasseerimisaparaatides, nagu teravkastides (Spitzkasten), koonusaparaatides, rehaklasseerijais, rennides jne.



Joon. 8. Teravkast-kasseerimisaparaat.

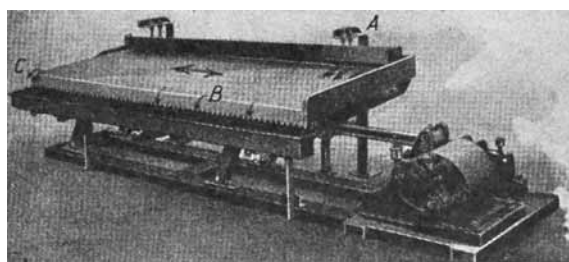


Joon. 9. Teravkasti tööviis.

Joon. 8 kujutab firma Humboldt'i ehitatud teravkasti välisvaadet ja joonisel 9 on lõikes näha aparaadist välja. Suurema langemiskiirusega terad, s. o. üldiselt jämedamad, langevad aga teravkasti põhja ja juhatakse sealt veesurve mõjul läbi toru D välja. See produkt koosneb võrdse langemiskiirusega teradest ja mineraalkaevetiste, eriti maakide rikastamisel on siin koos suurema erikaaluga mineraalterad väikese läbimõõduga ja kergema erikaaluga mineraalterad suurema läbimõõduga. Selline segu laseb end hästi lahutada erikaalu järgi. Nimelt: peeneteraliste, 0 kuni 2 mm läbimõõduga produktide eraldamine toimub rappuvail kontsentratsioonilaudadel (Schüttelherd),

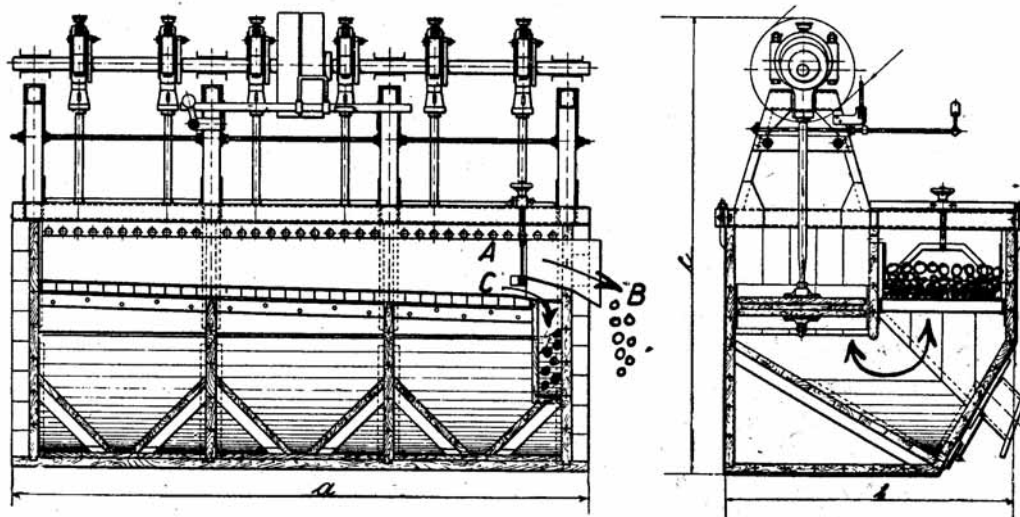
kuna jämedamate terade separatsiooniks, terasuuruste juures üle 0,5 mm läbimõõduga sobib settimisaparaat (Setzmaschine).

Rappuva laua töö selgub joon.10. Teravkastist või mõnest teisest klasseserijast tulev mineraalpori voolab koos veega toitekolu A kaudu ühtlase kihina veidi põiksuunas kallutatud laua pinnale. Vesi kannab kergema erikaaluga mineraalterad B juures laualt maha, kuna raskema erikaaluga terad liiguvad noole suunas toimivate laua rappuvate liigutuste mõjul laua lõpuni ning uhutakse C juures laualt maha. Seejuures takistavad laua pinda sisselõigatud pikisuunalised sooned suurema erikaaluga mineraalterade mahauhtumist koos veega B juures laua küljelt.



Joon. 10. Rappuv kontsentratsioonilaud

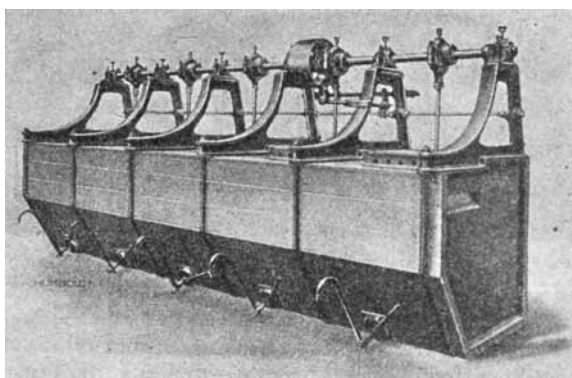
Settimisaparaate kasutatakse mineraalkaevetiste rikastamisel terasuuruste juures 0,5...80 mmØ. Joon. 11 kujutab settimisaparaati läbilõikes. Selle tööpõhimõte selgub põikilõikest. Aparaat koosneb kahest kambrist, mis ainult ülemises osas on teineteisest vaheseinaga eraldatud. Vasakpoolses kambris käib kolb üles-alla ja paneb settimisaparaadis oleva vee loksuma. Umbes kolvi tasemele on parempoolses kambris asetatud rest ehk sõel, mille peale juhitakse rikastatava kaevetise. Kolvi mõjul pulseeriv vesi liigub läbi resti ja sellel lebava kaevetise üles-alla, kusjuures kaevetise terad paiskuvad üles nõnda, et kergemad terad paiskuvad kõrgemale kui raskemad ja tagasi kukkudes raskemad terad langevad kiiremini restile kui kergemad. Selle tulemusena toimub settimismasinas mõneajalise loksumise järel mineraalide separatsioon erikaalude järgi. Raskemad mineraalterad kogunevad restile ja kergemad terad moodustavad ülemise kihi. Nagu joonisel näha, on settimismasina rest väljalaske suunas kergelt kallutatud, mis soodustab rikastatava produkti liikumist piki resti kuni siibrini A, mille kõrgus on reguleeritav. Siibri A pealt väljuvad aparaadist kergema erikaaluga mineraalterad B ja raskema erikaaluga terad C väljuvad siibri A alt.



Joon. 11. Settimisaparaadi pikilõige ja põikilõige.

Suuremail settimismasinail on mitu kolbi, mis kõik töötavad ekstsentrite kaudu ühiselt võllilt.

Joon. 12 näitab settimismasina üldvaadet.



Joon. 12. Settimisaparaat.

Mineraalide eraldamisel erikaalude erinevuste järgi kasutatakse ka veest raskemaid vedelikke. Sellises raskes vedelikus jääb kergema erikaaluga mineraaltera pinnale ujuma, kuna raskem vajub põhja. Nii kasutatakse kivisöe puhastamisel aherkivist säärast vett, milles pideval segamisel hoitakse hõljuvana peent liiva ning mis moodustab vedeliku erikaaluga kuni 1,7. Puhas kivisüsi ujub selle vedeliku pinnal, kuna aherkivi vajub põhja. Segades vee hulka tolmpoent magnetiiti, saame vedeliku erikaaluga kuni 1,9.

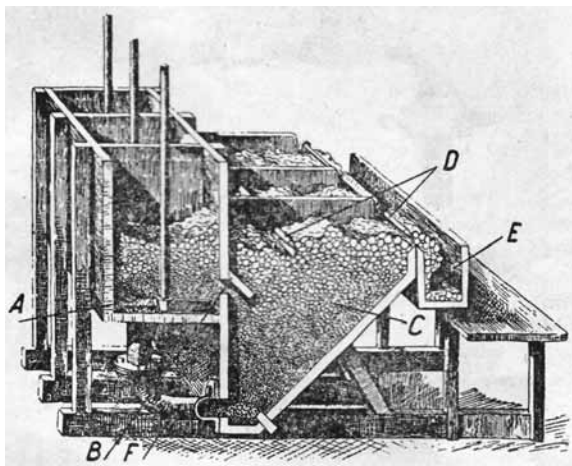
Peale nende on raskeist vedelikest tööstuslikus ulatuses kasutamisel veel mõned (odavamad) soolalahused.

Liivpeene kaevetise rikastamine võib toimuda ka õhuvoolu abil, millele nagu veevoolulegi antakse sageli liikumissuund alt üles. Selline õhuvool tõstab kergema erikaaluga terad üles ja raskema erikaaluga terad kukuvad aparadi põhja. Selliseid rikastamismasinaid nimetatakse pneumaatilisteks ehk õhkseparaatoreiks.

Magnetiline rikastamine põhjeneb mineraalide erineval magnetiliste jõujoonte läbilaskel. Nõrgalt magnetiline või mittemagnetiline mineraaltera kukub magnetilt otse alla, kuna tugevamalt magnetiline tera kleepub magneti külge ja eemaldatakse üldisest kaevetise massist. Magnetiliste sepaatorite magneetimine toimub elektrivoolu toimele.

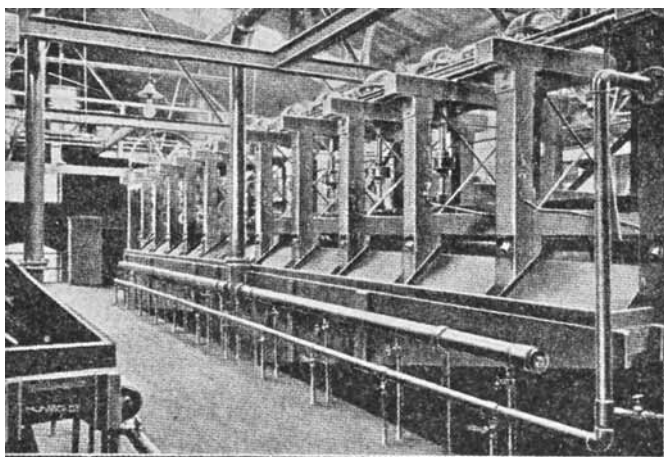
Flotatsioon ehk vahustamismenetlus. Suur hulk kasulikke kaevetisi on oma iseloomult ja struktuurilt sellised, et nad vajavad üksikute mineraalkomponentide täielikuks üksteisest vabastamiseks hästi peent purustamist. Kui erinevus erikaaludes on väike, siis osutub peeneteralise produkti separatsioon raskustungi kaasabil sageli võimatuks ja siis on üheks levinumaks rikastamisviisiks, eriti maakide töötlemisel, laialdaselt kasutatav flotatsiooni meetod. Tavaliseks terapeenuseks on läbimõõt alla 0,3 mm, et raskustungi mõju ei pääseks segavalt maksvusele flotatsiooni juures.

