



Enno Reinsalu

EESTI MÄENDUS

2011

Digitaalseks toimetatud
Veebruar 2016



Enno Reinsalu

EESTI MÄENDUS

2011

Maapõueinseneri õpik

Digitaalseks toimetatud
veebruaris 2016

Selles köites on:

1. Mäenduse põhimõisted
2. Eesti maavarad
3. Eesti mäetööstus

Teises köites – [Eesti mäendus II](#) on:

Geoanalüüs
Maavara uuringu alused
Mäendusanalüüs

Kolmandas köites – Eesti mäendus III on:

Mäeõiguse alused
Mäenduse keskkonnanahole
Kaevandamise projekteerimine



Esikaas – autori foto "Eesti mäenduse kolm osalist
– paas, vesi ja inimese käsi"

Autoriõigus: Enno Reinsalu, 2016

Kasutades pilte ja signeerimata fotosid, tuleb viidata autorile

ISBN 978-9949-430-98-7 (pdf)

SAATEKS

See on maapõueinseneride õpik, kuid olgu ta abiks ka neile, kes soovivad maapõue loodusvarade haldajate tööst ja seisukohtadest rohkem teada.

Esimene osa – **mäenduse põhimõisted** on leksikonilaadne, selgitab mäenduse termineid ja maapõue inseneride mõtteviisi. Mõeldud erialaõpinguid alustavale üliõpilasele kuid kasulik ka mäenduskaugele üldsusele.

Teine osa – **Eesti maavarad** käsitleb meie mineraalset loodusvara kui inimesele vajalikku maapõue osist. Ei ole lähemalt tutvustatud meie maavarade ja maardlate teket, kivimite ning setete struktuuri, nende litoloogilisi ja mineraloogilisi omadusi ega ka muid asju, mis kuuluvad geoloogia valdkonda. Samuti ei ole selles raamatus statistilisi andmeid Eesti maavarade koguse ja toodangu kohta, sest need muutuvad pidevalt ja on leitavad internetis. Samas on püütud ära tuua kõik need maavarakivimite ja -setete tehnilised omadused ja tunnused, mis mõjutavad kaevandamist ja kasutamist.

Kolmas osa – **Eesti mäetööstus** võtab vaatluse alla tähestiku järjekorras meie mineraaltoormetööstuse, keskendudes siiski vaid neile maavaradele, mille kaevandamine toetub mäenduse „kolmele vaalale” – allmaatööle, lõhkamisele ja rikastamisele. Kui mäetööstuse käsitlemine tundub liig ajaloo-hõnguline, siis võiks möönda, et palju kasulikku teavet sellest, mis meil maavarade kaevandamisel ja kasutamisel on toimunud, pole avalikkuseni jõudnud. Näiteks meie fosforiiditööstus, mis rajati enne teist maailmasõda, kujunes okupatsioonivõimude nõul ja jõul eestikeelse inimese jaoks vägagi

võõraks. Vähe teatakse ka sellest, miks põlevkivi-tööstus kujunes just selliseks nagu ta praegu on. Uraanitoorme kaevandamisest Sillamäel puudub üldsusel igasugune teave. Kuid kõik nad muutsid suuresti meie keskkonda. Seepärast olekski kasulik maavara kaevandava ja kasutava tööstuse kujunemisest ning hääbumisest rohkem teada, kasvõi selleks, et kui, kus ja kunas iganes tekib võimalus mõni ahvatlev maavara kasutusele võtta, ei kordaks kaevandajad neid vigu, mis tekitasid raskeid keskkonnahäiringuid. Ja ka selleks, et kaevandatud maale tekkivad varingud, allikad, põlengud ja muud järelnähud ei oleks üllatuseks, ning teataks, kus neid oodata ja mida nendega ette võtta.

Autor on tänulik trükise käsikirja retsenseerinud professor Väino Puurale ja PhD Jüri Pladole kellele abil said paljud asjad selgemaks ja õigemaks. Trükkis oli koostatud Sihtasutus Archimedese toel ja tellimusel.

Digiteavikuks, eelkõige tahvelarvutite ja nutitelefonide tarbeks küljendatuna, on varem ilmunud raamatu sisu ja pealkirjade süsteem jäänud samaks. Terminoloogiliselt on digiteavik mõneti kaasaegsem ja täpsem kuid faktoloogiliselt (väheste eranditega) jäänud 2010. aastasse. Võimalust kasutades olen lisanud pilku püüdvaid pilte.

Enno Reinsalu

TTÜ emeriitprofessor, volitatud mäeinsener

© enno.reinsalu@ttu.ee

SISUKORD

1. MÄENDUSE PÕHIMÕISTED	13
1.1. Mõistestik	13
1.2. Mäendus ja mäeteadus	18
1.2.1. Eesti mäeteadus ja selle alusepanijad..	18
1.2.2. Eesti mäendus	20
1.2.3. Mäenduserialad	22
Geotehnoloogia	22
Mäeinsener	22
Geoloogiainsener.....	23
1.3. Maapõu	24
1.3.1. Maapõuetöö ehk mäetöö	25
Mäetöö	25
Maapõue piiritlemine.....	29
1.3.2. Maapõue loodusvarad ja -ressursid.....	33
1.3.3. Loodusvara	33
Maapõue peamine vara on maavara.....	34
Maavara on loodusvara	34
Maavara on majandusmõiste	34
Põhjavesi on maapõue loodusvara	37
Maapõu on tugi	37
1.4. Mitmekülgsed maavarad	38
Ajaloolised maavarad	38
Klassikalised maavarad	39
Kohalikud maavarad.....	40
Ehitusmaavarad.....	40
Globaalsed maavarad	42
Rahvuslikud maavarad	43
Muld ei ole maavara,	46
Libamaavarad	48

Kokkuvõtvalt maavaradest	55
1.5. Tööstusmaardla ja -maavara	56
1.5.1. Maardla	56
Leiukoht ja leiupaik	56
Lavamaardla	57
1.5.2. Tööstusmaavara	57
1.5.3. Maavara kaevandamisväärsus	59
1.5.4. Maavarade sihtotstarbeline jaotus	60
1.5.5. Maavara varu	62
1.5.6. Maavara varu klassifitseerimise alused	64
Varu jaotamine kaevandamisväärsuse alusel	64
Varu jaotamine usaldusväärsuse alusel	67
Kaevandatav varu	74
1.5.7. Maavara varu klassifitseerimise	
rahvusvahelised süsteemid	74
Maavara varumine	77
Maavara otsing	80
1.6. Kaevandamine	80
1.6.1. Kaevandamise põhimõisted	80
1.6.2. Kaevandamise majanduseeldused	82
1.6.3. Kaevandamise tehnilised eeldused	84
Tahked maavarad ja nende omadused	84
Püdelad maavarad	87
Voolavad maavarad	88
Kivimite väljatavus	88
1.6.4. Kaevis	90
1.6.5. Mäetöö	90
Kaevevälja avamine ja lõigustamine	93
Läbimine	94
Kaeveõõs	95

Kaevisse koristamine.....	97
1.6.6. Väljamine	98
1.6.7. Tervikud	98
Hoidetervik.....	98
Tugitervik	100
Tõkketervik	100
Jääktervik.....	101
1.6.8. Kaevandusvedu	101
1.7. Kaevandus	106
1.7.1. Mäeeraldis ja selle teenindusmaa	112
Mäeeraldis	112
Mäeeraldise teenindusmaa	114
1.7.2. Mineraaltoorme rikastamine ja töötlemine	116
1.7.3. Kaevanduse sulgemine	118
1.7.4. Kaevandatud ala korrastamine	118
1.7.5. Kaevanduse hülgamine	122
1.7.6. Kaevandatud ala loodustumine	124
2. Eesti maavarad.....	126
2.1. Sissejuhatus	126
Inimene on maavarasid alati kasutanud.....	126
2.2. Pudedad, kõige käepärasemad tahked	
maavarad	132
Purdsetted	132
Purdsetete osised	133
Purdsetete pealiskaudne verbaalne jaotus ..	135
Purdsetete täpsem verbaalne jaotus	136
2.2.1. Kruus.....	142
2.2.2. Liiv.....	146
Ehitusliiv.....	148

2.2.3. Maakivid	150
2.2.4. Savi	158
2.2.5. Muud pudedad maarded.....	166
Diatomiit.....	166
Järvelubi ehk -kriit.....	166
Sool.....	167
Ooker	168
2.3. Kaljumaavarad	170
2.3.1. Graniit	170
2.3.2. Maagid	172
Püriit.....	172
Raud,	174
Polümetallid	175
2.3.3. Paekivi	176
Lubjakivi.....	178
Dolokivi	179
Paekivi levilad ja maardlad	179
Kivistis.....	184
2.3.4. Põlevkivi	185
Põlevkivist üldiselt.....	185
Kukersiitpõlevkivi	188
Graptoliitargilliit	201
2.4. Poolkaljused maarded.....	207
2.4.1. Allikalubi ehk kobekivi	207
2.4.2. Kips	208
2.4.3. Liivakivi	209
Fosforiit	211
Tehnoliiv	215
Mergel.....	217
2.5. Püdelad maavarad	217

Muda	217
Turvas	219
Turvas kui taastuv ressurss	225
2.6. Vedelad maarded	226
2.6.1. Maaõli	226
2.6.2. Mineraalvesi	227
2.7. Gaasilised maarded	230
3. Eesti mäetööstus	233
3.1. Sissejuhatus	233
3.2. Fosforiiditööstus	234
3.2.1. Ajalooline areng	234
Ülgase fosforiidikaevandus	235
3.2.2. Maardu fosforiiditööstus	240
Allmaakaevandamine	241
Avakaevandamine	244
Keskkonnaprobleem	247
Rikastamine	247
3.2.3. Keskkonnamõju ja -hoole	249
Fosforiiditööstuse keskkonnamõju	249
Kaevandamise mõju,	249
Graptoliitargilliidi isesüttimine	251
3.2.4. Fosforiidi kasutamine	253
3.2.5. Fosforiiditööstuse võimalikud arengud	254
Rakvere levila hõlvamise kava	254
Fosforiidi ja põlevkivi kooskaevandamise võimalus Kabalas	258
Keskkonnaohutu avakaevandamine Toolses	261
3.3. Liiva kaevandamine ja kasutamine	266
3.3.1. Piusa klaasiliivakaevandus	266

Allmaakaevandamine	266
Avakaevandamine	271
3.3.2. Tehnilise liiva kasutamine	272
3.3.3. Ehitusliiva ja -kruusa kaevandamine ..	275
3.3.4. Keskkonnamõju ja -hoole	275
3.4. Paetööstus	278
3.4.1. Ehituskivi.....	278
Kivi murdmine	278
Klompimine	280
Lõhkumine	284
3.4.2. Paetoore	287
Lubja toore.....	288
Tsemendi toore.....	291
Eksporttoore	293
3.4.3. Paekivi tootmiskohad	294
3.4.4. Keskkonnamõju ja -hoole	295
3.5. Põlevkivitööstus.....	298
3.5.1. Kaevandamise areng.....	298
3.5.2. Kaevandamise tehnoloogia	305
Maardla avamine	305
Avakaevandamine	306
Allmaakaevandamine	308
Rikastamine	317
3.5.3. Põlevkivi kasutamine	319
Põlevkivi termiline töötlemine	319
Põlevkivi keemiline töötlemine.....	319
Põlevkivi mehhaaniline töötlemine	320
Peamised põlevkivi tarbijad ja energia muundajad	321
Väikekolded- ja katlad	326

Ölitööstus	328
Elektrienergeetika	336
Põlevkivipõhised ehitusmaterjalid.....	338
3.5.4. Põlevkivitööstuse taustmõju	340
Algusjärg	340
Tootmisjärg	342
Häabumisjärg.....	343
Järelmõju	344
3.5.5. Põlevkivitööstuse mõju loodus- ja kultuurkeskkonnale.....	345
Kaevandamise keskkonnamõju ja -hoole	345
Ölitööstuse mõju	352
Energeetikatööstuse mõju	353
3.5.6. Põlevkivitööstuse võimalikud arengud	353
3.6. Savitööstus	359
3.6.1. Tellisetööstus	360
3.6.2. Raskelt sulav savi,	364
3.6.3. Keskkonnamõju- ja hoole	366
3.7. Turbatööstus	367
3.7.1. Kasutamise areng	367
Lagunenud turvas.....	367
Vähelagunenud turvas.....	367
3.7.2. Kaevandamise tehnoloogia	368
3.7.3. Turba rikastamine	368
3.7.4. Keskkonnamõju ja hoole.....	369
3.8. Uraanitööstus	373
3.8.1. Kaevandamine	373
Avamine ja läbimine.....	375
Koristustöö	376
3.8.2. Rikastamine	378

3.8.3. Keskkonnamõju	380
3.9. Väiketööstus ja ajalooliste maavarade kasutamine	382
3.9.1. Diatomiiditööstus.....	382
3.9.2. Kipsitööstus.....	382
3.9.3. Maagaasi ammutamine	385
3.9.4. Paetoorme ajalooline kaevandamine..	386
3.9.5. Värvimulla kaevandamine.....	386

1. MÄENDUSE PÕHIMÕISTED

1.1. Mõistestik

Igal erialal on välja kujunenud oma mõistestik ehk terminoloogia ning oskus seda kasutada. Mida laiem ja hinnatum on eriala, mida rohkem seda teatakse, seda üldarusaadavam on tema mõistestik. **Mäendus**¹ kui maavarade otsimist, kaevandamist ja rikastamist hõlmav tehnika ja teaduse valdkond ei ole Eestis väga populaarne. Isegi sõnast 'mäendus' võidakse mitmeti aru saada.² Et see nii ei oleks, algabki õpik mõistete selgitamisega. Kui mõneti leksikonilaadne esimene osa ei taga veel mäemõistete täielikku omandamist, siis teised, meie maavaradele ja nende kasutamisele pühendatud peatükid peaksid erialaste terminite sisu ja seoseid piisavalt avama. Lisaks võib teemasse süvenemisel abi saada ka minu varem ilmunud õpikust „Mäemajandus“, mille uuendatud versioon on leitav digitaalkujul.³

Erialamõisted on leppelised – suhtluskond on paika pannud, mida üks või teine sõna neil tähendab. Kuid erialasid ja erialamõistestikke on palju ja üle nende on siduv üldkeel. Pole raske leida näiteid, kuidas üks sõna võib eri inimestele tähendada erinevaid asju. Olgu sissejuhatavaks näiteks mäen-

¹ Paksus kirjas on mäemõiste, mille läheduses on selle määratlus.

² Mitmeid kordi on TTÜ mäeinstituuti helistatud ja huvi tuntud, kas me korraldame mäematkasid, alpinismilaagreid ja muud mägedega seonduvat.

³ Enno Reinsalu, 1998. Mäemajandus, TTÜ mäeinstituut, 156 lk. (digiteavik 2008 – <http://digi.lib.ttu.ee/i/?164>)

duse põhimõiste **maavara**, mis on maapõues leiduv kivim, mineraal, vedelik, gaas või orgaaniline aine, mille kaevandamine on majanduslikult kasulik ja mis seetõttu on ressursina arvel.¹ Kuid võime tähele panna, et kõnealust mõistet kasutavad üldsus, geoloogid ja mäeinsenerid mõneti erineval moel. Üldsuse ning ka loodusteadlaste jaoks on maavara geoloogiline fenomen, looduse poolt loodud „asi iseeneses“. ² Kui võtta näiteks paekivi ja liiv ning rääkida kaevandamisest, siis tavainimene arvab, et kogu paekivi ja liiv on maavara. Maavara geoloogid loevad maavaraks ainult seda paekivi ja liiva, mille maardlaid on uuritud. ³ Mäemeestele ja ehitajatele on näitena toodud looduslikud mineraalsed ehitusmaterjalid maavara vaid seal, kus neid saab kaevandada – ehituste ning veoteede läheduses, väljaspool kaitsealasid. Teisisõnu – mäenduses on maavara vaid see maapõue osis, mida majandus tahab ja mida keskkonnaolud lu-

¹ Eesti maapõueseaduse keeles kõlab see nii: „Maavara on looduslik kivim, setend, vedelik või gaas, mille omadused või mille lasundi lasumistingimused vastavad käesoleva seaduse § 9 lõike 1 alusel kehtestatud nõuetele või uuringu tellija esitatud nõuetele ja mille lasund või selle osa on keskkonnaregistris arvele võetud“.

² “*Ding an sich*” on Königsbergi filosoofi Immanuel Kanti (22.04.1724...12.02.1804) õpetuse kohaselt inimese teadvusest sõltumatu objekt, mis tunnetusprotsessis muutub “asjaks meile”, tunnetatavaks. Sellise mõtteviisi kohaselt on maavara maapõues olemas ja geoloogiline uuring tähendab vaid tema oleku tunnetavaks tegemist.

³ Geoloogidele jääb maavara omadustega kivim siin või Antarktikas ikka maavaraks, aga temal on ajamõõde eristamiseks võimalikku ja võimatut, praegusi ja (kauge) tuleviku huvisid ja tegevusi [prof Väino Puura kommentaar].

bavad kaevandada. ¹ Muul juhul on ta võimalik maavara (= maare), mille kasulikkus (= kaevandamisväärus) nõuab tõestamist. ²

On sõnu, millel isegi suhtluskonna sees on mitu tähendust. „Omad“ eristavad neid konteksti alusel. „Võõral“ võib selline mitmetähenduslik sõna tekitada tekste ja olukordi, mis mõnikord on naljakad, mõnikord piinlikud. Raskematel juhtudel, eriti omandiõiguse, keskkonnakaitse ja tööohutuse küsimustele pörkudes võib mittemõistmine naljast kaugele minna.

Näiteks sõnal **kaevandus** on mäenduses kolm kindlaks kujunenud vastet:

- koht kus kaevandatakse maavara,
- allmaakaevandus,
- kaevandav ettevõte.

Seepärast, kuni pole tegu ohutus- ega omandiprobleemiga, võib kaevanduseks nimetada nii küla liivaauku kui ka Estonia põlevkivikaevandust. Kuid kohtus peab olema üheselt selge, kas tegu on kaevandusega, kus kehtib kaevandamisseadus või maaomaniku oma liivaauguga, kus rikuti maa kasutamise sihtotstarvet.

Samuti on sõnaga **kaevandamine**. Kõige sagedamini ja üldiselt mõistetakse selle all vaid maavara väljamist (*extraction, выемка*) Kuid mäenduses

¹ Mõiste mitmekülgse seletamise näitena veel definitsioon Eesti maapõueseadusest: „Maavara on looduslik kivim, setend, vedelik või gaas, mille omadused või mille lasundi lasumistingimused vastavad käesoleva seaduse § 9 lõike 1 alusel kehtestatud nõuetele või uuringu tellija esitatud nõuetele ja mille lasund või selle osa on keskkonnaregistris arvele võetud“.

² Sulgudes võrdusmärgiga on sünonüümid ja/või soovitatavad mõisted.

on kaevandamisel vähemalt kolm mitmest mää-
rangut:

Maapõueseaduses on kaevandamine (sõnasõ-
nalt: maavara varu kaevandamine):

- maavara looduslikust seisundist eemaldamine (= väljamine),
- väljamise ettevalmistamiseks tehtav töö,
- kaevisse vedu kaevandamise kohas,
- kaevisse esmatöötlus (= rikastamine).

Kaevandamisseaduses on kaevandamine:

- igasugune maapõues tehtav töö,
- maavara kaevandamise või esmase töötlemise-
ga seonduv vedu,
- maavara või kaevisse esmatöötlus,
- puistangute moodustamine, kaevandatud ala või
puistangute rekultiveerimine.

Mäemajanduse, st äri seisukohalt on kaevanda-
mine maavara kaubastamine.¹

Mäemajanduse määratlus on kõige üldisem ja see-
tõttu seaduste jaoks vähesobiv. Seevastu esime-
sed kaks, seadusepõhist määratlust käsitlevad as-
ju tööde ja tööoperatsioonide tasandil ja neist tuleb
juttu edasises.

Eelpool kasutatud sõna **mäemehed** on samuti
mitmeti kasutatav. Mõiste on otsetõlge saksakeel-
sest sõnast *die Bergleute*, mis tähendab mäetöoli-

¹ 2008. kevadel oli mäemeeste ja geoloogide vahel pelk väitlus, mis algas sellest, et Eesti mäeselts korraldas konverentsi tee-
mal „Killustiku kaevandamine“. Geoloogid kritiseerisid seda
mõistepaari, väites, et kaevandatakse lubja- ja dolokivi, mitte
killustikku. Mäemehed, lähtuval mäemajanduse seisukohtadest
väitsid vastu, et tegevusele annab nime toode, mitte toore. Ja
tõid näiteks, et kaevandatakse rauda, mitte hematiti, magnetiiti
ega götiiti või ka neid sisaldavat raudkvartsiiti.

si, -inimesi, eristamata mehi ja naisi. Ainsus sellest sõnast on *der Bergmann*, mäemees. Tavaliselt naised kaevanduses tõelist mäetööd ei teinud, ainult abistasid siin-seal. Ja ega neid, kes allmaatööd tegid, eriti naisteks peetudki. Eesti ja ka vene keeles on see laenmõiste kujunenud laiemaks, tähistamaks kõiki mäetööstuse erialainimesi, enamasti just haritud personali. Sestap on ka Eesti naissoost erialainimesed „mäemehed“. Mäetöölised on **kaevurid**.

Mõnigi erialamõiste võib suurtes keeltes olla üsna mitmetähenduslik, sest seda kasutatakse eri maades ja piirkondades erinevalt. Seda juhtub nii saksa kui vene, aga eriti inglise, keeles. Seepärast on kasulik meeles pidada, et lahknevusi võib ette tulla mitte ainult Briti, USA, Austraalia ja LAV mäemõistes vaid isegi Walesi ja Šoti mäemeeste keelepruugis. Võõrmõiste õige kasutamine sõltub keeleoskust ja -vaistust. Seepärast on keelepatustused sagedased just võõrkeelse mõistestiku kasutamisel. Väga sageli tõlgitakse vene erialamõiste *waxma* (kivisöekaevandus) eesti keelde kui 'šaht' ja inglise keelest *waste* (katend, jääk) kui 'jääde, jäätmed'.

*Galiidikaevandus – sellisest kaevandusest lugesime tudengipõlves ühes toonases ajalehes. Saime naerda, sest olime juba mineraloogiat õppinud, et teadsime, et mineraal haliit kirjutatakse vene keele zarum. Kuid karta oli, et üldsus ei saanud aru, et kirjutati soolakaevandusest, sest haliit on eesti keeles kivisool, NaCl.*¹

Eesti maa ja keel on väikesed, kuid ka siin peab aeg-ajalt korda looma, eriti kui keelendid on võetud

¹ Siin ja edaspidi jätkab autor oma traditsiooni – pikkida teksti, nii nagu loengutessegi, teemaga seonduvaid anekdootlikke vahepalu, lootuses, et see igavat teksti veidigi elavdab.

eri keeltest ja slängidest. Edasine ongi pühendatud mäenduse mõistestiku omandamisele, erisustele ja erialakeele selgitamisele nii mäenduskaugele üld- susele kui ka maapõueteaduste suhtluskonnale.

1.2. Mäendus ja mäeteadus

Mäendus on maapõue loodusressursside kasuta- misega seonduv inimtegevuse valdkond.

Kitsama mõistena on mäendus teadusala ja õpe- tus mis käsitleb maavarade uurimist ning kaevan- damist. Siis oleks õigem kasutada sõna **mäetea- dus**.

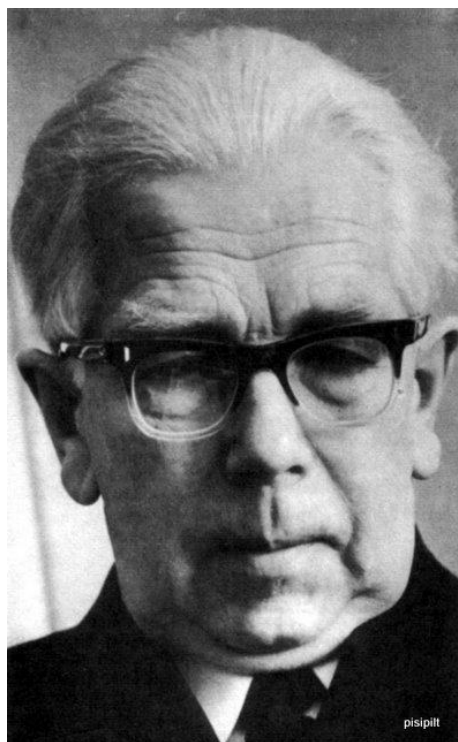
1.2.1. Eesti mäeteadus ja selle alusepanijad

Eesti mäendus tekkis eelmise sajandi esimesel poolel, kui hakati kaevandama põlevkivi. Mäen- dusmõisted ilmusid avalikkuse ette esmakordselt saksa-eesti-vene sõnaraamatus „Mäetööstuse os- kussõnad“. ¹ Kindlasti nõudis uute mõistete keelde toomist sama aasta 1. aprillil kehtima hakanud Eesti Vabariigi mäeseadus. Kuigi toonase, veel areneva mäenduse sõnavara oli võõrapärane, on palju sellest käibes tänaseni.

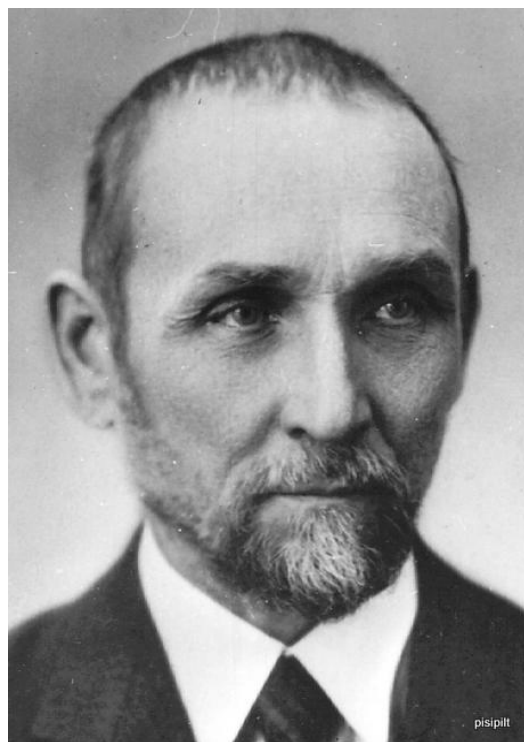
Esimene Eesti mäendusraamat oli teeneka Eesti geoloogi Karl Orviku (1903...81) ülevaatlik „Maava- rad“. ²

¹ Mäetööstuse oskussõnad, 1927. Eesti inseneride ühingu mäeseptsiooni väljaanne, Tallinn, 46 lk.

² Karl Orviku, 1933. Maavarad. Geoloogilisi ja majanduslikke andmeid Eestis leiduvate ja Eestisse veetavate maavarade kohta, Tartu; Loodus, 171 lk, 123 joonist, 71 tabelit. Digiteavik <http://digi.lib.ttu.ee/i/?467> .



Pilt 1.1 Karl Orviku



Pilt 1.2 Jaan Kark

Toona veel noor teadlane käsitles oma raamatus maavarasid mitte niivõrd geoloogia kui just majanduse seisukohalt. Teisisõnu, lähenes neile mäemajanduse poolt. Peale maavarade on raamatus kirjeldatud toonast kaevandamist, mäetehnikat ja kaeviste käitlemist. Nii oligi tegu pigem mäemajanduse kui geoloogia õpikuga. Karl Orviku raamatust pärinevad ja kestavad mäekeeles uusmoodustised maardla (= maa aardla) ja maare (= maa aare) ning tootus kiht. Kuid püsima ei jäänud paljud Orviku üsna mõistlikud uuskeelendid: kivikond (= maakoor), kivisted (= mineraalid), kalle (= puistang), koristis (= katend, *waste* ja *вскрыша* avakaevandamisel ning aher kaevis, *deads*, *пустая порода* allmaakaevandamisel).

Sama aasta sügisel ilmus toonaste mäeinseneride kirjutatud „Mäetööde õpperaamat“ .¹ Teose esiau-

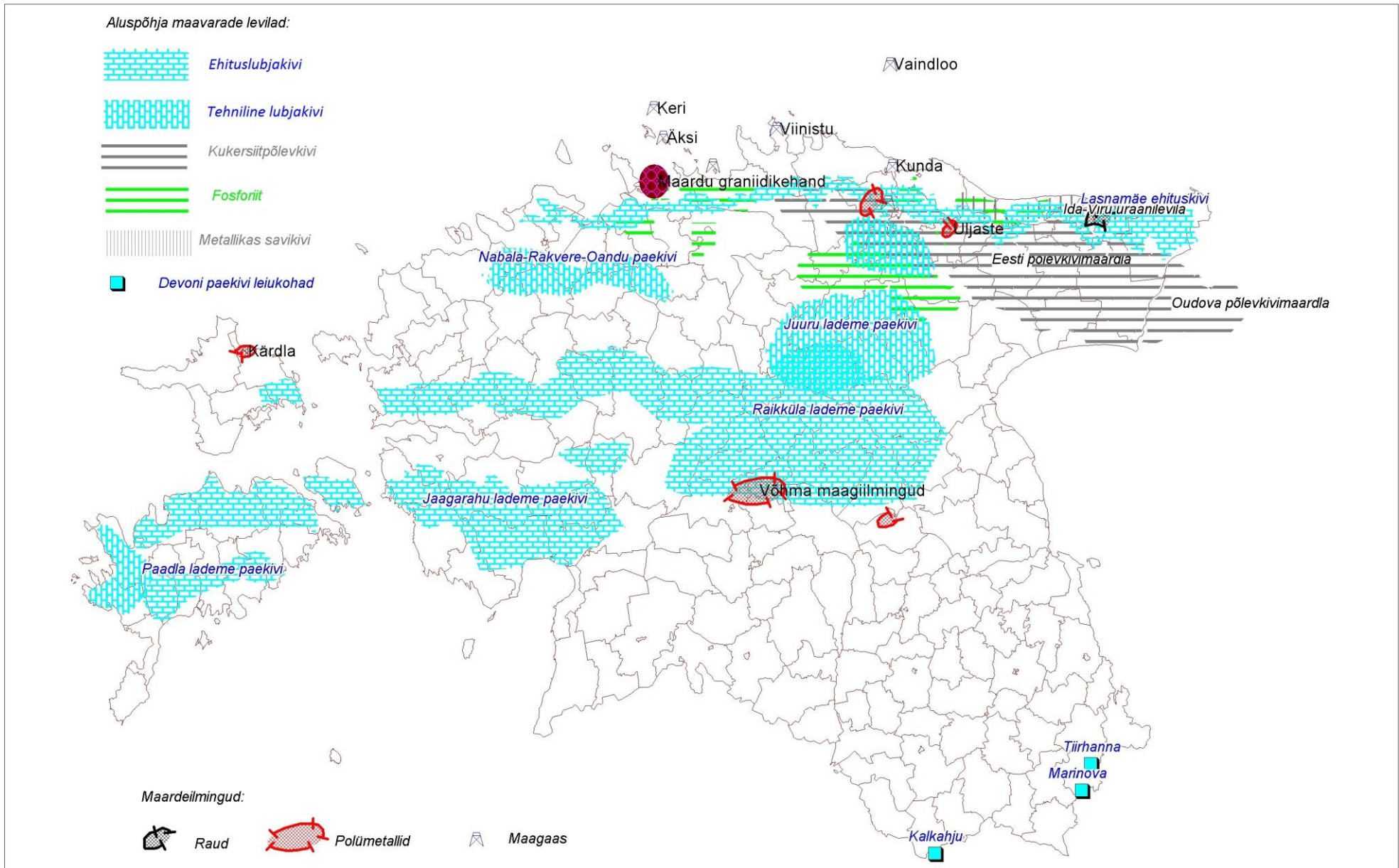
¹ Jaan Aarman, Johannes (?) Asson, Karl Feldweber, Jaan Kark (koostaja), Oskar Vuht, 1933. Mäetööde õpperaamat, Tallinn Majandusministeerium, 194 lk, 275 joonist, 2 tabelit.. Digi-teavik <http://digi.lib.ttu.ee/i/?430> .

tor Jaan Kark (1876...1953) sai hiljem tuntuks Tallinna tehnikaülikooli mäeinstituudi asutanud professorina. See raamat ei olnud pelgalt mäenduse tehnilise poole (= mäetehnika) õpik, nagu võib järeldada pealkirjast. Raamatus käsitleti kogu mäendust maavara uuringust kaevisse rikastamiseni. Mõistestik pärines eelpool mainitud oskussõnastikust.

1.2.2. Eesti mäendus

Meie mäendus on lavamaardlate mäendus, mitte nii mitmekülgne kui klassikaline mäendus, mis kasvas välja maagi otsimisest ja kaevandamisest mägedes. Enamik meie maavaradest esineb õhukeste lasunditena laialdastes, maapinna lähedastes maardlates (= lavamaardlates).

2010. loetleti Eestis ligikaudu 800 maardlat, kogu pindalaga üle 6000 km². Kuigi suuremad neist, eelkõige Virumaa põlevkivi- ja turbaväljad kattuvad, on Eestis maavarasid alal, mis moodustab üle 10% riigi pindalast.. Maavara kaevandamise lubasid oli 2010. välja antud ligikaudu 500. Potentsiaalsed maavarade levialad (= levilad) katavad üle poole Eesti (Pilt 1.3).



Pilt 1.3 Eesti kaljuste maavarade leviku kaart

Kattuvates levilates näeb pildil vaid pealmist maavara sisaldavat lasundit. Suur osa Harju ja Virumaa fosforiidileiukohtadest on peidus ehituspae ja põlevkivi all. Kaardil ei ole ka põhjaranniku sinisavi, mis ei ole kaljune kivim. Kui kaardil oleksid veel setteliste maavarade – kruusa, liiva, turba ja hilistekkelise (= kvaternaari) savi levilad, jääks maavaradest vabaks üsna vähene osa maast.

1.2.3. Mäenduserialad

Mäenduserialad on rakendusgeoloogia ja mäetehnika, mille ühisnimetus Eestis on **geotehnoloogia**.

Geotehnoloogia

Geotehnoloogia (kr *gē* 'maa' + *tēchnē*, 'kunst, meisterlikkus') on maapõue menetlustehnika, inseneriteaduste valdkonda kuuluv õpetus maapõue ressursside: maavarade, ehitustoe ja põhjavee kasutamise tehnilistest vahenditest ja tehnoloogiast, samuti allmaaehitamisest. Mõiste on kasutusel mõõduka mäetööstusega riikides nagu Eesti, Sloveenia jm. Haridusena annab võimaluse taotleda **mäeinseneri** või **geoloogiainseneri** kutset.

Mäeinsener

Mäeinsener on maapõueinsener, geotehnoloog, kes korraldab või juhib kaevandatava maardla uuringut, maavara kaevandamist ja rikastamist, lõhketööd, allmaaehitamist ning markšeideritööd (= mäemõõdistamist) nii ava- kui ka allmaakaevanduses. Mäeinsener projekteerib ja juhib tööd mäenduse- ning rakendusgeoloogia inseneribüroodes. Mäeinseneril võib olla kõrgharidus (diplomeeritud mäeinsener) või kesk-eriharidus (mäetehnik). Mäeinseneri kutse saamise eelduseks on mäenduslik või geotehnoloogiline kõrgharidus.