Teatavasti on paljudel mineraalidel pinnajõudude mõttes erinevad omadused : üks mineraal on pinnalt kergemini niisutatav kui teine. Flotatsiooniprotsessi juures kasutatakse neid erinevaid omadusi ja valitakse katsete abil igale mineraalile sobiv vedelik, mis veelgi suurendab niisutamises esinevaid erinevusi. Tavaliselt on sääraseks vedelikuks, mis valitakse raskemalt-niisutatavale mineraalterale niisutuse veelgi raskemaks muutmiseks, mingisugune õli, millel peab olema omadus selle mineraaltera pinda hästi katta, kuid kaevetises oleva teise mineraaltera pinda see õli katta ei tohi. Õlitatud mineraalpori voolab flotatsiooniaparadi segamiskambris, kus mingisuguse vahtutekitava kemikaali lisamisel tekitatakse ägedal segamisel rohkesti väikesi vahumulle, mis koos mineraalporiga voolavad vahukambris. Õliga , kaetud mineraalterad liituvad õhumullide külge ja kerkivad nõnda vedeliku pinnale, kuna õlivabad terad kukuvad vahukambri põhja, ning separatsioon ongi toimunud. Joon. 13. kujutab Minerals-Separation tüüpi flotatsiooniprotsessi käiku.



Joon. 13. Minerels-Separation tüüpi flotatsiooniparaadi lõige

Segamiskambris pöörleb suure kiirusega segamisvärk A, mis peksab vedeliku täis vahtu. Mineraalteradega kokkukleepunud vaht voolab läbi varjuga B kaitstud pilu vahukambrisse C, kus vaht pinnale kerkinult lükatakse pöörlevate labidakeste D abil äravoolurenni E. Õliga katmata jäänud mineraalterad liiguvad läbi toru F järgmise aparraadi segamiskambrisse, kuhu nad imetakse kiiresti pöörleva segaja toimel. Seal toimub veelkord eraldamata jäänud mineraalterade õliga läbisegamine ja protsess jätkub, kuni saavutatakse küllalt põhjalik separatsioon. Joon. 14. kujutab ühe tinakaevanduse rikastamisvabriku flotatsioonimasinate osakonda.



Joon. 14. Vaade ühe tinakaevanduse rikastusvabriku flotatsiooniosakonda.

Kuna flotatsioon annab veerikkaid mudakujulisi produkte, millede käsitlemine ja kuivatamine sageli põhjustab õige suuri kulusid, siis on viimaseil aastail suuremat tähelepanu pööratud seni unustusse jäänud rikastamismenetlusele, milleks, on elektrostaatiline separatsioon. Siin toimub eraldamine elektrilise juhtivuse järgi. Paljud mineraalid on head elektrivoolu juhtijad ja nad lasevad ennast, halvadest juhtidest eraldada tugevas elektrilises väljas, kus pinge kõigub umbes 5000 kuni 25000 voldi piirides. Elektrostaatiliselt rikastatav produkt peab olema täiesti kuiv ja liivpeen. Niiskus mineraalterade pinnal muudab ka halvad juhid headeks juhtideks ja segab separatsiooni, kuna üle 1 mm Ø juures mõjutaks raskustung segavalt protsessi käiku.

Kuiv peenendatud kaevetise puru lastakse kukkuda elektrilise kõrgepinge välja, milles toimub mineraalide separatsioon headeks ja halvadeks juhtideks. Halvad juhid kukuvad normaalselt jõuväljast läbi, kuna head juhid kallutatakse kukkumise teelt kõrvale seda tugevamini, mida paremini mineraaltera juhib elektrivoolu.

Käesoleva kirjutise autoril õnnestus teostada eesti fosforiidi juures elektrostaatilist separatsiooni. Katsel kasutati Tallinna Tehnikaülikooli Füüsikalaboratooriumi töökojas ehitatud väikest separaatorit, milles elektriväli loodi tavalise influentsmasina abil. Rikastamine andis järgmise tulemuse. Toorfosforiit sisaldas 9% fosforpentoksüüdi (P_2O_5). Separatuurist läbi lastes saadi

konsentraat sisaldusega 27 % P_2O_5 ja aherjääk, milles säilis 1 % P_2O_5 . Selle katsega selgus eesti fosforiidi sobivus elektrostaatiliselt separatsiooniks, kusjuures erilist tähelepanu väärib puhta aherjäägi saamise võimalus. Puuduliku aparatuuri tõttu on uurimuse jätkamine takistatud, kuna sõjalukorras ei ole võimalik muretseda korralikku aparati, mis võimaldaks ka rikkama kontsentraadi saamist. Igal juhul paistab olevat tõenäolik, et elektrostaatiline fosforiidi rikastamine võiks olla võimeline, kui mitte täiesti teostada flotatsiooni kõrvale tõrjumist, siis ikkagi paralleelselt flotatsiooniga saavutada paremaid tulemusi rikastamisel, kui ainult floteerides.

3. MÄERÕHK

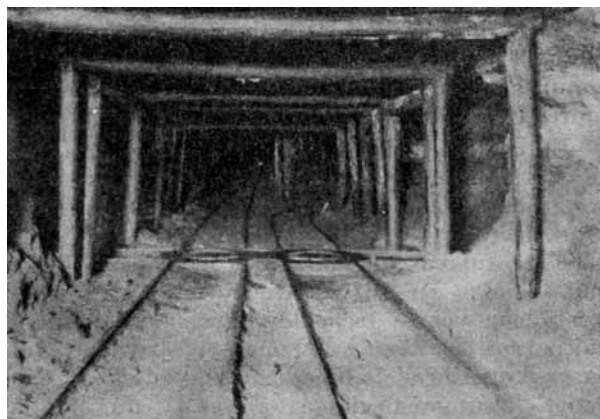
Originaal - TEHNIKA KUUKIRI, 1944. a, nr 1 (5) lk 100...105.

Varem kogumikus EESTI MÄENDUSKLASSIKA, T^TÜ mäeinstituut, Eesti Mäeselts, 2006

Meie põlevkivi- ja fosforiidikaevandustes toimuvad kaeve- ja koristustööd väga väikestes sügavustes, keskmiselt umbes paarikümne meetri ümber allpool maapinda, ja tõenäoliselt ei ole ka kaugemaski tulevikus sügavkaevanduste tekkimist nendel aladel ette näha. Oleks aga liialt pealiskaudne ütelda, et meil Eestis kunagi ei minda mäetöödega suuremisse sügavusisse kui vahest mõnikümmend meetrit, sest sügavamal puuduvad kasulikud mineraalkaevetised.

Peame tunnustama, et meie tunneme väga vähe oma kodumaa sügavgeoloogiat. Mitmesaja meetri paksused settekivimid, liivade, savide, lubjakivide jne. näol varjavad meie eest arhailisi süvakivimeid, mis kõikide oletuste kohaselt peaksid olema sama tõugu kui need, mis Skandinaavias ja, Soomes sisaldavad rikkalikult kõige mitmekesisemaid metallimaake. Tuleviku uurimistöö otsene ülesanne on selgitada, kas ja millisel määral ka meie süvakivimid kasulike mineraalkaevetiste kandjaina võivad kõne alla tulla. Et selleks teataval määral lubavaid väljavaateid olemas on, seda tõendavad meie iseseisvuse viimaseil aastail Jõhvi. juures sügavpuurimistega saavutatud andmed, kus umbes 370 m sügavusel avastati rauamaagi varapaiga esimesed tunnused. Samuti oletavad paljud geoloogid meie maapõues kivisoola ja isegi nafta leiuvõimalusi. Lühidalt, meie sügavama maapõue koosseis on tänaseni veel suurel määral terra incognita.

Meie praegustes pinnalähedastes kaevandustes ei tekita mäerõhk soodsa olukorra tõttu mäemehele erilisi raskusi kaevandusõõnsuste lahtihoidmisel (joon. 1). Sellegipärast on huvipakkuv, kas või ainult tuleviku oletuste pärast, põgusa pilgu heitmine maapõue sügavustesse, et saada kujutlust seal valitsevaist olukordadest.



Joon. 1. Kerge lenktoestikuga varustatud peaveokäik Kukruse põlevkivikaevanduses.

Kõikjal maapõues peituv puutumata kivim on pealmistele kivimimassidele mõjuva raskustungi tõttu alalise survepinge all, mille suurus antud kohal on määratav sügavusasendist, s. o. asukoha sügavusest maapinnalt arvates, ja kattekivimite iseloomust.

Mäetöödest puutumatus kivimis mõjub igale seda kivimit moodustavale osakesele ülalt alla suunatud surve, millele kivimiosake osutab võrdsuuruses vastusurvet suunaga alt üles. Kuna aga puutumatus kivimis ei ole üksikuil kivimiosakesil võimalik vertikaalsurve tagajärjel külgsuundadest laieneda, sest et puudub vaba ruum, siis osutab kivimiosake ka külgsuundadest tulevaile surveile vastusurvet ja seetõttu on kivimiosake mitte ainult ühes, vaid igas suunas survepinge mõju all ning terves mannerainete kogumis valitseb kindel pingejõudude tasakaal.

See igakülgne surve on ühtlane ainult vees või vedelas kivimis, nagu vesi- ehk ujuvliivas, kuna nendes on üksikud osakesed üksteise suhtes igas suunas vabalt liikuvad. Seepärast tõuseb surve ujuvliivades reeglipäraselt sügavuse kasvades ja võrdub antud kivimiosakesele rõhuva ujuvliivasamba raskusega. On ilmne, et juba keskmiste sügavuste juures, s. o. umbes 500 m allpool maapinda, oleks ujuvliivadest koosneva kivimi rõhumine nii suur, et ükski tänapäeval kasutatavaist kaevanduse

toestiku materjalidest ei oleks suuteline nii suurele survele vastu seisma. Teiste sõnadega, väga paksude ujuvliiva kihtide alla nende vahetusse lähedusse on praeguse tehnika seisu juures võimatu rajada kaevandusõõnsusi.

Mäemehe õnneks ei ole aga tahkete kivimite osakesed üksteise suhtes vabalt liikuvad, nagu vees ja ujuvliivas, vaid nendes on see liikuvus suuremal või vähemal määral takistatud kivimite seesmise hõõrdetakistuse tõttu. Sellepärast valitseb kivimeis iga üksiku osakese suhtes küll igakülgne surve, kuid see surve ei ole sugugi ühtlane. Nimelt on vertikaalsurve kõige suurem ja külgsurved on palju väiksemad kivimite loomuliku püsivuse tõttu. See asjaolu võimaldabki mäetöödega saavutada võrdlemisi suuri sügavusi, kui õõnsuste rajamine toimub kõvas kivimis.

Näitena võiks mainida maailma sügavaimat kaevandust Village-Deep Johannesburgi juures Lõuna-Aafrikas, kus on jõutud juba üle 2600 m sügavuseni allapoole maapinda. Lihtne arvutus näitab, et kui meil seal oleks tegemist ujuvliivadega, siis tähendaks selline sügavus seda, et ühele ruutmeetrile rõhuks 2600 m³ ujuvliivasamba raskus, s. o. umbes 5200 tonni. Loomulikult ei oleks võimalik säärast rõhumist kaevandusõõnsuse laes ülal hoida.

Eelpooltähendatud vertikaal- ja külgsurve suurusevahedest kõvades manneraineis ei tule aga järeldada, nagu oleks surve kaevandusõõnsuse külgedele alati väiksem kui laele. Tugeva laekivimi puhul võib suure pindalaga õõnsuse seintes surve kasvada väga suureks ja põhjustada seinakivimi purunemise ning koguni õõnsuse kokkumuljumise. Kõva kvartsiidist laekivimi puhul näeme joon. 2, kuidas massiivsed betoonsambad ühtlaselt allavajunud lae poolt on purustatud.



Joon. 2. Ühtlaselt allatuleva lae poolt puruksmuljutud massiivsed betoonsambad 1500 m sügavusega kaevanduses.

Niipea kui puutumata kivimisse maapõues rajatakse kaevandusõõnsus, häiritakse põhjalikult-, esialgset pingete tasakaalu seisundit. Õõnsust ümbritsevas kivimis, nii laes, seintes kui ka põrandas, tekivad väga mitmesugused lisapinged, millist pingete kompleksi üldiselt nimetatakse mäerõhuks ehk mäesurveks.

Nagu teame, on kõik kõvad kivimid teataval määral elastsed, s. o. need kivimid on teatava kindla suurusega piirrõhumiseni veidi kokkusurutavad ja surve lakates vetruvad nad tagasi oma esialgsesse välisesse kujusse. Kui see piirrõhumise määr ületatakse, siis kaotab kivim oma elastsuse, puruneb, muutub plastiliseks ja surve lakates säilitab ta rõhumise tagajärjel tekitatud välise kujumuutuse. Tihe ja sama kivimi juures on survepiir väga muutlik suurus. Ta sõltub sellest, kas rõhumise all olev' kivim on külgedelt lahti, nii et ta saab vertikaalsurve mõjul laieneda, või osutatakse ka külgedele vastusurvet ja laienemine on takistatud. Praktilised katsed näitavad, et mida suurem on külgedele osutatav vastusurve, seda tugevamini võib ühele kivikuubile rõhuda vertikaalsuunas, ilma et kivim oma elastseid omadusi kaotaks ja plastiliseks muutuks.

Kaevandusõõnsuste vahetus ümbruses on aga kivimid ilma igakülgse surveta, kuna õõnsuse piiril on vastusurve kõrvaldatud ja seal kehtib vaid tavaline materjali survetugevus, mis on määratav rõhumisega kivimikuubile kahe survepinna vahel ja milline survetugevus on tunduvalt väiksem survetugevusest igakülgse rõhumise puhul. Sellel tavalisel kivimi survetugevusel on aga mäetehnikas

küllaltki suur tähtsus, kuna see võimaldab kaevandusõõnsuste ülalhoidmiseks jäetavate kivimtervikute õiget dimensioonimist.

On ilmne, et kui käiguajamine toimub suures sügavuses kõrge rõhumise tõttu kokkusurutud kivimis, siis vabaneb kivim käigu seintes, laes ja põrandas vastusurve ja vetrub lühema või pikema aja vältel oma esialgsesse välisesse kujusse tagasi, s. o. ta paisub õõnsuse suunas. Kõvas kvartsiidid näiteks toimub paisumine äkitselt ja käigu seintest „pripsib“ kivikillukesi praginal eemale ning ka suuremad lahmakad murduvad lahti. Kui nüüd mõnd seinast väljalennanud kvartsiiditükki passida tagasi pesasse, kust ta murdus, siis näeme, et see enam ei sobi sinna, kuna ta on veidi suuremaks paisunud. Järelikult oli kivim' puutumatus olekus kokkusurutud elastsuse piirides.

Nagu eelpool tähendatud, tekivad kivimisse rajatud õõnsuse lähemas ümbruses lisapinged, mis avalduvad surve-, painde-, tõmbe- ja nihkepingete näol. Teatavasti on kivimite vastupidavus survepingele kõige suurem. Kivimite paindetugevus on kõigest umbes 1/6, nihketugevus umbes 1/13 ja tõmbetugevus ainult 1/26 oma survetugevusest. Sellepärast on väga oluline, et mäemees püüab mitmesuguste võtetega vältida nende pingete hulgalist tekkimist, millede vastu kivimid on vähe püsivad.

Kui kaevandusõõnsuse ümbruses tekkivad lisapinged ei ületa kivimi surve- ja tõmbetugevust, siis ei ole määrohu nähte selles õõnsuses märgata ja õõnsus püsib lahti homogeenises kivimis päris ilma toestamata. On kivim loomult mõranenud ja täis pragusid, siis tuleb kerge toestikuga takistada väiksemaid varisemisi.

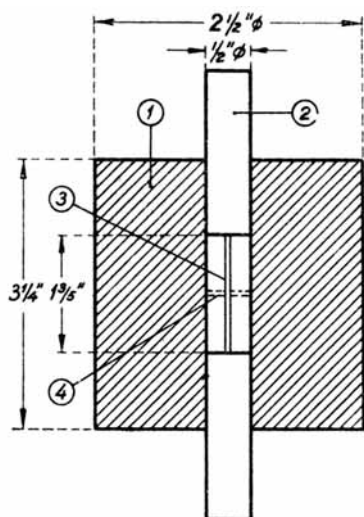
Ületavad aga kivimis tekkivad pinged selle kandetugevuse, siis esinevad määrohu nähud ja õõnsuse lahtihoidmiseks osutub vajalikuks tugeva toestiku sisseehitamine.

Rabedas kivimis tekivad murrud ja pragunemised õõnsuse ümber ning kivim kohevduub ja puruneb. Selle tulemusena suureneb kivimi maht, rõhumine toestikule kasvab, kuna peale kohevduussurve peab toestik kandma ka õõnsuse laes purunenud kivimi masside raskust. Mõranemise tagajärjel võib näiteks kivim kaevanduskäigu ümbruses teatavas ulatuses kas osaliselt või täiesti eralduda puutumatus kivimist ja sellega tekib käigu ümber osaliselt või täiesti pingevaba vöö, mille ulatus sõltub õõnsuse dimensioonidest, sügavusasendist ja kivimi survetugevusest. Kaevanduse toestiku peamine ülesanne ongi ülal hoida selles vöös oleva kivimi omaraskust ja kohevduussurvet.

Väikese elastsusega kivimeis, nagu savikildades, mis on plastilised ja pehmed, tekib ülemäärase koormuse tagajärjel koguni aeglane kivimi voolamine käigu ümbrusest õõnsusse ja selle täitumise oht on ilmne. Kui säärasele kivimile veel vesi juurde satub, siis suureneb voolavus suurel määral ja survenähud kasvavad, sest vesi pehmenab savikilda ja muudab selle kergemini voolavaks.

Sellest võime järeldada, et mida kõvemas kivimis toimub kaevetöö, seda sügavamale on võimalik mäetöödega minna, ilma et oleks vaja karta kivimite elastsuse püri ületamist ja kivimimasside voolamist tehtud õõnsustesse plastilisuse tagajärjel

Kui nüüd küsida, milliste sügavusteni oleks kõvades kivimites võimalik mäetöödega minna, siis saame vastuse ameeriklase F. D. Adamsi katsete tulemustest. Adams sooritas oma survekatsete massiivse nikkelerasest ploki sisse puuritud silindrilises õõnsuses, kuhu ta paigutas katsealuse kivimiproovi (joon. 3). Viimane oli silindrikujuline pulgakene 0,5 tolli \emptyset ja 1,6 tolli pikk. Enne surveproovi teostamist puuriti kivipulgakesest läbi kaks peenikest kanalit 0,05 tolli \emptyset . Üks kanal kulges aksiaalselt pulga pikisuunas ja teine veidi ekstsentriliselt põiki läbi pulgakese, nii et need kanalid teineteist ei puudutanud. Nikkelerasest ploki õõnsesse asetatud kivimipulgakesele osutati kõvaterasest kolbide abil mõlemast otsast korraga kõrgeid surveid ja jälgiti hiljem kivimisse puuritud kanalite seisundit.



Joon. 3. F. D. Adams'i surveseadise skeem. 1 - nikkelterasest silindrikujuline plokk 2 - kõvaterasest kolb 3 - aksiaalne kanal 0,05" Ø 4 - ekstsentriline kanal 0,05" Ø

Arvutuste lihtsustamise mõttes oletas Adams, et rõhumine ühele kivimiosakesele mingisuguses sügavuses vastab selle osakese peal lebava kivimisamba raskusele. Nagu juba eelpool tähendatud, ei oli see oletus kõvades kivimeis valitsevate survete suhtes õige. Ka näitavad juhtumid praktikast, et surve suurus ei sõltu mitte alati sügavusest. Sageli mõjuvad kaasa tektoonilised ^a jõud ja ka kivimeis esinevad murrangud rikuvad homogeenseis kivimeis oodatavat reeglipärasust.

Pinnalähisemais vöödes võib sageli kohata palju suuremaid mäerõhke kui sügavamal, ja seda tõenäoliselt näiteks sellepärast, et väga tugevad massiivsed kihid mingisuguste pehmemate kivimite peal ei lase kogu kattekivimite raskusel mõjuda allpool lebavaile pehmematele kivimeile, vaid nad varjavad osa mäerõhust. Nende reservatsioonidega tulebki suhtuda Adamsi surve- ja sügavusarvudele.

Kivimite loomulik temperatuur tõuseb teatavasti alates n.n. neutraalsest vööst, mis meil Eestis on umbes 25 m sügavusel allpool maapinda, keskmiselt iga 33 m järele 1° C võrra. Seda sügavusemäära, mille järgi kivimite temperatuur 1° C võrra tõuseb, nimetatakse geotermiliseks sügavusastmeks. Neutraalse vöös valitseb antud piirkonna keskmine aasta välisõhu temperatuur, mis meil on umbes +7° C. Järelikult peaks meie süvakivimite temperatuur näiteks 1000 m sügavuses olema ligikaudu 37° C. Suuremais sügavuses valitsevad veelgi kõrgemad temperatuurid, ja kuna kivimite survetugevus teataval määral sõltub ka temperatuuridest, siis teostas Adams oma katsed ka kõrgemate temperatuuride juures, valides need surve kõrgusele vastava maapõue sügavusasendi kohaselt.