Mäeinseneri enamlevinud ametinimetused (töökohad) on: mäemeister, mäetööde juht, markšneider (= mäemõõdistaja, -mõõtja), jaoskonna (töökonna, karjääri) juhataja, projektiinsener, mäe-, lõhke-, puurimis- jmt töö juht, mäeettevõtte või projekti peainsener, peatehnoloog.

Geoloogiainsener

Geoloogiainsener on tehnilise haridusega rakendusgeoloog. Rakendusgeoloogia on inseneriteadus, samal ajal kui geoloogia kuulub loodusteaduste alla. Rakendusgeoloog kasutab geoloogilisi meetodeid praktiliste probleemide lahendamisel. Rakendusgeoloogia tuntumad harud on ehitusgeoloogia, hüdrogeoloogia ja maavarade geoloogia.

Ehitusgeoloogia sisuks on maapõue ehituse, omaduste ja muutuste uurimine selleks, et kasutada seda kui ehituskeskkonda ja -tuge. Ehitusgeoloogia kõige rakenduslikum osa, mis on otseselt seotud ehitustoe uurimise ja projekteerimisega, on **geotehnika** ja selle haru, mis käsitleb maa pealiskihi ehitusomadusi on **pinnasemehhanika**. Kuna ehitusgeoloogilistel uuringutel kasutatakse mitmeid tehnilisi vahendeid ja tehnoloogiaid ning suhteliselt keerulisi arvutus- ja modelleerimismeetodeid, tuntakse ehitusgeoloogiat ka insenerigeoloogia nime all.

Hüdrogeoloogia on õpetus põhjavee tekkest, levikust, liikumisest, koostisest ja omadustest, samuti põhja- ja pinnavee omavahelisest seosest. Hüdrogeoloogial on tihe side teiste Maa teadustega, eelkõige hüdroloogia ja meteoroloogiaga.

Maavarade geoloogia tegeleb eelkõige uute maardlate otsingu ning uuringuga, toetudes seejuures maavara kui geoloogilise objekti tekke,

koostise ja sisestruktuuri süvauuringule. Maavara- de geoloogia on tihedas seoses geoloogia teiste harudega nagu mineraloogia, sedimentoloogia, petroloogia, struktuurigeoloogia, geokeemia, geofüüsika ja geoloogiline kaardistamine. Kasutatakse praktiliselt kõiki Maa uurimise vahendeid süvapuuri- rimisest kosmoseseireni.

Tehnogeoloogia on rakendusgeoloogia nüüdisha- ru, mille raames uuritakse inimtekkeliste (= tehnogeensete) alade, maastike ja pinnavormi- de ehitus- ning hüdrogeoloogilisi omadusi. Suund on eriti aktuaalne Eestis, kus ligikaudu 2% pinda- last on kaevandamisega muudetud, jääk- turbarabadega hõivatud või mineraalkütuse ja -toorme töötlemisjääkidega kaetud. Suurem osa tehnogeensest maast on paikkonnas, kus tuntakse puudust ehitusmaast. Tehnogeoloogias kasutatak- se enamasti samu uurimismeetodid, mis raken- dusgeoloogiaski, kuid paljude piirangute ja aren- dustega.

1.3. Maapõu

Mäenduse mõistes on maapõu inimtegevuseks kättesaadav maakoore ülaosa.

Geoloogias on maapõue mõiste laiem, haarates kogu Maa sisemust. Tavainimese jaoks on maa- põu kõik, mis jääb mulla ja pinnavee alla.

Maismaa pindmine osa on **maa**. Maa on mitme- ja paljutähenduslik, avara kasutusala mõiste. Mäenduses kasutatakse seda sõna, kui räägitakse maa (mitte maapinna) vajumisest, maa kasutamise otstarbest (mäetööstusmaa, teenindusmaa). Põl- lumeeste keelepruugis oli „hea maa“ viljakas maa ja „kehv maa“ see, mis peret ei toitnud.

1.3.1. Maapõuetöö ehk mäetöö

Mäetöö

Mäetöö on maapõues tehtav töö. Ent tuleb rõhutada, et mitte ainult maa all st Maa sisemuses. Mäetöö võib toimuda ka avatud maapõues – karjääris, avakaevandamisel. Maapõue sisemuses toimuv töö on **allmaatöö**. Kasutatakse ka tegevust eristavaid mõisteid nagu **allmaakaevandamine** ja **allmaaehtamine**. Allmaatööga rajatud ehtis on **allmaaehtis**, näiteks mäge läbiv tunnel, aga ka maavaravaru uurimiseks rajatud stoll.

Kuid maapõue võib ehitada ka nii, et esmalt kaevatakse kraav, auk või kanal ja siis see kaetakse. Nii paigaldatakse maapõue torusid, kaableid, ehitatakse jalakäijate tunneleid ning autoparklaid. Kõik sellised rajatised on küll maapõues, kuid need on **maa-alused ehitised**. Seega:

- **allmaakaevandus** või -ehtis on see, mille peal on looduslikud kivimid (Pilt 1.4, Pilt 1.5),
- **maa-alune** ehtis või rajatis on see, mille peal on tehiskate (Pilt 1.6).

Pilt 1.4 näeb kamberkaevandamist (*room-and-pillar mining*). Näha on 3,2 m kõrgused ja kuni 8 m laiused **kambrid**, nende vahel ruudukujulise (6 × 6 m) põiklõikega **tugitervikud**.



Pilt 1.4 Allmaakaevandus
Ojamaa põlevkivikaevanduse koristusjaoskond



Pilt 1.5 Allmaaehitis – esimese maailmasõja aegse militaarehitise lagunenu portaal Tallinnas Astan-gul

N 59°23'57"; E 24°37'07"

U-kujulise plaaniga laskemoonatunnelid ehitati klin-ti ja vooderdati kohaliku paekiviga. Tunnelleid katab Lasnamäe ehituskivi kihind.

Suletud tunnelite suudmeid võib lei-da Pirita-Kosel, kohas:

N 59°27'9,05";

E 24°50'29,6"

Loe ka "[Püha Bri-gitta peamurd](#)"





Pilt 1.6 Maa-alune ehitis – Lasnamäe ehituspaekivist seinte ja võlvidega bastioni käigud Tallinnas
N 59°26'05"; E 24°44'27"

Käike kattev pinnas paigaldati ehitamise käigus. Park bastionil näib igati looduslik, kuid see on tehismoodustis.

Kümmekond aastat tagasi lisandus mäemõistestiku allmaakaevandamise antonüüm **avakaevandamine**. Varem oli **pealmaakaevandamine** ehk lahtine kaevandamine. Esimest võib vabalt kasutada avakaevandamise sünonüümina, sest sobib kokku rööpmõistega allmaakaevandamine. Ent 'lahtist kaevandamist' ja eriti 'lahtist kaevandust' tuleks vältida. Need tekkisid vene *открытая* (lahtine, avatu) ebatäpsest tõlkimisest. ¹

¹ Kõige väärast keelend on 'lahtine karjäär'. Maailma mäenduse ajaloos on olnud allmaakarjääre – kivimurdusid allmaasöekaevanduses, kust murti toestuskivi plokk. On olnud ka kinniseid, ehk vanglakarjääre, nagu meil Murrus.

Maavara võib ammutada ka sügavast veekogust. Sel juhul on see **allveekaevandamine**. Kui aga karjääril on vesi, ja maavara ammutatakse vee alt, siis see on **veealune kaevandamine**. Nende mõistete täpne eristamine on oluline, kui tuleb käsitleda meremaardlate kasutamise tehnilisi ja õiguslikke probleeme.

Maapõue piiritlemine

Kuna maavara on maapõue loodusvara, siis mäenduses on oluline põhjendada ja kokku leppida, kui sügavale maapõue ulatuvad maapealsed huvid. Teisisõnu, kuivõrd maavarad kuuluvad maaomanikule. Eri maade mäeõiguses on see küsimus erinevalt lahendatud, kuid kõiki osapooli rahuldavaid lahendusi vaevalt leidub. Eesti maapõueõiguse kohaselt on piir maa ehk kinnisasja omaniku ja riigi kui maavarade valdaja huvide vahel paika pandud maapõue geoloogilise ehituse alusel. Nimelt sätestab maapõueseadus, et maaomanikul (= kinnisasja omanikul) ei ole õigust kaljusele maapõuele (= aluspõhjale¹) ja eriti selle maavaradele. Mis tähendab, et pinnase all olevaid kaljuseid kivimeid ei ole maaomanikul õigus võtta. Siiski möönab maapõueseadus, et maaomanikul võib olla õigus aluspõhjale, kui seda nõuab kinnisasja kasutamise otstarve. Seda kinnitab ka teine juriidiline akt – asjaõigusseadus, sätestades, et kinnisomand ulatub just sellisele sügavusele, mil-

¹ Aluspõhi on kaljuse maapõue pealmine, settekivimitest koosnev osa. Selle all lasuvate kristalsete, st tard- ja moondekivimite massiiv on 'aluskord'. Kõik see, mida näeme aluspõhja peal: muld, liiv, kruus jm turvas on 'pinnakate'. Pinnakate ja taimestik, aga ka veekogud moodustavad koosluse, mille nimi on 'maakate'.

leni ulatub omaniku huvi kinnisasja kasutamisel. Nii on meil piir maa ja maapõue vahele pandud kahe tingimusega, millest üks on geoloogiline (aluspõhi) ja teine juriidiline (kinnisasi).

Tingimus, et kinnisasi ei ulatu aluspõhjale, lähtub lihtsast eeldusest, et haritava maa, metsamaa ja loodusliku rohumaa viljelemine ei puuduta kaljust aluspõhja. Selline lihtviisiline piiri tõmbamine maa ja maapõue vahele, vahetult pinnase alla on üldsusele arusaadav, kuid sobib siiski vaid jääajajärgsete ja -eelsete maavarade eristamiseks.

Ei saa ju väita, et maaviljelusmaa sihtotstarve ei ulatu kaljusesse maapõue. Pilt 1.7 on kohast kus aluspõhjaks on devoni liivakivi, mis, kui lähtuda geoloogiast, ei kuulu kinnisomandile. Kuid näeme, et kaljusel pinnal kasvava männi juur on leidnud aluspõhjas rõhtsa pehme kihi, läinud seda mööda vasakule kuni leidis püstse lõhe ja seda kasutades jätkanud põhjavee otsimist kaljupraos.

Maapõue jaotamine kinnisomandi ja riigi valduseks ainult kivimite vahelise piiri abil osutub ebapiisavaks, kui käsitleda ehitamist. Kuna ehitus- ja tööstusmaal paiknev ehitis toetub kaljule, siis kinnisasja kasutamise otstarve eeldab aluspõhja kasutamist ehitise toena (= ehitustoena). Nii kujuneb maa peale ehitamisel kinnisasja alumise piiri tõmbamine keerukaks geotehniliseks arvutuseks, mille juures ei saa juhinduda enam pinnakatte ja aluspõhja omavahelisest piirist.



Pilt 1.7 Varing Piusa koobaste suudme juures on paljastanud põhjavett otsiva männijuure
N 57°50'30"; E 27°28'01"

Selle pildi kohaselt ulatub metsaviljelusmaa maapõue männijuure otsani, sest seda tingib kinnisasja kasutamise otstarve. Täpselt samuti maaomanik, kes puurib oma kinnistule kaevu, viib selles kohas kinnisasja alumise piiri sügavasse kaljusesse maapõue, kaevu põhjani.

Maapõue ja maa jaotamisel maavarade kaevandamiseks on maapõueõigus kehtestanud kindlad reeglid. Mäetööstur saab kaevandamisloaga enda valdusesse ruumilise osa maapõuest (= mäeeraldis), mille piires tal on õigus arendada mäetöid. Koos mäeeraldisega saab mäetööstur ka

kaevandamiseks vajaliku maa (= mäeeraldise teenindusmaa). Avakaevandamisel avaneb mäeeraldis maapinnal, allmaakaevandamisel mitte. Maapõues võib olla kohakuti mitu mäeeraldist – karjäär võib maa peal vabalt tegutseda allmaakaevanduse kohal.

Maapõue jaotamise probleemid tekivad, kui maa peal on kaitsealad ja kaitsevööndid. Nende sisuline otstarve on mingi loodusliku või ajaloolise objekti või koosluse säilitamine, nende puutumatus ja rahu tagamine. Kaitsealadel ning kaitstavate objektide läheduses on sätestatud lubatud ja lubamatud tegevused ning nende tegevuste kaugused ja ajavahemikud. Kaugused on kahemõõtmelised – kaitseala sügavus on jäänud määramata, mis enamasti tähendab, et vaikumisi peetakse seda lõpmatu suureks. Enamikul kaitsealadest on keelatud maavarade kaevandamine. Seda tehes on üsna suvaliselt lähtunud avakaevandamise kuvandist. Üheks näiteks on veekaitsevöönd, mille piires on keelatud maavara kaevandamine. Kui projekteerida veekaitsevöönd maapõues lõpmata suure sügavuseni, jääks suurem osa sügaval maapõues olevast maavarast kaevandamata. Vastuolu tekib sellest, et seni (2010. a) on meie veeseadus keskendunud pinnaveele ja pealmistele põhjavee kihtidele. Maapõue ruumilisuse, teisisõnu eri veekihtide erineva kaitstuse ja sügavuse käsitlemine on veeseaduses puudulik.

Kokkuvõtvalt – kui maapõues lasub maavara, ei tohiks maa ja maapõue piiritlemine olla nii ühekülgne kui see praegu (2010. a). On ju ikkagi tegu mitme olulise rahvusliku ressursi – maavara, põhjavee ja looduskeskkonna kasutamise vahelise kompromissi otsimisega.

1.3.2. Maapõue loodusvarad ja -ressursid

1.3.3. Loodusvara

Kõik, mida inimene kasutab majandustegevuses, kuid mis ei ole inimtegevuse vili ehk toode on loodusvara.

Loodusvara on vesi, samuti looduslikus veekogus vabalt (st mitte sumbas) elavad kalad, vähid, vetikad, limuskid. Ka ürgmets on loodusvara. Tavaliiselt peetakse loodusvaraks küll igasugust metsa, nii nagu ka mulda, kuid veidi järele mõeldes tekib arusaam, et arenenud maa- ja metsaviljelusmaades, kuhu Eesti kuulub, on kultuurmets ja põllumuld inimese töö vili.

Ent tuleb täpsustada – majandustegevus ja selle vajadused ei ole ainumääravad. Kaasajal muutub üha olulisemaks elukeskkond, mille olulised hüved on puhas õhk, vesi ja maakate. Need on loodusressursid.

Eesti Vabariigi Põhiseaduse § 5 sätestab: „Eesti loodusvarad ja loodusressursid on rahvuslik rikkus, mida tuleb kasutada säästlikult.“ Nagu näeme, eristab põhiseadus vara ja ressursi. Nii ongi:

- **vara** on kapital, mõõdetud ja arvele võetud (= varutud),
- **ressurss** on see, mida on võimalik kasutada ilma selle üle arvet pidamata.

Konkreetselt mäenduses – see osa kaevanduses väljatavast kivimist, mis on registris arvel, on loodusvara. Teine osa, mis ei ole arvel, kuid mida väljatakse, on ressurss. Ka seda võib kasutada, näiteks kaevandatud ala täitmiseks, aga ka soovijatele müümiseks. Vesi, mida kaevandusest välja pumbatakse, et töökoht kuivem oleks, on ressurss. Samuti õhk, millega kaevanduskäike tuulutatakse.

Ja ka maastik ning maakate on ressursid, mille kaevandamine võib sootuks muuta, ära kasutada.

Üldtuntud maapõue loodusvarad on maavara ja põhjavesi. Kuid üha enam hakkab juurduma arusaam, et kindel maa, millele ehitada, millel püsivad ehitised, kõlvikud ja kaitsealused objektid, ning maapõue ise, kuhu ehitada tunnelid ja panilaid, on omaette väärtus. Seepärast pidagem loodusressursiks ka maatuge.

Maapõue peamine vara on maavara

Maavara on kõik see, mida inimene maapõuest kasutamiseks ammutab. Maavara on enamasti mineraalne, kuid võib olla ka orgaaniline nagu turvas, muda jmt.

Maavara on loodusvara

Füüsiliselt on maavara maapõue osis – kivim, mineraal, sete, vedelik või gaas, mis paikneb maapõues lasundina – kihina, kehana, soonena.

Mineraalsed tootmisjäägid ja -jätmed, näiteks põlevkivituhk, kaevandamisjääk (katend ja aheraine), maavara rikastusjääk, samuti lammutatud ehitiste osad, isegi siis, kui nad on omanikuta, lademes ja maastikuelemendiks muutunud (= loodustunud), ei ole looduse poolt loodud, seega ei ole maavara.

Maavara on majandusmõiste

Vara on eestikeelne vaste sõnale 'kapital'. Nii võiks maavara nimetada ka maapõuekapitaliks.

Maavara kasulikkuse peamine mõõdupuu ei ole tema looduslik, geoloogiline väärtus – kasuliku aine sisaldus, mineraloogiline puhtus, isegi mitte unikaalsus ehk piltlikult öelduna „sisemine ilu”.

Need omadused on küll olulised, kuid peamine on siiski maavara vajalikkus, tarbimisväärtus.

Kivimitel, mineraalidel ja setetel on palju tehnilisi omadusi, mis kas soodustavad, takistavad või ahendavad nende kasutamist. Ka maavara töötlev tehnoloogia võib olla erinev. Paljusid maavarasid kasutatakse mitmel otstarbel ja töödeldakse erinevate tehnoloogiatega. See teeb maavara kasutamisevõimaluse otseselt sõltuvaks tehnikast ja tehnoloogiast.

Majandustegevuses kasutatakse ka teisest mineraalmaterjali: maavara kaevandamisel tekkinud kivimijääke (rikastusjääki), mineraalsete kütuste (põlevkivi, kivisüsi) tuhka, lammutatud ehitiste materjali jmt. On üsna tavaline, et tehnoloogia arenedes on uuesti töödeldud endiste mäeettevõtete aherainet ja jääke, neist metalle ja keemilisi ühendeid saadud. Need kõik on mineraaltoore, kuid mitte loodusvara.

Ka ehitamisel väljatakse maapõue osiseid, mida saab edukalt kasutada. Maantee ehitamisel on tavaline, et küngast läbiva süvendi mineraalmaterjal teisaldatakse orgu tammi ehitamiseks. Kui suurte hoonete ehitamisel väljatakse kaljupinnast, siis töödeldakse see killustikuks, tavaliselt kohapeal. Sisuliselt on see kasulik kaevis¹, kuid kuni seda ei võõrandata vaid siiratakse ehitusplatsil või -trassil ühelt kohalt osalt teisele, ei käsitleta sellist tegevust kaevandamisena ega kaevist maavarana.

¹ 'Kasulik kaevis' on otsetõlge vene keelest, kus see tähistab maavara.



Pilt 1.8 Ehitusplatsi tasandamisel Lasnamäel purustatakse ja sorditakse pindmine paekivi killustikuks ning täitematerjaliks

Pildil on vasakul, buldooseriga kogutud pinnasekuhila otsas väikene hüdrauliline vastukopp-ekskavaator, mis tõstab paetükkide ja mulla segu pildi keskel näha olevasse sõelur-purustisse. See jaotab materjali fraktsioonideks: paelahmakateks ja kändudeks, mis libisevad sõeluri ülemiselt varb-sõelalt tagasi kuhila jalamile, mullaks, mis sellel pildil läheb taamal seisva kalluri kasti ja killustikuks, mida kuhjab konsoolkonveier pildi paremas servas.

Asjaolu, et seadus võimaldab ehitamise käigus maapõuest väljatud kivimit käsitleda kui ehitusjääki, on tekitanud äraspidise maavarakasutuse. Paljud maaomanikud, eriti Lõuna-Eestis on ehitanud oma maale kalatiike ja -järvi ning väljatud kruusa ja/või liiva ehitusjäägina maha müünud. Kui nad oma vee-kogus kas või kassi jagu kala kasvatavad, on juriidiliselt kõik korrektne.

Põhjavesi on maapõue loodusvara

Üldiselt on maa- ehk põhjavesi ressurss, kuid varuna arvel olev vesi on loodusvara. Põhjaveega, mida kaevandused välja pumpavad (= kaevandusvesi) on lugu keerulisem. Osa sellest pärineb arvel olevast põhjaveekihist, mis on loodusvara. Kuid teine ja suurem osa tuleb sademetest, mis on loodusressurss. Kaevandusvee päritolu selgitamine ja põhja- ning sademetevee osaluse välja arvutamine on keeruline erialaküsimus.

Maapõu on tugi

mida vajavad ehitised ja ka see on loodusressurss. On oluline vahe, kas ehitada kalju-, liiv- või rabapinnasele. Suurem ehitis võib sattuda väga mitmekesiste omadustega maale. Ehitusgeoloogilisel uuringul, kuid pahatihti alles ehitamise käigus võib ette tulla mõni mattunud org, savilääts, karst, kaevandatud ala, puiste jmt, mis kõik muudavad ehitusolusid. Omaette probleemi tekitavad nõlvad ja kaldad, kus pinnas, mis meie käsitluses on maapõu, et taga ehitisele pikaajalist tuge. Sellest lähtuvalt on mõistlik pidada loodusressursiks ka seda osa maapõuest, mis on vajalik ehitiste, kaitstavate loodusobjektide ja mälestiste hoidmiseks. Ehk teisisõnu – maatugi või ehitustugi on:

- looduslik maapõu, eelkõige kivimimassiiv, mis on vajalik ehitiste ja kaitstavate objektide kahjustusteta säilimiseks,

- maapõu kui ehituskeskkond allmaarajatiste – tunnelite, mikrotunnelite¹, allmaahoidlate ja -panilate rajamiseks.

Maapõueressursside kasutamisel tekib konflikt, kui maardla kattub ehitusmaaga. Ehitamiseks on vaja nii ehitusmaterjali kui ka püsivat maapõue. Soodsaimad kohad nii ehitamiseks kui ka ehitusmaterjalide kaevandamiseks on linnade lähedal. Seal ei soovi ehitusarendajad loovutada maad kaevandamiseks ega mäetöösturid maardlat täisehitamiseks. Tänane (2010) seadusandlus selliseid konflikte piisavalt ei reguleeri.

1.4. Mitmekülgsed maavarad

Ajaloolised maavarad

Ajaloolised maavarad olid kaevandamisväärased oma aja tingimustes. Tehnika ja tehnoloogia arenedes kadus vajadus nende järele. Ajaloolise maavara tüüpnäited on tulekivi ehk ränikivi (= kvarts) ja obsidiaan ehk vulkaaniline klaas, millest kiviaja inimene tegi töö- ja sõjariistu. Kaasaja üks näidetest on vilk (*mica, muskoviit*), mille kaevandused ja maardlad Karjalas hüljati sünteetiliste isolatsioonimaterjalide täiustudes.² Samal põhjusel on huvi kadunud meilgi leiduva diatomiidi ehk ränimulla järele, mida kaevandati enne teist maailmasõda. Eesti ajalooliste maavarade hulka kuuluvad veel ooker, mida viimati võeti värvimul-

¹ Maapõue ülemistesse kihtidesse puuritavad kaeveõõned, läbimõõduga kuni 2 m; kasutatakse torude, kaablite jmt läbi viimiseks hoonete ja rajatiste alt.

² Vilku, aknaklaasi eelkäijat, kaevandati ja kaubastati alates 16. sajandist; vilk oli Venemaa oluline eksportartikkel (muskoviit ← Moskva).

laks eelmise sajandi viiekümnendatel, uraan, mida kaevandati Sillamäel pärast teist maailmasõda ja fosforiit, mille kaevandamine Maardus lõpetati 1993.

Klassikalised maavarad

Ürgajast peale on teada vase, tina, plii, raua, hõbeda ja kulla maake, mida inimene nende kättesaadavuse ja hõlpsa töödeldavuse tõttu seni kasutab. Nende kaevandamine on "mäenduse klassika".

Maakide kõrval on kogu ajaloolise aja vältel hinnatud maavaradeks olnud kõik vääriskivid ja merevaik, aga ka kips ja keedusool. ¹ Ülejäänud kivimid ja setted, mida kõikjal on kasutatud, kuuluvad kohalike ehk ehitusmaavarade kategooriasse.



Kaasaegne mäendus ongi arenenud just maakide otsimise ja kaevandamise kunstist. Roomlastel ja ladinakeelisel Euroopal ei olnud mäendust, oli *metallica*.

Pilt 1.9 Tallinna Polütehnilise Instituudi mäekateedri juubelivimpel

¹ Kuni Eesti mäeseaduse kehtestamiseni 1927. toimis meil formaalselt Keiserliku Venemaa Mäekoodeks (1893), <http://digi.lib.ttu.ee/i/?480>, milles soola kui peamise konservandi kaevandamine oli riiklik monopol.

1988. pühitses TTÜ mäekateeder viiekümnendat aastapäeva. Tolle aja kombe kohaselt lasid mäemehed trükkida mälestusvimpli. Et ainult eestikeelne vimpel oleks võinud toonaseid ametnikke ärritada ja vene/eesti keelne oleks olnud liiga tavaline, otsustati lisada võõrkeel. Inglise keel oli nõukogude ajal välis-
tatud, seepärast valiti ladina. Pealegi tundus see akadeemilisem. Vimplikirjaks sai *Cathedra Rerum Montanarum*. Alles hiljem tuli selgus, et ladinlastele oleks see olnud 'tool mäe juures'. Tagantjärgi tark olles – toona ei oleks sobinud ka *metallica*, sest see oleks viinud otsuseid langetavate isikute mõtte äärmiselt põlastusväärseks peetud muusikale.

Kohalikud maavarad

Kohalikud maavarad (*common minerals, местные полезные ископаемые*) on need, mida kaevandatakse kasutamiskohas. Või vastupidi – kasutatakse kaevandamiskohas. Nende vedu kaugemale kui mõnisada kilomeetrit ei ole majanduslikult otstarbekas. Eesti mäenduse aluseks ongi just kohalikud maavarad. Kogu maailmas kuuluvad paikse tähtsusega kütuste hulka turvas ja pruunsüsi. Ka põlevkivi, vaatamata oma olulisusele on kohalik kütus.

Enamus kohalikest maavaradest on **mineraalsed looduslikud ehitusmaterjalid** ehk ehitusmaavarad.

Ehitusmaavarad

Liiv, savi ja ehituses kasutatavad kivimid on ehitusmaavarad. Klassikaline mäendus, mis lähtub maavara nimelisest määratlemisest, ei pea neid maavaraks. Meie rahvuskivi – Põhja- ja Lääne-Eesti paekivi ei ole mäenduse seisukohalt maavara vaid lihtsalt kivim, millest siin ehitatakse.

Enne teist maailmasõda, kui Eesti maapõuekasutust reguleeris mäeseadus, ei kuulunud levinud kohalikud ehitusmaavarad: liiv, paekivi ega ka kergeltsulav savi mäenduse pädevusse. Ehitusmaavaradest tunnustas mäeseadus vaid ehitusmaterjalide tooret, milleks olid tehniline lubjakivi, tollase nimetusega marmor (Vasalemma ja Jaagarahu maardlates), dolokivi (toonase nimetusega dolomiit, Saaremaal), kips (Ida-Petserimaal) ja tulekindel savi (Võru- ja Petserimaal). Eesti ehitusmaavaradest on ekspordipotentsiaal ainult lubja- ja dolokivi puhtamatel erimitel, kuid seda juba mineraaltoormena, mitte ehituskivina.

Levinumad ehituskivi(mi)d maailmas peale lubjakivi on graniit, liivakivi ja tuff.

Kohalik kivim määrab ehitiste teo ja näo. Põhja-Eestis näeme halli, ranget, rõhtkihilist paekivi nii paljandeis ja murdudes kui ka seintes ja müürides. Kesk- ja Lääne-Eestis, kus paas on mitmekesisem, on kivihoonete seinte ja müüriavade ilme erksam. Kohalik „graniit“ s.o maa- ehk rändkivid on meil olnud kasutusel neis hoonetes, milledelt eeldati vastupidavust, olgu need sõnnikulauda alusmüürid, tööstushooned või tüüpprojektide järgi ehitatud apostliku õigeusu kirikud. Kesk-Tšehhis jäi mulle silma liivakivist põimjasmustriline müüritis. Kasahstani vasekaevurite linnast Džezkazkanist meenub aherainest laotud kaleidoskoopiliselt kirev maja sein. Iirimaaal turbast on ehitatud ja Islandil laavast (Pilt 1.10). Kus pole käepärast ehituskivi, on ehitusmaavaraks tehiskivi toore – savi, liiv, moreenmaterjal.



Pilt 1.10 Igal maal oma ehituskivi – Islandil laava

Foto – Kalli Sein

Veo ja kaubanduse arenedes on suur osa kohalikest maavaradest pidanud oma koha loovutama imporditavale mineraaltoormele. Käepäraseks näideteks on meile Kesk-Euroopast sisse veetav raskestsulav savi, millest mõned savikojad teevad „rahvuslikke” savitooteid. Ka asfaltkate kõvemad mineraalkomponendid ja raudtee ballastiks vajalik graniit tuuakse sisse.

Globaalsed maavarad

Globaalsed maavarad on sellised maagid ja mineraaltoore, millel on ülemaailme turg. Seejuures klassikalised maavarad on vaid osa globaalsetest maavaradest. Kaasajal on märksa olulisemaks kujunenud see mineraaltoore, mille arenev tehnoloogia on just uuemal ajal kasutusele võtnud.

Esimeseks globaalseks maavaraks sai kivisüsi, mis võeti kasutusele metallurgias ja energiatööstuses 18. sajandi alguses, sest metsad olid kütteks ja söe miilimiseks maha raiutud. Seejärel tulid rahvusvahelisele turule (maa)õli (= nafta), alumiiniumiimaak boksiit, maagaas, fosfaattoormed jmt.

Globaalsete maavarade piireületav turg viib selleni, et üleilmastumine lämmatab kohalike maavarade kasutamise. Eesti põlevkivi energeetilist kasutamist tõrjub Venemaa maagaas.

Rahvuslikud maavarad

samuti kui **rahvuskivid** ja **-mineraalid** ei ole alati majandusliku tagapõhjaga. Tihti on tegemist sümbolitega, millel on reklaamiv ja meeneline väärtus.

Soome rahvuskivi on loomulikult graniit ja ka igal läänil on neil oma sümbolmineraal või -kivi. Lapi läänil on selleks kuld. Leedu lääneranniku ja Ida-Preisimaa (nüüd Venemaale kuuluva Kaliningradi oblasti) ajalooliseks sümboliks on merevaik. Pole teada, kas Kuveidis peetaks õli rahvuslikuks maavaraks, kuid Saksamaal, eriti läänepoolsetes liidumaades on kivisöel kindel sümboli staatus. Kivisöe kaevandamist ja kasutamist doteeritakse, põhjendades seda vajadusega säilitada rahvusliku tööstuse stabiilsus. Võib tunnetada ka Saksamaa valitsuse hirmu töötuks jäävate söekaevurite ees. Kuid kindlasti soosib söetööstuse säilitamist seda tööstusharu fetišeeriv mõtteviis.

Eelmise sajandi kolme- ja neljakümneandel ülistati rahvusliku maavarana põlevkivi. Kirjutati kiitvaid lugusid ja raamatuid¹, tehti maale (Pilt 1.11), graafikat (Pilt 3.45, Pilt 3.49) ja laule. Hiljem, reaktsioonina Kirde-Eesti energeetikatööstuse vahavale kasvule, muutus hoiak põlevkivi suhtes tõrjuvaks. Reaktsioonina võib käsitleda ka paekivi kuulutamist Eesti rahvuskiviks.

¹ Karl Luts, 1939. Põlevkivi: meie rahvuslik suurvara, Tartu, Eesti Kirjanduse Selts.



Pilt 1.11 Õlitööstus

Hugo Lepik, õlimaal, AS Viru Keemia Grupi kogu.

Miks Eesti just paekivi rahvuskiviks valis, tulenes Tallinna geoloogide (Rein Einasto), mäeinseneride (Eino Tomberg) ja arhitektide (Hubert Matve, Rein Zobel) aktiivsest asjaajamisest. Paekivi on paelin-na Paide, paekloostri Padise ja kõige enam siiski Tallinna vanalinna ehituskivi.

Tegelikult on paas ainult Põhja- ja Lääne-Eesti aluskivim. Mandri-Liivimaa ehk Lõuna-Eesti lasub devoni liivakividel. Vaid Võrumaa piirialadel kohtab devoni lubjakivi lokaalseid avamusi. Pealegi ei ole Eesti selle ehituskivi kasutamise päritolumaa. Ajalooline maarahvas ei teadnud isegi lupja põletada. Palju vanem, traditsioonirikkam ning sügavama kultuuritaustaga paekivikasutus on Rootsi idasaartel Ölandil ja Ojamaal (Gotlandil), kus seda ka turistidele meelsasti demonstreeritakse (Pilt 1.12). Sealt tulid meie paameistrid ja -kultuur.



Pilt 1.12 Hoitud ja hooldatud paemaja Ölandil
Pilt turismivoldikust.

Siiski on Eesti rahvuskiviks saanud paekivil oma koht turismi teenivana sümbolina. Kuid teda ei tuleks fetišeerida. Sakala keskuse, nõukogude võimupartei konverentsihoone lammutamise vastu 2007. vaidlesid paljud, pidades hoonet paearhitektuuri ilusaks näidiseks. Vaidlustamata hoone arhitektuuriväärtust, oleks võinud siiski tunnistada, et eriti väärtuslik ja klassikaline paehoone see ei olnud. Majal oli betoonkarkass ja müürid olid laotud madala ilmastikukindlusega savitellistest. Selleks tuligi seinad väljast ja osalt ka seest katta dolokivist plaatidega. Võitlus parteisümboli eest oli seda kummastavam, et mõned aastad enne seda oli vaikides lastud lammutada mitmeid ehtsaid klassikalisi paehooned Lasnamäe veerul selleks, et teha ruumi kunstimuuseumile, Kumule. Ka, enne teist maailmasõda ehitatud Maardu fosforiiditehase

paehoonel (Pilt 3.5, arhitekt Herbert Voldemar Johanson) lastakse kõduda.



Pilt 1.13 Tallinnas 2007. lammutatud Sakala keskuse säilitatud torniosa.

N 59°25'57,8"; E 24°45'7,4"; arhitekt Raine Karp

Muld ei ole maavara,

Muld, kuigi maakoore osa ja sellena ka geoloogiline objekt, ei ole maavara. Meie muld ei ole looduslik lasund, vähemalt mitte haritaval maal, kus kasvupinnas on kujunenud pideva maaharimise tulemusel. Kuid kuna maarahva mõtteviisile on omane

traditsioonilise maaviljeluse väärtustamine, on Eestis suhtumine mullasse võrdlemisi hell. Isegi akadeemilistes ringkondades on avaldatud arvamust, et mulla käitlemist ja eriti kaitset peaks reguleerima eraldi seadusega.¹

Majanduse seisukohalt ei ole muld asi iseeneses. Muld on igal juhul millegi osa. Geoloogia seisukohalt ja maapõueõiguse kohaselt on muld maapõue osa, asjaõigusseaduse kohaselt kinnistu osa. Kasvupinnasena on muld kõlviku osa. Olles millegi osa, on mullal iga kord oma roll ja selles kaitsebki teda vastav seadus. Enamikel juhtudel tekib mulla kaitsmise vajadus mitte puudulikust seadusandlusest vaid alaarenenud seaduskuulekusest või -teadlikkusest.

Mõnikord on kasulik tekitada mõtlemisainet mulla väärtusest järgnevate spekulatiivset laadi arvutuste abil. Näiteks põlevkivimaardla ruutmeetril lasub ligikaudu 3 t põlevkivi, mille energeetiline potentsiaal on enam kui 35 GJ/m^2 ehk ligikaudu 10 MWh/m^2 . Kui elektrienergia kilovatt-tunni hulgihind on umbes 1 kr, on põlevkivi kihindi potentsiaalse energia maksumus 1000 kr/m^2 . Loomulikult ei saa põlevkivist kogu energiat kätte. Praeguse majandamise juures jõuab tarbijani elektrina veidi üle 10% põlevkivi potentsiaalsest energiast. Seda arvesse võttes jõuab tarbijani põlevkivimaardla igalt ruutmeetrilt umbes 100 krooni eest elektrienergiat.

Põllumaa keskmine aastasaagikus meie kliimas on ligikaudu 2 t teravilja hektarilt ehk $0,200 \text{ kg/m}^2$. Kui

¹ Anto Raukas. Mulla kaitseks on kiiresti vaja seadust. Äripäev 09.06.2000

vilja hind oleks 2000 kr/t = 2 kr/kg, oleks vilja väärtus 0,4 kr/m² aastas. Ka siin tuleks arvutada kasutegurit – kui suur osa teraviljast jõuab tarbijani leiva, saia või õlle näol? Kuid jätame selle mulla kasuks kõrvale.

Võrreldes nüüd saadud arvused, näeme, et kaevandatava põlevkivi väärtus võrdub sama pindalaga põllumaa 250 aasta saagi väärtusega.¹

Midagi sellist on arvatud ka fosforiidi suhtes, võrreldud põllumaa kadu fosforiidileiukoha peal ja ümber ning põlluviljakuse suurenemist tänu fosforväetise kasutamisele. Arvutused näitasid, et Lääne-Viru maakonnas paikneva Rakvere fosforiidilevila ühelt hektarilt saadav fosforväetis tagaks 3000 aasta hektarisaagi.

Libamaavarad

Mõned maavarad eksisteerivad ainult inimeste kujutluses.² Mõnikord on need majandustähtsusetamaarded, teinekord petlike lootuste vilid. Üldtuntud ja fetišeeritud metall on kuld. Kuld on rikkuse sümbol. Kullaotsija on kõikides keeltes ja kultuurides õnneotsija sünonüüm ja kullaleid suure õnne sümbol. Kuld, mida rahvajuttudes leitakse, esineb kas peitvarana, või kui jutt on maavarast, siis soonena. Kuigi Eesti geoloogiline ehitus ei võimalda tavainimesel kättesaadavas sügavuses mineraalset kulda

¹ Tulemus ei sõltu raha ühikust ega vilja väärtusest, suhe jääb samaks.

² Libamaavarade õpikusse võtmine pole pelgalt populistlik võtte. Elu näitab, et pidevalt tuleb soovitusi ja nõudmisi uurida mõttevaid maardeid. Harva, kui selle taga on osava petturi äriplaan, enamasti ikka mõne entusiastliku lootus midagi kasulikku leida. Sellepärast peabki maapõueinsener olema kursis ka ülientsiastlike maardeotsijate mõtteviisiga.

leida, ei ole jutud kullast kui maavarast olnud kunagi välistatud. Eriti sagedasti levis kullateemaline folkloor läinud sajandi alguses, kui põlevkivi oli teinud maavarad populaarseks.¹ Kullaliiva ning -maagi leiust teatasid sagedasti just inimesed Viirumaa idaosast. Tsitres oli aednik maad kaevates leidnud kuldset liiva. Vaivaras, Kalvis ja Lehtses oli leitud kaevu kaevates “kollast haljendavat ollust”. Saaremaalt, ida pool Karja kirikut, Persama ja Metsalauga (toonane kirjaviis) külade vahel leidnud talumees kivi, millest sulatades sai kollast, plekiks valtsitavat metalli. Kuid üldiselt oli tegemist laialt levinud müüdiga, millel oli ühine oluline detail, mis lubas nad kohe folkloori hulka kanda – kui kullaleiust oli teatatud mõisnikule, siis too, kas käskis leidjal vaikida, saatis ta Siberisse või jootis surnuks. Ikka selleks, et asjamehed teada ei saaks ja tema maal kaeva(nda)ma ei hakkaks.

Need on lihtsad juhtumid. Geoloogiliste eelteadmistega inimene teab, et biotiiti sisaldav kiltkivi moodustab mullas lagunedes kuldsete libledede ehk “kassikulla” pesa. Ka püriiti, kalkopüriiti ja markasiiti – samuti “kassikulda” on geoloogidele sageli näha toodud – ehk on kuld?

Eriti sagedasti tehti seda 1988. a, kui üldsust hullutati nn Merivälja objektiga.² Lühidalt refereerituna oli lugu järgmine. Kaevu kaevamisel leitud püriidikristallide pesa ja teadmata päritoluga metallisulami tükikene vahetasid leidja mälestustes oma identiteedi. Mõne aja pärast

¹ Nereus (varjunimi), 1923. Kullaotsijad Eestis, Kodu, lk 312...313

² Lähemalt sellest UFO-teemalisest fenomenist loe: Lõbusaid juhtumisi, 2000, EGS bülletään, 5/00, Tallinn, lk 23...37.

viisid mõtted oletuseni, et sügavatest setetest leitud müstiline metall võis olla osakene ammuste tulnukate sõidukist. Mõtted arenesid spekulatsioonideks, millest krundi omanikud, ufoloogid ja isegi mõned autoriteetsed teadlased mitmesugust kasu kogusid.

Kulla ümber on olnud šarlatane kõikjal, ka Eestimaal. Toila apteeker Meyer õhutas sealt Pariisi lahkunud inglise päritolu skandaalse minevikuga Voka mõisaproua huvi Pühajões ja Voka ojas leitava kulla vastu, mida seal loomulikult ei olnud. Sellest hoolimata sai Meyer 1783. päranduseks suure summa, 30 tuhat rubla, “minu mõisates leitud ja Prantsusmaale saadetud kulla eest”.¹ Küllap oli see „kulla pesemine“ rahapesu kaasaegses mõistes.

Ajaloost on teada veel üks äraspidine lugu. Prantsuse marssal parun de Retz, Sinihabeme prototüüp ja tema alkeemik Prelatti põletati 1440. tuleriidal, sest nad olevat tütarlaste verest kulda teinud. Viis sajandit hiljem tõestasid arheoloogid, et tegelikult de Retz kaevandas kulda oma maal leitud kullasoonest, tehes seda salaja, mäeseadust rikku-des.

Peale kullaleidude anti möödunud sajandi alguse Eestimaal teada peaaegu kõigist toona populaarsetest maavaradest: “elavast hõbedast”, soolast, kivisöest ja õlist (“kirasini soontest”).

Levisid ka legendid paekivist laotud saunaahju süttimisest ning karjapoiste lõkkes põlema läinud kividest Virumaal. Kuigi loodust hästi tundev maarahvas teadis oma kive ja nende omadusi, ei saa selli-

¹ Vaba Maa, 1918, nr 2.

seid juhtumeid välistada. Aga pigem tuleks siiski juttu külamehest, kes põlevkivist saunaahju ladus, võtta kui ullikese kohta levitatavat pila.

Erinevalt maavarade kaevandamise jaoks soodsast ajast, antakse nüüd teada igasugustest kaevandamist takistavatest taime-, looma- ja linnuliikidest. Kusjuures tänaste „leidjate“ botaanilised, zooloogilised ja ornitoloogilised teadmised on sama kesised kui ammuste maavarahuviliste ettekujutus mineraalooriast. On mindud isegi nii kaugele, et introduceeritakse taotletavatele mäeeraldisele kaitsealuseid taimi, mis olemuselt on seadusvastane tegevus.

Õli võeti Eestis tõsiselt ja nüüd on ka teada, et selleks on geoloogiliselt tõsiselt võetav alus.¹ 1905. (teistel andmetel või teisel korral 1911. a) märgati Vaimla (Vaemla) mõisas Hiiumaal, et 18 m sügavusest puurkaevust tulnud vesi sisaldas kuni 15% põlevat õli (kolme tolli paksune kiht tavalises ämb-
ris). Kohalik mõisnik alustas õli otsinguid. Kuigi Tallinnas tehtud laboratoorne analüüs andis vastuse – leitud õli oli “püronafta” st maaõli termilisel lagun-
damisel saadud lambiõli, ei jahutanud see entu-
siasmi.²

¹ Vello Kattai, 2003. Põlevkivi – õlikivi. Tallinn, Eesti Geoloogia-
keskus, 162 lk.

² Kogu maailmas on levinud õlipuurijate võtte oma tööotsa pi-
kendada sel moel, et kallavad ise oma puurauku õli. Vt ka va-
rem märgitud EGS bülletään 5/00.



Pilt 1.14 Õli puurtorn Hiiumaal Vaimla mõisas
N 58°50' E 22°50' (ligikaudu)

Foto ERM fondist 1394_322

Otsinguid jätkasid esimese maailmasõja ajal läänesaari okupeerinud sakslased ja rahu saabudes toleaeagsed äritõusikud. Tuntud teadlased, sh õli-geoloogia kogemusega professor Jaan Kark kahtlesid väga. Julgustavalt suhtusid need asjamehed, kes omapoolset kasu ootasid, näiteks keegi ins J. Raadik, kes olevat leiutanud mingi uuelaadse õlisondi, millega ta arvas õliladet 130 m sügavuses lasuvat.

Spekulatsioonid Eesti läänesaarte õli ümber ei ole kunagi päris vaibunud, kuigi maapõue geoloogiline uuring on veenvalt näidanud, et tegu on ilmingutega, mitte maavaraga.

Õli on kulla kõrval üks meelikõitvamaid libamaavarasid. Kuna Lätis ja Leedus puudub oma mäendus ja vastav koolkond, siis on arusaadav, miks Läänemere õlimaardla seal meeli erutab. Näiteks Lätis paiknev Gudenieki õlileiukoht, mis on teada juba 1963. aastast, sisaldavat ajakirjanduslikel andmeil

vähemalt 100 tuh t maaõli. ¹ Maardlaga tegelenud geoloogi arvates olevat seal isegi 700 tuh t õli. ² Kuigi Läänemere selles osas pole tegu tootsa kollektoriga, põhjustas võimalik maaõli taasiseseisvumisajal Läti-Leedu piiritüli.

Libamaavaradest poleks põhjust rääkida, kui nad ei tekitaks segadust mitte ainult üldsuses vaid ka vähekriitilistes erialainimestes. Mõnigi maare on kasulikkuse maine külge saanud teostamatust või teostamata jäänud projektist. Kui neid äpardunud projekte lähemalt hinnata, siis võib selguda, et kunagi on maavaraks tunnustatud **kaasnev maavara** (= kaasnev maare). Seda tehti selleks, et tõsta maardla olulisust, võttes arvele mitu maavara korraga ja tekitada sellega nn kompleksmaardla (= liitmaardla). Pahatihti leitakse majandusväärtseta maarde maavaraks tunnustamisele tuge seadustest, ka NSVL maapõuekoodeksi ideoloogiat järgivast Eesti maapõueseadusest. Nii polegi välis- tatud, et turba varumise käigus soovitakse põhimaavarale „juurde kirjutada“ turba all (= lamamis) leiduv järvelubi, mida endise riigikorra ajal põlluma- janduslikud ühismajandid kaevandasid ja mitmeti kasutasid. Kaasnevate maarete kergekäeline liit- mine põhimaavarale teeb karuteene põhimaava- rast huvitatud geoloogilise uuringu tellijale. Liit- maardlas on kaevandamine keerukam ja kallim kui lihtmaardlas, mistõttu ka põhimaavara vastu võib

¹ Varu 100 tuh t on 0,6 mln bbl. Tavaline õliandvus varust on 50%. Seega sisaldab maardla 0,3 mln bbl reaalselt õli, mis oleks kümme korda vähem, kui Ühendkuningriikide päevane toodang. UK-d ei naftariikide hulka ei arvata.

² Jaan Reinhold, Läti loodab saada Läänemere Kuveidiks, Eesti Päevaleht, 24.12.2002.

huvi kaduda. ¹ Ent seni (2010) on Eesti maavarade uurimise kord nii üles ehitatud, et ei ole välistatud oht registreerida ka tulutuid maardeid maavarana.

Nõukogude perioodil, kui ülesande täitmine oli kohustuslik, oli geoloogide seas oli käibel irooniline ütlus – kui kuidagi ei anna tõestada nõutava maavara kaevandamisväärsust, siis kuidagi ikka saab – tuleb maardla kuulutada kompleksmaardlaks. See tähendab, et kui lasund omaette ei ole kaevandamisväärne, siis koos kaaskaevistega ikka on. Asjal on tõepõhi all – mäeettevõtted vältisid kompleksmaardlaid, ei tahtnud seal kaevandada, sest kohustuslikku kaaskaevist ei saanud müüa. Nii saigi tagatud, et kaevandajad vältisid selliseid maardlaid ja põhimaavara madal kaevandamisväärsus ei tulnudki ilmsiks.

Kõigest hoolimata on kaasnevate maarete asjatundlik uurimine oluline ja vajalik. Kuid kui maavara varumise (= geoloogilise uuringu) ülesanne või -projekt ei näe ette nende maavarana registreerimist, siis ei tuleks ka seda teha. Võiks piirduda kaasnevate maarete andmestiku töötlemise ja säilitamisega, pidades silmas, et majandusolude muutumisel ja uue nõudluse ilmnmisel võib see muuta tulusaks, teisisõnu – maavaraks. Nii näiteks soosis Maardus fosforiidi peal lasuva ehituslubjaki vi omaette maavaraks muutumist tööstuskeskkond – maastik oli juba niikuinii rikutud. Kurevere karjäärile, mis oli kunagi rajatud ehitusdolakivi kaevandamiseks, andis „uue hingamise“ tema ümberkvalifitseerumine tehniliseks dolokiviks ja avanenud võimalus eksportida seda läbi lähedase Virtsu sadama.

¹ Põhjalikumalt vt Mäemajandus, digiteavik 2008 – <http://digi.lib.ttu.ee/i/?164>

Mida meelde jätta libamaavaradest

- *Alguses räägivad neist lihtsameelsed võhikud, kes soovivad näidata, et nad teavad midagi huvitavat ja loodavad, et sellest saab üldist kasu. Kuna huvitavuse mõõduks oli maavara üldteadaolev kaevandamisväärsus, siis eriti sagedasti levib jutt kulla, õli ja rauamaagi leidmisest.*
- *Seejärel asuvad asja juurde inimesed, kes tahaksid tõsta oma nappi jõukust, hoolimata oma nappidest teadmistest. Nende initsiatiivil otsiti Eestis möödunud sajandi algusaastail õli ja rauda ning rajati fosforiiditööstus. Nagu entusiastidel ikka, jäi kaevandamiskulu ning mineraaltoorme turg piisava tähelepanuta.*
- *Lõpuni jäävad libamaavaradele truuks need erialainimesed, kes on süüvinud oma töösse nii innukalt, et suuda kriitiliselt hinnata ammuseid geoloogilisi otsinguid tellinud riiklike ettevõtete suurriikliku huve. Nii kohtabki neid, kes püüavad ikka veel uuringutoetust saada graptoliitargilliidis ja mujalgi meie maapõues tühisel määral leiduvate metallide jätkuvaks uuringuks.*

Kokkuvõtvalt maavaradest

Mistahes maavara otsimine ja uurimine elavneb, kui majanduses tekib selle järele vajadus. Kui mingi maavara on toonud rahvale kasu, siis muutub ta tähtsaks. Hiljem, kui hakkab selguma, et maavara kaevandamine segab või rikub väljakujunenud elulaadi, tekib ja levib vastuseis. Ent tuleb ka teada, et kui mõne maavara kaevandamine on muutunud rahvale oluliseks, võib tema turu ahenemine ja sellele kaasnev kaevandamise kokkutõmbamine tekitada sotsiaalseid vaegusi – tööpuudust, sissetuleku vähenemist, infrastruktuuri kõdumist, elanikkonna vananemist.

1.5. Tööstusmaardla ja -maavara

1.5.1. Maardla

Maardla on riiklikult tunnustatud, registreeritud ja kaitstud maapõue loodusvara kogum, mis tekib maavara varumise käigus. Maardla on sisuliselt toode.¹ Maardla on üks tähtsamaid mäenduse põhimõisteid.

Maapõueseaduse sõnastuses: „maardla on üld-geoloogilise uurimistöö või geoloogilise uuringuga piiritletud ja uuritud ning keskkonnaregistris arvele võetud maavara lasund või lasundi osa, kusjuures maardlana võetakse arvele kogu lasund või lasundi osa, mis sisaldab maavara koos vahekihtidega“.

Mõiste töid eesti keelde geoloogid. Esmakasutuses oli see Karl Orviku raamatus „Maavarad“. Kuid veel 1950. aastal kasutas TTÜ mäekateedri juhataja, dotsent Ludvig Kaalman oma õpikus „Mäetööd“ 1927. mäetööstuse oskussõnade mõistet **varapaik**.² Kuigi mõisted maavara ja varapaik on heas kooskõlas, kadus viimane käibelt kui pikem ja ilmselt ka liialt tavakeelne.

Leiukoht ja leiupaik

Nende sõnadega väljendame väheuuritud, maavarade registrisse kandmata ja seaduse kaitseta maarde esinemist. Mõiste 'koht' on lokaalne, pisem, täpsemalt määratletud kui 'paik'. See tähendab, et kui näeme kohta, kus maare on paljastu-

¹ Toode on tegevuste või protsesside tulemus. [EVS-EN ISO 8402:1996. Kvaliteedijuhtimine ja kvaliteeditagamine] Sõnavara. Eesti Standardiamet]. Antud juhul on tegevuseks ja protsessiks geoloogiline uuring.

² Ludvig Kaalman, 1950. Mäetööd, Tallinn, Tartu, Eesti riiklik kirjastus, 577 lk. Digiteavik <http://digi.lib.ttu.ee/i/?434> .

nud (= paljand) või kust seda vähesel määral, nõ oma tarbeks võetakse (= võtukoht), siis see on **leiukoht**. Alal, kus sama maarde leiukohti on mitmed, on **leiupaik**.

Geoloogid nimetavad leiukohaks maavara otsingu ja hinnangu tulemusel esialgselt uuritud ja piiritletud maardelevilat, mille piires eristatakse, sõltuvalt uuringu tulemuslikkusest, erineva usaldusväärusega ressursi ja varu alad.

Lavamaardla

Lavamaardla on rõhtsa ja sageli ka madala lasumusega. Tihti laiuvad nad suurel alal, mistõttu kaevandamisel sugeneb lisaks mäetehnilistele probleemidele veel palju muret maaomandi hoiuga ja keskkonna kaitsmisega. Enamus Eesti maardlatest on lavamaardlad.

1.5.2. Tööstusmaavara

Tööstusmaavara (*industrial minerals, промышленные полезные ископаемые*), edasises **maavara**, nagu juba eelpool oli rõhutatud, on maapõue peamine loodusvara, rahvuslik rikkus, avalik hüve.

Maavara seaduspõhiseks defineerimiseks on kaks võimalust, kas öelda:

1) mis on maavara
või

2) milline peab olema maavara.

Esimene on nomenklatuurne ehk nimistuline määratlus, teine – tingimuslik. Nomenklatuurne määratlus tähendab, et on olemas tunnustatud nimistu, mis lähtub mineraali, kivimi või sellest saadava toote nimest, näiteks "...marmor, dolomiit, tulekindel savi, kips, metallid, metalli- ja värvimullad, soolad,

vosvoriit, õlikivi, nafta ja loomulikud gaasid”.¹ Maavarade kuulutamine loodusvaraks pelgalt „nime järgi“ kuulub ajalukku. See oli võimalik siis, kui igaüks teadis või arvas teadvat, mis on “...kuld, hõbe ja muud metallid...”, mille valitseja seadusandliku aktiga, tavaliselt mäeseadusega, omaks kuulutas. Kaasajal, kui tavametalle saab mitmetest mineraalidest ja vastupidi, kui on palju maapõue kasulikke osiseid, mida pole taibatud või jõutud maavarade nimistusse panna, tekitab nomenklatuurne määratlus tarbetut segadust.

Maavara nomenklatuurne määratlus oli juriidiliselt piisav seni, kuni lihtmeetodil oli võimalik määrata, kas leitud mineraal on maavarade nimistus, näiteks 'kuld'. Kui aga kulla tootmiseks hakati väljama kivimeid, mille metallisisaldus tuli määrata laboratooriumis või kui teine tuntud väärismetall, nimega 'hõbe' muutus polümetalsete maakide kasulikuks lisandiks, sai maavara nomenklatuurset määratlust kasutada vaid juhul, kui tehnoloogia sobis kulla või hõbeda tootmiseks. Nii muutus maavarade nomenklatuurne määratlemine tinglikuks ja esikohale tuli maavara vastavus tehnoloogia ning majanduse võimalustele. Näiteks kuigi Eestis puudub tulekinde (= raskeltsulav) savi, meie kunagise mäeseaduse maavara, on tehnoloogia arenedes suudetud hakata tootma kvaliteetseid keraamikatooteid ka laialt leiduvast kergsulavast savist.

Kaasaegse, ehk tingimusliku määratluse kohaselt on maavara selline maapõue osis, mis vastab kasutaja vajadustele, tema seatud tingimustele. Selline, nõuetele vastava maavara varumise meetoodika

¹ Eesti Vabariigi mäeseadus, 1927. kirjaviis muutmata.

ja projekteerimine on geotehnoloogia, maavarade geoloogia ja mäenduse oluline erialaoskus, mille käsitlemine ei mahu selle õpiku raamesse.¹

„Maavarad on kasulikud kaevised ja turvas“, naljatasid rakendusgeoloogid. Selline määratlus tuli vene keelest. Nii öeldes turvas nagu polekski kasulik kaevis. Kuid asjal on tagapõhi. Maavara rahvusvaheline nimetus on mineraaltoore (mineral resources). Mineraalsele päritolule viitav mõiste nagu välistaks maavarade seast organilise sette, turba. Vähemalt klassikalise, maake ja kivisütt tunnustava mäenduse silmis. Enamikus maadest nii ongi – turvas ei kuulu mäenduse alla. Eestis on turvas oluline maavara.

1.5.3. Maavara kaevandamisväärsus

Kaevandamisväärsus on maavara tähtsaim omadus, kvaliteeditunnus mis teeb loodusressursi maavaraks.

Kaevandamisväärsus on majandusmõiste. Maavara ja maardla võib olla kaevandamisväärne (*mineable, благодородное*), kui kaevandamine on tasuv ja seda ei takista keskkonnakaitsepiirangud.

Kaevandamisväärst määravaid tunnuseid on palju ja erinevaid. Liiv on kaevandamisväärne seal, kus seda vajatakse ehitamiseks, mitte kõrbes. Paekivi, kõikjal Põhja- ja Lääne-Eestis leiduv ehituskivi on seda kaevandamisväärsem, mida lähemal on ta linnale. Paljud ehitamiseks ja toormena kasutatavad kivimid maailmas on kaevandamisväärsed ainult seepärast, et nende läheduses on sadam, mille kaudu saab neid laiali vedada. Maa-

¹ Täpsemalt uuringu metoodikast ja projekteerimisest vt Enno Reinsalu, 2007. Eesti Mäendus II, 2. Maavara uuring, digiteavik, <http://digi.lib.ttu.ee/i/?163> .

kide kaevandamisväärsus sõltub otseselt metallisisaldusest, st maavara rikkusest.

Mõnedki maarded pole kaevandamisväärsed seetõttu, et nad paiknevad haavatavas keskkonnas. Isegi kui kaevandamise tehnoloogia lubaks tundlikus keskkonnas paiknevat maavara väljata, kujuneks see vastuvõetamatult kalliks. Sel põhjusel on mitmedki maardlad minetanud oma kaevandamisväärsuse.

Kuna kaevandamisväärsus sõltub mitte ainult maavara omadustest vaid ka majandusest, tehnikast, tehnoloogiast ja keskkonnast, tuleb seda pidevalt ümber hinnata.

1.5.4. Maavarade sihtotstarbeline jaotus

lähtub nende kasutusala ka -viisist. Eesti maavara jaotuvad järgmistesse klassidesse:

- ehitusmaavara – ehituskivim, kruus, liiv ja muud setted ning kivimid, mida kasutatakse kaevise mineraalset ja keemilist koostist muutmata;
- mineraaltoore ja kütus – fosforiit, tehniline dolokivi (= tehnodolokivi), tehniline lubjakivi (= tehnolubjakivi), põlevkivi, savi ja muud kivimid, samuti setted ja gaasid, mille mineraloogilist ja keemilist koostist muudetakse edasisel käitlemisel;
- maak – mineraalid, kivimid ja setted, millest toodetakse metalle;
- turvas – ebatäielikult lagunenuid taimejäänustest koosnev setend, mille mineraalainete sisaldus ei ületa 35% kuivaine massist;
- muu maavara – maapõuest kaevandatav kivim, fossiil, mineraal ning sete, mis ei kuulu eelpool loetletud maavarade klassidesse.

Selline jaotus, mis on vajalik maavara kasutamise kavandamisel, on mõneti tinglik – näiteks maagid on sisuliselt mineraaltoorme, sest ka nende kasutamine eeldab vastava tööstusettevõtte ja tehnoloogia olemasolu. Kuid ajalooliselt nimetatakse maakideks ikka vaid metallide tooret.

Mõndagi maavara või maaret võib kasutada mitmeti. Mõni paekivi erim võib olla samaaegselt nii looduslik ehitusmaterjal kui ka mineraaltoore. Meie tuntuimast savikivist – graptolliitargillidist arvatakse, et ta võiks olla kasutatav nii kütusena kui ka uraani, molübdeeni, vanaadiumi jmt raske ja haruldase metalli maagina.

Kuna maavara kui mineraaltoore, ja maardla kui selle kogum on määratud sihtotstarbeliselt, jäävad majandusoludele ja tehnoloogiale sobimatud maapõueosised maavarade hulgast välja. Siiski võib selliste seas olla kivimeid, mineraale, gaase jmt, mida me hetkel ei tarbi või ei suuda kasutada, ent mille olemasolust teadmine on kasulik. Mõnigi kord võidakse selliseid maarded vähesel määral kasutada, nõ oma tarbeks võtta. Peamiselt seepärast kasutamegi termini 'maavara' paralleelvormi, Karl Orviku poolt eesti keelde võetud sõna **maare**, mis meie mõistestikus on maapõue osis, millel kaasajal või prognoositavas tulevikus pole sellist kaevandamisväärsust, et ta oleks loodusvarade registris.¹ Maare on võimalik maavara ja seega ikkagi maapõue mineraalressurss. Maarde suhtes kasutagem mõisteid leiukoht ja leiupaik.

¹ Prognoositava tulevikuna käsitletakse majandusteaduses kuni kahekümneaastast perioodi.

Muutub majandus, muutuvad ka maavarale esitavad nõuded. Nii tekivad ja kaovad maavarad ning maardlad. Majandustähtsuse kaotanud maavarad on muutunud ajaloolisteks maavaradeks.

1.5.5. Maavara varu

Maavaravaru on riigi looduskapital, millest mäetööstusettevõtte teeb erisuguseid tooteid: metalle, mineraaltooret, kütust, ehitusmaterjali, põlluväetist jm.

Maavara varutakse kaevandamiseks ja kasutamiseks. Lähtetingimused – millist maavara, millise kvaliteediga, kui palju ja kus maardlas, annab tööstur, ettevõtja, kes kavandab, teab ja tunneb maavara kaevandamist ning kasutamist. Kuid varutud maavara maapõues on ja jääb riigiomandiks, tööstur saab vaid õiguse seda kaevandada.

Eelmise sajandi lõpukümnendil, kui rahvuslikul mäetööstusel ei olnud veel selgeid arengukavasid ja valitses tehniline mahajäämus, kehtis seisukoht, et kui maapõu ja selle ressursid on rahvuslik rikkus, siis võib riik maavarad sätestada ettevõtjast ja tema tehnoloogiast sõltumata. Selline mõte lähtus enne teist maailmasõda kehtinud Eesti mäeseadusest, kus maavarad olid klassikalise mäeõiguse tava kohaselt kirjas nimeliselt. Kaevandajast sõltumatut määratlust tuges ka üldsuses levinud mõtteviis, et maavara on geoloogiline fenomen.

Kuid siiski tuli kehtestada ka üldised kvaliteedinõuded eristamiseks maavara tavalisest kivimist. Eelmises, riigikapitalistlikus majanduses kuulus kaevandav ettevõtte riigile. Nõuded, millele varutav maavara pidi vastama (tolleaegses kõnepruugis konditsioonid), seadis vastav riiklik tööstusharu ja seda juhtiv ministeerium. Näiteks põlevkivile kehtestas

need üleliiduline söetööstuse ministeerium, fosfo-riidile – väetistetööstuse ministeerium, tsemendi-lubjakivile ja -savile – ehitusmaterjalide tööstuse ministeerium. Tööstuse nõuded varule kinnitas üleliiduline maavaravarude komitee, kes vahendas tööstusharuministeeriumi ja üleliidulise geoloogia-ministeeriumi asjaajamisi. Nii tekkiski perifeerses Tallinnas mulje, et on olemas mingid ülimad, riiklikud kriteeriumid, mis määravad, kas kivim on maavara või mitte. Selle eelarvamuse tõttu kehtestati Eestis 1995. potentsiaalsete maavarade jaoks üsna konkreetset kvaliteedipiirid, mis lähtusid NSVL ettevõtete aegunud tehnoloogiast.

Siiski mõndi, et Eesti Maavarade Komisjoni nõusolekul võivad töösturi nõuded maavarale olla riiklikest madalamad. Mis tähendab, et kui tööstur suudab kasutada kivimit, mis ei ole maavara varuna arvel, ja et ta tasuks selle eest kaevandamistasu, siis tuleb väljatud kivim lugeda maavaraks. Vastupidine – kui tööstur ja tema tehnoloogia ei ole võimelised kasutama maavara aegunud nõuetele vastavat kivimit, peab ta ka selle eest, mis tal kaevandamata jääb, ikkagi kaevandamisõiguse tasu maksma.

Mõndus, et üldistest nõuetest madalama kvaliteediga kivim, mida väljatakse võõrandamiseks, on maavara, on loogiline, sest maavara peamine tunnus ongi see, et temast tehtud tooteid saab müüa. Vastupidine tegevus – trahvida töösturit selle eest, et ta jätab väljamata osa madala kvaliteediga maaret, on väär, sest viletsast toormest toodetav kaup ei pruugi enam rahulda arenevat turgu. Peamiselt just madala kvaliteedi tõttu on kasutamata jäänud meil varutud fosforiit.

Taoliste arusaamatuste vältimiseks peab maavara varuval töösturil olema hea ettekujutus maavara-dest. Tellides maavara uuringu, peab ta geoloogidele andma üsna täieliku maavara kvaliteeditunnuste komplekti. Peale selle peaks tööstur ka kindlaks määrama, kui suure garantiiga ehk tõenäosusega peab iga tunnus vastama kriitilisele väärtusele.¹ Kuna mäetööstuse valdkonda sisenevatel töösturitel pahatihti puudub piisav ettekujutus maapõue loodusressursside omadustest, tuleb geoloogidel enne maavara varumisele asumist neid asjaolusid töö tellijale põhjalikult selgitada.

1.5.6. Maavara varu klassifitseerimise alused

Maavara varu jaotatakse kahe tunnuse – kaevandamisväärseuse ja usaldusväärseuse alusel.

Varu jaotamine kaevandamisväärseuse alusel

Enamasti on kasutatud tavalisi, klassikalisi printsiipe – jaotatud kahte, kolme või viide klassi. Aja jooksul, majanduse arenedes ja keskkonnapiirangute mõjul on jaotussüsteem järjest keerulisemaks muutunud.

¹ Eesti Mäendus II, 2. Maavara uuring, digiteavik, <http://digi.lib.ttu.ee/i/?163>.

Vanim ja lihtsaim on kahepositsiooniline jaotus, mida kasutab mäemees-kaevur igapäevatoos ja -kõnes ja mida ka tavakeeles kohtab, näeb välja nii:

On kaevandamis-
väärne:

Ei ole kaevandamis-
väärne:

Kirjanduses:

maavara	–	maa-aines
<i>mineral reserve</i>	–	<i>mineral recourse</i>
<i>промышленное</i>	–	<i>полезное</i>
<i>полезное ископаемое</i>		<i>ископаемое</i>

Maagikaevanduses:

maak	–	aheraine
<i>ore</i>	–	<i>waste</i>
<i>руда</i>	–	<i>пустая порода</i>

Põlevkivikaevanduses:

põlevkivi	–	lubjakivi
<i>сланец</i>	–	<i>известняк</i>

Tehnoloogia, majanduse ja geoloogiliste uurimis-meetodite arenedes kujunes valdavaks kolmepositsiooniline jaotus: kaevandamisväärne, tinglikult kaevandamisväärne ja kaevandamisväärtuseta (Tabel 1.1). Loogiliselt oleks esimene neist maavara varu, teine võimaliku kaevandamisväärsusega maare ja kolmas lihtsalt niisama-kivim.

Tabel 1.1 Maavara varu kaevandamisväärsuse mõistete võrdlus

Üldlevinud mõiste	Olemus	NSVL mõiste	Eesti vastav mõiste
Kaevandamisväärne	Majanduslik, keskkonnapiiranguteta	Bilansiline	Aktiivne
Tinglikult kaevandamisväärne	Tinglikult majanduslik	Bilansiväline	Passiivne
Kaevandamisväärsuseta	Ebamajanduslik, keskkonnaohtlik		Ei ole maavara

Bilansiline – varu oli maavarade registris (bilansis), bilansiväline – varu oli küll registris, kuid enne, kui seda kaevandama asuti, tuli teha majandusanalüüs, esitada varu kaevandamise tehnilis-majanduslik põhjendus.

Eesti jaotussüsteem on seni kahepositsiooniline, sest 1995. aastal, kui see kehtestati, ei olnud maardlate hindamisega jõutud ajakohaste majandusuuringute tasemele. Toona rakendatud klassifikatsiooni järgi on meie maavara varu:

- **aktiivne** ehk kaevandamisväärne, kui selle kaevandamine on tulus ja seda ei takista keskkonnapiirangud,
- **passiivne** ehk tinglikult kaevandamisväärne, kui nõudluse puudus ja keskkonnapiirangud ei lase kaevandada.¹

¹ Mõisted aktiivne ja passiivne viitavad seosele inimtekkelise rahalise varaga (aktiva/passiva)

Aktiivne varu on maavara sihipärase varumise (= geoloogilise uuringu) ootuspärane tulem. Kuid alati ei pruugi töö anda ootuspärast tulemit ja siis kantakse uuritud ja hinnatud varu küll registrisse, kuid ta jääb passiivsena ootama paremaid aegu. Passiivseks võidakse maavara kuulutada ka juhul, kui majanduslikult kaevandamisväärsele maardlale pannakse kaevandamispiirangud, näiteks asutatakse kaitseala, mida kaevandamine võib kahjustada.