Oma katseseadises laskis Adams kivimiproovidele mõjuda mitmesuguses suuruses surveile kestusega mõnest tunnist kuni 21/2 kuuni (kuna mäesurve mõju ulatus sõltub ka surve kestusest) ja saavutas väga huvitavaid tulemusi.

Katsealune tiheda struktuuriga lubjakivi, mille tavaline survetugevus oli 2243 kg/cm² ehk 2243 at, ei näidanud mingit muudatust lubjakivipulgakesest läbipuuritud 0,05 tolli Ø peente kanalite seisundis, olles toatemperatuuri juures seisnud 2 1/2 kuud pidevalt umbes 6700 at rõhu all. Tähendatud rõhumine võiks valitseda 24 km sügavusel allpool maapinda, kui oletada, et kogu peal-lebava kivimisamba raskus rõhub antud kivimiosakesele selles sügavuses.

Tõstes survet, ligi 9000 atmosfäärini, missugune rõhk vastaks umbes 32 km sügavusele, näitas horisontaalne kanalike teiste tingimuste mittemuutmisel kokkumuljumise tunnuseid.

Sama katse sooritamisel 450° C temperatuuri juures ilmnis mõlema kanalikesse vähene kokkumuljumine juba 70 sekundi vältel mõjunud 6700 at surve tagajärvel, kuna 4300 at surve ei põhjutanud ka 7 tunni järel kummagi kanalikesse seisundis mingeid muudatusi. Järelikult suudab see kivim toatemperatuuri juures vastu panna 24 km sügavusel ilmnevaile surveile, kuna kõrgemad

^a Tektoonika – geoloogia ala; õpetus maakoos tekkinud rikkeist ja siirdeist, nagu kurdudest, murranguist jne (Autori originaalkommentaari).

temperatuurid seda piiri tublisti ülespoole nihutavad, ja nimelt käesoleval juhtumil umbes 16 km sügavuseni maapinnast.

Analoogilise katse. sooritas Adams ühe värskel graniidiga, mille tavaline survetugevus oli 1862 at. Selle graniidi sisse puuritud kanalikesed näitasid toatemperatuuri juures osalist täitumist alles 13600 at surve all 2 ½ kuu möödudes. See surve vastab ligikaudu 50 km sügavusele. Tõstes temperatuuri katseseadmes kuni 550° C kannatas sama graniit 6700 at rõhumise välja 70 tunni vältel, ilma et kivimis mingisuguseid liikumisi oleks tekkinud.

Need mõlemad katsed näitavad, et tavaline kivimite survetugevus ei võimalda selguse saamist kivimite seisundi üle suurtes sügavustes, vaid selle eesmärgi taotlusel tuleb selgitada kivimite elastsusmooduli muutust sügavuste ja suundade järgi. Samuti näeme, et kivimid on igakülgse surve juures võimelised osutama tunduvalt suuremat vastupanurõhumistele, kui tavalise survetugevuse väärtused lasevad eeldada.

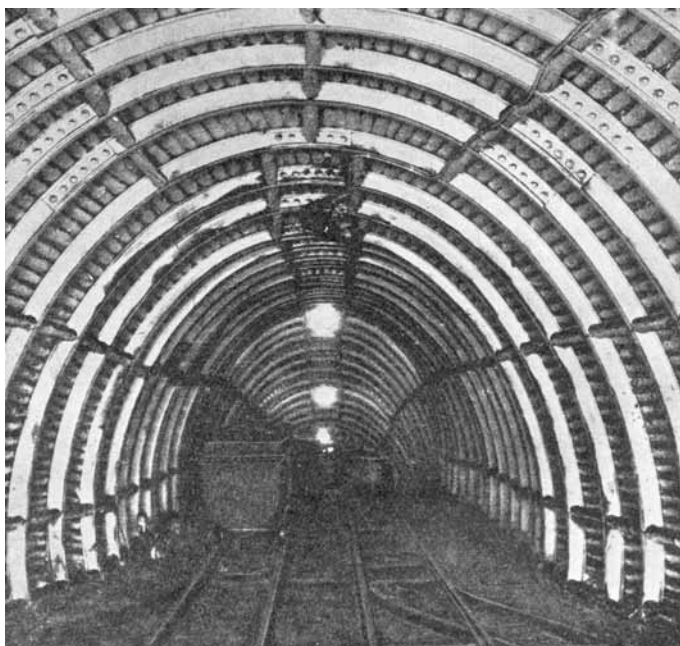
Mis puutub sügavustesse, siis oleks mäerõhu pärast küll võimalik minna mäetöödega kuni u. 15 km sügavuseni, ilma et oleks vaja karta õõnsuste kokkumuljumise ohtu kõvades ja homogeenis kivimeis. Raskusi tekitab hoopis kivimite loomulik temperatuur, mis juba palju varem saavutab inimesele eba-väljakannatava kõrguse. Seepärast on käesoleval ajal maailma sügavaimas kaevandustes Indias, Brasiilias ja eriti Lõuna- Aafrikas suurimaks mureks mäemehele temperatuuri alandamisvõimaluste selgitamine suurtes sügavustes ja alles selle järel tuleb mäerõhu taltsutamine kaevandusõõnsuste toetamise teel.

Uusimad arvutustehnilised uurimused ja optilised pingete mõõtmised kaevandusõõnsustele sarnanevate mudelite juures näitavad, et kaevandusõõnsuste ümbruse kivimis tekkivate lisapingete suurus ja iseloom sõltuvad väga paljude tegurite kõrval suurel määral ka näiteks käigu põiklõike kujust.

Täisnurkse või trapetsikujulise põiklõike juures on olukord tõmbepingete tekkimiseks käigu laes ja põrandas väga soodus ja läbipaindud laekivim rõhub tugevasti toestikule seda purustades, nagu nähtub joon. 4, kus laesurve lenktoestikule on läbi painutanud lengi tala.



Joon. 4. Pidevalt kasvava laesurve poolt läbimurtud lengi talad suundkäigus. Tunduvalt pehmendatud olukord poolkaarekujulise ja viisnurkse käigupõiklõike juures, kuna nendes on tõmbepinged laekivimis viidud miinimumini, nagu näitavad optiliste mõõtmiste tulemused. Joon. 5 kujutab poolkaarekujulise põiklõikega peaveokäigu raudtoestikku, mis on veidi järeleandlik mäerõhule kaartalade ümber asetatud puitpakise toimel.



Joon. 5. Poolkaarekujuline raudtoestik söekaevanduse peaveokäigus.

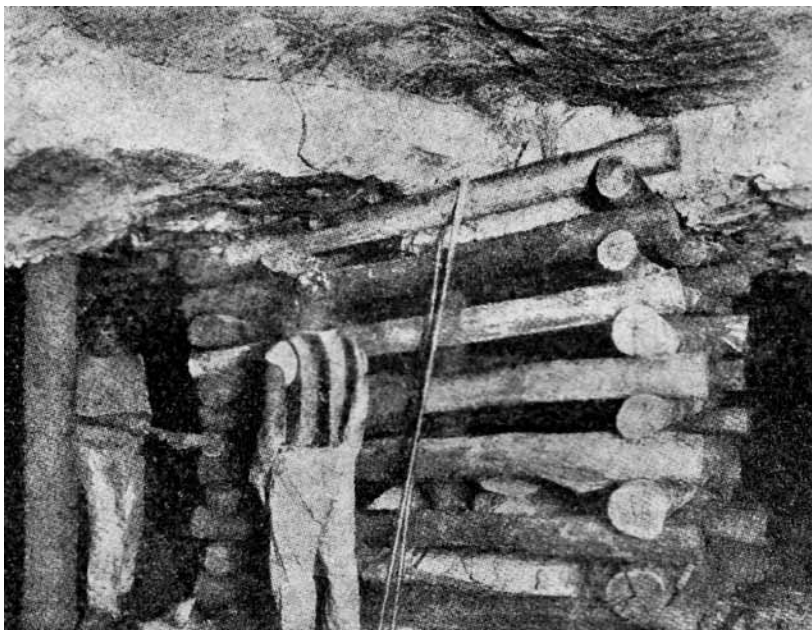


Joon. 6. Viisnurkse põiklõikega järeleandlik koristuskäigu segatoestik söekaevanduses.

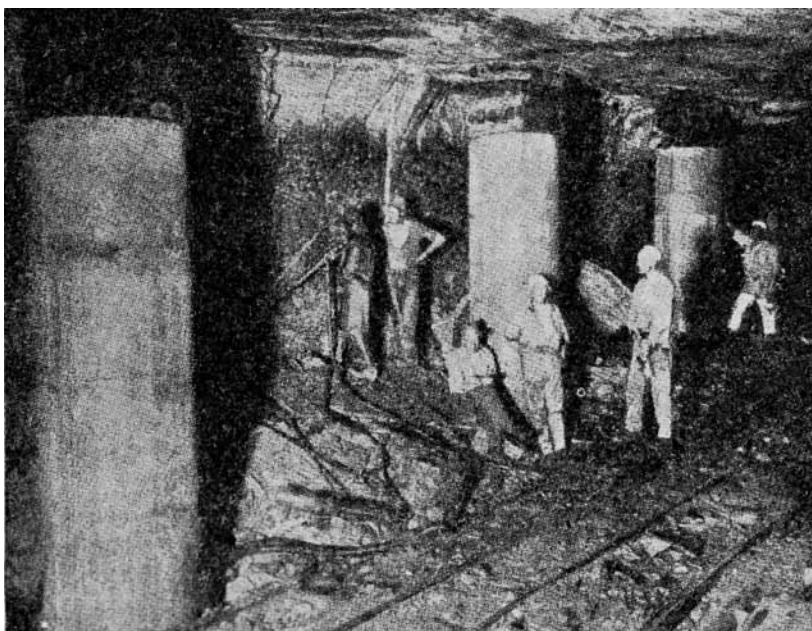
Joon. 6 kujutab viisnurkse põiklõikega järeleandlikult teostatud koristuskäiku, kus toestik on suuremal määral kokkusurutav kui eelmisel joonisel. Teatavasti on koristusvälja käikudes mäerõhk muutlik suurus, ja nimelt vastavalt koristustööde edasijõudmisele kasvab mäerõhk antud kohas koristuskäigus kuni -maksimumini, ja et suurenev mäerõhk ei purustaks käigu sisse ehitatud toestikku ülemääraselt lühikese aja vältel, siis rajatakse toestik teataval määral järeleandlikuna, et seda oleks võimalik mäerõhu suurenedes kokku suruda ilma toestikku vigastamata. Sellel toestikul on veel see paremus, et viisnurga nurgad moodustavad teataval määral liikumisi võimaldavaid liigendeid. See võimaldab ebahütlase surve tulekul käigu toestikule viimase kujumuudatuse koos käigu põiklõike kujumuudatusega, ilma et toestiku kandevõime selle tagajärjel palju kannataks.