Tööstur võib saada kaevandamisõiguse ainult siis, kui on tõestatud, et varu on aktiivne ehk kaevandamisväärne. Kuid pahatihti ei ole kaevandamisväärne varu, mille ta saab, tervenisti väljatatav – osa varust tuleb jätta maardlal paiknevaid ehitisi hoidma, osa kaitsma oma karjääri või kaevandust varingute ja sisse tungiva vee eest. Majanduslikult kaevandamisväärne, kuid tehniliselt mittekaevandatav varu on maavara kadu. See, mis ei ole kadu, on **kaevandatav varu**, mis peaks olema kolmas kaevandamisväärseuse kategooria.

Varu jaotamine usaldusväärse alusel

Usaldusväärsus on metroloogia mõiste. Maavara ja selle maardla on keerukas loodusobjekt, tema omadusi on raske ja kulukas mõõta. Mida täpsemalt tahetakse teada mõõdetava objekti suurust, omadusi ja nende muutlikkust, seda põhjalikumalt ja mahukamalt tuleb teda mõõta (= proovida). See on kulukas ja aeganõudev. Seepärast uuritaksegi maapõue esialgu ligikaudselt, et edaspidi, positiivse tulemuse puhul jätkata suurema täpsusega.

Vastavalt uurituse põhjalikkusele ja sellest tulenevale usaldusväärsele jaotatakse maavara varu Eestis kolme klassi:

- **prognoosvaru** on ligikaudselt hinnatud ressurss,
- **reservvaru** on mõõduka usaldusväärsega maardekogum,
- **tarbevaru** on kaevandamiseks piisava usaldusväärsega varutud maavara.

Karl Orviku tõi maavara varu (tolleaegses kirjaviisis – tagavara) sellise jaotuse Eesti mäendusesse juba 1933. a, seejuures väga asjalikus sõnastuses (Tabel 1.2).

Tabel 1.2 Maavara varu usaldusväärse mõisted Karl Orviku sõnastuses

Tavakeelne mõiste	Olemus	Eesti kaasaegne mõiste
Võimalik varu	Hinnatud umbkaudselt ja sel puhul räägitakse suurest, väikesest või üsna väikesest kogusest	Prognoosvaru
Tõenäoline varu	Hinnatud tagasihoidlike eelduste alusel, kuid tulemusi väljendatakse juba arvudes	Reservvaru
Tõeline varu	Geoloogiline uuritus on sedavõrd üksikasjalik, et arvestus vastab tegelikkusele	Tarbevaru

Arenenud mäetööstusega Ida-Euroopa riikides oli maavaravarul esialgu kolm usalduskategooriat: A, B ja C. Neist esimene on kõige kõrgema ja kolmas kõige madalama usaldusväärsega. Hiljem muu-

tus jaotus viiepositsiooniliseks ja see kehtis ka ENSV-s. Üsna hea selgituse viiepositsioonilisele jaotusele andis geoloog Artur Luha oma raamatus „ENSV Maavarad“. ¹ Raamat kõrvaldati üsna pea kasutusest ja nii kadus ka eestikeelsest kirjandusest mineraaltoorme kategoriseerimise majandus-teaduslik alus. Õppe-metoodilisel põhjusel on ots-tarbekaks korrata A. Luha seletusi, esitades need veidi kaasajastatud keelepruugis (Tabel 1.3). Selline oli jaotus veel eelmise sajandi keskpaiku. Hiljem sulasid mõlemad A-kategooriad üheks, kuid lisan-dus P-kategooria ehk prognoosvaru ja kategori-seerimine jäi endiselt viiepositsiooniliseks.

Varu kaevandusväär-suse ja usaldusväär-suse ka-tegooriad on teineteisest sõltuvad. Kavandades kõrge kaevandamisväär-susega maavara kaevan-damiseks mahukat tööstust, tuleb geoloogiline risk (= madal usaldusväär-sus) viia miinimumini ja maa-vara varu usaldusväär-sus peab olema kõrge. Otsi-des madala kaevandamisväär-susega liiva kohaliku tee-ehituse tarbeks, võib ka varu usaldusväär-sus olla üpris madal – risk teha halba äri pole suur. Ent nii mõnigi kord võidakse keeruka ehitusega maard-la uurituse tase jätta kategooriates väljendatuna madalaks. Seda tehakse peamiselt uuringukulude kokku hoidmiseks, mõnikord ka turule kiirustami-sel. Hakatakse kaevandama, esmalt karjäär-is ja hiljem, kui tasub, ka maa all ja seda tehakse kuniks maavara on kaevandamisväär-ne. Nõukogude, si-suliselt riigikapitalistlikus majandussüsteemis olid asjade sellise kulu vältimiseks tegevusjuhiseid, mis

¹ Artur Luha, 1946. ENSV maavarad, 12 joonist, 37 tabelit. A. Luha õpiku majanduskäsitlus, johtuvalt uuest riigi- ja majandus-korrast ei olnud enam nii konkreetne kui K. Orvikul.

nõudsid kaevandamise kavandajalt maavara varu usaldusväärse täpset määramist. Näiteks söekaevanduste projekteerimise kord kirjutas ette, milline pidi olema ehitatava ja rekonstrueeritava kaevanduse maavara varu (Tabel 1.4). Eestis selliseid nõudeid kehtestatud ei ole ja ettevõtmise risk jääb ettevõtja kanda. Seepärast peabki tööstur, kes paneb kaevandust rajades mängu oma vara, hankima täpsemat teavet.

Mõned tunnused ja juhtarvud, mis seovad varu usaldusväärsest geoloogilise uuringu täpsusega vt Tabel 1.5. Kuidas mõõtemääramatuse ja uuringutulemuse tõenäosuse alusel projekteerida varumise mahtu (puurvõrgu tihedust, proovide arvu, vaatlus- ja mõõtetrasside vahekaugust jmt) on geotehnoloogia erikursuse teema ega mahu siia. Peale selle saab tabelist 1.5 abi endisaegsete geoloogiliste uuringute materjalide kasutamisel, kui varu on jaotatud klassideks A...C₂.

Tabel 1.3 NSVL maavarade varu usaldusväärse kateooriad Artur Luha sõnastuses

Tähis	Mineraaltoore on uuritud...	Uuringu alusel...	Vaste
A ₁	kaevandamise ja töötlemise käigus	tehakse mäetööde plaane	Kaevandatav varu
A ₂	proovimise ja pooltööstusliku katsetamise alusel	tehakse tasuvusuuring ja projekteeritakse kaevandamist	Tarbevaru
B	looduslikus olekus, kusjuures hinnatud on tööstuslik sobivus	tehakse kaevandamise eelhinnang	
C ₁	üksikute proovide ja samalaadse toorme kasutamise alusel	koostatakse kaevandamise arengukava	Reservvaru
C ₂	geoloogiliste hinnangute alusel	plaanitakse maavara geoloogilist uurimist	Prognoosvaru

- Mõistet 'kaevandatav varu' kui A₁ kategooria vastet kasutatakse Eestis ainult kaevandamisloas, st kaevandamise, mitte geoloogilise uuringu staadiumis.
- P-kategooriat A. Luha raamatu ilmumise ajal veel ei olnud.

Tabel 1.4 NSVL kaevandamisväärse kivisöevaru nõutav usaldusväärsus kaevanduse projekteerimiseks

Maardla geoloogiline ehitus	Välja uurituse tase (varu kategooria)	Kaevevälja esmahõlmataval osa varu usaldusväärsus kategooria
Lihtne	A + B + C ₁ , sellest A + B üle 50%	A + B
Keeruline	B + C ₁ , sellest B üle 50%	B
Eriti keeruline	C ₁	

Pealegi, söetööstuse arengukavades pidi ka bilansivälise varu usaldusväärsus olema C₁ tasemel. Maardla geoloogilise ehituse keerukuse klassifikatsioon nõuaks selgitust, mille mahukus väljub siinse raamest, kuid on leitav teistest mäendusõpikutest.¹

¹ Eesti Mäendus II, 2. osa. Maavara uuring, digiteavik, <http://digi.lib.ttu.ee/i/?163>.

Tabel 1.5 Maavara varu usaldusväarsuse kategooriate võrdlus

KATEGORIA SÜSTEEM	VARU USALDUSVÄARSUS ALUSEL				
USA Mäebüroo	<i>Measured</i>	<i>Indicated</i>	<i>Inferred</i>	<i>Speculative</i>	<i>Hypotetical</i>
saksakeelne vaste	<i>Siecher</i>	<i>Wahrscheinlich</i>	<i>Angedeutet</i>	<i>Vermutet</i>	<i>Prognostisch</i>
eestikeelne vaste	Mõõdetud	Määratud	Eeldatav	Loodetav	Oletatav
ÜRO klassifikatsioon ja otsingu ning uuringu järkude tähis	Detailed Exploration – G1	General Exploration – G2	Prospecting – G3	Reconnaissance Study – G4	
eestikeelne vaste võiks olla	Käitusuuring	Geoloogiline uuring	Maavara otsing	Geoloogiline kaardistamine	
NSVL kategooria tähis	A	B	C ₁	C ₂	P
Eesti kehtiv (k.a kaevandamisloas)	Kaevandatav varu	Tarbevaru	Reservvaru		Proгноosvaru
Autori soovitus eri süsteemide kooskõlastamiseks	Kaevandatav varu	Tarbevaru	Reservvaru	Uuringuvaru	Otsinguvaru
MITMETEST ALLIKATEST	TUNNUSE, SH VARU KOGUSE USALDUSVÄARSUS (TÖENÄOSUS)				
Fettweis, 1990 [GDMB 1956, 1983; Jahns 1956, 1959]	> 0,9	0,7...0,9 (0,95)	0,5...0,7	0,3...0,5	0,1...0,3
Fettweis, 1990 [ÖNORMG 1050, 1989]	0,9	0,9	0,9		
Kreiter, 1961	0,8...0,85	0,7...0,8	0,4...0,7	0,1...0,4	
Astahhov, 1981	0,8...1,0	0,6...0,8	0,4...0,6	0,2...0,4	
Roil A, 1982	0,7	0,5...0,7	0,2...0,5	< 0,2	
ÜRO klassifikatsioon (ligikaudselt)	0,9	0,5		0,1	
	USALDUSTEGUR VARU KOGUSE ARVUTUSTES				
Reinsalu, Mäemajandus, 1998, 2008	0,85...0,9	0,80...0,85	0,7	0,6	0
	VARU KVALITEEDITUNNUSE (nagu kütvuse, CaO, MgO, jmt) MÕÖTEMÄÄRAMATUS				
Fettweis, 1990 [Jahns, 1959; GDMB1959]	0,1	0,2	0,3	0,3	
Fettweis, 1990 [Petraschek, 1970]	0,2	0,3	0,5		
Fettweis, 1990 [GDMB, 1983]	0,1	0,2	0,3...0,5		
Fettweis, 1990 [ÖNORM G 1050, 1989]	0,2	0,3	0,5		
Smirnov jt, 1960	0,2	0,2...0,4	0,4...0,6	0,6...0,9	
Autori kogemus	< 0,1	< 0,15	< 0,2	< 0,3	0

Tabeli koostamisel oli peamine allikas, millest pärinevad ka saksakeelsed mõisted – Günter B. Fettweis u.a., 1990. *Bergwirtschaft, Band I. Die elementaren Produktionsfaktoren des Bergbaubetriebs*, Verlag Glückauf GmbH, Essen, 145 s. Nurksulgudes on allikad ja normatiivdokumendid, millele professor G. B. Fettweis viitab

Kaevandatav varu

on see osa kaevevälja aktiivsest tarbevarust, mille väljamisel ei ole piiranguid. Mõiste esineb Eestis välja antavas kaevandamisloas, selle rahvusvaheline vaste on *proved mineral reserve*.

Piirangunõuete tõttu tuleb kaeveväljal ja selle vahetus naabruses jätta tervikuid kaitstavate objektide hoidmiseks. Seetõttu on kaevandatav varu alati väiksem kui mäeeraldise aktiivne tarbevaru.

Kaevandatava varu mõiste on kahene. Ühelt poolt on see varu juba tegutseva ettevõtte valduses, see tähendab tal on tõestatud kaevandamisväärsus. Teisalt on sellest maha arvatud võimalikud mittekaevandatavad tervikud, mis tähendab, et kaevandataval varul on ka kõrge usaldusväärsus – kõik saab kätte. Sestap ongi kaevandatav varu nii majanduslikkuse kui ka usaldusväärsuse mõiste ja see tuleks võtta ka maavara varu klassifitseerimissüsteemi.

1.5.7. Maavara varu klassifitseerimise rahvusvahelised süsteemid

Maavaravarude kahedimensioonilise klassifitseerimissüsteemile (tasuvus / uuritus) pani aluse USA Geoloogiateenistuse direktor, geoloog Vincent McKelvey (1916...1987).¹ Tema süsteem, „McKelvey kast“ oli aluseks Tabel 1.6 koostamisel.

¹ McKelvey, V. E. (1972), Mineral Resource Estimates and Public Policy: American Scientist, V.60, No.1, p.32-40.

Tabel 1.6 Eesti kehtiva ja ÜRO soovitusliku maavarade varu klassifitseerimissüsteemi võrdlus

ÜRO soovituslik süsteem			Stages of geological knowledge				
			Detailed Exploration	General Exploration	Prospecting	Reconnaissance	
Eesti kehtiv süsteem		Usaldusväarsuse kategooriad ja määr, %					
		Maavara varu on	Kaevandatav 90%	Tarbevaru 80%	Reservvaru 70%	Prognoosvaru 50%	
Main feasibility assesment stages	Feasibility Study and/or Mining Report	Kaevandamisväarsuse kategooriad	...kaevandamisel	Tegutseva kaevanduse mäeeraldis			
	Prefeasibility Study		...aktiivne ehk kaevandamisväärne				
	Geological Study		...passiivne ehk mittekaevandatav				

Tingmärgid:

Töös olev mäeeraldis
 Taotletav mäeeraldis
 Uuritud kaeveväli
 Maavara otsinguala

Hiljem on maavaravarude klassifitseerimissüsteemi pidevalt täpsustatud. 1997. esitas ÜRO egiidi all töötanud geoloogide töökond kolmedimensioonilise süsteemi, jaotades maapõueressursid (välja arvatud põhjavesi) kolme tunnuse: tulukuse (*Economic*), tulukuse hinnangu usaldatavuse (*Feasibility assesment stages*) ning geoloogilise uurituse põhjalikkuse (*Stages of geological knowledge*) alusel.¹ Põgusalt oli seda süsteemi käsitletud juba minu õpiku „[Mäemajandus](#)“, 1998, ([digiteavik 2008](#)) tolle tabelis 1.7.

ÜRO süsteemi on edasi täiustatud, kohandatud sobivamaks eri maavaratüüpidele, kuid põhimõtteliselt jaotab see varud ikka kaevandamisväärse ja usaldusväärse alusel. Kaevandamisväärse hindamist on laiendatud, jaotatud kahte klassi – seda hinnatakse ÜRO süsteemis tulukuse taseme (*economic > potentially economic > intrinsically economic* st kaevandamine on tulus > loodetavalt tulus > eeldataval tulus) ning tulukuse usaldusväärse alusel. Tulukuse usaldusväärse kõrgeim tase on tegutseva kaevanduse majandusaruanne (*Mining Report*), järgnevad projekteeritava kaevanduse tasuvusuuring (*Feasibility Study*) ja kaevandamise kavandamise eelhinnang (*Pre-feasibility Study*). Madalaim on geoloogilise uuringu kavandanud või teostanud ettevõtte või asutuse otstarbekushinnang (*Geological Study*). Eesti maavaravarude kehtivat ja ÜRO soovitusliku klassifikatsioonisüsteemi aitab võrrelda Tabel 1.6.

¹ UNECE, (1997), United Nations International Framework Classification for Reserves / Resources – Solid Fuels and Mineral Commodities, ENERGY/WP.1/R.70, UNECE Committee on Sustainable Energy, seventh session, November 1997, 21 p

Kaevandamise keskkonnamõju, kui maavara varu kasutamist pärssivad faktorid ÜRO süsteem ei fетиšeeri vaid arvestab seda, nii nagu ka õiguslikke, lepingulisi ja sotsiaalseid piiranguid konkreetsete projektide kaudu.

Eesti maavaradest on tulukuse ehk aktiivsuse usaldusväärsed hinnangud tehtud vaid põlevkivile ja Maardu graniidile. Põlevkivile on tehtud ÜRO klassifikatsioonile tasemele vastav tasuvusuuring (*Feasibility Study*) ja töötavate kaevanduste kohta on olemas tegevusaruanded (*Mining Report*). Maardu graniidimaardla avamiseks on tehtud kaevandamise tulukuse eelhinnang (*Prefeasibility Study*).¹ Kõik ülejäänud maavarad on klassifitseeritud ammuste kriteeriumite alusel, mida heal juhul võib käsitleda kui geoloogilise uuringu otstarbekuse põhjendust (*Geological Study*). Teisisõnu, nende maavarade tulukus on ÜRO klassifikatsiooni kohaselt eeldatavalt tulus (*intrinsically economic*), mitte rohkem.

Maavara varumine

on maavara kaevandamise huvides tehtav töö: maapõueressursi proovimine ja uurimine, võimaliku maardla ja maavara mäetööstuse nõuetele vastavuse kontrollimine, vajadusel veel tehniline teadus-arendustöö ja enamikel juhtudel ka kaevandamise keskkonnamõju hindamine.

Töö toimub järkjärgult: on geoloogiline, tehnoloogiline ja majandus- ehk tasuvusuuring ning keskkonnamõju hindamine. Mõnedki järgud kattuvad ajaliselt ja sageli pöördutakse eelmise järgu tööde

¹ Enno Reinsalu, 1998. Criteria and size of Estonian oil shale reserves. *Oil Shale*, 15(2), 111...133

juurde tagasi, et tulemusi täpsustada ja üle kontrollida. Peamised maavara varumise tööd on:

- **maavara geoloogiline uuring** (*exploration, геологическая разведка*), mis tuvastab maavara varu omaduste ja koguse usaldusväärset;
- **kaevandamise teostatavuse uuring** (*prefeasibility study, предварительная технико-экономическая оценка, технико-экономический доклад*), milles kontrollitakse maavara väljamise ja kasutamise võimalusi (tehnoloogiaid); selle käigus võidakse ka tehnikat täiendada ja arendada; maavara varumise selle järgu eesmärk on minimeerida ohtu, mis erialamõistestikus on tuntud kui **tehnoloogiline risk**;
- **maardla majandusuuring** (*feasibility study, технико-экономическая оценка*), mis tõestab varu kaevandamisväärset – kasumlikkuse ja turustatavuse;
- **keskkonnamõju hindamine**, mis tähendab keskkonnamõju uuringuid geoloogiliste, tehnilise teostatavuse ja majandusuuringute koosseisus, vastavaid järeldusi ja keskkonnamõju minimeerimise ettepanekuid projekti aruannetes, ning kogu projekti ja valitud meetmete sõltumatut ekspertiisi.

Maavara varumise algatab mineraaltooret vajav ettevõtja, kes omakorda lähtub nõudlusest maavara toodetava kauba järele – hinnaproгноosist, veovõimalustest ja turu mahust. Ettevõtja, kes teab maavara töötlemise tehnoloogiat ja kulukust, koostab maavara varumise või geoloogilise uuringu lähteülesande, mis sisaldab nõudeid maavara kvaliteedile ja kogusele. Koos geoloogilise uuringu ettevõtjaga koostatakse maavara geoloogilise uurin-

gu projekt, arvestades seejuures maavara otsingu tulemusi (vt [järgmine punkt](#)).

Maavara varumine lõpeb uuritud ja hinnatud varu ning sellele vastava maardla registreerimisega, millele võib järgneda kaevandamine. Kuid maavara uuring võib lõppeda ka töösturit mitterahuldava tulemusega – kaevandamisväärset maavara või selle kogust ei suudetud määratleda, või osutus kaevise kvaliteet sobimatuks või tuli ilmsiks raske keskkonnamõju võimalus. Erialamõistetikus on see **geoloogiline risk**.

Keerukamate mäendusolude puhul ei anna geoloogiline uuring kohe piisavalt andmeid kaevanduse projekteerimiseks ega avamiseks. Sel juhul uuring jätkub, koondades põhitähelepanu kaevanduse avamiskohale. Maavaravaru omaduste ja koguse täpsustamine jätkub ka kaevandamise käigus ning uue teabega täiendatakse pidevalt maavara andmestikku.

Majandust ei ole võimalik pikemaks ajaks ette näha, tema kõiki arenguvariante prognoosida. Üldiselt on majandusanalüütikud kokku leppinud, et prognoositav periood ei saa olla pikem kui 20 aastat. Seda kasvõi poliitiliste mõjurite tõttu. Mäenduse jaoks tähendab see seda, et tingimusi, mis maarde maavaraks teevad, on samuti üsna raske kauemaks ette määrata. Seega on vaevalt mõistlik varuda tänastele nõuetele vastavat maavara enamaks kui 20-ks aastaks.¹

Kuna maavara geoloogiline uuring ja kaevandamine mõjutab keskkonda, peab maavara varumisele

¹ Sellest on mäendusest kaugel seisvad isikud tihti teinud vale järelduse, et varu ei olegi rohkem kui paarikümneks aastaks.

kaasnema nende tegevuste keskkonnamõju hindamine, kusjuures nii geoloogiline uuring kui ka kaevandamise teostatavusuuring peavad andma lähteandmeid keskkonnamõju hindamisele.

Maavara otsing

Otsing (*prospecting, поиск*) on geoloogiline töö, maavara ja maardla otsimine lähtuvalt üldisest huvist, enamasti ilma mäetöösturi otsese tellimusest.

Maavara otsingut ajendab vajadus mineraalressursside järele. Otsinguid rahastab riik, kuid seda võib teha ka ettevõtte, eeldusel, et positiivsel tulemusel saab ta õiguse ja teabe järgmiseks etapiks – maavara varumiseks. Juhul kui maavara otsing põhjustab keskkonnakahjustusi, tuleb need kompenseerida ja tegevuskoht korrastada samuti kui mistahes muu maapõuetöö puhul.

Tihti tugineb maavarade otsing kohalike elanike tähelepanekutele ja endisaegsete kaevandamiskohtade jälgedele. Tähelepanekutest ja endisaegsest maapõuekasutuse praktikast on palju kasu olnud ehituskivimi väärtuslike erimite ja raskeltsulava savi maardlate leidmisel.

Kaasajal, eriti alal, kus maapõue ehitus on hästi uuritud, toetub otsing geoloogilisele kaardistamisele ning teadmistele mineraalide, kivimite ja setete tekke ning leviku seaduspärasustest. Maavara otsingu meetoodika kuulub mäendusele kõige lähema, maavarade geoloogia valdkonda.

1.6. Kaevandamine

1.6.1. Kaevandamise põhimõisted

Nagu eelpool selgitatud, võib sõna 'kaevandamine' kasutada mitmeti. Siin, meie käsitluses, on kae-

vandamine tegevuste kogum, mis algab maavara varumisega ja lõpeb maavarast valmistatud toodangu müügiga. Nii kätkeb kaevandamine mitmeid maavaraga seotud tegevusi: maavara geoloogilist uuringut, kaevanduse projekteerimist ja avamist, maavara väljamist, vedu ja rikastamist. Samuti kuulub maavara kaevandamise valdkonda kaevanduse sulgemine ja kaevandatud maa korrastamine.

Kuid mäetehnika (= mäenduse tehniliste vahendite ja meetodite kogum) mõistestikus esineb 'kaevandamine' kitsamate mõistete osana, näiteks:

- avakaevandamine, allmaakaevandamine, allveekaevandamine, mis on kaevandamise moodused (*mining method, способ разработки*),
- kamberkaevandamine, lankkaevandamine, umbkaevandamine; mis on allmaakaevandamise viisid (*mining system, система разработки*),
- **vaalkaevandamine** (*strip mining, open-cast mining; бестранспортная система разработки*) mis on üks avakaevandamise viisidest,
- **kombainkaevandamine**, mis on üks **väljamisviisidest** (*extraction method, способ выемки*).

Maavara kaevandamise kõrval kohtab ka mõistet **maavara kasutamine**, mis on laiem mõiste. Kasutamine on nii maavara kaevandamine kui ka selline tegevus, mille tulemusel maavarast ei saagi seda toodangut, milleks ta oli varutud. Näiteks maavara jätmine tervikutesse. Tervikud toestavad kaevanduse lage, hoiavad maapealseid ehitisi ja kaitstavaid objekte, tõkestavad vee ja kahjutule levikut maa all. See tähendab, et maavara kasutatakse töö- ja keskkonnaohutuse tagamiseks. Kasutatud maavaravaru kustutatakse maavarade registrist.

Tavakeeles ja isegi ametlikus dokumendis võib kohata sõnapaari 'maavara kasutamine' ka maapõueressursi sihtotstarbe tähenduses, näiteks: ...kasutatakse tee-ehituses ja betooni valmistamiseks...“ See pole õige, sest neil puhkudel ei kasutata mitte maavara vaid kaevist või maavarast tehtud killustikku.

1.6.2. Kaevandamise majanduseeldused

lähtuvad nõudlusest mõne kindla mineraaltoorme järele. Esmane majandushuvi tuleneb piirkondlikust vajadusest, näiteks energeetilise toorme või looduslike ehitusmaterjalide järele. Kuid huvi tekitab ka kasumit töötava ekspordi võimalus. Maavara kaevandamise majanduseeldusi on palju. Selleks võivad olla maavara rohkus, soodsad mäendusolud, kasulike mineraalide rikkalikkus, kaevist saadavate toodete väärtuslikkus, mis kõik on kokku võetav sõnapaariga **maardla rikkus**. Väga tähtsad on ka soodsad rahastamistingimused ja hea infrastruktuur kaevanduse rajamiseks jmt.

Üldiselt:

- rikkal maardlal on rohkem eeldusi saada kaevandamiskohaks, kasvõi ainult seepärast, et maavara varu on seal suurem,
- ehitusmaavara on seda väärtuslikum, mida lähemal on maardla kasutamiskohale, olgu selleks siis linn, maantee, raudtee või sadam; sellest on lihtne järeldada, et kui ehitamine lõpeb, siis selline maardla võib minetada väärtuse,
- paljud ja eelkõige just globaalsed maavarad on eriti väärtuslikud, kui maardlad on veoteede, eelkõige sadamate läheduses – tänu sellele on neid odavam kaubastada,
- maardlad on kaevandamisväärased siis, kui mäendusolud soosivad kaevandamist; mäetehniliselt on hea, kui maavara ei ole sügaval, kui lainsund on piisavalt tüse ning keskkonna- ja ajaloolis-kultuurilised piirangud ei takista kaevandamist; seoses ühiskonna väärtushinnangute muutumisega on just viimatimainitud piirangute tõttu paljud head maardlad mäenduse jaoks kadunud.

Maailma mäendusest võib leida muidki maavara kaevandamisväärse eeldusi. Näiteks Rootsi muutus 17. sajandi Põhja-Euroopa võimsaks riigiks suuresti tänu metallurgiale. Teatavasti on vask ja raud relvametallid. Kuid mitte ainult head vase- ja rauamaardlad ei olnud Rootsi metallurgia alus. Ülimalt oluline oli maa metsarikkus. Siis ei olnud kivisöe koksistamist veel leiutatud, maagi taandamine toimus puidusöega ning metalli sulatamine puuküttega. Mujal Euroopas oli mets ammendatud ja see pärssis metallurgiat.

Alles 18. sajandi esimesel kümnendil lõi inglise tööstur Abraham Darby I sellise kivisöe koksistamise tehnoloogia, mille toode rahuldab metallurge. Sellele järgnenud 150 aasta jooksul olid rauamaak ja kivisüsi need maavarad, mis üheskoos tagasid riigi sõjalise ja tehnilise võimsuse ning sellest tulenenud jõukuse. Riigid, kus raua ja koksisöe maardlad paiknevad lähestikku, nagu Inglismaa, Prantsusmaa, Saksamaa, Venemaa koos Ukrainaga ja USA kujunesid söe- ja teraseaja juhtriikideks. Rootsil kivisütt ei ole ja nii tuligi rootslastel taanduda rauamaaki ekspotivaks riigiks.

1.6.3. Kaevandamise tehnilised eeldused

sõltuvad maavara ja kaaskivimite tehnilistest omadustest. Kaevandamise tehnoloogiast lähtuvalt võime maavara jaotada kolme rühma: **tahked** ehk mineraalsed, **püdelad** (veega küllastunud, enamasti orgaanilised) ning **voolavad** ehk vedelikud ja gaasid.

Tahked maavarad ja nende omadused

Tahked maavarad võivad olla (Tabel 1.7):

- **kaljused** – kompaktsed kivimid, tugevusega üle 5 MPa,
- **poolkaljused** – samuti kompaktsed kivimid, kuid nõrgemad kui 5 MPa,
- **pudedad**, mis esinevad puistena või külvinad; nad on enamasti mitmekomponendilised, paljudest kivimitest ning mineraalidest koosnevad sette.

Tabel 1.7 Tahkete maavarade ja nende kaaskivimite jaotus tugevuse alusel

Klass	Vastupanu survele, MPa	Tuntumad kivimid	
		Eestis	Maailmas
Pudedad	alla 5	Liiv, kruus, savi, nõrgalt tsementeerunud liivakivi	
Poolkaljused	5...10	Liivakivid, fosforiit, sinisavi	Soolad, pruunsüsi, kips
Kaljused: nõrgad	10...40	Põlevkivi, savikivi, domeriit, mergel	Kivisüsi, porsunud kivimid, kriit,
keskmised	40...140	Paekivi: lubja- ja dolokivi	Kildad, liiva- ja lubjakivid, maak
tugevad	140...200	Moonde- ja tardkivimid, soonkivimid, marmor	
ülitugevad	üle 200	Kvartsiit, basalt, diabaas	

- 'Kivi' öeldakse sellise maa-osise kohta, mis pihus ei murene. Teisisõnu – poolkaljused ja kaljused kivimid on '-kivid' nagu: paekivi, lubjakivi, raudkivi, maakivi, kiltkivi, uuemal ajal põlevkivi, viimasel ajal dolokivi.
- Eestikeelne 'savikivi' oli juba Juhan Kunderi 1885. õpikus.¹ Kaasajal on selle kivimi teaduslik nimetus graptoliitargilliit, kuigi üldsus kasutab valdavalt tavakeelseid, vähem täpseid nimetusi diktüoneemaargiliit ja diktüoneemakilt. Maakeeles olen kuulnud ka tabavat „konnatahvel“.

¹ Juhan Kunder, 1885. Kivide riik, Looduse õpetus koolmeistritele, koolidele ja iseõpetuseks, Tartu 1885, 30 lk.

Tahkete maavarade väljamise tehnoloogia sõltub maavara ja kaaskivimite **tugevusest** – kaljuseid purustatakse lõhkeainega (= lõhatakse), poolkaljuseid kobestatakse mehhaaniliste vahenditega, pudedaid kühveldatakse. Oluline ka kivimite **kõvadus** ja sellest sõltuv **abrasiivsus**. Keskmise tugevusega kivimeid, kui nad ei ole abrasiivsed (vt järgmist lõiku) saab maapõuest irrutada (= raimata) mehhaaniliselt, neid lõhkamata. Tugevaid ja ülitugevaid kivimeid, mis on enamasti ka abrasiivsed, mehhaanilised väljamismasinad lõhkuda ei suuda. Seepärast puuritakse sellistesse kivimitesse kõvasulam-, teemant- või leekpuuridega laenguau-gud ja raimatakse nad lõhkamisega.

Kivimite tugevus on tahkete maavarade vastupanuvõime survele, tõmbele, paindele ja löögile (võrdle – kivimi **kõvadus**).¹ Tugevus määratakse proovide: käsipalade, katsekehade või puursüdami-ke teimimisega. Nii määratud tugevuse eriala-mõiste on **teimitugevus**, mille tavaliseks mõõdi-kuks on vastupanu survele, MPa. Killustiku valmis-tamiseks kasutatava kivimi tugevuse tavaline mõõ-dik on **purunemiskindlus**, mille hindamiseks tei-mitakse killustikuproovi keerlevas trumlis, lastes ki- vimiosistel korduvalt kukkuda, pörkuda omavahel või metallkuulidega.

Kivimite ja mineraalide kõvadus on kivimi vastu-panuvõime kriimustamisele, lõikamisele, täkesta- misele (võrdle – tugevus). Kivimi kõvadus sõltub eelkõige tema mineraalide kõvadusest. Mineraali- de suhtelist kõvadust hinnatakse **Mohsi skaala** (**astmiku**) alusel. Absoluutset kõvadust (kg/cm^2)

¹ Mõistete tugevus ja kõvadus erinevuse meelde jätmiseks so- bib vormel – teras on tugev, klaas on kõva.

teimitakse skleromeetriga, mille abil määratakse kivimi või mineraali vastupanu temasse surutavale teravikule. Mineraali absoluutne kõvadus kasvab võrdeliselt Mohsi kõvadustunnuse kolmanda astmega.¹ Kõvadus on üks mehhaanilistest omadustest, mis määrab kivimi lõigatavuse ja puuritavuse, sest sellest sõltub abrasiivsus. Enamiku maavarade ja kaaskivimite puhul sõltub abrasiivsus kvartsi (Mohsi kõvadustunnus = 7) sisaldusest.

Seos kivimi kõvaduse ja tugevuse vahel on hägune. Mikrotasandil sõltub kivimi tugevus mineraalide kõvadusest, kristallstruktuurist ja lõhenevusest ning mineraale siduva aine (tsemendi) tugevusest ja koostisest. Nii mõnigi kõvadest mineraalidest, näiteks kvartsist ja päevakividest koosnev rabakivi (= graniidi erim) on võrdlemisi nõrk. Teisalt – iseenesest pehmed savimineraalid lisavad nii mõnelegi kivimile sitkust, suurendades selle vastupanuvõimet paindele ja dünaamilisele survele. Seepärast kasutatakse mäenduses ka sellist mõõdikut nagu kivimite **väljatavus** (sellest edasises).

Püdelad maavarad

on hilise, kohapealse tekkega, neil on nõrk sisetoes, mille moodustavad taimejäänused (turvas) või geel (mudad). Nad on veerikkad ning väljatuna muutuvad nad voolavaks, sest nende sisetoes saab rikutud.

Ka pudedad maavarad ning isegi kaljuste kivimite kaevis, kui neis on üle 20% vett, muutuvad väljates voolavaks. Püdelate ja märgade pudedate maavarade väljamisel (= ammutamisel) tuleb teha palju

¹ Kõige kõvem mineraal teemant ei allu sellele reeglile – ta on erandlikult kõva.

tööd lasundi kuivendamiseks, kaevise kuivatamiseks, toodangu veetustamiseks.

Voolavad maavarad

on vedelikud ning gaasid, mis mõnikord esinevad koos. Nad ei ole maapõues kuigi paiksed, võivad pika aja jooksul edasi liikuda, migreeruda. Voolavaid maavarasid tavaliselt pumbatakse. Eesti tavakäsitluse kohaselt ei kuulu põhjavesi, isegi mitte mineraalvesi, maavarade hulka. Maailma kõige olulisemaid voolavaid maavarasid – maaõli (= naftat) ja maagaasi Eestis ei ole. On vaid nende lokaalseid leide (= ilminguid).

Kivimite väljatavus

on mitmeti määratav ja mõistetav mäetehniline kriteerium. Maapõues lasuva kivimi väljatavuse hindamiseks ja/või kirjeldamiseks kasutatakse mitmeid mõisteid: kivimi (kihi, lasundi) vastupanu eeskaveerimisele, kobestamisele, lõikamisele, murdmisele, puurimisele, lõhkamisele. Väljatavuse tavaline kriteerium on tema tugevus maapõues (= massiivitugevus). Seda hinnatakse suhtarvudega, võttes aluseks kivimi tugevuse, kõvaduse, lõhelisuse, lõhede suuna ja iseloomu aga ka maapõue veerohkuse. Väga suurt rolli mängib seejuures tehniline kogemuses.

Vene klassikalises mäenduses kasutatakse Moskva Mäeakadeemia professori Mihhail Protodjakonovi (1874...1930) loodud klassifikatsiooni, mille kohaselt kivimid, setted ja kaevis jaotatakse kümnesse tugevuskategooriasse, mida tähistatakse Rooma arvudega I...X. Eriti tugevad kivimid nagu kvartsiit ja basalt kuuluvad esimesse, pudedad ja püdelad setted, näiteks vesiliiv – kõige viimasesse, kümnendasse klassi. Klassifitseerimi-

se esmaseks kriteeriumiks on kivimi või sette tinglik massiivitugevus, *Protodjakonovi* tugevusarv $f = 0 \dots 20$. See empiiriline mõõdik võrdub ligikaudu ühe kümnendikuga teimitugevusest (MPa). Kivimi, sette või kaevisse täpsem paigutamine tugevusklassi toimub juba ekspertmeetodil, arvestades peale tugevusarvu ka tema vastupanu käitlemisele. Eesti kukersiitpõlevkivi on selle klassifikatsiooni kohaselt V kategooria kivim ($f = 4$) ja paekivid kuulub valdavalt IV kategooriasse ($f = 5 \dots 6$) tugevusklassi. Seda väljatavuse klassifikatsiooni on kasulik teada, kui tuleb töötada endisaegsete geoloogiliste ja mäendusalaste uuringuaruannetega.

Kivimi väljatavust saab hinnata juba geoloogilise uuringu käigus toimival proovipuurimisel. Levinud on nn *RQD*-klassifikatsioon (*Rock Quality Designation*), mille aluseks on tähelepanek, et mida nõrgem on kivim, seda lühemateks lõikudeks laguneb puursüdamik. *RQD* on tõhus kivimi pragulisuse mõõdik.

Maailma mäenduses on tuntum LAV professor Z. Bieniawski loodud väljatavuse hindamise süsteem, mis arvestab ja kaalub mitmeid kivimi käitlemist mõjutavaid tugevustunnuseid: teimitugevust, *RQD* klassi, pragude ja lõhede sagedust ning nende olemust ja iseloomu (suletud praod, lahised või täitunud lõhed, lõhede täide) aga ka maapõue veerohkust jmt. Kõiki tunnuseid ja omadusi kaalutakse vastavalt sellele, mil moel ja kuidas kavandatakse tunneli rajamist, maavara kaevandamist, allmaaehitamist, või kuidas tahetakse tugeeda maa-pealset ehitist.

Kivimite tugevus, kõvadus ja väljatavus on kivimi- ja kaljumehhaanika eriala küsimus, mille täpsem käsitlemine väljub selle õpiku raamidest.

1.6.4. Kaevis

on maapõuest irrutatud kivim või sete. Maapõuest pumbatud vedelikku ja gaasi kaeviseks ei nimetata. Kaevis ei ole enam maavara, sest ta looduslik struktuur on rikunud ja maavarale on lisandunud muid kivimeid. Ka kaevisse veesisaldus pole sama, mis maavaral looduslikus olekus.

Põlevkivikaevandustes kasutatakse kaevisse tähenduses vene laenmõistet mäemass (*горная масса*). Inglise erialatekstides on kasutusel lühend *ROM* (*run-off-mine*), lisandina täpsustav sõna: süsi, põlevkivi, maak, näiteks *ROM coal*.

Kaevis on maapõuest pärinev materjal, ükskõik, kas see on väljatud allmaakaevandusest, karjäärist, kivimurrust, liivaaugust, ehitise vundamendisüvendist, rajatavast tunnelist või kust tahes. Ka maavara kaevandamisel väljatav aheraine on kaevis.

Mõistet 'kaevis' on kasutatud maasse kaevatud augu (= šurf) nimetusena, kuid see on siiski **kaevand** – süvend pinnase ja maavara proovimiseks ning maaõue geoloogilise ehituse uurimiseks. Kaevand võib olla auk, kaev, kaevik, kraav, soon.

1.6.5. Mäetöö ¹

on maavara kaevandamiseks maapõues tehtav töö. Mäetööl on mitmed eritingimusi, mis nõuavad erilisi oskusi. Seepärast võib mäetöökse nimetada ka allmaaehitiste rajamisel tehtavat maapõuetööd,

¹ Kui lugejal tekib soov näha ja vaadata, kuidas mõni mäetöö, mäemasin või muu „mäeasi“ välja näeb, võib ta pilte ja lühiseletusi leida TTÜ mäeinstituudi pidevalt uuenevast ja täienevast veebiõpikust <http://mi.ttu.ee/opik/>

eriti, kui seal kasutatakse lõhketööd ja kivimeid tuleb toetada. Kui ehitamisel tehakse süvendeid, näiteks kraave, siis isegi juhul, kui selle tulemusel tekib maa-alune ehitis, on see **kaevetöö**. Ka kaevetöök on vaja lube, kaeveluba, kuid see ei ole maavara kaevandamiseks antav luba (= kaevandamisluba).

Mäetöö põhitegevused ehk -protsessid (Tabel 1.8) on:

- kaevevälja avamine ja lõigustamine,
- kivimite **läbimine**,
- kaevisse koristamine,
- kaevandatud ala **korrastamine**.

Tabel 1.8 Maavara kaevandamise tegevused (protsessid ja operatsioonid) ning ajaline areng

KAEVANDAMISE JA ARENG		TEGEVUSED, TÖÖD, TOIMINGUD			
		Tegevuste kogum	Tegevus	Töö	Toiming
Alustamine, kuni 10 aastat		Maavara varumine	Geoloogiline proovimine	Analüüsimine	Keskkonnamõju hindamine, tõestamine
		Projekteerimine, kaevandamisõiguse hankimine	Tasuvuse uurimine, loa taotlemine	Keskkonnamõju hindamine	Tõestamine
		Ehitamine	Tehnoplatši rajamine ja keskkonda sidumine	Projekteerimine	Järelevalve
Maavara väljamine 10...40 aastat	Mäetöö	Avamine ja lõigustamine	Raimamine	Tuulutamine, veeärastus, vedu, tõste, rikastamine	Möödistamine, jäätmekäitlus, keskkonnanahole, järelevalve
			Kaevise laadimine ja tarimine		
			Külgkivimite käitlemine		
	Käikude ja kaevikute läbimine	Raimamine			
		Kaevise laadimine ja tarimine			
		Külgkivimite käitlemine			
Kaevisse koristamine	Raimamine				
	Kaevise laadimine ja tarimine				
	Külgkivimite käitlemine				
Sulgumine, kuni 2 aastat	Ala korrastamine	Tasandamine	Silumine	Bioloogiline rekultiveerimine	

- Toonitud lahtrites on mäetöö.
- Ava- ja allmaakaevandamise tegevuste sisu erineb; näiteks külgkivimite käitlemise alla kuuluvad allmaakaevandamisel kaeveõõnte toestamine ja lae käitlemine, avakaevandamisel aga kaevandite ning puistangute kujundamine; meie madalate lavamaardlate avakaevandamisel tõstet ja tuulutust ei ole.
- Korrastamistegevus, mis siin on seotud lõpetamisega, toimub üheaegselt koristustööga, 1...7 aastase nihkega.

Kaevälja avamine ja lõigustamine

Maardla või kaevälja avamine on mäetöö tegevuste kogum, mille käigus jõutakse maavarani. Seejuures:

- **aukkaevandamisel** (*open pit mining; транспортная система разработки*) piirdub avamine kattekivimite (= katendi) eemaldamisega; siis asutakse paljandatud (= avatud) maavara väljama ja moodustub üha laienev auk;
- **vaalkaevandamisel** (*strip mining, open-cast mining; бестранспортная система разработки*) kaevatakse maavaralalasundisse lai kraav – avakaevik¹ ja maavara hakatakse väljama kaevikut laiendades, katend tõstetakse ammendatud alale vaaludesse;
- **allmaakaevandamisel** (*underground mining, подземная разработка*) avamiseks rajatakse **avamiskaeveõõned**: maapõue ehitatakse käikude ja kambrite süsteem mäetööks vajalike seadmete ning masinate nagu pumbad, veokid, purustid, ventilaatorid, aga ka kütuse ja materjalide sh lõhkematerjalide paigutamiseks ja jaotamiseks; see kaeveõõnte kogum kannab nime **kaevanduse hoov, õu**.

¹ Kaevik – eestikeelne vaste võõrsõnale tranšee (*trench, траншея*) tuli kasutusse kohe pärast esimest maailmasõda, kuid kadus vähehaaval pärast teist.

Avatud kaeveväli jaotatakse, tükeldatakse osadeks (= lõigustatakse):

- karjääriväljale, kus kasutatakse vaalkaevandamist, rajatakse ja jäävad veokaevikud,
- allmaakaevanduse väljale (= kaevandusväljale) rajatakse ja jäävad veo-, tuulutus- ning kogumiskäigud.

Kaevikute ja käigusüsteemide vahelisi alasid nimetatakse koristusjaoskondadeks, -plokkideks, -lankideks, -väljadeks jmt.

Kaevikute ja käikude rajamine algab kivimite läbimisest.

Läbimine

on esimene tööoperatsioon kaevanduskäigu, tunneli, kaevu, mikrotunneli või puuraugu rajamisel maapõue.

Läbitakse kivimeid, kaljut, minnakse neist läbi. Töö tulem on **kaeveõõs**. Läbitakse kas sammhaaval – vaheldumisi kaevist irrutades (= raimates) ja kaeveõõnt toestades või pidevalt, samaaegselt puurides ja toestades. Suure ristlõikega kaevandite nagu tunneli, kaevanduskäigu ja šahti läbimisel töötavad läbimismasinate operaatorid (= läbijad) vahetult maapõue töökohas (= ees). Ahtaid kaevandeid (mikrotunneleid, puurauke) läbides käitatakse tööorganit või -masinat eemalt, maa pealt või töökaevandist.

Sammhaaval läbides raimatakse ja taritakse kaevist nii pikalt lõigult, kui see on ohutustehniliselt võimalik. Seejärel kindlustatakse läbitud osa ajutise toestikuga. Sammhaaval läbides kasutatakse puur- ja lõhketööd või läbimismasinaid (läbimiskombaine), eriotstarbeliste ekskavaatorite klassi kuuluvaid masinaid (= kauritsaid). Linnaehituses

läbitakse teede ja hoonete alla kaablite, torude jmt paigaldamiseks mikrotunneleid, mis puuritakse lõikhaaval, ühest töökaevandist teise. Mikrotunnelis kasutatakse kaugjuhitavat kauritsat. Tunneli toestamiseks lükatakse kaevandisse seda toestav toru.

Analoogiliselt, kuid pikemate lõikudega läbitakse suure ristlõikega tunneleid, kus läbijad ja toestajad töötavad tunneli ees.¹ Mäestike ja suuremate vee kogude alla tunneleid ehitades jaotatakse trass lõikudeks, mille sõlmedesse rajatakse tõste-, tuulutus-, varustus- ja veeärastusseadmestik, mis teenindab mõlemat läbimissuunda. Näiteks Tallinn-Helsingi tunneli läbimiseks tuleks Soome lahe saartele ja madalikele rajada 2...3 läbimissõlme.

Kaeveõõs

on maapõue rajatud tühemik. Mäetööde kaeveõõned jaotuvad vastavalt kasutusotstarbele avamis-, ettevalmistus-, käitus- ja koristuskaeveõõnteks. Ka allmaaehitiste tunnelid, kambrid, panilad jmt on kaeveõõned, samuti kui geoloogilise uuringu tarbeks tehtud kaevandid, kaevud, kraavid ja allmaakaevandusest lähtuvad uuringukäigud ja šahtid.²

Ka talukaev on kaeveõõs.

¹ Esi (omastav – ett, *face*, *забой*), kulgev töökoht looduskeskkonnas: põllul – külviesi, künniesi, lõikusesi, metsas – raieesi, maapõues – läbimisesi, koristusesi). Käändub nagu 'vesi'. See tähendab, et mäetöölised on ikka töökohas, mitte sellest eespool.

² Hea ülevaate ja selgituse kaeveõõntest ning nende ülesannetest annab Ludvig Kaalmani õpik „Mäetööd“; digiteavik vt <http://digi.lib.ttu.ee/i/?434>

Avamiskaeveõõs läbitakse kaevevälja avamisel ja hiljem kasutatakse seda kaevisse, seadmete, materjalide ja inimeste veoks ning tõstmiseks. Allmaakaevanduse avamisel rajatakse maapinnalt algavad püstsed ja kaldsed kaeveõõned (= šahtid) või rõhtsad käigud (= stollid). Maa all lähtuvad šahtidest ja stollidest peaveokäigud (peastrekid), mõnikord ka inimkäigud ja edasi juba tuulutus- ning konveierikäigud.¹

Ettevalmistuskaeveõõs läbitakse koristustöö alustamiseks. Allmaakaevanduses on selleks paneeli veo-, tuulutus- ja veekäigud ning lõigustus- ja kogumiskäigud. Karjääris on lõigustuskaevikud.

Koristuskaeveõõnes väljatakse maavara. Karjääris on selleks kaevetranšee (= koristuskaevik), allmaakaevanduses kambriplokk, laava jmt.

Käituskaeveõõs on kaevanduse abirajatis: kamber (pumbakamber, vedurite depoo jmt), ladu (lõhkematerjaliladu), tuulutuskaev (tuulutusšurf), kaldkäik, ramp (= kaldtee) jmt. Lühikene allmaaühenduskäik on lõõr.

Eesti lavamaardlates, kus on vaid üks kaevandatav kiht, on allmaa-kaeveõõnte nimistu lühikene. Kuid maagi ja kaldsete kihtide kaevandustes on väga mitme otstarbega ja nimega kaeveõõsi. **Strekk** on ainult maavara kihti läbitud käik. Kihist väljaspool on **välisstrekk**. Mitme kaldkihi strekke ühendab omavahel ja avamis-kaeveõõntega **kveeršlag** (= põikkäik). Allmaakaevanduse eri korruseid ühendav kaldkäik, kui sellest kaevist üles tõstetakse on **tõstekallak** ja see, milles alla lastakse, on

¹ Käik on ühine eestikeelne vaste laensõnadele strekk, ort, galerii jmt (*umpek* = sks *die Streke*, ingl *gate, drift, gallery*)

bremsberg (= laskekallak). Maapinnale mitteava-
nev püstne kaeveõõs on **pimešaht**. Maagikaevan-
dustes on veel **galerii, gesenk, ort** jmt. Piusa
klaasiliivakaevanduste käigud, praegused koopad
olid galeriid. Kui Eestisse ehitatakse süvakaevan-
dusi, siis tuleb kasutusse uusi nimetusi, näiteks
suurkamber (= lööv, *stope*)

Kaeveõõnte nimetused on eesti keelde laenatud
või tõlgitud saksa keelest, mõned vene keele kau-
du. Nende lähem otstarve ja rajamise tehnoloogia
on mäetehnika erialaküsimus.

Kaevisse koristamine

ehk koristustöö on maavara väljamise põhitegevus,
mille käigus maavarast saab kaevis. Koristustöö
peamised operatsioonid on:

- kaevisse raimamine, kuhu kuulub puuraukude
puurimine kivimisse, kivimi lõhkamine, tükkideks
lõhkumine, plokkideks murdmine, mehhaaniline
kobestamine, lõiketeradega, -kettidega,
-ketastega, -trumlitega jmt lõikamine, koorimine
(= freesimine), ekskaveerimine jmt,
- kaeveõõne tuulutamine ja toestamine kui abitöö,
- koristusvälja, kambriploki ning karjääri kraavita-
mine jmt.

Koristamine on maavara kaevandamise tähtsaim
protsess. Kunagisest käsitsitööst on nüüdseks ku-
jundatud täielikult mehhaniseeritud tegevus.

*Ühe ettevõtte tootmistegevust veel vähe tundev
tippjuht, tundes muret, et kaevanduses on palju ko-
ristustöölisi, arvas, et seda teenust võiks mõnelt ko-
ristusfirmalt tellida. Mäeinseneridel tuli see mõistep-
robleem delikaatselt ära klaarida ja ehk tekkis sel-
lest neil ka mõte teha maavara koristustööd allette-
võtjana mõne kolmanda firma kaevanduses.*

1.6.6. Väljamine

on põhimine mäetöö, mis algab maavara raimamisega, jätkub kaevisel laadimise ja lähiveoga (= tarimisega) ning lõpeb materjali mahutamise veovahendisse. Kui lasund on kihiline, koosneb maavarast ja aherainest, väljatakse kõik koos, mis on **lausväljamine**. Moodsam ja säästlikum on **selektiivne väljamine** – eri omadustega kihid eraldi ja aherainest lahus. Kuid see on töömahukam, aeganõudvam ja selleks peavad olema vastavaid masinad. Odavate ehitusmaavarade, nagu liiva ja kruusa, aga paljudel juhtudel ka ehituspäe kaevandamisel nähtav tegevus ongi vaid väljamine, on mõisted 'väljamine' ja 'kaevandamine' tavakeeles üsna samastunud.

1.6.7. Tervikud

on väljamata jäänud maavara.

Tervikud jäetakse tehnilistel või majanduslikel kaalutlustel, viimasel ajal sageli ka lähtuvalt keskkonnanahoiu nõuetest. Maapõueressursside seisukohalt on tervik ära kasutatud maavara. Kuna see ei ole sihtotstarbeline kasutamine, siis käsitletakse tervikuid kui **maavara kadu**.

On hoide-, jääk-, tugi- ja tõkketervikud.

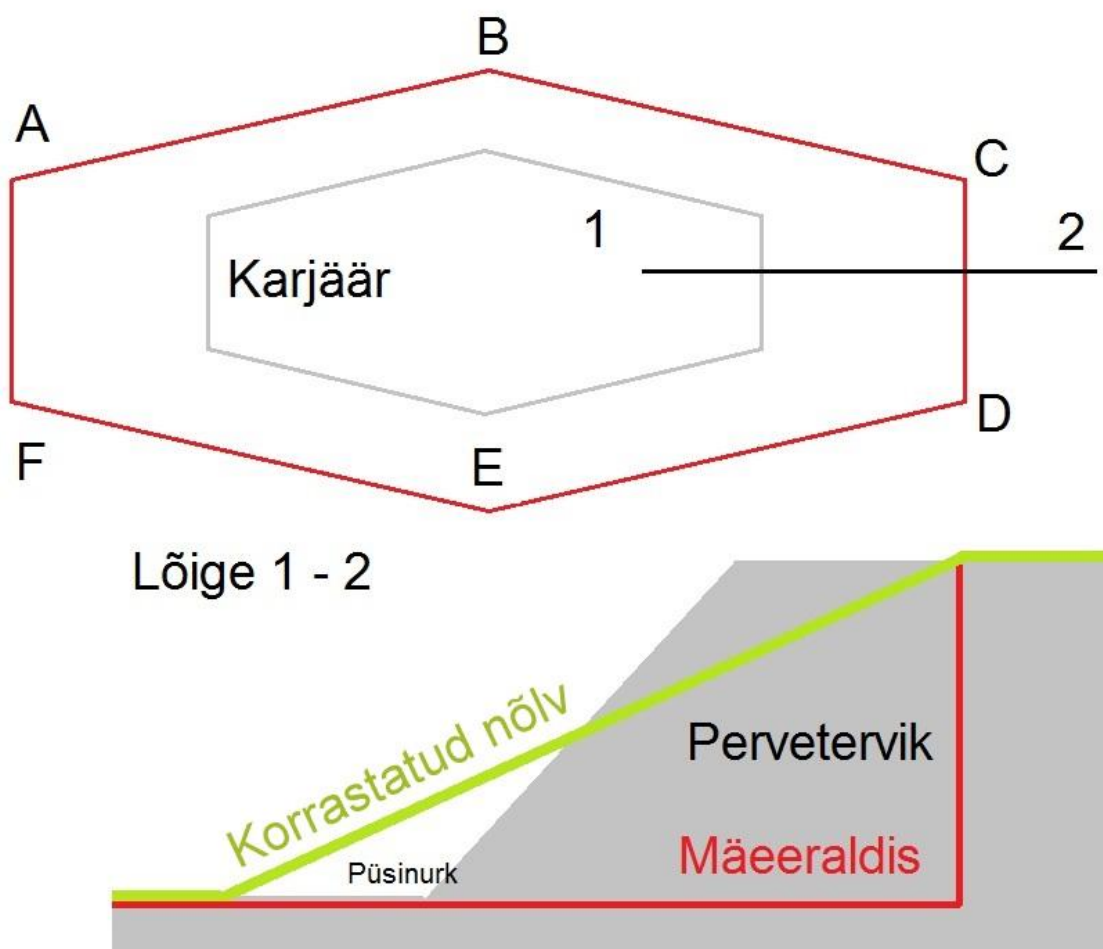
Hoidetervik

jäetakse selleks, et kaevandamise kahjulikku mõju ära hoida.

Allmaakaevandamisel hoitakse tervikutega teid ja hooneid kaevanduse peal. Avakaevandamisel jäetakse karjääri ümber pervetervik ümbritseva maa hoidmiseks – et karjääri seinte varingud ja erosioon ei ületaks mäeeraldise teenindusmaa piire. Mõnigi kord jäetakse hoidetervikuid karjääri mäee-

raldisel olevate hoonete teede ja veejuhtmete (kraavide) säilitamiseks mis siis jäävad karjääri kui saared ja poolsaared.

Pilt 1.15 on kuuenurgelise liivakarjääri kontuur ja lõige läbi külje C-D. Kui kaevandamine lõpetatakse, kujundatakse karjääri perved püsiva kaldenurgaga (roheline joon) ohutult laugeks ja selleks kuulub osa mäeeraldises olevat maavara. Kuna seda ei väljatud vaid kasutati naaberkrundi maa hoidmiseks, siis see pervetervik ongi hoidetervik.



Pilt 1.15 Karjääri pervetervik on naaberkinnistu hoidetervik

Hoidetervikutesse jääva maavara varu kogus sõltub maapealsest infrastruktuurist ja võib küündida viiendikuni maavara varust. Juhul kui see on kesk-

konnahoiu seisukohalt põhjendatud, ei loeta seda maavara kaoks.

Tugitervik

toetab allmaakaevanduse lage. Tüüpilised tugitervikud ehk sambad, ka piilarid on need, mis tugevad koristuskambreid. (vt Pilt 1.4).

Tugitervik ei pruugi olla pikaealine. Nii mõnigi kord jäetakse ta seniks, kuni kestab töö kambrites. Piiratud kande-eaga tervikud kujundatakse nii väikseks, kui tööohutus võimaldab ja seega vähendatakse maavara kadu. Sellised tervikud võivad aegamisi laguneda ja mingil ennustamatul ajahetkel äkki puruneda. Siis toimub mitmete koristuskambrite varing (= kollaps), millest maa all tekib õhulöök ja maa peale lohk (= vajum).

Põlevkivi allmaakaevandamisel jääb tugitervikutesse kuni 25% põlevkivi varust ehk teisisõnu – kolme väljatud tonni kohta jääb üks tonn maavara maapinda hoidma.

Tökketervik

jäetakse kaeveväljade vahele tõkestamiseks vee sissevoolu naaberkaevandusest, kui too peaks suletama. Hädavajadusel tuleb tökketervikuid jätta ka kaevevälja sisse üleujutuse, kahjutule või varingu piiramiseks. Näiteks suletud Kohtla kaevanduses on vee tase on 42 m üle merepinna. Naabruses tööd jätkanud Aidu karjääri põhi on seal 30 m üle merepinna, seega 12 m madalamal. Kohtla ja Aidu kaeveväljade vahele oli jäetud kuni 50 m paksune tökketervik. Siiski leidis vesi maapõues lõhesid, hakkas neist läbi voolama ja tekitas Aidu karjääri idapervele Kohtla kose nimelise vaatamisväärsuse.

Aidu karjääri sulgemisel kosk kaob, kuid vee liikumine jätkub.

Jääktervik

on ammendatud alale jäänud väljamata maavara. Pahatihti jäetakse väljamata need kaevevälja või lasundi osad, kus mäendusolud osutusid ebasoodsaks või maavara kvaliteet madalaks. Tavaliselt loodetakse, et tuleb või leitakse aeg, mil kaevevälja saab täielikult ära koristada. Aga juhtub, et sellist aega ei tulegi. Jääktervikutesse on kaevandamise ajal jäetud ka sellist varu, mille kaevandamisvääruse tähisust ei ole maha kandmist lubav isik aktsepteerinud.

Kasulik on teada, et jääktervik, mida kunagi enam väljata, on maatugi, millele võib julgesti ehitada.

Hoopis teine asi on väljamata jäänud varu – **jääkvaru**, mis võidakse hiljem kaevandamiseks võtta. Varu jääb väljamata, kui kaevandus suletakse enne kui ta on jõudnud kogu varu ammendada. Sel juhul jäetakse võimalus see osa maavarast uuesti kasutusse võtta. Jääkvaru tuleb hoida, tema peale, nii nagu mistahes ammendamata maardlale ei tohi loata ehitada teid, hooneid jmt.

Teisisõnu – jääkvaru ei tohi kasutada maatoena.

Keha- ja soonmaardlate kaevandamisel on jääktervikud palju tavalisemad kui lavamaardlates. Kaevandamist alustatakse soodsaimast kohast ja jätkatakse seni, kuni kaevandamine on tasuv. Kõik, mis sisse jääb, on **jääktervik** (*remnant*).

1.6.8. Kaevandusvedu

Üldiselt mõistetakse veo all kaevise toimetamist väljamiskohast järgmisele tööpaigale – rikastamisele, vahelattu, toodangu lattu või tarbija veova-

hendisse. Mäendus eristatakse kolme veooperatsiooni: lähivedu ehk tarimist, pikivedu mööda tasandeid ja tõstet alt üles ja ka alla.

Lähivedu (= tarimine, *haulage*, *догрузка*) toimub vahetult ees (töökohas) (Pilt 1.16 + 1). Kaasajal taritakse kaevanduses allmaa-kopplaaduritega, karjäärides kasutatakse kopplaadureid, mille väiksemaid mudeleid võib igapäevaelus näha ehitus- ja laoplatsidel ning linnas lund koristamas.

Vedu – kaevisse transportimine mööda käike, kaevikuid ja laugeid kallakuid ($<18^\circ$), kasutades konveiereid, kaevandusraudteed ja kaevandus- või karjäär kallakureid (Pilt 1.17 + 1 ja 2)

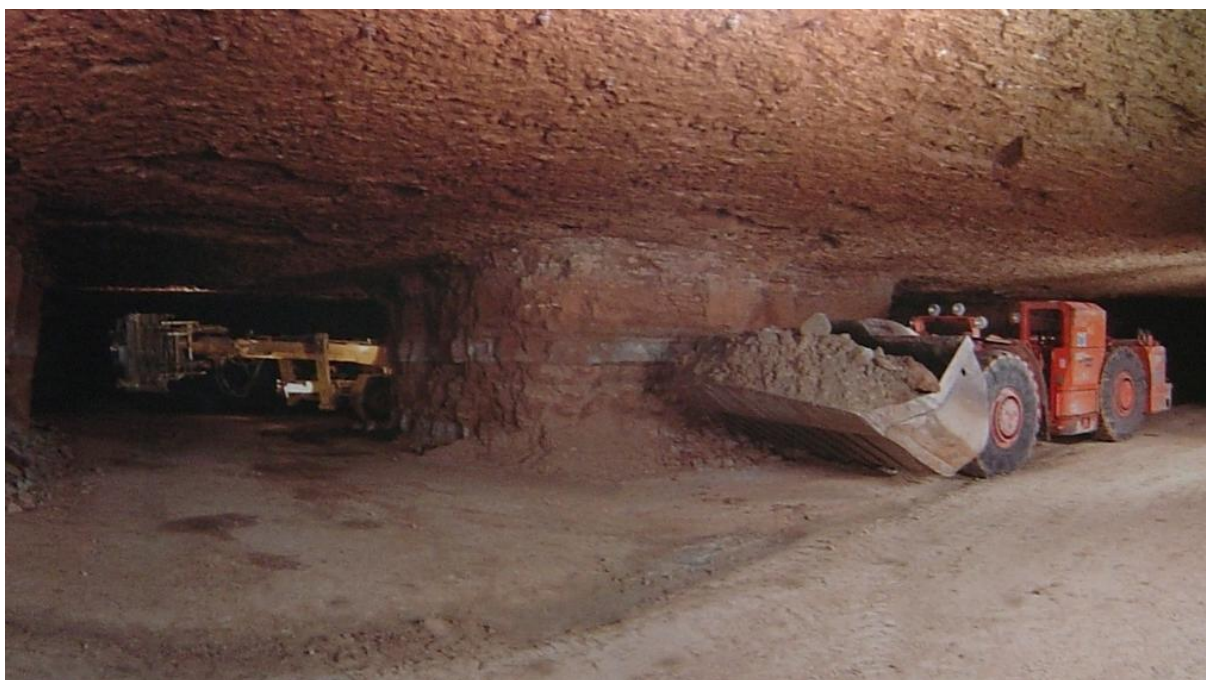
Kaasajal on kaevanduses peamine veovahend konveier ja karjäär kallur. Põlevkivikaevandustest oli 2010 elektriline raudteevedu säilinud vaid Viru kaevanduses.

Tõste – kaevisse toimetamine kaevandusest välja kui tee kalle on suurem kui veokitele ja tavalistele konveieritele sobib ($>18^\circ$). Tõstetakse konveieriga, elevaatoriga. Vagonette tõmmatakse ka trossiga. Püstšahtis kasutatakse skippi¹ või kongi (= kaevanduslifti) (Pilt 1.18).

¹ (sks *Skip*) – kaadatav tõsteanum, enamasti püstšahtis, kuid võib tõsta ka mööda kallakut. Eestis oli enne Teist maailmasõda Käva põlevkivikaevanduses.



Pilt 1.16 Kaevisel tarimine
Ülgase allmaakaevanduses enne 1939. ja Estonia
põlevkivikaevanduses kaasajal.



Pilt Ülgaselt pärineb Karl Orviku raamatust „Maa-
varad“, viitega AS Eesti Vosvoriit fotokogule.¹ Pilt
Estonia kaevandusest on osa Heiki Bauerti pano-
raamfotost TTÜ energeetikateaduskonna hoone
atriumis.

¹ Ajaloolisi pilte kasutan illustratsioonidena lootes, et need aita-
vad mäemõisteid paremini kinnistuda.



Pilt 1.17 Põlevkivi vedamine allmaaraudteega
Kiviõlis eelmise sajandi kuuekümnendatel. Foto
mäeinstituudi arhiivist.

Vedu kaasajal Ojamaa kaevanduses:

1. Autovedu



2. Konveiervedu



Esiplaani kraapkonveier, keskplaani kaevisepurusti ja taga lintkonveier



Pilt 1.18 Tõsteseadme kahe-hobu-ajam Ubja põlevkivikaevanduses

N 59°25'20"; E 26°25'47"

Eelmise sajandi kahekümnendate aastate foto Arvi Toomiku kogust.

1.7. Kaevandus

on maavara kaevandamiseks ehitatud ja seadmes-
tatud hoonete ning rajatiste kogum.

Tavakeeles võidakse mõistet 'kaevandus' (*mine*) kasutada mistahes kaevandamiskoha jaoks. Nii oli see meie mäenduse algusaastail. Alles hiljem hakati vene keele mõjul kaevanduseks nimetama vaid allmaakaevandust, eristamata seejuures söe-kaevandust (*шахта*¹) ja maagikaevandust (*рудник*). Mäemehed teevad seda tänaseni, sest avakaevandust (ameerikapäraselt *surface mine*) hakati nimetama karjääriks (ladina *quarrira* → prantsuse *carrière*, vene *карьер*, samas kui kivi-
söe- ja põlevkivikarjäär on *разрез*). Mitmete kilo-
meetrite sügavusse rajatud allmaakaevandus, kus valitsevad eriolud – kõrge mäerõhk ja temperatuur, gaasipursete ning mäelöökide oht, on **süvakaevandus**.

Väiksemaid ehitusmaavarade karjääre nimetatakse murruks, eriti neid, kus ei kasutata lõhketööd. Pisi-
kesi liiva- ja kruusakarjääre, kus väljatakse vasta-
valt vajadusele, võib vabalt nimetada liiva- või
kruusauguks. Labidaturvast väljati vanasti tur-
baaugust. Ka turbavälju ei pea tingimata kaevan-
duseks nimetama, ehkki nende avamine, käitamine
ja sulgemine toimub kaevandusele kehtestatud
eeskirjade ja reeglite kohaselt.

¹ Vene *шахта* tuleb saksa keelest, kus see sõna, nagu meilgi, tähendab püstset kaeveõõnt. Kuid kuna see on vene keeles *ствол шахты*, siis on juhtunud, et šahtist on oskamatul tõlki-
misel saanud „kaevanduse tüvi“.

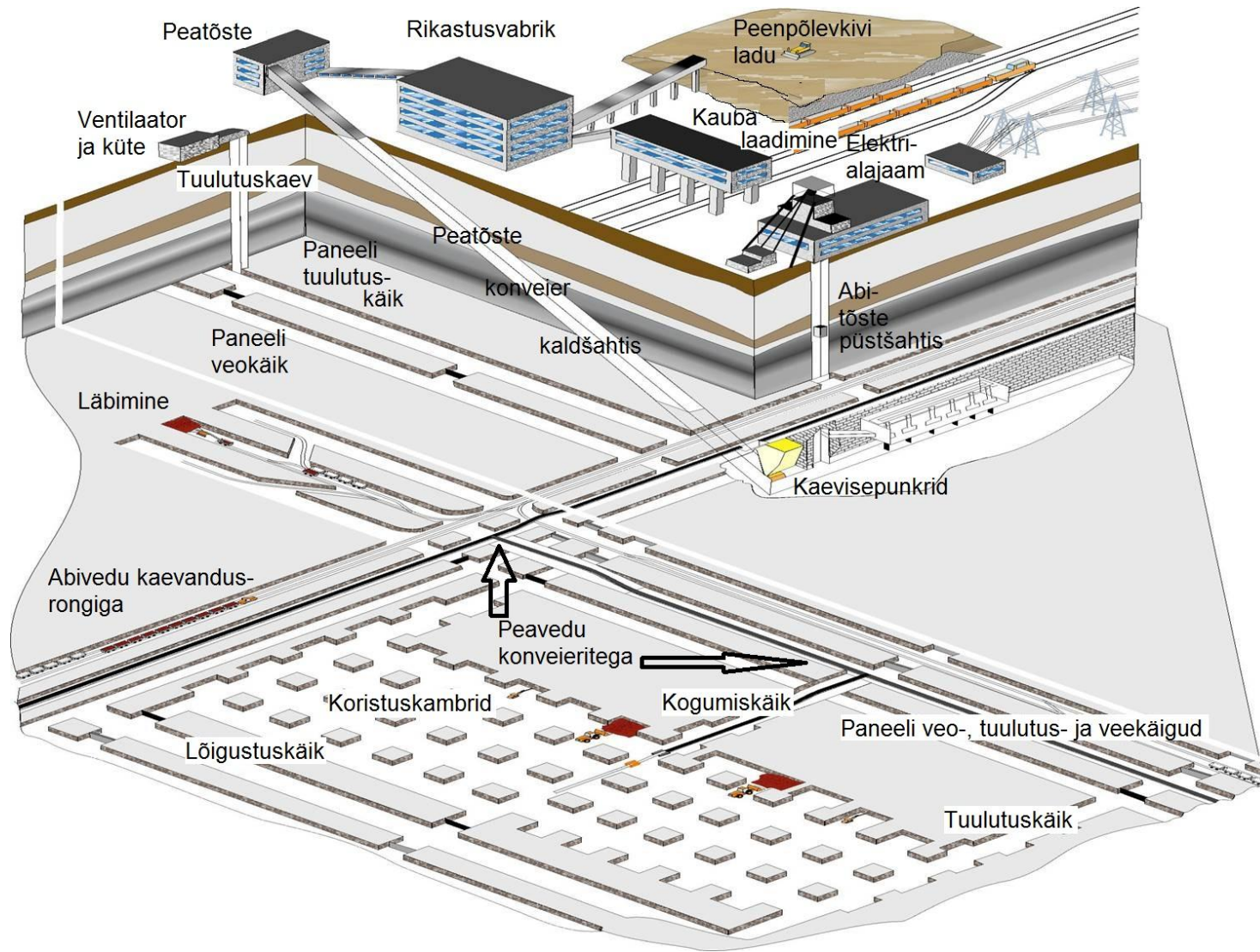
Mäenduse mõistestikku rangelt järgides tuleks kaevanduseks nimetada ka muda ja liiva ammutusala veekogus, kuid ka see pole tingimata vajalik.