Kõige soodsam pingete olukord on saleda püsteliipsikujulise käigu põiklõike juures. Nagu optilised pingemõõtmised näitavad, on siis tõmbepinged nii põrandas kui ka laes täielikult kadunud ja surved käigu külgedes püsivad mõõdukuse piires.

Väga mitmesuguse kujulistest toestikuviisidest sobivaima valik ei toimu mitte matemaatilise arvutuse alusel, nagu igapäevases ehitustehnikas maapinnal, vaid see toimub peamiselt praktiliste kogemuste varal, sest toestiku dimensioonimine staatika põhimõtteil on kaevandustehnikas tavaliselt võimatu, kuna ei suudeta tekkiva mäerõhu suurust ja suunda ka ligikaudseltki ette määrata. Seepärast näemegi sügavais kaevandustes väga sageli massiivseid õõnsuste toetamisviise, mis puhtempüürilisel teel püüavad taltsutada hügelrõhumisi. Joonised 7, 8 ja 9 kujutavad äärmiselt tugevaid kaevandusõõnsuste toetamisviise, nagu neid praktiseeritakse sügavais Lõuna-Aafrika kullakaevandustes.



Joon. 7. Koristusvälja toestamine riitadega Lõuna-Aafrika kullakaevanduses.



Joon. 8. Sügavkaevanduste koristusväljade toestamine betoonsammastega tugeva lae puhul



Joon. 9. Koristuskäigu toestamine täidetud riitadega suurerõhumise ja tugeva lae puhul.

Lõppkokkuvõttes võib ütelda, et kuni viimase ajani on mäerõhu vastu võitlemine kaevandustehnikas toimunud puhtal kujul empiirilisel teel, ja seda juba kõigil eelpoolnimetatud põhjusil, sest et mäerõhu suuruse ja suuna ettemääramine analüütilisel teel ei ole võimalik. Kivimid ei ole kuigi suures ulatuses homogeensed ega isotroopsed, nimelt nende füüsikalised omadused ei ole, mitte igas suunas ühtlased; tektoonilised jõud, mis maapõues võivad esineda, ei allu mingisugusele seadusepärasusele; murrangud ja visked ning igasugused lõhenemised ja pragunemised rikuvad kivimite püsivust ja põhjustavad täiesti ettenägematus ulatuses survete kontsentratsioone ning dislokatsioone. Mäerõhk on kaevandustehnilistest probleemidest kahtlemata kõige keerulisem ja komplitseeritum. Põhjus on väga lihtne: nimelt on kuni tänaseni mäerõhu olemus ja selle seadusepärasused veel paljudes suhetes selgusetud.

Võib ütelda, et kuigi klassilise elastsuse teooria ja mehaanika reeglid ei ole mäerõhu nähtuste selgitamisel sajabrotsendilise täpsusega rakendatavad, paistab siiski, et viimaseil aastail on selles suunas toimunud uurimistööd andnud juba mõnesuguseid positiivseid tulemusi ja kogu mäerõhu nähtuste äärmiselt keeruka kompleksi seaduseärastamine on, kuigi alles algstaadiumis, siiski suunatud õigeile radadele.

4. SEISMILISED MEETODID MINERAALVARADE OTSIMISEL

Mäeins. A. A. Linari, T. T. Mäetööde-laboratooriumi juhataja, Teadus ja Tehnika, nr. 3, 1941

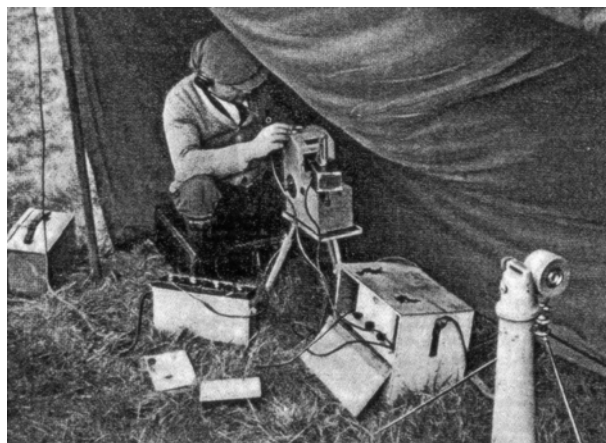
Viimase paari aastakümne jooksul on geofüüsilised uurimismeetodid läbi teinud suure arengu ja pakuvad geoloogile tõhusat abi edukal maapõue uurimistöö. Eriti tähtsale kohale teiste hulgas on tõusnud seismilised uurimismeetodid, mis said alguse möödunud Maailmasõjas kahurite mürinast põhjustatud maa põrutusnähtuste vaatlustel tehtud tähelepanekuist.

Seismilised meetodid on võitnud laialdase populaarsuse ja neid rakendatakse sügaval peituvate maakihtide geoloogilise struktuuri selgitamisel. Muuseas on nende abil võimalik suhteliselt lühikese aja vältel avastada sügavas maapõues peituvaid soolakupleid ja et tihti koos soolaga esineb ka nafta, siis ei ole imestada, et sellel tähtsa mineraalvara otsimise ajal on seismiliste meetodite rakendamine olnud väga intensiivne ja ühtlasi tähelepanuväärselt tulemusrikas.

Nimetus seismiline meetod on tingitud asjaolust, et siin leiab kasutamist tavaliste maavärinate registreerimisel tuntud seismograafi taoline seadis, mille abil registreeritakse kunstlikult tekitatud väikesi maavärinaid ehk põrutusi lõhkeainete plahvatama panekul. Madalasse maapinna lähedale asetatakse puurauku dünaamidilaeng, mille plahvatamisel tekkivaid põrutuslaineid registreerib teatud kaugusel ülesseatud seismograaf.

Seismilised meetodid lähtuvad asjaolust, et mitmesugustel kivimitel on seismiliste põrutuslainete suhtes erinev juhtivus, mille tõttu need elastsed lained levivad üksikutes kihtides erineva kiirusega. Seismograafid registreerivad selle erineva kiiruse, mida näitavad põrutuslained liikumisel plahvatuspunktist läbi maakihtide kuni vaatluspunktini. Nende mõõtmiste abil on võimalik välja arvutada ja määrata erineva põrutuslainete juhtivusega keha sügavust ja selle piirjooni maapõues, ning hilisemate sügavpuurimistega selgitada selle keha täpsemat iseloomu ja majanduslikku väärtust.

Mõõtmiste teostamisel püstitatakse igas vaatluspunktis telk, millesse paigutatakse seismograaf, raadiovastuvõtja, helivastuvõtja ja automaatne registreerimisaparaat (joon. 1). Viimasel jookseb ühtlase kiirusega fotograafiline filmilint, millele märgitakse nende aparatuuride ülestähendused seismogrammi näol.



Joonis 1 Vaatlusjaama sisustus seismilistel mõõtmistel

Lõhkeaine plahvatuse kohal asub raadiosaatja, mis momentaanselt annab edasi plahvatuse momendi. Seismogrammi lint on varustatud aegjaotusega ja sellelt on hõlpus lugeda esimese seismilise laine päralejõudmise momenti ja määrata selle liikumise aega plahvatuse punktist kuni seismograafini.

Arvestades õhutemperatuuri, tuule suunda ja selle tugevust arvutatakse plahvatusheli päralejõudmise aja abil vahekaugus plahvatuspunkti ja vaatluspunkti vahel, sest see kaugus on vajalik seismilise laine liikumiskiiruse leidmiseks

Lõhkeaine plahvatusel tekkivad elastsed põrutuslained levivad lähtekohast radiaalselt igas suunas ühtlaselt. Oma teekonnal maapõues mitmesuguseid kihte läbides alluvad need lained samataoliste füüsika seadustele nagu valguskiiredki. Üleminekul ühest kihist teise seismilised lained murduvad ja lõpuks suunatakse uuesti ülespoole nii, et neid on võimalik igas kohas maapinnal registreerida laialdasel pindalal plahvatuse kolde ümbruses.

Mida kõvem ja elastsem on kivim, seda kiiremini jookseb selles seismiline laine. Satub nüüd säärane põrutuslaine sügaval maapõues peituvale kivimile, siis juhib viimane seda lainet palju kiiremini edasi kui pinnapealne vähem elastsem ja pehmem kiht. Seetõttu jõuavad alates teatud kaugusest

plahvatuskoldest need' lained, mis jooksevad sügavamal asuvat elastsemat kihti pidi, kiiremini tagasi maapinnale, kui need lained, mis liiguvad aeglasemalt pehmemas pinnasekihis.

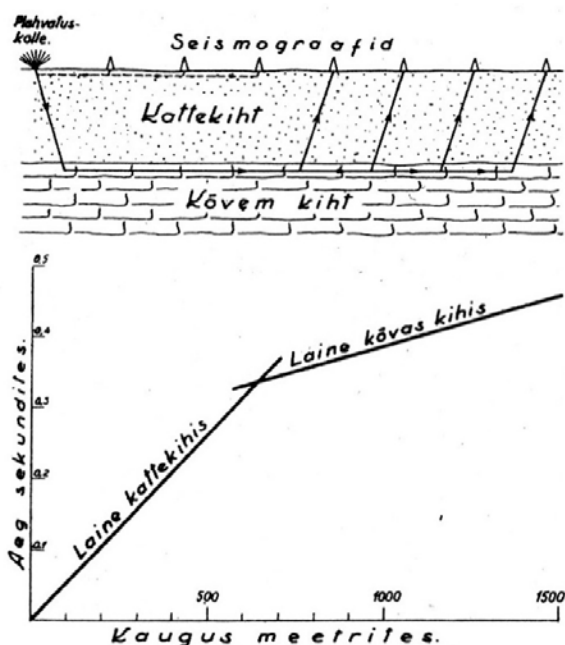
Rea vaatluspunktide juures saadud liikumise aegade ja kauguste väärtused kantakse diagrammile (joon. 2 all) ja sellelt on näha, et ühtlases kivimis on liikumine ühtlane ning graafik moodustab sirgjoone, milline joon koordinaatide telje suhtes omab teatud kallet. Selle kalde suurus sõltub liikumise kiirusest ja mida kiirem on seismilise laine liikumine, seda lähemale abstsisside teljele kaldub see sirgjoon. Nagu öeldud, omavad sügavamal elastsemaid kihte pidi jooksvad seismilised lained suuremat kiirust kui kattekihte pidi jooksvad lained. Seega mõlemate lainete liikumisaja graafikud omavad järelikult erinevat kallet ja nende joonte lõikumispunkt annab meile kauguse ja aja, mille vältel üheaegselt vaatluspunktini saabuvad erinevaid teid kaudu liiguvad seismilised lained, s. o. need lained, mis jooksevad läbi pinnapealsete ja need, mis jooksevad läbi alumiste kihtide. Selle lõikumispunkti kaugus sõltub peale selle veel sügavamal jooksvate lainete ringtee ulatusest, seega alumise kõvema kihi sügavusest maapinnas. Et koostatud diagrammist on võimalik määrata seda lõikumispunkti kaugust ja sellel on näha ka lainete kiirused, siis avaneb võimalus leida sügavamal asuva kihi kaugus maapinnast, s. o. avaneb võimalus leida selle kihi sügavus.

Kui maapõu koosneb enam kui kahest erineva kõvadusega ja elastsusega kihist, siis toimub nende sügavuste arvutamine analoogiliselt.

Selle meetodi abil, mida tuntakse seismilise refraktsioonimeetodi nimetuse all, on viimaste aastate vältel eriti Põhja-Saksamaal avastatud kivisoola lademeid ja sageli ka naftaallikaid.

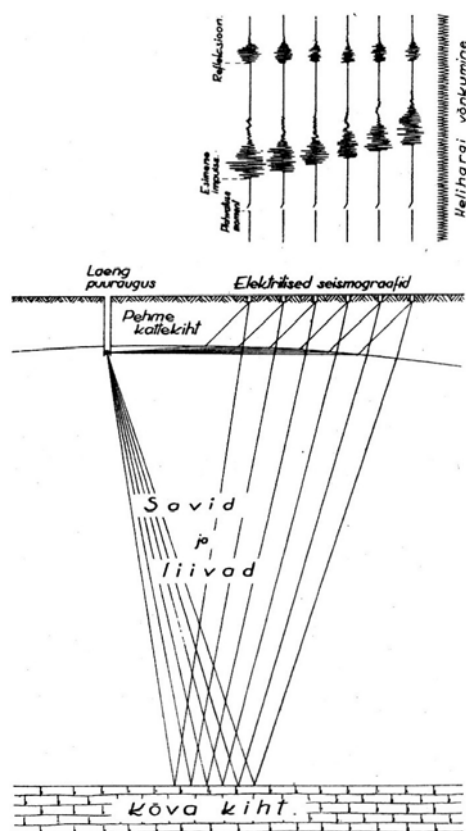
Järgnevalt vaatleme teise seismilise meetodi põhimõtet nagu eelmistki täiesti lihtsa skemaatilise kujutusena. Seda tuntakse nimetuse all seismilise refleksiooni meetod.

Selle meetodi juures ei kasutata, nagu eelmise juures, neid laineid, mis jooksevad kihtide pindu pidi, vaid siin kasutatakse ainult neid laineid, mis plahvatuskoldest väljudes otsekohe reflekteeruvad (põrkavad) erinevate kihtide pinnalt tagasi maapinnale.



Joon. 2 Refraktsioonimeetod

Ülal: seismiliste lainete jooks pinna- ja põhjakihtides. All: lainete kiirused erinevates kihtides



Joon. 3. Refleksioonimeetod.
Seismiliste lainete jooksu ja seismogrammide skemaatiline kujutus.

Seismilise laine reflekteerumiseks maapinnale on vajalik, et see laine satuks erineva kõvadusega kivimile ja mida järssem on kivimite üleminek, seda selgem on ka refleksioon.

Joonisel 3 on skemaatiliselt kujutatud refleksioonilainete jooks, kus teatud kauguses plahvatusel koldest on üles seatud rida elektrilisi. (tavaliselt 5 kuni 6 tükki) seismograafe.



Joon. 4. Laengu plahvatusel moment.

Umbes 25- kuni 3000-grammiline dünamiidilaeng paigutatakse 15 kuni 20 meetri sügavusse puurauku (joon. 4). Säärane asetus on kasulik ühest küljest sellepärast, et nii välditakse peaaegu täielikult maapinna kahjustusi, lõhkeainekulu on väiksem kui pinnapealsel plahvatusel ja teisest küljest asub laeng sellise sügavuse juures juba tavaliselt allpool põhjavee pinda ja seega homogeenemas kivimisis. Seetõttu ei teki pinnalähedastes kihtides tugevaid häirivaid võnkumisi ja saadud seismogrammide on tunduvalt selgemad ja puhtamad.

Elektrilised seismograafid on paigutatud valgete püstvarraste juurde.

Maakihtide mehhaanilised võnkumised transformeeritakse elektrilistes seismograafides ümber elektrilisteks võnkumisteks ja igast säärasest seismograafist jookseb juhe elektrilisse filtrisse, mis on reguleeritud reflekteeruvate lainete sagedusele ega lase läbi teisi võnkumisi. Selle .filtri abil parandatakse refleksiooniseismogrammide kvaliteeti veelgi suurel määral.

Filtri järelle on lülitatud mitmeastmeline kõvendaja, millest viib juhe edasi ostsillograafini. Viimase peeglit valgustab fotograafilise registreerimisaparatuuri lamp. ühtlase kiirusega jooksvale fotopaberist ribale langeb reflekteeruv valguskiir ja nii valmib seismogramm.

Vastavalt maastikus ülesseatud seismograafide arvule saame iga plahvatusel järel fotopaberist ribale sama arvu seismogrammi jooni. Ajamõõduks kasutatakse heliharki, mille ostsillogramm ilmub registreerimisaparaadi servale.

Iga seismogramm algab plahvatusel momendi märgiga, mis kantakse . üle kas läbi juhe või raadio teel. Peale plahvatusel momendi ülesmärgimist paberile registreeritakse mõni kümnendik sekundit hiljem saabunud pinnapealne laine, millele järgneb hulk ebakorrapäraseid võnkeid, mis on tekkinud kattekihhis. Seda võnkepildi esimest osa seismogrammil nimetatakse p i n n a t õ u k e k s ja selle kuju ning kestus sõltub täiel määral pinnase kihtide iseloomust.

Järgmine iseloomustav osa seismogrammis on reflekteeruva laine võnkepilt ja selle registreerivad kõik seismograafid praktiliselt ühel ajal, sest nende lainete käidud tee pikkused on üksteisest väga vähe erinevad, nagu võib näha joonisel 3, kui seismograafid on asetatud sobivasse kaugusse.

Reflekteeruvate lainete, jooksuajast arvatakse maha see aeg, mis kulub lainel pinnapealsete kihtide läbimiseks ja milline aeg määratakse kindlaks eraldi. Et nüüd lõpuks välja arvutada refleksiooni põhjustava keha või kihi sügavust maapinnast, selleks on vaja teada reflekteeruva laine keskmine liikumiskiirus pinnasekihi alumise serva ja reflekteeriva kihi vahelises määras. Seda saadakse kas refraktsioonimeetodi abil, või soodsal juhul teostades seismomeetrilisi mõõtmisi erilise seismograafiga, mis lastakse olemasolevasse puurauku.

Suurema hulga refleksiooniseismogrammide olemasolu korral on võimalik seda keskmist kiirust arvutada ka matemaatiliselt.

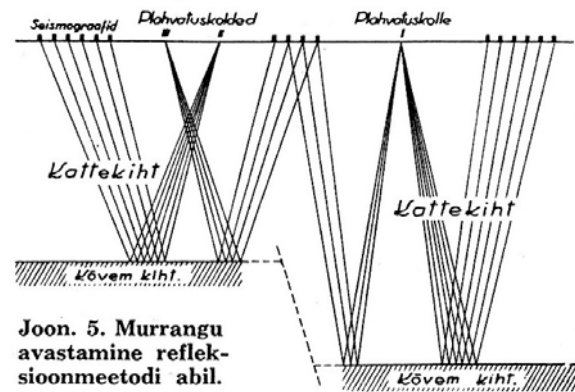
Seismiliste mõõtmiste teostamisel asetatakse seismograafid maapinnal ridastikku, mis annab võimaluse saada kihtide profiile uuritava alal.

Soodsates tingimustes on refleksioonmeetod täpsemad tulemusi andev kui refraktsioonmeetod. Viimane annab tulemuseks teatud kihtide keskmise sügavuse pikemal kihi ulatusel. Refleksioonmeetod võimaldab üksikute punktide kohta saada täpseid sügavusi ja loomulikult on säärane punktide viisi kompamine täpsemat kihi või keha asetust ja kuju määramist võimaldav meetod kui refraktsioonmeetod.

Seismilise refleksiooni meetod võimaldab saavutada ka väga suuri sügavusi. Eriti häid tulemusi annab see meetod, nagu öeldud, säärases manneraines, kus esinevad suured erinevused kivimite elastsuses. Nii on sobivad tingimused olemas siis, kui kõva vanema ajajärgu kivim on kaetud noorema ja veel pehme katekihiga, mille elastsus on palju madalam. Säärane juhtum on olemas soolakuplite peituses pehmetes kihtides, sest kivisool kui kompaktne ja elastne aine reflekteerib hästi temale pörkava seismilise laine.

Üldiselt on seismilised meetodid sobivad rakenduseks siis, kui mannerainete kihid maapõues jooksevad ligikaudu paralleelselt maapinnale. Säärane olukord võimaldab neid meetodeid kasutada tektooniliste häirete avastamisel nendes kihtides. Nii näitab joonis 5 skemaatiliselt murrangu ehk kihtide viske avastamist refleksioonmeetodi abil ja kuna see meetod on sobiv detailseteks uurimisteks punktide kaupa, siis on viimasel ajal seda hakatud kasutama ka kivisöe kihtide lebamissuuna ja kalde kindlakstegemisel uute kaevanduste projekteerimisel, kus on äärmiselt olulise tähtsusega söekihtide asetuse määramine ja selles esinevate visete kindlakstegemine kiirema ja odavama abinõuga, kui seda on seni kasutatud kallis ja aegaviitev sügavpuurimine

Lõpuks võib ütelda seimiliste meetodite kohta, et ei ole teist geofüüsilist uurimismeetodit, mis suudaks siin võistelda tulemuste täpsuse suhtes. Et aga seda täpsust saavutada, selleks on vajalik suur hoolsus töö juures ja väga suur kogemuste pagas



Joon. 5. Murrangu avastamine refleksioonmeetodi abil.

5. SÜGAVPUURIMISTEST JÕHVI LÄHEDAL

A. A. Linari, Tallinna Tehnikaülikooli Mäetööde Laboratooriumi juhataja, Teadus ja Tehnika, nr. 4 1941

Maapõue geoloogilise koosseisu uurimine on Eestis peale mõne vähese erandi seni piirdunud pinnalähiste prospektimistega ^a, kus uurimisi on toimetatud loomulike paljandite, surfide ja madalate puuraukude kaudu. Võib ütelda, et meie sügavam kristalliinse, s.o. tardkivimeist koosneva aluspõhja kohta puuduvad peale ühe erandi igasugused andmed ja oleks väärt oletada, et selles täiesti puuduvad kasulikud mineraalvarad.