Umbkaudse hinnangu kohaselt on Eestis tuhatkond kasutatavat või peatatud kaevandamiskohta – kaevandust, karjääri, turbavälja, kivimurdu ja ehituspuiste võtmise auku. Üle 200 ettevõtte on oma tegevusealade seas märkinud maavarade kaevandamise. Umbes sama palju on välja antud maavara kaevandamise lubasid.

Tüüpiline lavamaardla **allmaakaevandus** on Estonia põlevkivikaevandus (Pilt 1.19), mis on avatud püst- ja kaldšahtiga. Paljusid üksikasju sh pump-laid, settetiike ja hiljem rajatud rampi Estonia arhitektoonikat näitaval pildil e ole.

Kaeveväli on lõigustatud paneelideks ja paneelid koristusjaoskondadeks. Koristustöö toimub kambrites, mida toestavad ja kus maad hoiavad ruudukujulise ristlõikega tugitervikud. Ettevalmistustöö – käikude läbimine ning uute paneelide ja plokkide lõigustamiseks toimub samaaegselt mitmes ees.

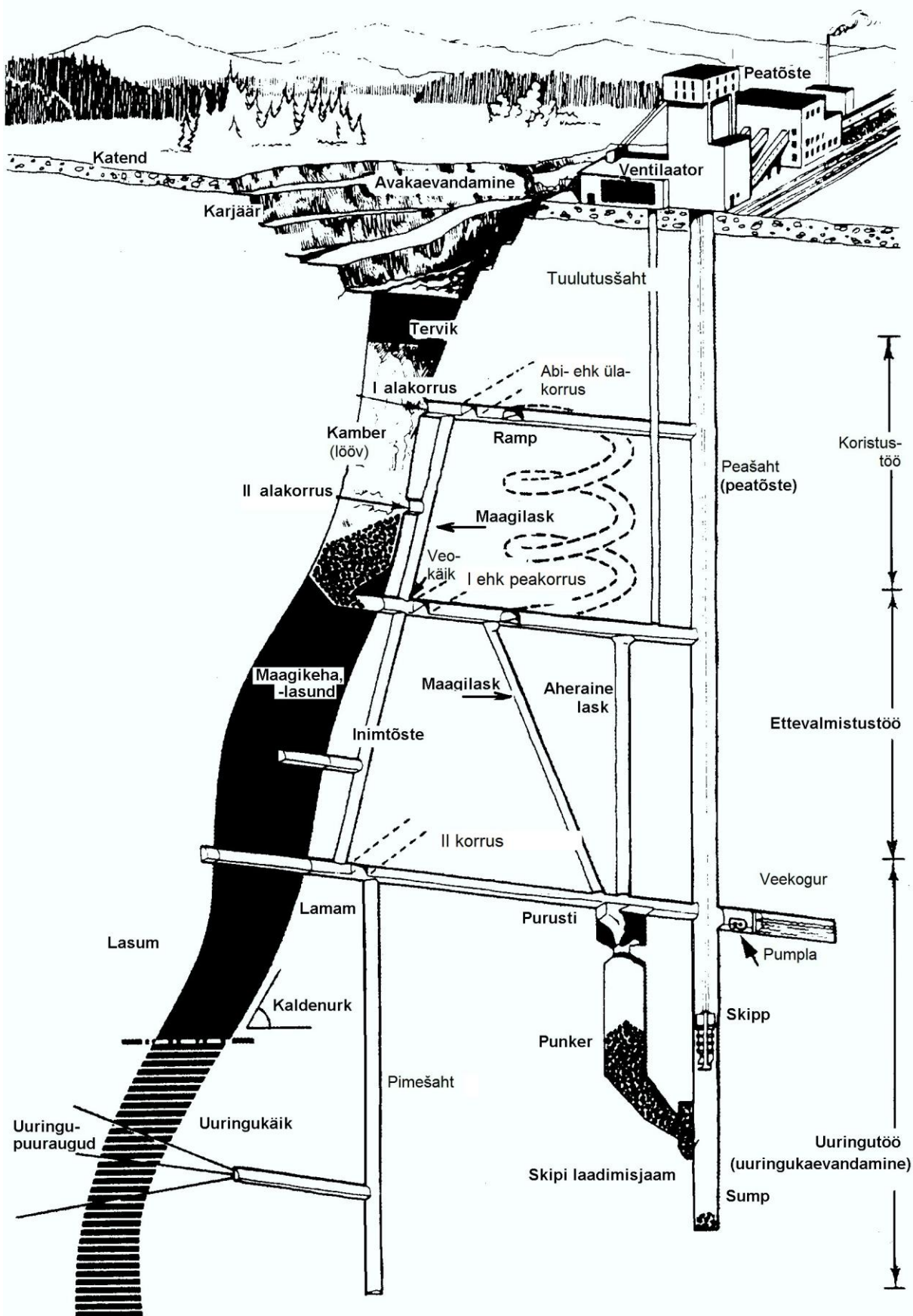
Tüüpiline soonmaardla **süvakaevandus** on Pilt 1.20). See on kuvand mäetööst, kus maavara avati karjääriga. Sügavamale minnes kasvas katend nii paksuks, et tuli üle minna allmaakaevandamisele. Maagikeha avati püstšahtidega, pildil – peatõste- ja tuulutussahtiga. I korrus jäi peakorruseks ehk peatasandiks. Selle kohale rajati abi- ehk ülakor-rus, mis samaaegselt oli ka maagikeha ülemise osa väljamise I alakorruseks.



Pilt 1.19 Estonia põlevkivikaevanduse arhitektuur.

Joonise alus –

<http://www.ep.ee/001/Polevkivi.ppt>



Pilt 1.20 Süvakaevanduse arhitektoonika

Aluseks on paljudes mäendusõpikutes esinev skeem.

Tarimiseks ja veoks avati peakorruse alla II korrus, kuhu rajati purustikamber, punkrid ja skipi toiturid. Sinna sai koha ka pumpla. Veekoguriks on šahti põhjaosa (= sump). Masinate, seadmete, inimeste ja materjalide toimetamiseks ühelt korruselt teisele on korruste vahel spiraalne ramp. Maagi väljamist alustati ülalt. Selleks siseneti maagikehasse kõige ülemiselt alakorruselt. Maak puuriti ja lõhati ning kaevis varistati esmalt I korruse tasandile ning sealt mööda laskusid (= liugusid) veokorrusele. Hiljem tehakse seda kõike juba II tasandil.

Tegelikkuses on süvakaevandus palju keerukam.

Kui süvakaevanduse ülemiste korruste maak hakkab ammenduma, hinnatakse, kui sügavale tasub minna. Pildil on näha, et II korruselt läbiti alla pimešaht, sellest uuringkäigud ja -puuraugud. Kui tulemused annavad lootust, avatakse III korrus, kust kaevist hakatakse tõstma juba mööda pimešahti.

Pilt 1.21 on põlevkivi **vaalkaevandamine**. Vasakul on kaks paljandusastangut, kust draglain tõstab nii pudedat (turvast ja vesiliiva) kui ka lõhatud kaljust katendit (paekivi). Selleks koorib ta esmalt ära pehme katendi ja tõstab selle üle kaeviku paremale vaalude peale. Seejärel lõhatakse kaljune katend (plato kaevikust vasakul) ja draglain tõstab kaevise sealt sisepuistangusse kaevikust paremal. Kaeviku põhjas on näha põlevkivi puurimist ja kaevise laadimist kalluritesse ekskavaatoriga (pärikopaga). Hiljem vaalud tasandatakse ja metsastatakse.



Pilt 1.21 Narva põlevkivikarjäär;
N 59°14'51"; E 27°42'56"

Järgmine pilt on savi **aukkaevandamisest**



Pilt 1.22 Ülgase savikarjäär;
N 59°29'43"; E 25°04'59"

Pilt 1.22 on Ülgase karjäär, kust võeti Jõelähtme prügilale [isoleerimissavi](#). Taamal vasakul on katendimaterjali (turbamulla ja kaevandamisväärseta savi) välispuistangud. All vasakul nurgas on avamiskaevik (ramp). Kaevandamine peatati, sest nõudlus savi järele lakkas. Karjäär täitus veega. Kaevandamise taasalustamisel pumbatakse vesi välja.

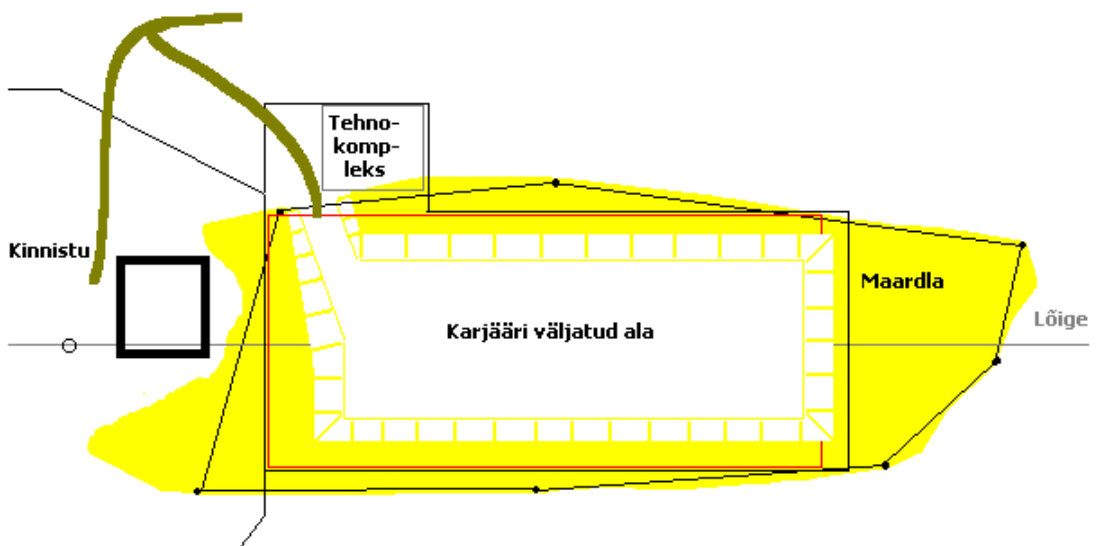
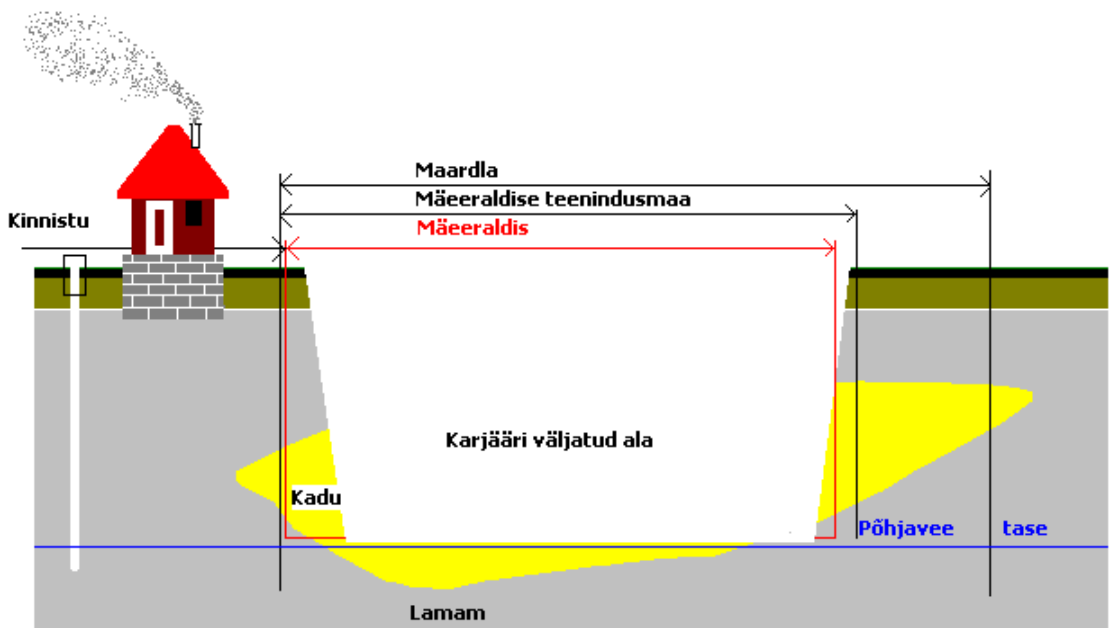
1.7.1. Mäeeraldis ja selle teenindusmaa

Mäeeraldis

on mäetöösturi käsutusse antud maapõue osa, kus tal on õigus maavara kaevandamiseks teha mäetööd. Mäeeraldist ei tohi samastada ka maaüksusega. Kaevandamiseks vajalik maaüksus on mäeeraldise teenindusmaa.

Mäeeraldis on ruumiline, kolmemõõtmeline osa maapõuest, mitte ainult maavara varu kehand või lasund. Mäetöö ei saa toimuda ainult maavara varu ega lasundi piires. Suur osa maapõuetööst tehakse väljaspool maavaralasundit ja selleks on vaja rohkem maapõueruumi kui ainult varu maht. Maavara paljandamiseks tuleb karjääris eemaldada katend ja allmaakaevandamisel läbida avavaid kaeveõõsi. Vee ärastamiseks rajatakse karjääri ning kaevanduse põhja ja ka põhja alla veekraave ja –kogureid, ning mõnikord isegi veekäike. Selle kõige pärast peab mäeeraldis olema mahult suurem kui kaevandatav lasund.

Kaevandamiseks vajalik maapõueruum on alati suurem kui maavara varu kehand. (Pilt 1.23).



Pilt 1.23 Mäeeraldis ja selle teenindusmaa ava-
kaevandamisel

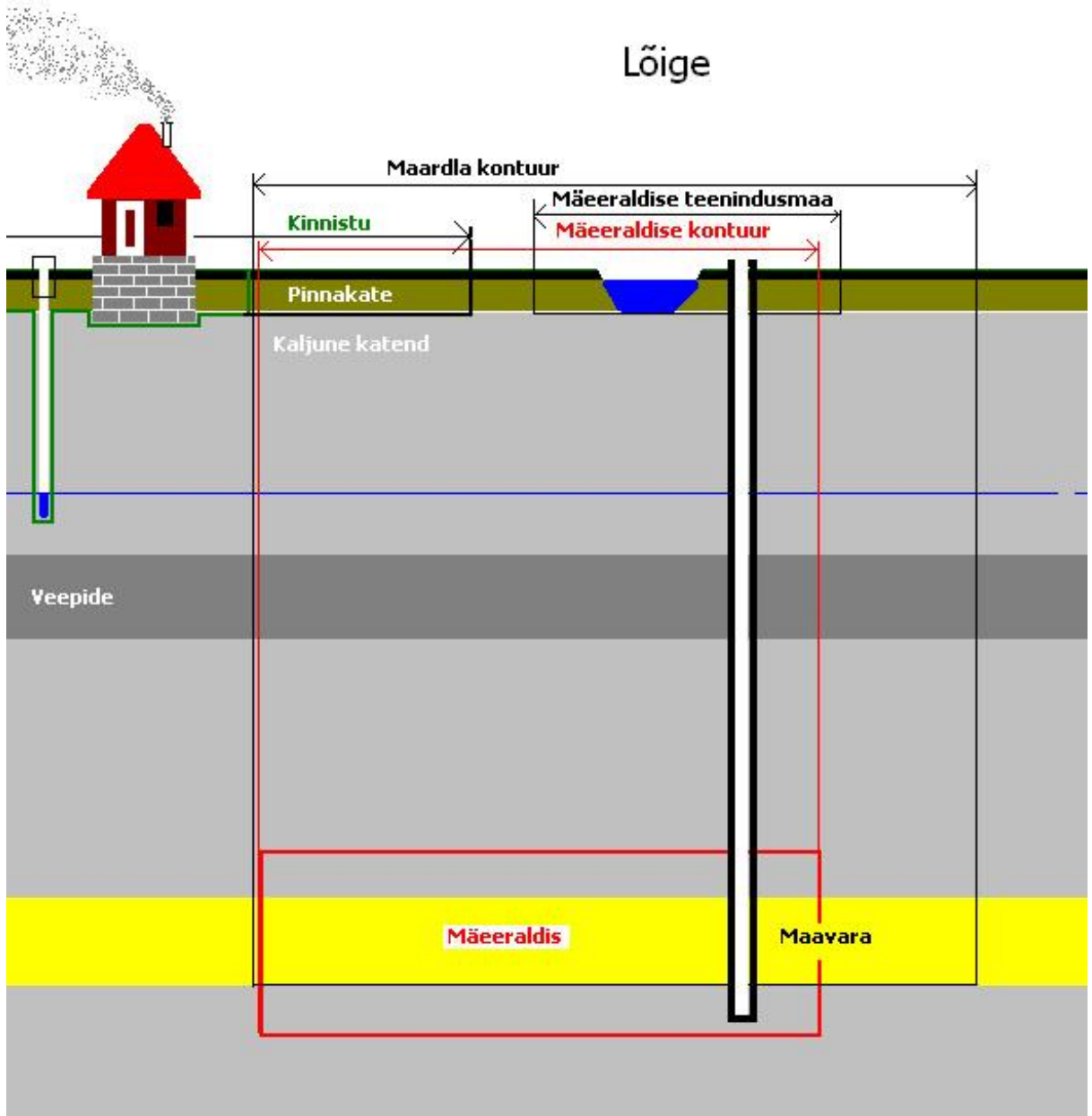
Pildil on üsna tavaline olukord. Talu ehk kinnistu kõrval ja osaliselt ka selle all on mingi levinud ehitusmaavara, liiva või kruusa lasund. Maardla on piiritletud kinnistu piirist ida poole hulknurkse polügoonina, kuid kaevandamiseks hangitud mäeeraldis on risküliku kujuline. Võime eeldada, et mäeeraldisest piiridest välja jääv lasund ei osutunud kaevandamisväärseks. Selle pildi mäeeraldis on antud kuni põhjavee tasemeni. Kaevandamiseks rajati karjäär ja selle teenindamiseks on tööstur hankinud maad (= teenindusmaa). Üsna mõistlikult pole tehnikompleks (sõelurid, purustid, punkrid, toote- ja jäägipuistangud) paigutatud mitte maavara peale vaid teenindusmaale põhja pool mäeeraldist. Kuna mäeeraldis antakse tava kohaselt püstsete piiridega, on ümber karjääri jäetud hoidetervikud, mis tagavad, et mäetöö mõju jääb teenindusmaa piiridesse.

Mäeeraldis teenindusmaa

on maavara kaevandamiseks vajalik ala mäeeraldis kohal või ümber.

Nagu ennist mainitud (vt Pilt 1.23), peab karjääri teenindusmaa olema mäeeraldisest pindalast suurem, et mahutada ära tehnikompleks ja tagada naaberkinnistutele maatugi. Tihtipeale on maad väljaspool mäeeraldisest piire vaja rohkemgi. Allpool põhjavee taset kaevandades tuleb rajada veekraave ja leida koht, kuhu paigutada settetiik. Samuti, vähemalt esialgu, tuleb mäeeraldisest kõrvale puistata avamisel välja tõstetud katend. Kaasaegne mäendamine näeb ette karjääri ümbritsevaid müra- ja tolmutõkkeid, milleks on samuti vaja maad.

Seevastu allmaakaevanduse mäeeraldise teenindusmaa on mäeeraldise pindalast palju väiksem, sest maad on vaja vaid avamis- ja tuulutuskäevõõnte suudmete läheduses (Pilt 1.24).



Pilt 1.24 Mäeeraldis ja selle teenindusmaa allmaakaevandamisel.

Pildil on skeem kihtmaardla allmaakaevandamisest. Mäeeraldis, kus toimub mäetöö, on risttahukakujuline maapõueruum, millest osa paikneb talu kinnistu all. Talupidamist mäetöö eriti ei häiri, sest pildil kujutatud juhul maja all ei kaevandata – mäeeraldis selle alla ei ulatu. Maardla ja mäeeraldise peal on savika kivimi kiht (= veepide), mis ei

lase ülemise veekihi vett kaevandusse. Seetõttu ülemine veekiht, millest talu oma majapidamisvee võtab, jääb alles. Maavara ja mäeeraldis ise on aga veeküllases keskkonnas, seepärast tuleb kaevandusest vett välja pumbata, see maapinnal puh-taks setitada ja mõnda pinnaveekogusse ära juhti-da. Maapinnal nähtav settetiik, kaevandushooned ümber püstšahti, mida pildil ei ole ja muud tehнора-jatiseid paiknevad mäeeraldisel teenindusmaal, mil-le pindala on antud näite puhul palju väiksem kui mäeeraldisel kontuuri sisse jääv pindala. Nii nagu skeem, nii ka kaevandamistegevuse kirjeldus on antud juhul ülimalt lihtsustatud.

1.7.2. Mineraaltoorme rikastamine ja töötlemine

on maavara või maavara sisaldava kaevisel väärindamine, töötlemine tooteks. Rikastamisel kivimite mineraloogiline ja keemiline koostis ei muutu.

Levinumad rikastamise moodused on **sortimine**, **separeerimine**, **kontsentreerimine** ja **floteerimine** (= vahtrikastamine). Rikastamisel kasutatakse ära eri kivimite ja mineraalide ning kaevisel fraktsioonide omaduste erinevust: tihedust, tugevust, magnetilisi omadusi, elektrijuhtivust, määrgavust, osiste kuju jmt.

Eristatakse järgmisi rikastamismooduseid:

- **kontsentreerimine** – kaevisel suurendatakse kasuliku aine sisaldust,
- **separeerimine** – eraldatakse üksteisest kaevisel erinevaid (kasulikke, kasutuid ja kahjulikke aineid kandvad) komponente,
- **sortimine** – kaevisel jaotatakse (enamasti sõelutakse) klassideks tükisuuruse alusel.

Rikastamise viisid, nagu **setitamine, floteerimine, valikpurustamine, brikettimine** jmt on kolme loetletud mooduse tehnoloogilised toimingud. Rikastamine ise on mäenduse mahukas haru, millest Eesti maavarade kaevandamisel on kasutusel vaid mõned üksikud tehnoloogiad.

Rikastamine võib olla üsna kulukas. Ükskõik, kui täiuslikku rikastamismoodust või -viisi kasutada, alati läheb osa kaevisest mittemüüdava jäägina kaotsi. Pealegi, rikastamisel hajub jäägis ka osa maavara kasulikust ainest. Kui kaevis on mäettevõtete ainus väljund, siis tähendab see, et rikastamine vähendaks ta toodangu mahtu. Seepärast võibki mäettevõtjate juures märgata soovi rikastada kaevist nii vähe kui võimalik, üritada leida ning varuda paremaid maardlaid ja väljata viletsamat maavara vaid osaliselt, valikuliselt. ¹ See probleematika kuulub juba mäemajanduse valdkonda.

Tegelikult on rikastamine peamine võimalus kasutada vaeseid maavarasid. Loomulikult, kui see end majanduslikult õigustab.

Rikastatud toode: ehitusmaterjal, mineraaltoore või kütus läheb mäetööstuse tootena edasisele töötlemisele, mis võib toimuda **mehhaaniliselt, termiliselt, keemiliselt** või kõiki neid meetodeid kombineerides. Mehhaanilise töötlemise alla kuulub ka maa viljakust tõstvate toodete (= meliorantide) valmistamine turbast, lubjakivist ja dolokivist. Mineraaltoorme termilise töötlemise tüüpnäited Eestis on põlevkivi utmine õliks ja põletamine elektriks ning soojuseks, lubjakivi põletamine lubjaks ning koos saviga tsemendiks. Mineraaltoorme keemilist

¹ Sellist tegevust tauniv keelend on 'röövkaevandamine'

töötlemist kasutati, et teha fosforiidist põlluväetist, superfosfaati.

Eristamaks rikastamist ja mineraaltoorme töötlemist, kasutataksegi rikastamise puhul ka mõistet **esmatöötlus**, pidades silmas, et see toimub kaevandamiskohas. Peamine erinevus on, et kui esmatöötlemisel kivimite mineraalne ja keemiline koostis ei muutu, siis töötlemisel mineraalmaterjal laguneb. Seepärast on oma esialgse loodusliku koostise säilitanud rikastusjääkide ja töötlemise käigus lagundatud töötlemisjäätmete mehhaanilised ning keemilised omadused ning nende keskkonnamõju oluliselt erinevad.

1.7.3. Kaevanduse sulgemine

on rida mäetehnilisi protsesse, mis peavad tagama jäänuk-kaeveõõnte ohutuse, rikutud keskkonna loodustumise ja maavara jääkvaru väljamise võimaluse tulevikus.

Sulgemisprotsessi vältimatu osa on kaevandatud ala korrastamine. Kui kaevandusse ei jäänud jääkvaru, siis on see kaevandus **ammendatud** (*exhausted or closed mine*). Vastasel juhul, eriti kui kaevandatud ala on korrastamata, on kaevandus **hüljatud** (*abandoned or orphan mine*).

1.7.4. Kaevandatud ala korrastamine

on kaevandamisega rikutud maa, maakatte ja maastiku taaskasutuskõlblikuks muutmine, kaevandamise lõpetamise ja kaevanduse sulgemise vältimatu töö.

Põhimõtteliselt samasugune ja tehniliselt analoogiline korrastustegevus toimub ka teistes head tava järgivates tööstusharudes, kui tekivad tootmisjää-

mete puistangud ja/või ammendatud tööstusmaa, raiesmik, jäätmaa jmt.

Mäetööstuse hea tava näeb ette, et korrastatakse kõik kaevandamise käigus tekitatud olulised keskkonnakahjustused: suletakse ja täidetakse juba geoloogilise uuringu käigus tehtud kaevandid ja puuraugud, tasandatakse karjääride teisaldatud katend ja allmaakaevandamisel tekkinud varinguaavad ning suuremad vajumid. Korrastada tuleb mitte ainult mäeeraldise ala, vaid kogu mäeeraldise teenindusmaa – lammutada või kohandada uueks otstarbeks kaevandusehitised: hooned, teed, kraavid, tiigid, puistangud. Nüüdismäenduse hea tava näeb ette, et korrastada tuleb ka kõduvaid kaevandusaulaid niivõrd, kuivõrd nende elanikkond väheneb.

Juba kaevandamisloa andmisel lepitakse kokku, kuidas kaevandatud maad võiks hiljem kasutada ja määratakse vastavad tegevused (= korrastamise suund). Tavaline suund on **rekultiveerimine** – kultuurmaastiku taasloomine. Kaevandatud maad võib ja saab korrastada ka uueks maastikutüübiks – veekoguks või ehitusmaaks hoonete ja spordirajatistele. Aga erinõuete järgimisel võib karjääri korrastada ka selleks, et sinna võib teha prügila. Korrastamise suund ja nõuded on aluseks, millest lähtuvalt valitakse kaevandamise tehnilised võtted, näiteks puistangute valikuline moodustamine, mulla veo ja laotamise tehnika, kaevandatud ala järkjärgulise korrastamise kava jmt.

Korrastamine on projektipõhine tegevus – igal karjääril peab olema korrastamisprojekt. Allmaakaevandamisega rikutud maa korrastamisel piirduakse tüüpprojektiga, mis kohaldatakse igale ilmnenule nähule – varinguaavale, vajumile, üleujutusele. Ka kaevanduse sulgemise projekt näeb ette korrasta-

mistegevuse. Korrastamisega tuleb alustada kaevandamise käigus, samaaegselt koristustööga, sest uus maa valmib alles aastate pärast. Korrastamine lõpeb mäetööstusmaa tühistamisega maakatastris, maale uue sihtotstarbe seadmisega.

Tehnogeense territooriumi korrastamata jätmise puhul, st kui kaevandus hüljatakse või sõjaväeterritoorium demilitariseeritakse muutub ala jäätmaaks – võsastub, metsastub (= loodustub). Üldiselt on see jäätmaa.



Pilt 1.25 Suletud Kukruse põlevkivikaevanduse kinni müüritud stollide suudmed

N 59°24'04"; E 27°20'20"

Korrastamine ei välista hiliseid, mitmekümne aasta pärast ilmnevaid nähtusid kaevandatud maal. Sada põhjustavad maapõues aeglaselt kulgevad protsessid: kivimite „roomamine“, tervikute lagunemine, aga enamasti siiski endisaegse puittoesti-

ku kõdunemine. Selliste nähtude ühisnimetaja on **posttehnoloogilised protsessid**.¹

Müüriga suletud Kukruse kaevanduse stollid ja kogu kaevandus suleti korralikult, kõigi reeglite kohaselt (Pilt 1.25). Siiski ei suudetud ette näha, mida kõike võib kaugemas tulevikus juhtuda.



Pilt 1.26 Varing suletud Kukruse kaevanduse ammendatud alal

N 59°24'10"; E 27°20'07''

Foto – Helena Lind

Madalas kaevanduses ilmnesid varingud väga ebasobivas kohas – Tallinn-Narva maantee Kukruse ringtee ehitustandril. Kiiresti tuli uurida altkaevandatud maa tehnogeoloogilist olukorda. Kaevandusväljal tuvastati hulga posttehnoloogiliste protsesside ilminguid – vajumeid ja varinguid. Pilt 1.26 hindavad ühe varingu tüüpi professor Ingo Valgma (vasakul) sülearvutis oleva kaeveõõnte

¹ Täpsemalt Enno Reinsalu, Arvi Toomik, Ingo Valgma, 2002. Kaevandatud maa, Tallinn, TTÜ mäeinstituut, 82 joonist, 14 tabelit, 3 lisa, 97 lk

plaani abil, doktorant Aire Västriik (paremal) laser-kaugusmõõdikuga varingu sügavust mõõtes ja käesoleva õpiku autor (keskel) ajalugu meenutades.

1.7.5. Kaevanduse hülgamine

on maavara kaevandamise lõpetamine ilma kaevandust sulgemata.

Kaevandus, kus mäetöö on ajutiselt seiskunud või seisatatud, on **peatatud kaevandus**. Sellist kaevandmiskohta saab hülgatuks pidada alles siis, kui kaevandamisloa valdaja on minetanud vastutusvõime ja jääkvaru ei ole võimalik võõrandada. Kui kaevanduse sulgemine on seadusele ja tavale vastav projektipõhine tegevus, siis hülgamine, kahjuks sage ja levinud, on äärmiselt ebasoovitav nähtus.



Pilt 1.27 Kuni 2007. suveni olid Piusa ammu suletud liivakaevanduse sissepääsud lahti varisenud

N 57°50'30"; E 27°28'01''



Pilt 1.28 Suletud Sillamäe uraanikaevanduse tuulutussäht pärast lahti varisemist
N 59°24'17"; E 27°43'42".

Foto – Ingo Valgma

Piltidel on kunagiste kaevanduste lahti varisenud käigud. Mõlemad kaevandused suleti lohakalt, nii et tegelikkuses osutus see hülgamiseks. Pealiskaudselt suletud sissepääsud varisesid lahti ja kogu allmaaosa muutus ohtlikuks. Õnneks on käesolevaks ajaks (2010) Piusa liivakaevanduste kõige huvitavam osa korrastatud turistidele külastatavaks ohutuks huviväärsuseks. Suurem osa Sillamäe uraanikaevandusest kaevati lahti ja seal on nüüd sadama transpordiala.

1.7.6. Kaevandatud ala loodustumine

on majandus- ja militaartegevusega rikutud maa iseeneslik kohandumine uue olukorraga, mis toimub inimese minimaalsel kaasabil.

Sellise maakatte mikroreljeef ning taime- ja loomakooslus erineb ümbritsevast keskkonnast märgatavalt. Kuid mäetöödega muudetud maa ei ole hiljem, aastaid pärast kaevanduse sulgemist või hüljamist mitte sugugi talumatult kole. Eriti seal, kus oli vähe kaevandusrajatisi ja kuhu pole toodud jäätmeid. Loodus on suuteline kümnekonna aastaga muutma kaevandatud maa looduskoosluseks, mille mitmekülgsus ja taimede liigirikkus võib olla huvitavam ja isegi väärtuslikum kui enne kaevandamist. Ammendatud ja hüljatud karjäärialasid asustavad ulukid. On andmeid kaitsealuste liikide varjumisest just raskesti ligipääsetavates tehnogeensetes metsades ja veekogudes. Parema tulemuse annaks mõõdukas, loodustumist soodustav hüljatud ala korrastamine ehk **saneerimine**.



Pilt 1.29 Maardu hüljatud põhjakarjääri veokaevik üheksakümnendate aastate lõpul

Foto – Boris Naumov

Kaeviku põhja hakkas kogunema vesi, mis vaaludest nõrguva mineraliseerunud vee ja õhust langevate tööstusheitmete tõttu roiskus. Vee tase polnud tol ajal veel kõrge, sest tegutsev lõunakarjäär hoidis veetaseme madalal.



Pilt 1.30 Foto samast kohast 2004. augustis.

N 59°27'33"; E 25°03'32". Pealtnäha puhta vee tase on stabiliseerunud +30 m tasemel.

2. EESTI MAAVARAD

2.1. Sissejuhatus

Selles peatükis vaatleme maavara kui inimese poolt kasutatavat maapõue osist. Maavarade ja maardlate teket, kivimite ning setete ehitust, nende litoloogilisi ja mineraloogilisi omadusi siin ei käsitle – need kuuluvad maavarade geoloogia valdkonda. Samuti ei ole statistilisi andmeid Eesti maavarade varust, väljamise ja toodangu mahust, sest need muutuvad pidevalt ja on leitavad internetist.

Järgneva peamine eesmärk on anda lisateadmisi neile, kes soovivad maapõuerikkusi kasutada. Lootkem, et esitatav on abiks ka neile, kes soovivad aru saada maapõue loodusvarade kasutajate ja haldajate seisukohtadest. Erialateavet on püütud tuua nii, et see sobiks ka algajatele. Ja kõike ei tule võtta kui kanoonit, pigem kui autori seisukohti ja kogemust eesti maavarade kasutamise alal.