Esimene samm meie kristalliinse aluspõhjaga tutvumiseks on tehtud kahe sügavpuuraugu näol, mis paari aasta eest teostati Jõhvi lähedal ja millede sügavused on ühel 505 ja teisel 721,5 meetrit ^b. Tahaks loota, et see alustatud uurimistöö jätkuks lähemal ajal uue hoo ja innuga, sest selle tulemustel on suur väärtus nii teaduslikult kui ka majanduslikult vaatekohalt.

Maapõue sügavamate regioonide uurimiseks on moodne teadus loonud rea viimisteldud prospektimismeetodeid, mis kõik lähtuvad kivimite ühest või teisest füüsikalise omadusest ja tuginevad tavalistele füüsikaseadustele. Neid prospektimismeetodeid, s. o. mineraalvarade otsimise meetodeid, tuntakse geofüüsikaliste uurimiste nimetuse all ja nende abil on sageli võimalik teha otsuseid maapõues leiduvate kivimite suhtes, ilma et oleks laialdaste huupi puurimistega vaja kanda suuri kulusid kasulike mineraalvarade otsimisel.

Need meetodid on järgmised: 1) magnetilised, 2) gravimeetriselised, 3) elektrilised, 4) seismilised, 5) raadioaktiivsuse ja 6) geotermilised mõõtmised. Nendest on Eestis piiratud ulatuses rakendatud ainult magnetilist ja gravimeetriselist meetodit, kuna teisi ei ole seni aparatuuride puudusel võimalik olnud kasutada. Gravimeetriseliste meetoditest on teostatud ainult pendelmõõtmisi ja sedagi kaunis suurte jaamavahedega. Mineraalvarade otsimise sihiga on meil seni geofüüsikalistest meetoditest praktilist rakendamist leidnud ainult magnetomeetria ja just nende mõõtmiste tulemusena avastati terve rida tugevaid anomaaliaid, s.o. magnetiliste tungjoonte normaalse jooksu häireid, milledest tugevaimaks osutus nn. Jõhvi anomaalia ^c

Kasutades juhtnööriena magnetiliste mõõtmiste tulemusena koostatud isodünaamide kaarte (joonised 1 ja 2), asuti sügavpuurimistega selgitama selle anomaalia põhjust. Puurimistel avastati r a u a m a g i leiupaik, milles raud esineb magnetiit-kvartsiidina. Puuraugud pandi maha joonisel 2 näidatud asukohtadesse (punktid 1 ja 2) ja puurimistehniliselt oli kõik lühidalt järgmine.

Pealmised kattedehid, mis koosnevad paest, savidest ja liivakivist, läbistati tavalise kaevupuurimisel kasutatava löökpuurmasinaga ja puuraugu seinte kaitseks asetati mõlemasse puurauku, alates maapinnalt kuni kristalliinse aluspõhjani, terasest mantelkorud, et hoida puurauku lahti pudedates kihtides.

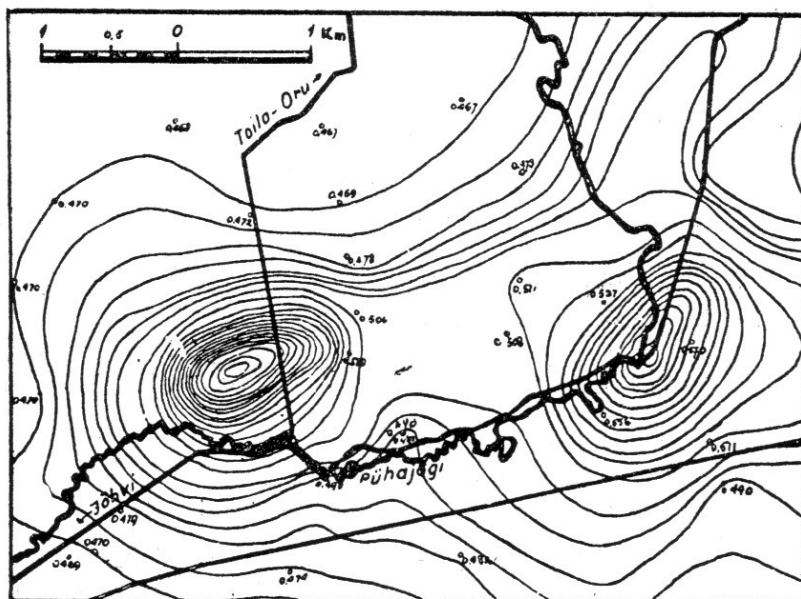
Esimeses puuraugus on selle kattedehi paksus 237,7 meetrit ja teises puuraugus 241,5 meetrit, milles tuli varustada puur auk mantelkorudega.

Puuraugu kohale ehitatud 16 meetri kõrguse puurtorni (joon. 3) alla asetati teemantpuurimise seade. Säärane torni kõrgus võimaldas kiirelt teostada puuri tõstmist augu põhjast selle vahetamisel, sest oli võimalik tõstmisel piirduda puurritvade kinni- ja lahtikeeramiseiga iga kolme lüli järel, mis andis tunduvat kokkuhoidu ajas

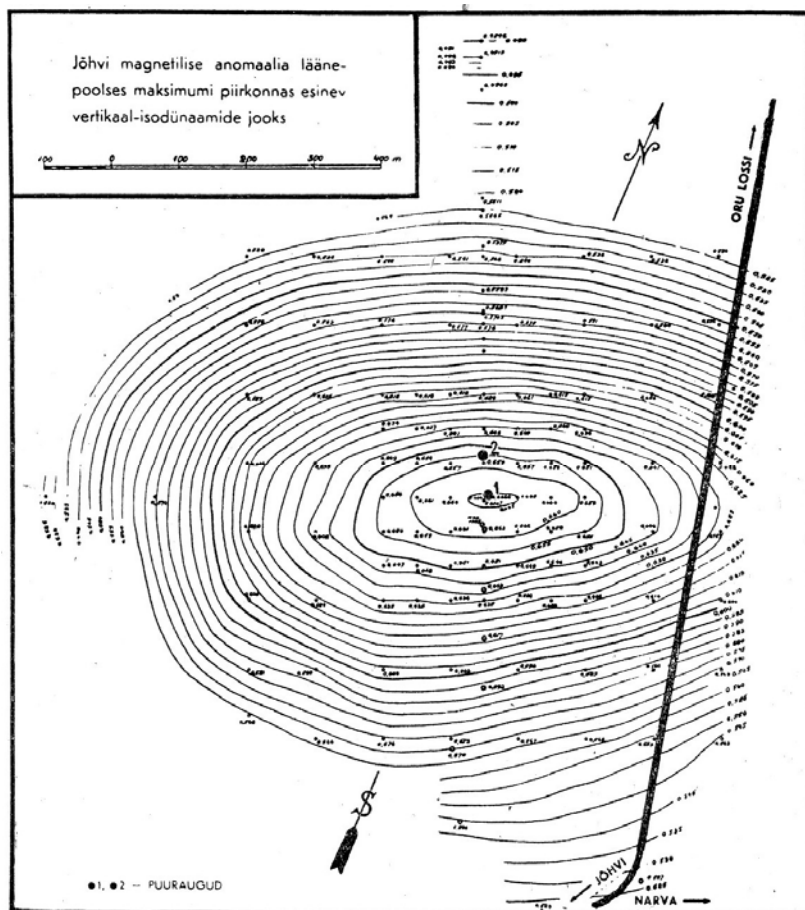
^a otsinguga (*prospecting*)

^b T. Tehnikaülikooli toimetused, seeria A, nr. 15, 1940: A. A. Linari: Aruanne sügavpuurimistest Jõhvi lähedal.

^c 2 „Tehnika Ajakiri“ nr. 5, 1937: A. A. Linholm: Rakendus-geoloogilisi oletusi Jõhvi magnetilise anomaalia piirkonna kohta.



Joon. 1. Jõhvi magnetilise anomaalia piirkonna isodünaamide kaart.

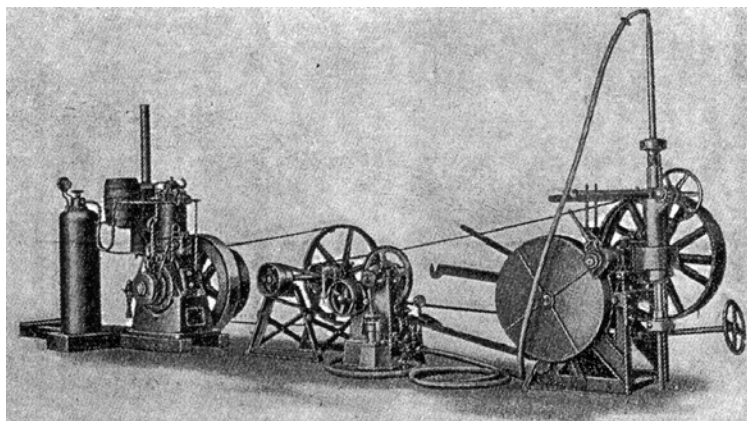


Joon. 2.



Joon. 3. puurtorn Jõhvis puuraugu nr, 2 kohal

Puurimiseks kõvas kristalliinses kivimis kasutatav teemantpuurmasin oli vanast Craelius-tüüpi käsi-
puurmasinast ümber ehitatud ja tugevdatud ning kohaldatud ning tugevdatud mootorveole. Töötamisel kasutati jõuallikana 10 HJ
hõõgpeaga naftamootorit. Loputusvee jaoks rakendati samuti käsipumbast ümberehitatud ja tugevdatud kolbpump, mida algul käitati sama mootoriga vahelelülitatud transmissioonilt ja hiljem sügavuse kasvades juba erimootoriga. Ühte säärast Craelius-tüüpi teemantpuurmasinat koos pumbaga ja mootoriga kujutab joonis 4.



Joon. 4. Teemantpuurmasin ühes mootori ja veepumbaga

Teemantpuurimise põhimõte seisab teatavasti selles, et pehmest terasest toru, nn k r o o n i alumisele servale on kinnitatud teemandid, mis toru tiirlemisel löikavad kivimisse silindrikujulise õõnsuse, kuna toru sisse ulatuv kivimisambake, nn puursüdamik, annab selge läbilõike puurimisel läbitavatest mannerainetest. Loputusveega uhitakse puuraugust pidevalt tekkiv puurpuru maapinnale ja teostatakse ka puuri jahutamist.