Inimene on maavarasid alati kasutanud

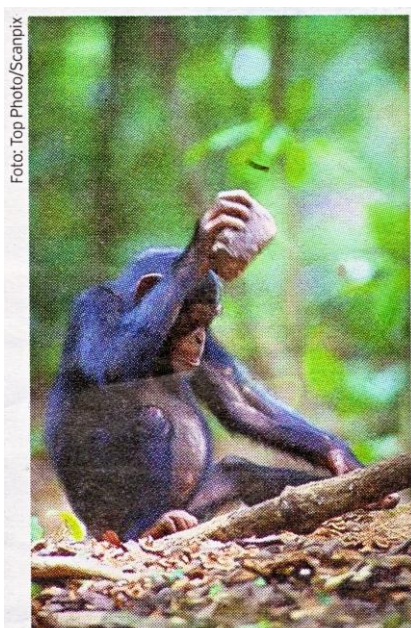


Foto: Top Photo/Scampix

Lääne-Aafrika šimpansitel, kes kiviga pähklikoori purustavad, on õnnestunud kivitööriistade kasutamise tehnikat üle mitme põlvkonna pärandada.

Juba enne kahele jalale tõusmist kasutas meie eellane pihukivi, mis oli tema jaoks maavara (EPL ajalehepilt).

Esiailgu ta korjas neid maast oma tarbeks, seejärel hakkas koguma ka teistele. Nõudluse kasvades tuli parimat tööriistatooret – tulekivi hakata pinna-
sest koukima ja seejärel juba sügavamalt kaevandama (Pilt 2.1)

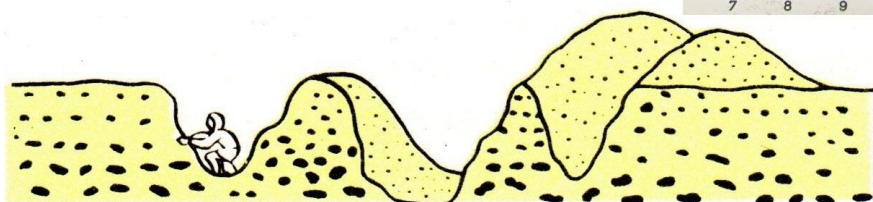
Korjamine



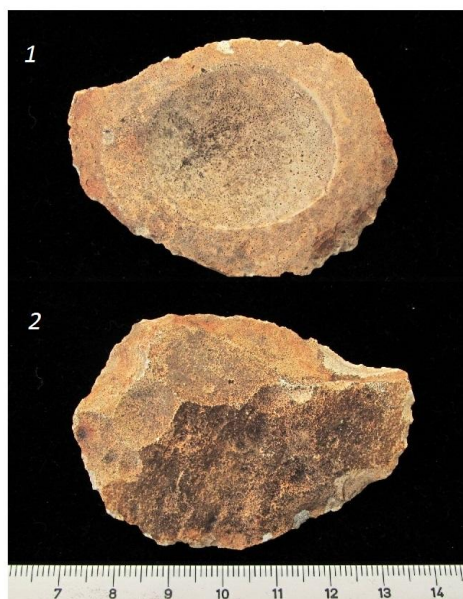
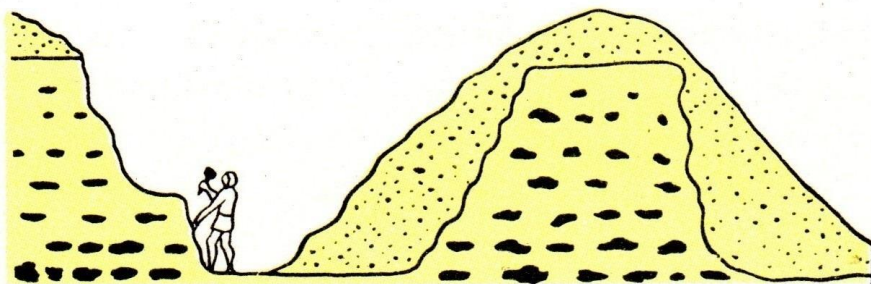
Kogumine



Koukimine



Kaevandamine



Pilt 2.1 Tulekivi hankides sai korilasest kaevandaja

Aknas – Jordaania põlevkivimaardlast üles korjatud tulekivist tööriist, mida ilmselt üsna hiljaaegu nahkade töötlemisel kasutati. 1 – pöidla pool, 2 – sõrmede pool.

Oskuste arenedes sai kivi varre ja kivist sai kirve tera või oda ots. Pärast vibu leiutamist sai kivikillust noole otsak. Raske öelda, milline maapõue pude osis (= sete) järgmisena kasutusele võeti – kas ooker värvimullana, sool konservandina või savi keraamilise toormena. Siis tulid metallid, esmalt ehedad või lihtsamate võtetega sulatatavad hõbe, kuld, tina ja vask. Hiljem raud ja mittemetallidest väävel. Tänapäevaks hangitakse maapõuest kõiki keemilisi elemente. Kogu ajaloolise aja on inimene ehitanud kivist. Esialgu looduslikust, hiljem tehiskividest.

Eesti tänased maavarad on valdavalt kohalikud maavarad. Mõningane piireületav tähtsus on dolomiti ja lubjakivi (= paekivi) puhtail erimeil, ka põlevkivil ja turbal. Puhtaid paekivi erimeid veetakse välja töötlemata kujul, turvast väärindatuna – brikettidena ja pakendatuna. Mõnest maavarast saab toota eksportkaupa – põlevkivist õli ja elektrienergiat, lubjakivist ja savist tsementi.

Tabel 2.1 on Eesti maavarad klassifitseeritud kasutamise suuna ehk sihtotstarbe alusel. Jaotamise aluseid on kaks – maavara vajav majandusharu ja maavarade tehnilised omadused. Maavara tarbiva tööstusharu maht määrab maavara kasutamise ulatuse ja maavara tehnilistest omadustest sõltub kaevandamise tehnoloogia.

Tabel 2.1 Eesti maavarad kaevandatavuse, kasutusala ja kasutusvõimaluste järgi

Kivim ja sete ...				
mille kasutamist	mida kasutatakse:			
↓	ehituses	energeetikas	toormena	mujal
soodustavad	tugevus, kõvadus, külmakindlus	energiasisaldus (= kütvus)		
takistavad	kahjulike lisandite – tolmu ja rauaühendite rohkus	kahjulike lisandite, eeskätt väevliühendite rohkus	mistahes kahjulike ainete sisaldus	
piiravad	kasutu aine – vee ja inertsete lisandite rohkus			

Kaasajal on kasutusel				
Tahked:	ehituses	energeetikas	toormena	mujal
pudedad	kruus, liiv, maaki- vi, (kvaternaari) savi			
kaljused	paekivi	kukersiitpõlevkivi	dolokivi, lubjakivi, põlevkivi	
poolkaljused	(klaasi)liivakivi, kambriumi savi			
Püdelad		hästilagunenud turvas		ravimuda, vähe- lagunenud turvas
Voolavad:				
vedelikud				mineraalvesi

Ajaloolised, eksootilised, episoodilised ja võimalik, et tulevased maarded				
Tahked:	ehituses	energeetikas	toormena	mujal
pudedad	moreen(materjal)		ooker ehk värvi- muld	diatomiit, järve- lubi, soolaliiv
poolkaljused	mergel, devoni savi		sooraud	allikalubi ehk ko- bekivi
kaljused	graniit	graptoliitargilliit (savikivi)	fosforiit, raua- ja polümetallilised maagid	
Voolavad:				
vedelikud		maaõli ehk nafta		mineraalvesi
gaasid		maagaas		inertsed gaasid

Käesoleva õpiku esimeses osas, kaevandamise eeldustest kirjutades sai maavarad ja kaaskivimid kõige üldisemate tehniliste omaduste alusel jaotada kolmeks: **tahked** ehk mineraalsed, **püdelad** ehk orgaanilised ning **voolavad** ehk vedelikud ja gaasid. Tahked maavarad võivad olla kaljused, poolkaljused või pudedad. Alustame viimastest kui kõige käepärasematest.

2.2. Pudedad, kõige käepärasemad tahked maavarad

Purdsetted

on kivimite purunemisel tekkinud, mitmete jõudude toimel teise kohta kantud ning seal ladestunud ning kõige selle käigus suuremal või vähemal määral muutunud mineraalne materjal. Seetõttu on purdsetted mitmekesise mineraloogilise koostisega osakeste (terade) suuruse ja kujuga ning jaotumusega.

Purdsetted, mida üldiselt tuntakse pinnase ja pinnakatte, ning üksikult savi, liiva, kruusa, moreeni ja rändrahnude nime all, on kõige kättesaadavamad, kõikjal esinevad ja seega ka esimesed, mida inimene maavarana kasutama hakkas. Meie purdsetted, samuti kui ka tekkekohal settinud turvas, allikalubi, diatomiit ja sooraud on ladestunud pärast viimast jääaega.¹

¹ Harvu erandeid, st enne viimast jääaega ladestunud pudedaid setteid tuleb käsitleda kui geoloogilist nähtust, millele mäenduse seisukohalt ei ole seni omistatud erilist tähtsust

Purdsetete osised

Mineraalse purdmaterjali liigitamise alus ja nende peamine tunnus on osakeste suurus. Oluline on ka mineraalne ja kivimiline koostis. Osakeste suurus alusel on **liiv** sete, mille terasuurus on valdavalt alla 2 mm. Kuiv purdmaterjal, osiste suurusega alla 0,05...0,1 mm on tavakeeles **tolm**. Omaette setteklass on peen mineraalmaterjal, **savi** ehk **sau**, sõltuvalt sellest, kas rääkijaks/kirjutajaks on keeraamik, geoloog või geotehnik.¹ Purdmaterjal, mille silmnähtavateks osisteks on pisemad kivid, on **kruus**. Sorteerimata ja silmnähtavalt suure sauesaldusega purdmaterjali tavakeelne, st mitte täpne mõiste on **moreen**, mugandus sõnast 'moreenmaterjal' (= liustikutekkeline materjal). Kui jämeda purdmaterjali osakesed ei ole ümardunud, st tegu on värskema purruga, siis jämedam segu on **rähk**, peenema kohta kasutatakse vähelevinud mõistet **mügi**. Purdmaterjali käsitledes tuleb vahet teha materjalil endal ja selle osistel. Nii on 'kruus' erineva terasuurusega osiste segu, aga selle suuremad ümardunud osakesed on **kruusaterad**. Kruusa suuremad ümaramad osised on, sõltuvalt suuruselt kas **veerised**, **munakad** või **rahnud**. Värske purru ümardumata osiseid on saanud nime **mügi-terad**, **rähased**, **kamakad**, **pankad** jmt, mis tavakeelde pole eriti kinnistunud. Kruusa peenemad osised on **liivaterad**.

¹ Alljärgnevas on püütud järgida sellist mõistekasutust: **savi** on iseseisev sete (kivim), maavara või maare; **sau** on saviaine – pinnase ülipeen komponent, kuivalt tolmu. Piisavat süsteemsust ja järjekindlust pole siiski võimalik tagada, kuid loodetavasti ei sega see asjadest arusaamist

Purdmaterjali jämedust ei saa ega tohi iseloomustada ühe tunnusega, ükskõik kas selleks kasutada keskmist, suurimat või mõnda muud leppelist teramõõdet. Purdsetet, nii nagu mistahes puistematerjali (kaevist, killustikku, jahu, kemikaale) iseloomustab osakeste jaotus, lõimis, granulomeetiline ehk terastikuline koostis, terisus.¹ Lõimise kirjeldamine ja mõõtmine – granulomeetria on omaette teadussuund, tihedalt seotud matemaatilise statistikaga.² Granulomeetriat kasutatakse mitmete puistematerjalide, eriti just tehnogeensete nagu ehituskillustiku, tolmkütuse, jahu jmt mõõtmisel. Seetõttu võib ka looduslikke mineraalseid purdseteid kirjeldavas kirjanduses kohata mitmeid lõimise tunnuseid nagu peensusmoodul, keskmine terasuurus, efektiivne terasuurus, terajämeduse erinevuse tegur³, ebaühtlustegur jmt.⁴ Enim kasutatav on **peensusmoodul**, mis arvutatakse lõimise alusel. Vastav valem on leitav erialakirjanduses.

¹ Lõimis on granulomeetrilise koostise eestikeelne vaste, terastikulise koostise sünonüüm, mida valdavalt kasutatakse geoloogias ja mullateaduses. Lõimis esitatakse sõeltabelite ja/või -kõverate abil. Mõiste **terisus** võtsin kasutusele juhuks, kui kirjeldame osakeste jaotust matemaatiliselt. Vt Eesti Mäendus II, Digiteavik 2007, <http://digi.lib.ttu.ee/i/?163>

² Enno Reinsalu, 1999. Infotöötlus mäenduses, TTÜ kirjastus, 30 lk, 3 joonist, 15 tabelit. Digiteavik 2007, <http://digi.lib.ttu.ee/i/?154>

³ Leo Jürgenson, Evald Möls, 1946. Mineraalsetest ehitusmaterjalidest Eesti NSV-s, Eesti NSV Tööstuse teadusliku uurimise keskinstituut, nr 2, Teaduslik Kirjandus, 135 lk + 2 tab ja 1 kaart.

⁴ Siin kehtib küünikute käibetõde – alati leiab häid juhiseid õige tunnuse valimiseks kuid pole soovitusi hea juhise valimiseks.

Purdsetete pealiskaudne verbaalne jaotus

Kõige lihtsamal moel ehk silma järgi saab eristada nelja peamist purdsetet – kive, kruusa, liiva ja savi. Rahvalik klassifikatsioon on lihtne:

- kivi saab pihku võtta,
- kruusatera saab tõsta kahe sõrmega,
- liivateri mahub näpu vahele palju,
- tolm jääb käe külge.

Täiesti loomulikult pole maarahvas, kes silmaga eristatavatele osakestele on pannud nimed: muna-kas, veeris, liivatera, tolmukübe jmt, suutnud ega pidanudki vajalikuks eristada nende kõige peene-maid osakesi omavahel. Siiski, kui kruusas paistab palju saviollust ehk saue, nimetatakse tavakeeles seda moreeniks (õigem oleks – moreenmaterjaliks).

Piisava kogemuse puhul võib silma järgi ja kätt abiks võttes eristada liivsavi ja saviliiva. Esimene on see, milles suurema osa moodustab sau ja vähema liiv. Teine – saviliiv on pinnas, milles enamus on liiv ja mahukas lisand on sau. Kui lisandit, ükskõik kumba, kas liiva või saue on alla veerandi, ehk vähem kui 25%, siis lisandi nimetusele lisatakse lõppu liide – '-kas': liivakas savi ja savikas liiv. Lisandit, mida on vähem kui 10% ei peeta nimetamisväärseks. Täpsemalt vt Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Peenteriste purdsetete verbaalne jaotus

Purdsete on ⇒	Liiv	Savikas liiv	Saviliiv	Liivsavi	Liivakas savi	Savi
...kui liiva sisaldus on (%)	> 90	75...90	50...75	25...50	10...25	< 10
...kui saue sisaldus on (%)	< 10	10...25	25...50	50...75	75...90	> 90

Kasutatakse ka keerukamaid verbaalse klassifikatsiooni süsteeme. Näiteks tee-ehituses võib peenpinnase klassifikatsioonis leida nelja mõiste kombinatsioone: raske tolmne saviliiv, tolmne kerge liivsavi jmt. ¹ Seejuures 'raske' ei iseloomusta mitte massi ega tihedust, vaid materjali käitlemise raskust. Mõnel juhul tähendab 'raske' suuremat plastsusarvu, teisel juhul aga jämedamate terade osalust. Seega, vaatamata verbaalsele väljundile on jaotuse aluseks ikkagi mingid mõõdetavad tunnused.

Purdsetete täpsem verbaalne jaotus

Et purdsetete osiste suurus on väga erinev, siis peeneteraliste klasside iseloomustamiseks ei piisa enam sõnadest kruus, liiv ja sau. Purdkivimite ja purdsetete eestikeelsete nimetuste põhjaliku süs-

¹ Andrus Aavik, 2004. Euroopa pinnaste klassifikatsiooni kasutamine katendite dimensioneerimisel, Teeleht 2, september, 8...15; http://www.mnt.ee/atp/failid/teeleht/38/teeleht_38.pdf 30.07.2006.

teemi lõi akadeemik Anto Raukas, pakkudes üle viiekümne erineva nimetuse, mis seonduvad koostisosade suurusega, jaotusega ning kulumise ja tsementeerumise astmega¹. Seejuures peenematele osistele, mida igapäevaelus pole tarvis eristada, on nimed teinud erialainimesed, geoloogid. Nad kasutavad peenema materjali klassifitseerimiseks mõisteid **aleuriit** (0,01... 0,1 mm) ning **peeliit** (alla 0,01 mm) ja/või nendele lähedasi eestikeelseid vasteid **sau** ja **möll**. Erialakirjanduses võib leida veel mõisteid: **psefiit** (kruusaterad) läbimõõduga 1...10 mm, **psammiit**, (liivaterad) läbimõõduga 0,1...1 mm jmt.

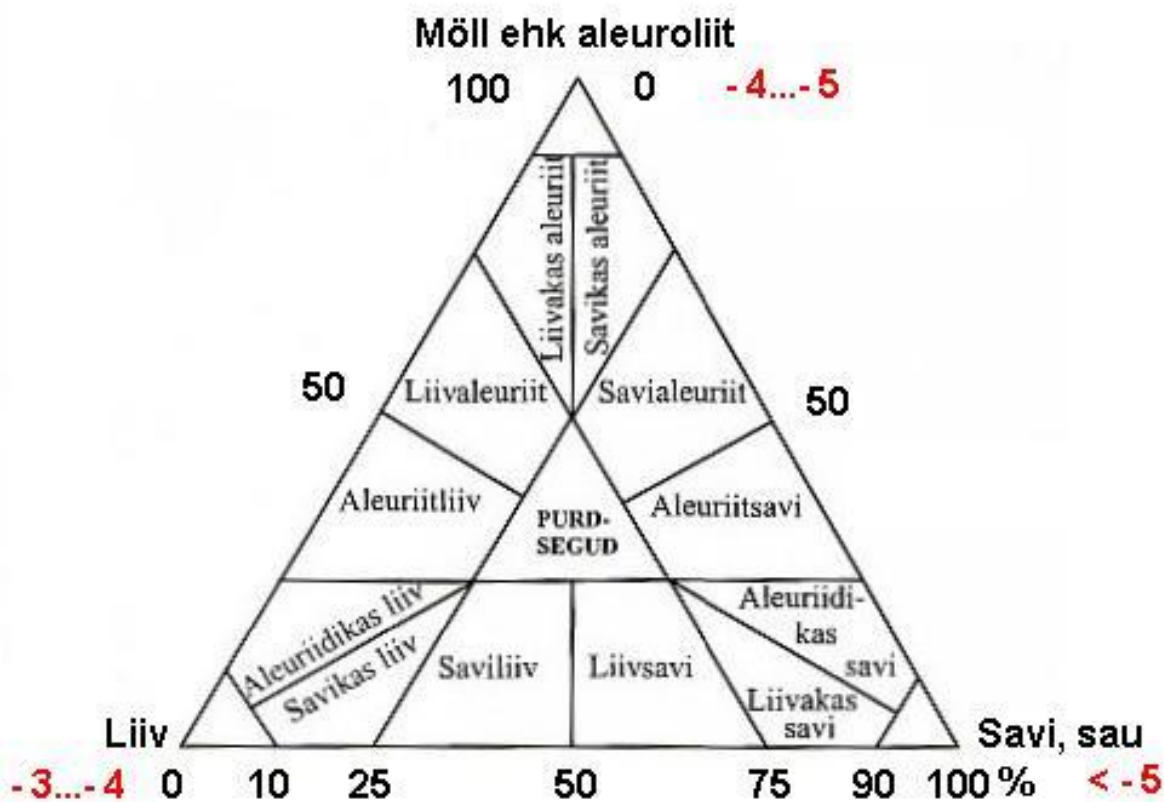
Nimetamis- ja jaotamissüsteeme on teisigi. Näiteks piltliku klassifikatsiooni peenema purdmaterjali jaotamiseks võib leida kirjandusest (Pilt 2.2 Tabel 2.3). Kolmikdiagramm näitab, kuidas võiks nimetada eri suurusega mineraalosiste purdsette klasse. Seejuures on liiv suurima, möll keskmise ja sau peenima terasuurusega. Joonist on siin täiendatud vastava klassi suurima tera meetrites väljendatud mõõtme logaritmiga ehk astakuga (vt Tabel 2.3 viimane veerg):

1 mm ~ -3

0,1 mm ~ -4

0,01 mm ~ -5

¹ Anto Raukas, 2001. Purdkivimite ja purdsetete klassifikatsioon terasuuruse järgi, TA Geoloogia Instituut, 14 lk + 9 tab.



[Rein Sinisalu, 2002]

Pilt 2.2 Purdsetete kolmikdiagramm ¹

Nagu kolmikdiagrammides ikka, tähistavad kolmnurga külgede juures olevad protsendid vastava komponendi (klassi) sisaldust segus, muutuvana vahemikus 0...100%.

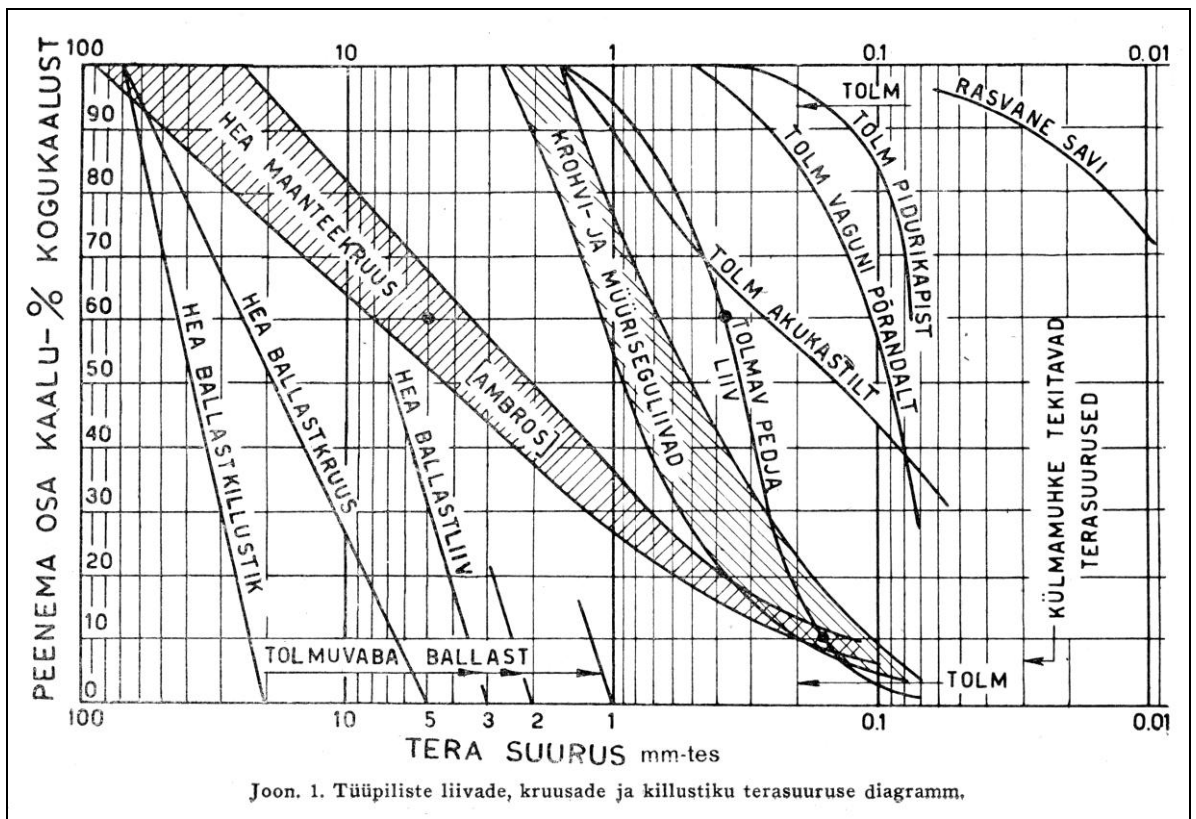
Kuid lihtsuse huvides käsitleme käesolevas ainult sellist jaotust, mille aluseks on kümnendsüsteem (Tabel 2.3).

¹ Rein Sinisalu, Anne Kleesment, 2002, Purdsetete granulo-meetrilisest klassifikatsioonist, EGS toimetised 10/1, lk 20...26.

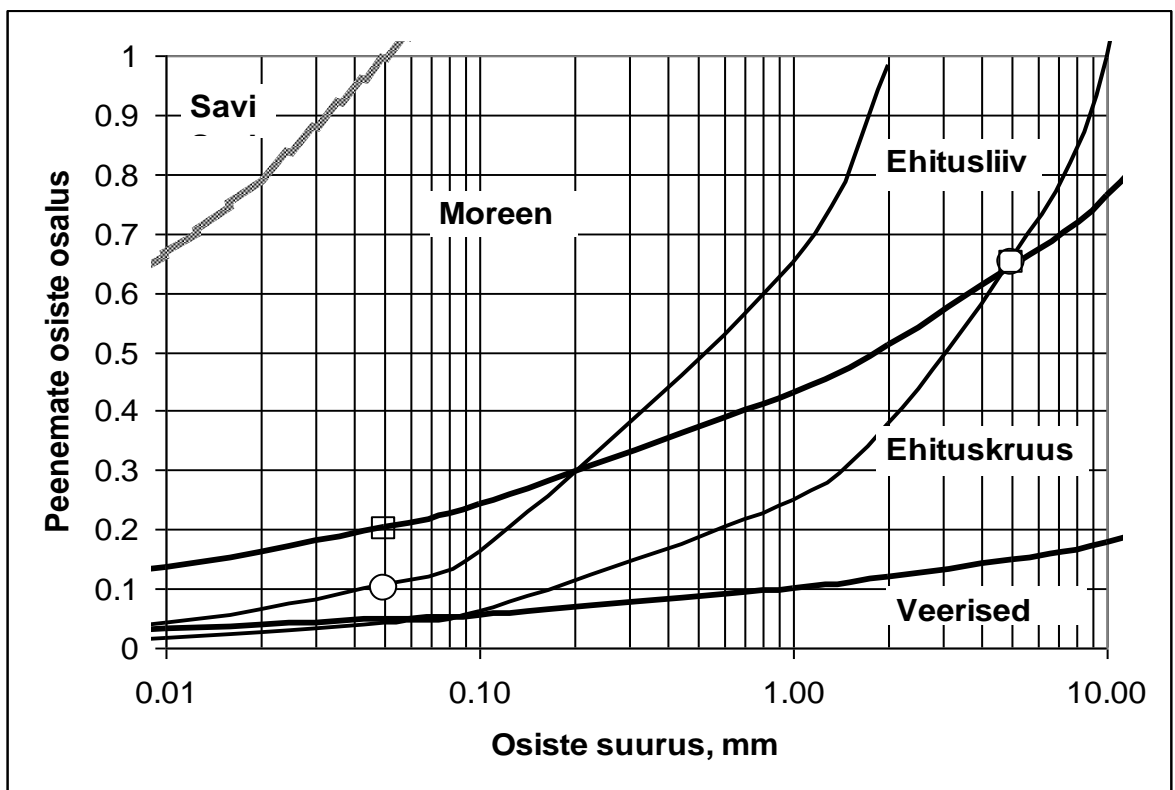
Tabel 2.3 Purdsetete jaotus tera suuruse järgi

Maa- keeles	Geoloogiline mõistestik	Terasuuruse ülemine raja		Mõõde	Astak (log mm)
		m	mm		
Kivi	väike rahn	1	1000	meeter	0
	suur veeris	0.5	500		-0.30
	keskmine veeris	0.25	250		-0.60
Kruus	väike veeris	0.1	100	detsimeeter	-1.00
	väga jäme kruus	0.05	50		-1.30
	jäme kruus	0.025	25		-1.60
	keskmine kruus	0.010	10	sentimeeter	-2.00
	peen kruus	0.005	5.0		-2.30
	väga peen kruus	0.0025	2.5		-2.60
	Liiv	jäme liiv	0.0010	1.0	millimeeter
keskmine liiv		0.0005	0.5		-3.30
peen liiv		0.00025	0.25		-3.60
Tolm, sau, savi	jäme aleuriit	0.00010	0.10		-4.00
	keskmine aleuriit	0.00005	0.05		-4.30
	peen aleuriit	0.000025	0.025		-4.60
	väga jäme peliit	0.000010	0.010		-5.00
	jäme peliit	0.000005	0.005		-5.30
	keskmine peliit	0.0000010	0.0010	mikromeeter	-6.00
	peen peliit	0.00000010	0.00010		-7.00
väga peen peliit	0.000000010	0.000010		-8.00	
Orgaanika	suur molekul	0.0000000010	0.0000010	nanomeeter	-9.00

Purdsete liikide nimetamine soodustab üksteise-mõistmist loodusteaduslikus geoloogias ja on piisav pinnase- ning maapõuemehhaanikas, kuid ei osutu kuigi tõhusaks maavara kasutavas ja töötlevas tööstuses, näiteks rikastamist projekteerides. Seepärast kasutataksegi inseneriteadustes peamiselt kahemõõtmelist tunnust, terisust, mis seob ühte osakeste suuruse ja nende osaluse materjalis. Mõned näidised diagrammid on järgmistel piltidel (Pilt 2.3, Pilt 2.4)



Pilt 2.3 Terisusdiagrammi näide kirjandusest ¹



Pilt 2.4 Ehitusmaavarade jaotumine terisusdiagrammil vastavalt neile esitatavatele nõuetele

¹ Leo Jürgenson, Evald Möls. 1946. Mineraalsetest ehitusmaterjalidest Eesti NSV-s, Eesti NSV Tööstuse teadusliku uurimise keskinstituut, nr 2, Teaduslik Kirjandus, 135 lk + 2 tab ja 1 kaart

Pilt 2.3 on näide Eesti mäenduse klassikast, Pilt 2.4 on kaasaegsem diagramm, kus purdsetete rajajooned on konstrueeritud:

- ehituskruusa ala ülemine piir (peenim kruus) on selline, kus tolmu (saue) ehk väiksemate kui 0,05 mm terade sisaldus on 20% (0,2 osa) ja terti, väiksemaid kui 5 mm on 65% (0,65); viimane tingimus tähendab, et >5 mm terti on kruusas 35%;
- ehituskruusa ala alampiir (kõige jämedam materjal, mida nimetame kruusaks), mis ühtlasi on veeriste klassi ülempiir, on tõmmatud nii, et liiva + saue sisaldus oleks alla 10...12%;
- ehitusliiva ala ülemine piir (peenim liiv) on konstrueeritud nii, et saue osa on 10% ja suurim liiva osis on 2 mm;
- ehitusliiva ala alumine piir (jämedaim liiv) on konstrueeritud tingimusel, et terti, mille suurus on üle 5 mm, ei ole rohkem kui 35% (0,65 osa läbib 5 mm sõela);
- savi/sau on materjal, mille suurim terasuurus on 0,05 mm;
- 'moreen' st moreenmaterjal katab kogu ala saue, liiva ja kruusa vahel.

Klassifikatsioon on konstrueeritud eeldusel, et kõiki käsitletud setteid saab kirjeldada astmejaotusega ¹

$$y = A x^n$$

kus:

x – sõela ava läbimõõt, mm; y – purdmaterjali sõelaalune osa; A – peensus(tunnus) ehk liiva, kruusa ja moreeni see osa, mis läbib ava läbimõõduga

¹ Enno Reinsalu, 1999. [Infotöötlus](#) mäenduses, digiteavik 2007

1 mm; n – sõredus(tunnus); mida suurem on see tunnus, seda sorteeritum (= sõredam) on materjal.

Pilt 1.1 jaotuse konstrueerimise eelduseks on nn samasõreduse printsiip – kogu setteliik (savi, moreen, liiv või kruus), sõltumata oma keskmisest terasuurusest on ühesuguse sõredusega. Seejuures savi, moreeni ja kruusa sõredus on 0,25, liiva sõredusaste on kõrgem, 0,60 (Tabel 2.3).

Kasulik on teada, et Eesti normatiivdokumentides ei ole ehitusliiva peamise kriteeriumina kasutatav peensusmoodul heas vastavuses ehitusliiva klassi rajadega: > 5 mm osakesi $< 35\%$ ja tolmuosakesi $< 10\%$. Ehk teisiti – 55% materjalist on vahemikus 0,05...5 mm. Peensusmooduli järgi on ehitusliiv veidi peenem ja sõredam kui rajade vahele mahtuv liiv (Tabel 2.4).

2.2.1. Kruus

Kruus on väga erinevatest osistest koosnev, valdavalt jämeterine, mitmekesise mineraalse koostisega purdmaterjal. Kruusa lähtematerjaliks võivad olla nii mandrijääga Soomest toodud tard- ja moondekivimid kui lahe lõunakalda paas ja liivakivi. Peaaegu täielikult koosnevad kohalikust pae- ja liivakivist murtud materjalist Litoriinamere rannalid (Pilt 2.5). Aga isegi Lõuna-Eestis, devoni setendite peal võib leida Põhja- ja Kesk-Eestist toodud veeriseid. Vanasti, kui lupja tehti kohalikes lubjaahjudes, osati veeriste hulgast valida põletamiseks sobiva lubjakivi erimeid.

Tabel 2.4 Mineraalsete purdmaterjalide jaotusparameetrid

Osis	Maavara	Klass	Peensus, A	Sõredus, n	Arvutuslik keskmine terasuurus, mm	Peensusmoodul
Sau		peen	3,00	0,25	0,001	
		jäme	2,00	0,25	0,004	
Liiv	Ehitusliiv	alampiir	1,00	0,65	0,3	1,3
		peen	0,65	0,60	0,6	2,3
		jäme	0,25	0,60	3	3,9
Kruus	Ehituskruus	peen	0,43	0,25	1,8	
		jäme	0,10	0,25	625	
Moreenmaterjal		peen	2.00	0,25	0,004	
		jäme	0.43	0,25	1,8	



Pilt 2.5 Kruusaauk Ussimäe rannavallis Narva maantee ääres Lasnamäel.

N 59°27'17"; E 24°53'15"

Suured kruusalevilad on moodustunud kunagiste liustikujõgede voolualal Vooremaal, Põhja-Tartumaal ning Põlva- ja Viljandimaal.

Kruusaterade tihedus, mis sõltub lähtekivimite mineraalkooslusest, mahub vahemikku 2500...2800 kg/m³. Kruusa mahumass sõltub lõimisest, niiskusest ja osakeste tihedusest ning võib olla 2,2...2.6 t/m³.¹

Kruusa kvaliteedi peamine tunnus on tolmu (saue) sisaldus. Mida vähem tolmu, seda parem on mullete veeläbivus ja seda vähem kulub tsementi betooni tegemiseks. Teine oluline kvaliteeditunnus on veeriste tugevus, mis sõltub nende päritolust (vt

¹ Mahumass – setete ja kivimite mahuühiku mass. On tihedusest väiksem, sest mahtu lisavad nii kivimi poorid kui ka purdosiste vahelised tühikud. Loodusliku materjali mahumass on seda suurem, mida rohkem on poorides ja tühemetes vett.

edasises sama [maakivide](#) kohta). Seda on kasulik teada ja maavara varuja ning geoloogilise uuringu teostaja ei tohiks jätta tegemata maavara mineraaloloogilis-petrograafilist analüüsi.