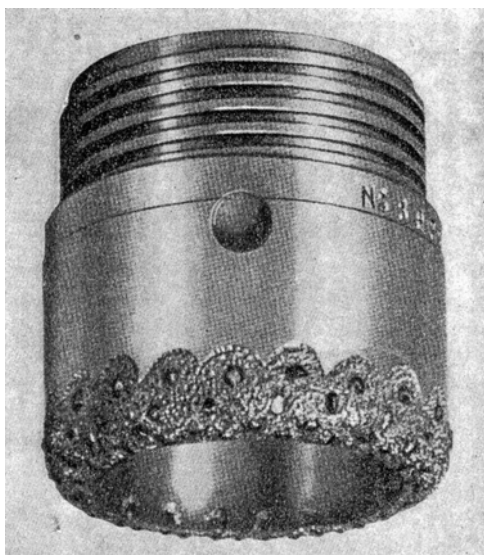
Teemantpuurimisel Jõhvis kasutati alguses kõrge kvaliteediga amorfseid Brasiilia teemante, nn k a r b o o n e (carbonados), mida kinnitati puurkrooni külge umbes 8 karaati. Ühe säärase krooniga suudeti keskmiselt läbi puurida 2 meetrit süvakivimeid ja siis tuli teemandid välja võtta ning ümmarguseks kulunud nurga asemele pöörata välja uus terav lõikenurk.

Katsetades hiljem ligi kümme korda odavamate bort-teemantidega, osutusid need hulga sobivamaks puurimisel kui kallid karboonid.

Nende kasutamisega avanes võimalus tõsta puurmasina tiirude arvu 120 tiirult minutis kuni 400 tiiruni ja ka puurimise edukus kasvas senisega võrreldes suurel määral.

Teise puuraugu töödel saavutati puhta puurimisaja kohta 0,77 meetrit puurauku tunnis, milline saavutus puudulikust ja osalt ka improviseeritud sisseseadest hoolimata on kahtlemata tänapäeva tasemel.

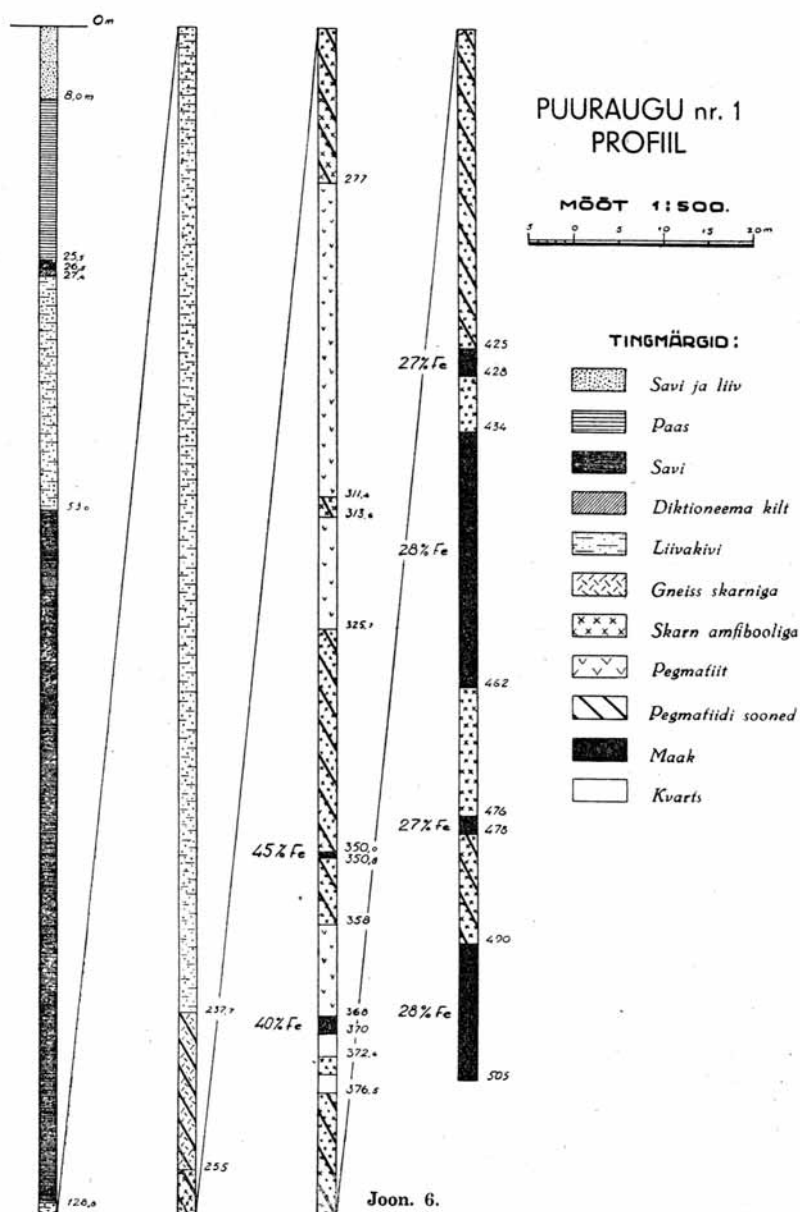
Teemantkrooni väliseks läbimõõduks oli 49,8 mm ja sellega saadi 30-mm läbimõõduga puursüdamik. Teemantide kulu jooksva meetri puurimise kohta oli keskmiselt 0,52 karaati, kusjuures ühes teemantkroonis oli keskmiselt 52 bort-teemanti kogukaaluga ca 12 karaati. Üksikud teemandid, millede kaal kõikus 0,25 ja 0,5 karaadi vahel, paigutati pehmest terasest krooni sisse puuritud aukudesse ja täkkides peene terastorniga teemandi ümbruses krooni terase kokku, saavutati teemantide püsiv kinnitus krooni sees. Joonis 5 kujutab säärast teemantkrooni.



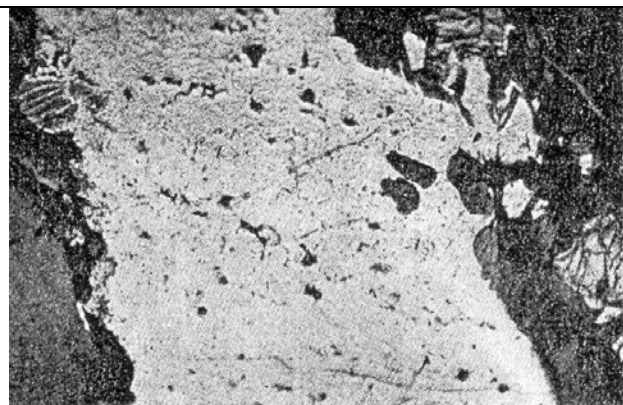
Joon. 5. Puuri teemantkroon

Esimese puuraugu kivimite lõige on toodud skemaatilisel joonisel 6. Siit näeme, et siluuri ja kambriumi ajastute settekihid moodustavad profiili algul 237,7 m pikkuse osa, mis koosneb peamiselt liivakividest, savidest ja paest.

Nende all järgnevad Eestis esmakordselt sügavpuurimise teel avastatud kristalliinsed süvakivimid, mis esimeses puuraugus algavad 237,7 m sügavusel ja teises puuraugus 241,5 m sügavusel



Joon. 6.



Joon. 7. Puursüdamikü lihv 5 × suurenduses 263 m sügavuselt.

Ühe cm laiune magnetiidi soon (heledam osa keskel).

Vasakul pegmatiit, paremal skarn granaatidega (hallid).

Esimese puuraugu süvakivimite mikroskoobilisel uurimisel valmistati terve rida õhukesti ja pindlihve, millede vaatlusel selgus, et meil on siin tegemist graniitse kivimite kompleksiga, mis kohati sisaldab rohkesti m a g n e t i i t i.

Peamise maagi magnetiidi kõrval esinevad palju väiksemal määral mineraalid rauapüriit, pürroitiin ja üksikute väikeste terakestena vasepüriidi agregaadid.

Maagi iseloom on kihiline magnetiitkvartsiid, milles samuti kihilistena esinevad granaadid, pürokseenid ja amfiboolid.

Arvestades vaid profiilis leiduvaid paksemaid rauamaagivöösid, leiame selles neli järgmist magnetiidirikkamat maagivööd:

2 m paksune vöö 368 m ja 370 m vahel ea 40 % Fe-sisaldusega;

3 m paksune vöö 425 m ja 428 m vahel ea 27% Fe-sisaldusega;

28 m paksune vöö 434 m ja 462 m vahel ca 28 % Fe-sisaldusega;

15 m paksune vöö 490 m ja 505 m vahel ca 28 % Fe-sisaldusega.

Kokku moodustavad need umbes 48 m kogupaksusega maagilademe, mis keskmiselt sisaldab 28% soolhappes lahustuvat rauda. Huvitav on seejuures tehtud tähelepanek, et maagi kvaliteet näib sügavusega paranevat. See asjaolu tingib selle puuraugu süvenduse jätkamise vajadust, et selgitada leiupaiga täpsemat iseloomu ja väärtust.

Mis puutub kahjulike lisandite olemasolule selles maagis, siis peab tehtud analüüside tõendusel ütleva, et need on üldiselt väikesed. Titaanisaldus püsib alla 0,3% ja vanaadiumi maagis ei leidu. Samuti on raurikkamad vööd suhteliselt väävlivaesed ja apatiidina esinev fosfor, mida leidub keskmiselt alla 0,08%, laseb end magnetilisel rikastamisel peaaegu täiesti maagist eraldada. Järgnevast analüüsikokkuvõttest ilmneb Jõhvi rauamaagi keskmine iseloom. Selles on 28% soolhappes lahustuvat rauda ja ülejäänud osa 3,15% on mittelahustuv silikaatraud, mis maagi väärtuse määramisel ei ole mõõduandev:

Fe	31,15%	K ₂ O ja Na ₂ O	0,42%	O	11,75%
Mn	1,62%	P	0,08 %	Niiskus	0,45 %
SiO ₂	41,83 %	S	0,20 %	Kuumutuskadu	2,26%
Al ₂ O ₃	4,17%	Cu	0,02 %		
CaO	2,41%	Ti	0,27%		
MgO	3,88 %	Zn	jäljed	Kokku	100,51%

Magnetilisel rikastuskatsel ilmnis Jõhvi rauamaagi jaoks väga intensiivse peenenduse vajadus. Nimelt tuleb suurem osa maagist jahvatada peenuseni läbi sõela ava 0,06 mm, mis nõuab kaunis suurt kulu rikastamiseks sobiva produkti valmistamisel. See-eest on aga katsetel saadud kontsentraat kõrgeväärtuslik ja sisaldab kuni 65% rauda ja minimaalsel määral kahjulikke lisandeid.

Rikastuskatsete tulemuste kokkuvõttena võib ütelda, et kui põlevkivitööstuste väljaarendamisel osutub võimalikuks muretseda odavat elektrienergiat rauamaagi töötlemiseks, siis v ö i b Jõhvi rauamaak olla mäetööstuslikult tasuv mineraalvara, kui edaspidised sügavpuurimised avastavad seda maaki küllaldasel määral.