Töötlemata kruusa kasutatakse täitematerjalina (puistena) mulletes, ehitiste ja hoonete alustes. Kuigi veeriseline ja vähetolmune kruus sobib betoonitäiteks, saab parema tulemuse, kui kaevis pestakse, sõelutakse klassideks ja jämedamad klassid ehk veerised purustatakse killustikuks.

Eestis on üle 200 arvestatava kruusa leiukoha ja maardla. Arvukus tuleneb tee-ehituse vajadustest. Varasematel aegadel oli igal suurmaamajandil (kolhoosil, sovhoosil) ja metskonnal vähemalt üks kruusaauk, kust võeti täidet teede ehitamiseks ja remondiks. Enamik võtukohtadest on jäänud kirja maardlana.

Mitmed ajaloolised teed kihelkondade vahel tekkisid ja kulgevad seni piki kruusaseid rannavalle, vallseljakuid ja oose. Seda on näha, sõites Saaremaal Kõljala–Leisi, Hiiumaal Käina–Emmaste, Läänemaal Padise–Linnamäe või Ellamaa–Palivere, Pärnumaal Vändra–Sindi ja Virumaal Väike-Maarja–Jõgeva ning Raudi–Jõuga teelõikudel. Nii ongi kujunenud, et Eesti maavarade kaardil langeb kruusamaardlate ja nn perspektiivalade paiknemine üsna hästi kokku teede võrgustikuga.¹

¹ Poolametlik mõiste 'perspektiivala' on tihti eksitav, eriti siis, kui tegu on ainult pealiskaudse uuringuga. Õigem mõiste oleks 'leiukoht' või 'potentsiaalne ala', sest ressursi perspektiivsus sõltub majandusest, mitte uuritusest. Perspektiivala mõistet tuleks kasutada hea tulevikuväljavaatega, suure ressursiga levilaste puhul.

Eriti oluline on kruus devoni lademetete alal, kus pole killustikuks sobivat kaljust kivimit. Teise tegurina mängib seal rolli ka kruusa kõrgem kvaliteet, sest Soomest ja Skandinaaviast kaugele kantud mineraalne purdmaterjal on läbinud pikema tee ja loodusliku valiku protsessi. Kaugemale on jõudnud just tugevamad, vastupidavamad erimid.

Kõige enam kasutatakse ehituskruusa Tartu-, Viljandi- ja Valgamaal, kuid üsna suuri koguseid kaevandatakse ka Harjus. Selgelt on määrav ehituse, eriti tee-ehituse maht.

Ehitusmaterjalide tootmisel on loodusliku kruusa kõrvale tulnud tehiskruus, mille parimaks näiteks on savist toodetav kergkruus (Pilt 3.62).

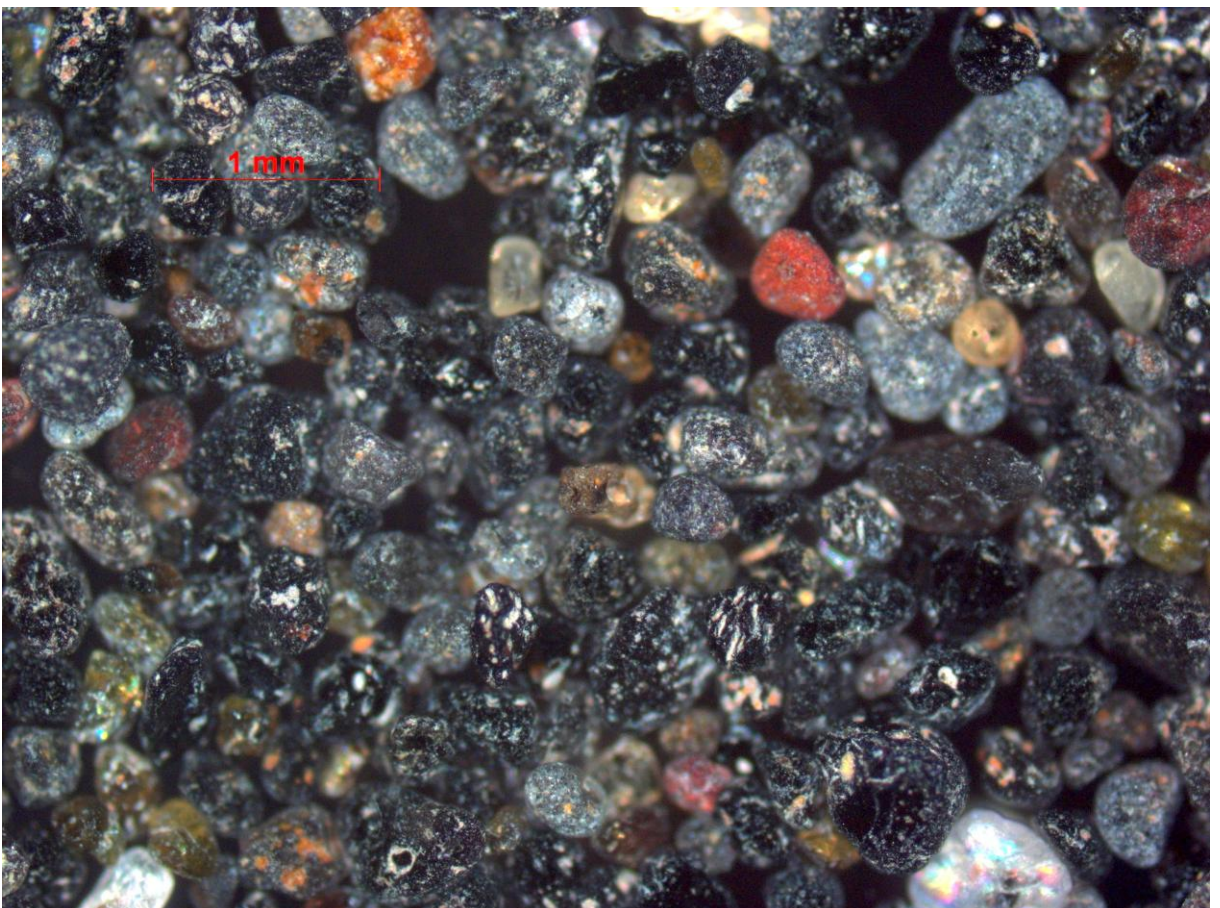
2.2.2. Liiv

on keskterine purdsete osakeste suurusega 0,1...1 (2) mm.

Liiva värvus sõltub lähtematerjalist ja lisandeist. Koralliliiv ja puhas kvartsliid on pimestavalt valge (Pilt 2.39, Imavere-Tabina karjäär). Lõuna-Eesti devoni liivakivi ja selle purd on rauaühenditest punakaspruun (sama pilt, Piusa karjäär). Märg laavaliiv on süsimust (Pilt 2.6).

Meie liiva lähtemineraalideks on kvarts ja päevakivid, harva kaltsiit ja dolomiit. Viimased on ehitusliiva kasutatud komponendid. Kahjulikud lisandid liivas on vilgud, väevliühendid (püriit), orgaanilised ühendid (huumus), samuti peened osised ehk tolm.

Liiva osakeste tihedus sõltub lähtekivimist ja on 2500...2800 kg/m³, puhtal kvartsliaal 2650 kg/m³. Liiva mahumass, sõltuvalt lõimisest, niiskusest ja mineraalset koostisest, on vahemikus 2...2,5 t/m³.



Pilt 2.6 Üleval laavaliivarand Islandil (Foto – Kalli Sein); all – sama liiv mikroskoobi all (Foto – Ain Anepaio)

Liiva leidub kõikjal, sest seda on kohale kandnud nii vesi kui tuul. Vee toodu on **uhtliiv** ja tuulest kantu on **tuiskliiv**. Uhutud liiv on jämeda, tuiskliiv peenema terasuurusega. Nende liivaliikide osised on ümarad ja siledad. Peale selle on veel **mäestikuliiv** (= peenpurd), otse murenemise kohale jäänud liiv. See koosneb lähtekivimi karedatest kristalsetest teradest. Looduslikku peenpurdu tarbimisväärses koguses Eestis ei leia.

Ehitusliiv

Liiv on üks tähtsamaid ehitusmaavarasid. Parimaks ehitusliivaks, mida kasutatakse mördi, betooni, silikaattelliste, ehitusplokkide jmt valmistamiseks, samuti teede, hoonete aluste ja vastutusriikaste mullete ehitamiseks, peetakse sõmerat liiva, terasuurusega 0,1...5 mm, keskmise läbimõõduga 1...2 mm. Hea ehitusliiva kriteeriumiks on mitmeid kvaliteeditunnuseid. Kõige sagedamini kasutatav on peensusmoodul, mis peaks olema suurem kui 1,3. Paljudel juhtudel on oluline kvartsi (SiO_2) kõrge sisaldus, mis näiteks poorbetooni tootmisel peab olema vähemalt 90% ja klaasi tootmisel isegi enam kui 99%.

Uhtliiv on hea ehitusliiv, sest on üsna sõre, kuid hea betooniliiv peaks olema ka kareterine. Seda selleks, et liivaosakesel oleks suurem pind, millele tsement nakkub. Mõne ehitusmaterjali tootmiseks tuleks liiva töödelda, karestada. ¹

¹ Liiva karestamine desintegraatorpurustiga oli eelmise sajandi kuuekümnendate aastate kõmulise ehitusmaterjali, silikaltsiidi tootmise tehnoloogiline võti. Lühinägelikult seoti karestamise-
© enno.reinsalu@ttu.ee

Liiva kaevandamise maht sõltub ehitustegevusest ja hea ehitusliiva olemasolust. Suurim kaevandaja on olnud Harjumaa, kus peale laialdase elamu- ja tee-ehituse kulub palju liiva mereehituses, sadamaalade täitmiseks. Muuga sadama tarbeks on liiva kaevandatud Harju, Naissaare ja Prangli mere-maardlates. Peamised maismaa-kaevandamiskohad Harjumaal on Kuusalu liivalevila ning Tallinn-Saku liustikujõgede uhutud liiva maardla.

Vähem kaevandatakse liiva Tartu-, Pärnu ja Põlvamaa, ning üsna tühises koguses Hiiu, Viru, Saare ja Võru maakondades. Asi pole mitte ainult selles, et ehitamist on seal vähem. Puuduvad ka geoloogilised eeldused hea ehitusliiva varumiseks – Lääne-Eesti, valdavalt tuuletekkelistes luiteliiva maardlates ei leia hea lõimisega ehitusliiva.

Loodusliku liiva kõrval kasutatakse viimasel ajal üha enam aseainet, tehisliiva – sõredat peenterist purustatud pae- ja maakivide sõelumisjääki. Toodetakse ka ehitusjäätmete, eriti betooni purustamisel tekkivat sõelutud ja pestud peenest. Tehisliiv on karedam, kuid tema tugevusomadused, mis sõltuvad lähtematerjalist, ei vasta nõudliku tarbija vajadustele.

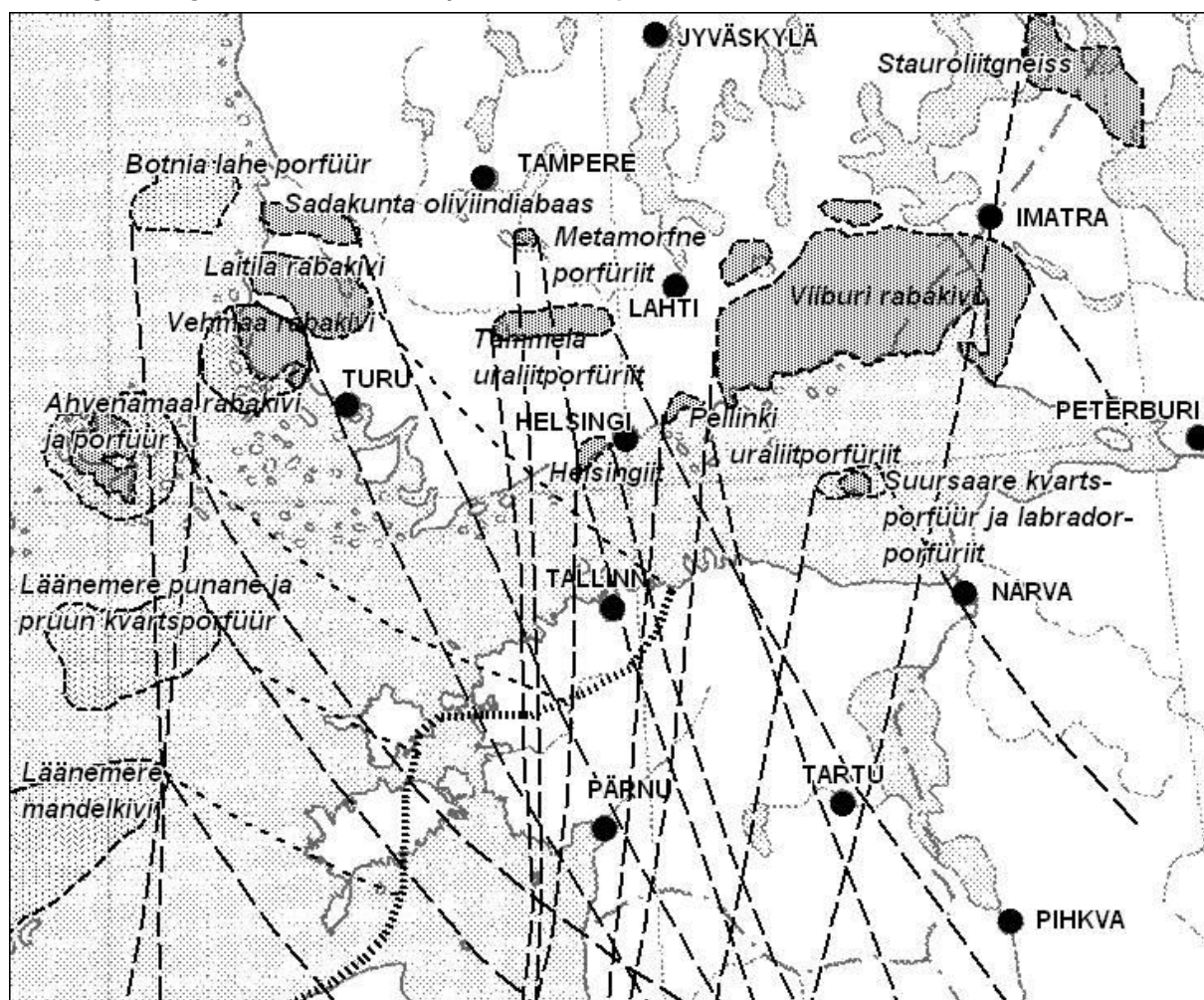
Eelmise sajandi teisel poolel oli Kundast läänes maardla, kus maavaraks oli 'tsemendiliiv'. Sealset liiva, mida praegu kaevandatakse kergbetooni valmistamiseks, kasutati toona tsemendi kvaliteedi reguleerimiseks, toodangu koguse kasvatamiseks tugevusomaduste

fekt desintegraatoriga, mis võimaldas patendist lihtmoel mööda minna.

alandamise arvel. Liiva lisamata olnuks meie tsemendi kvaliteet kõrgem kui nõuti. Plaanima- janduses oli kogus tähtsam.

2.2.3. Maakivid

on tard- ja moondekivimist (ränd)rahnud, munakad ja veerised, mida jääliustikud on kohale kandnud põhjast ja loodest (Pilt 2.7).



Pilt 2.7 Eesti rändrahnude päritolukaart ¹

Maakivide koguse üle arvet ei peeta, sest neid on üsna raske loendada. Ka ei ole kokku lepitud, kui suurte kivide üle arvestust pidada. Samuti pole teada, kui palju on kive mattunud Lõuna-Eesti pak- sus moreenmaterjalis. Igatahes 1945. oli Artur Lu-

¹ Kaardi aluseks on joonis 27 Herbert Viidingu raamatust „Eesti mineraalid ja kivimid“, Tallinn, Valgus, 1984, 248 lk ning Regio kontuurkaart.

ha hinnangul rändrahne 16,5 mln m³. (1) Üheksakümnendateks arvati neid järel olevat 2 mln m³ (2). Maakive on aegade jooksul kogutud ja ehituses kasutatud vähemalt paarkümmend miljonit kantmeetrit. Viimasel poolsajandil purustati neid killustikuks sadu tuhandeid kuupmeetreid aastas. Kuid need andmed ei pruugi olla täpsed, sest tuginevad kaudsetel hinnangutel.

Olgu siin toodud veel üks näide kaudsest, kuid inseneriarvutusele tuginevast hinnangust. Geoloogiaprofessor Enn Pirrus on mõõtnud hulga hiidrahnusid ja määranud nende iseloomulikud mõõtmed ning ligikaudse mahu.³ Käsitledes neid rahnusid kui Eesti purdmaterjali kõige jämedamat osa, võime kogu purdmaterjali peliidist hiidrahnudeni kirjeldada lõimisekõveraga.⁴ Teinud seda ja ekstrapoleerides hiidrahnude jaotuskõverat peenemate osiste poole, saame selliste maakivide, mille nominaalmõõde⁵ on suurem kui 1 m, maksimaalseks võimalikuks massiks 250 mln t ehk 100 mln m³. See oleks keskel läbi 20 kivi (suurusega > 1 m) igal Eestimaa hektaril.

See hinnang on järk suurem varasematest ja võib seepärast pakkuda alust vaidlustamiseks. Ent tuleks arvesse võtta, et meie hinnang lähtub hiidrah-

¹ Artur Luha, 1946, ENSV maavarad, Tallinn.

² Rein Raudsep jt, Eesti maapõuerikkusi, Tallinn, 1993, 63 lk.

³ Enn Pirrus, 2009. Eestimaa suured kivid, Tallinn, 120 lk.

⁴ Selle arvutuse meetodikast parema ettekujutuse saamiseks tuleks tutvuda minu eelpool viidatud õppematerjaliga „Infotöötlus mäenduses“, või veel parem, lugeda õpiku „Eesti mäendus II“ (<http://digi.lib.ttu.ee/i/?163>) esimest osa „Geoanalüüs“.

⁵ Korrapäratu kivi nominaalmõõde on meie käsitluses kivi laiuse ja kõrguse ruutkeskmise: Selle granulomeetrilise mõõdiku kasutamine lähtub eeldusest, et purdmaterjali osis läbib ümmarguse ava, mille diameeter on suurem kui nominaalmõõde.

nudest, mis on paremini säilinud kui vähemad kivid. Kive, millest inimese jõud üle käib, on kasvava innukusega purustatud, mis tähendab, et 100 mln m³ rändrahnne oli meie maal vahetult pärast jääaega, mitte nüüd. Teiseks tuleb silmas pida, et mõõdetud hiidrahnud on Põhja-Eestis maa peal. Nende massi vähemate poole ekstrapoleerides laiendame massijaotust kõigile kividele, ka neile, mis on peidus Lõuna-Eesti paksudes setetes.

Maakivide tugevusomadused sõltuvad kivimi struktuurist ja mineraalkoostisest. Kuna liustikud tõid neid mitmelt pool Ahvenamaast Karjalani, on kivid erinevad. Lähtepiirkonna geoloogilisest ehitusest sõltavana on kivikülvides tugevamate ja nõrgemate (rabadamate) kivide suhe erinev. Sama kehtib ka tard- ning moondekivimitest pärinevate veeriste suhtes kruusas.

Maakivid olid tänuväärne ehitusmaterjal käsitsitöö ajal. Mandri-Liivimaal, kus paekivi pole, ehitati esinduslikumad, tugevamad ja robustsemad hooned maakivist, mida kombineeriti savitellisega. Mitut värvi ja erineva mineraalkoostisega maakividest ilusa seina ladumine eeldas kivi valimise ja lõhkumise kunsti valdamist (Pilt 2.8).

Maakivid osutusid asendamatuks killustikuallikaks raudtee ehitamisel (Pilt 2.9). Kuni viimase ajani kasutatakse maakivi mereehitiste – kaide ja tammide kaitsvaks ja dekoratiivseks kattekihiks.



Pilt 2.8 Maakivist ait Jumindas



Pilt 2.9 Maakivide lõhkumine killustikuks

Tartu–Petseri raudtee Holvandi silla ehitamisel möödunud sajandi kolmekümnendatel aastatel. Parikase foto

Rannast, seejuures ka vee alt korjatud munakaid veeti nn kivilaevadega linnadesse ehitus- ja sillutuskivideks Tallinna, Peterburi ja Riiga ning kuuldavasti isegi üle mere Stockholmi. Kivide paati korjamiseks olid erilised kivikablid (Pilt 2.10).

Palju maakive on lõhutatud militaarobjektide ehitamiseks, sest vajati eriti tugevat betooni. Suurobjektidel töötasid võimsad kivipurustid, millega killustati lõhkeainega tükeldatud rahnusid. Lausa ajaloolise

sündmusena tuleb mainida maarahva püha objekti, tõenäoliselt ohvrikivi, Iru ämma lõhkumist Iru maanteeasilla betooni täidiseks Peeter Suure merekindluse rajamisel esimese maailmasõja ajal. Teadaolevalt oli Iru Ämm ainus kivi, millele on püstitatud mälestuskivi (Pilt 2.11).



Pilt 2.10 Pootshaak ja kivikablid Käsmu meremuuseumis



Pilt 2.11 Iru Ämma mälestuskivi
N 59°28'34,4"; E 24°54'21,9"

Maakivid ei ole oluline maavara ja seda mitmel põhjusel:

- oma mitmekesise mineraloogilis-petrograafilise koostise tõttu ei ole maakivi parim materjal killustiku tootmiseks; eriti vähe sobivad suurekristallilise rabakivi rahnud, mis on siia kantud Viiburi rabakivialalt ja moodustavad suure osa Kirde-Eestis rändkividest;
- jää poolt lahti kistuna, liustikes muserdatuna ja pikka aega päikese, õhu ja vee käes olnud kivide pinnal ning lõhedes on alanud porsumisprotsess, mis süvitsi kivisse tungides kahandab kivimi tugevust (Pilt 2.12);
- maakivid, eriti suured rahnud ilmestavad maastikku ja nende kadumine ei ole rahvuskultuuri seisukohalt soositav.



Pilt 2.12 Porsumiskiht kaua setetes lebanud muna-

Maakivi kui jääaegne sete kuulub maaomanikule. Tema võõrandamine – nii oma kinnistult kui ka riigimaalt ära viimine on maavara kaevandamine kõige sellest tulenevaga.



Pilt 2.13 Üks suuremaid mineraalsete osiseid Eestis, hiidrahn Muuga Kabelikivi.
N 59°29'13,0"; E 24°56'53,4". Suurema kivi läbimõõt ületab 10 000 mm

Loodusliku tard- ja moondekivimi kõrval on hakatud kasutama ka tehislikku valukivi, kõrgtemperatuuril sulatatud ja vormi valatud kivimimassi. Valukivi kasutatakse tule- ja kulumiskindla vooderduse-na seadmetes, torujuhtmetes, põrandates jmt. Kasutatakse ka mitmesugust „kunstgraniiti”, surrogaattooteid, milles looduslik kivimipuru on seotud mineraalse, mõnikord isegi sünteetilise tsemendiga.



Pilt 2.14 Fragment tänavasillutisest Toompeal.

N 59°26'11"; E 24°44'23"

Siin on ühele fotole õnnestunud saada Tallinna tänavasillutise neli elementi ajaloolises järjestuses:

- ülal vasakul – kuni 20. sajandi alguseni kasutatud munakivi,
- ülal paremal – 19. sajandi lõpul levima hakanud klombitud graniit,
- keskel – eelmisel sajandil kasutusse tulnud freesitud graniidist kõnnitee äärekivi,
- all – 21. sajandi alguse kunstgraniidist kõnnitee.

2.2.4. Savi

Kuigi savi on purdmaterjal, on ta mõneti eriline.¹ Savi iseloomustab üliväike terasuurus, osakeste liblelisus ja mitmekesine, savile eriomane mineraalkooslus, mis on välja kujunenud lähtemineraalide keemilise muundumise käigus. Kui teiste purdmaterjalde liigid koosnevad erinevate lähtekivimite osakestest, siis savi moodustavad valdavalt omaette mineraalid, savimineraalid.

Vaatamata oma näilisele tihkusele on savi poorne. Kambriumi savi suletud poorid moodustavad 20...43%, devoni savi poorsus on 28...30%. Savi looduslik niiskus on 7...28%, mis tähendab, et kõik poorid ei ole veega täitunud. Savi tihedus sõltub koostisest ja on vahemikus 2200...2300 kg/m³ (²).

Savi iseloomulikud omadused on:

- pehmeneb vees ja sõltuvalt vee hulgast saab temast tainast, püdelikku või pulpi,
- kuivamisel savimass säilitab kuju – toimib si-deainena ja vormituna saab temast isegi ehitada,
- kuumutamisel (põletamisel) savi kõvastub ja muutub tehiskiviks.

Nende omaduste tõttu on savi ja savised setted maailma levinuim ehitusmaavara. Kus napib ehituskivi, seal valdab saviehitus. Kuiva kliimaga maades, kus tihti on puudu ka kütusest, ehitatakse enamasti just põletamata savist. Selleks pehmendatakse savi veega ja tammitakse sisse sobiva

¹ Geoloogia seisukohalt on savi kivim, kuid kiviks nimetame ikkagi vaid savikivi, millest Eestis tunneme vaid graptoliitargilliiti.

² Enn Pirrus, 2002. Settekivimite litifitseerumine, TTÜ, 88 lk (kõik arvud selles lõigus).

terisusega liiva, mõnikord ka kõrkjaid, põhku jmt. Liiv hoiab savisegu kokku tõmbumast ja pragunemast ning taimne materjal suurendab poorsust, seega ka soojapidavust. Kuivatatud (põletamata) savist ehituselementide tugevus on 0,5...5 MPa. Kuid põletamata savist hoone (järgmine pilt) ei ole eriti niiskuskindel, isegi siis, kui seinad krohvitakse ja kaitstakse laia katusega.

Niiskes kliimas ja kindlamate hoonete ehitamisel on kõik savipõhised ehitusdetailid: tellised, katusekivid, põrandaplaadid jmt tehtud põletusmenetluseel.



Pilt 2.15 Savist sein maakivist vundamendil – Seto ehitusmaavarade oskuslik kasutamine.

N 57°46''43"; E 27°39'15'' (ligikaudu)

Eesti alale tuli telliste põletamise oskus lõuna poolt koos ristiusu ja lääne kultuuriga. Lõuna-Eestis, kus paas ei paljandu, sai tellis maakivi kõrval peamiseks ehituskiviks. Kõrvuti tellisehitistega tehti seal lihtsamaid hooneid ka põletamata savist.

Savitoodete kvaliteet sõltub eelkõige savi mineraalkoostisest. Üldiselt koosneb savi kolmest mineraaliderühmast, milleks on: **kaoliniit**, **illiidid** (= hüdrovilgud) ja **smektiidid**. Maarde väärtus sõltub kaoliniidi rohkusest. Mida vähem on savis kaoliniiti, seda madalam on ta väärtus. Savi kasutatud lisandid on teraline purdmaterjal – liiv ja aleuriit. Kahjulikud lisandid on püriit, kaltsiit (soovitavalt < 4%), kips ja vilgud.

Savide põletamisomadusi iseloomustatakse mõistetega: **kergeltsulav**, **raskeltsulav** ja **tulekindel** (Tabel 2.5).

Plastsusarv, mis on pinnase geotehniliste omaduste mõõdik ja mida on peetud ka savi kui maa-vara määravaks tunnuseks, ei korreleeru savi põletusomadustega. Keramsiidi (= kergkruusa) toormeks sobiva savi oluline tehniline kvaliteeditunnus on **punsumistegur**, mis iseloomustab põletamisel saadud kergkruusa ja lähtematerjali mahumassi suhet.

Eestis on tehtud savist peaaegu kõiki üldlevinud savitooteid. Pea kõikjal leiduvast kergeltsulavast savist tehti seinaja katusekive. Savi oli ka kollete sideaine. Möödunud sajandi keskel tehti maaparandustöödele savist kuivendustorusid. Kagu-Eesti devoni kivimite alal leiduvast raskeltsulavast savist tehti majapidamisanumaid (potte) ning küttekollete detaile (ahjupotte ja -telliseid).

Tabel 2.5 Eesti savide liigitus

Savi liik ja tinglik sulamistemperatuur, °C	Kaoliniidi osalus	Ajastu, lade, tingnimetus	Peamine leiuala	Olulised maardlad ja leiukohad
Kergeltsulav < 1350	Peaaegu olematu	Kambrium, Lontova lade, sinisavi	Põhja-Eesti rannik	Aseri, Kunda
		Kvaternaar, tavaliselt viirsavi	Lääne-Eesti ja saared	Arumetsa
		Kvaternaar	Valgamaa	Määsi***
		Devon, Aruküla, Burtnieki ja Gauja lade	Lõuna-, eriti Kagu-Eesti	Küllatova****
Raskeltsulav * 1350...1580	Kuni pool			
Tulekindel >1580	Peamine	Proterozoikum, murenemiskoorik**, Kambrium, Voronka lade	Juhuslik	Puuduvad

* esineb läätsedena devoni savide lademetes; ** avastatud sügavpuurimisel kuni mõne meetri paksuse meetriste kihina; *** savi võetakse stiihiliselt (järgmine pilt); **** ajaloolise potisavi levila



Pilt 2.16 Määsi savi auk Luhamaal

N 57°38'41,5"; E 27°20'59,1"

Kahe maailmasõja vahel oli Eestis arvestatav savitööstus Petserimaal, kus raskeltsulavast savist valmistati üsna head, kõrget temperatuuri taluvat keraamikatoodangut. Pärast teist maailmasõda jäi Kagu-Eesti devoni ala olulistest savimaardlatest Eestisse vaid Joosu, mis praeguseks on ammen-datud. Devoni savi maardlad on keeruka ehituse-ga, tihti väikesed, raskesti leitavad. ¹

¹ Allikad:

a) Armin Öpik, Edgar Krusenberga (Andres Väärismaa), 1928. Aruanne savide uurimisest Võrumaal. Kaubandus-tööstusministeeriumi mäeosakond.

Eesti keraamikatööstuse kõrgaeg on möödas. Praegu tegutseb arvestatav savitööstus ainult Arumetsa ja Aseri savimaardla arvel. Arumetsa savist valmistatakse kergkruusa (Pilt 3.62). Aseri kaevandab sinisavi, millest tehakse erinevaid telliseid. Savimeeneid ja pisikeraamikat tootev käsitööstus kasutab imporditud savi või võtab seda, nagu mõned kohalikud savikojadki, lähedasest saviaugust (Pilt 2.16).

Savitööstuse taandareng oli tingitud vähem tööjõudu nõudva ehitusmaterjali: betooni, silikaattoodete, kergbetooni, pleki, plastmassi jmt levimisest. Kesk- ja kaugkütte kasutuselevõtt vähendas korstnakivide, ahjupottide ja -telliste ning muude kolde-detailide, samuti tulekindlate sideainete kasutamist.

Keraamikatööstuse kõrval kasutab savi tsemenditööstus. Veel eelmise sajandi keskel murdi Kunda tsemenditehase tarbeks Aluvere karjääris Jõhvi lademe merglilist lubjakivi, mille mineraalide suhe on ligilähedane tsemendiklinkri lähteainete kooslusele. Hiljem sellest loobuti, sest lubjakivi, savi ja põlevkivi(tuha) täpne doseerimine klinkri põletamiseks tagab tsemendi parema ja ühtlasema kvaliteedi. Merglilise lubjakivi looduslikult kujunenud mineraalide, eriti just dolomiidi / kaltsiidi suhe võib isegi ühe leiukoha piires olla üsna muutlik.

Savi on hea, neutraalne ja loodussõbralik vahend vee ja vesireostuse tõkestamiseks. Reostuse levi-

b) Artur Luha, 1929. Tulekindlate otsimine ja uurimine, 21 lk. Mäeosakonna väljaanne, Riigi Trükikoda.

c) Enn Pirrus. Eesti savivarud, uurimine, paiknemine, kvaliteet; Kogumik (konverentsi ettekanded) Eesti savivarude ratsionaalne kasutamine, Aseri, 6...7. mai 1992, lk 1...2.

mise vastu laotatakse savi kihina (ekraanina) prügila alla, vahele ja peale. Selleks, et vältida põhjavee sissevoolu kaeveõõntesse, pumbatakse (= injekteeeritakse, süstitakse) savi suspensioonina (= püdelikuna, pulbina) maapõue, täitmaks selle lõhesid ja poore. Väga hea injektsioonimaterjal on bentoniit(savi), kuid seda leidub Eestis vaid õhukeste metabentoniidi kihtidena.¹ Kõige paksemat umbes 20 cm kihti võib kohata umbes 10 m põlevkivikihist kõrgemal Keila lademes, kui kaevandustes rajatakse šurfe (= õhukaevusid) ja šahte. Nii õhukesel kihil kaevandamisväärsust ei ole.

Maapõue puurimisel kasutatakse savi puurimisvedeliku tihkuse tagamiseks ja vedeliku ning puuritava kivimi tiheduse tõstmiseks.

Jõelähtme prügila reostustõkkeks oli vaja savi. Juba Rebala muinasmaakonnas teada olnud Ülgase küla ja selle all rannas olnud Koljuotsa sadamakoha vahelisel pangaalusel madalikul avaneb kambriumi sinisavi. Sellest ka Maardu linna lähedase Saviranna küla nimi. Maavaraspetsialistide jaoks on see Kallaverre savilevila. Eelmise sajandi lõpukümneteil, eraettevõtluse tekkides, üritati Ülgase savi kasutamiseks asutada hüljatud kolhoosilauta telliselööv. Kooperatiivimajanduse soikudes jäi see äri katki. Kuid Jõelähtme prügila isolatsioonisavi kaevandamiseks jaoks oli see Ülgase leiukoht ideaalne – otsejoones 2 km ja teid pidi 5 km. Selleks ta valitigi. Aga siis tulid probleemid. Esimene tekitati, kui selgus, et savi oli uuritud kui keraamilist tooret ehk tellisesavi, aga prügila soovis isolatsioonisavi. Savi omadusi tundvatel erialainimestel kahtlusi savi sobivuse suhtes ei olnud, küsimuse püstitasid hoopis

¹ Paljandub Peeter Suure Merekindluse Täna silma veetunneli laes.

maapõueressursse haldavad ametnikud. Kaevandamisloa taotleja tellis vastava uuringu ja tõestas, et savi sobib prügilale. Teine probleem tekitati kohe, kui selgus, et proovimiskohtade arv (üks puurauk) ei vastanud savi kui maavara geoloogilise uuringu eeskirjale. Asjaolu, et uuringuvõrgu tihedus sõltub ühelt poolt maavara omaduste muutlikkusest ja teiselt poolt maavara kasutava tehnoloogia nõuetest, ei olnud tollal veel aktsepteeritud.¹ Kaasaegsete teadmistega spetsialistile on päevselge, et muutlike omadustega raskelt sulav devoni savi ja geoloogiliselt „igav“ sinisavi pole võrreldavad, nende savide omaduste muutlikkus on kordades erinev.² Samuti ei ole võrreldavad nõuded põletussavile ja isolatsioonisavile. Kõigist maardla avamise ette veeretatud takistustest hoolimata mäeeraldis siiski saadi ja hakati kaevandama. Siis tuli järjekordne probleem. Teatavasti täidetakse prügilat järkudena, mistõttu savi võetakse keskel läbi nelja-aastase vahega. Pärast esimese järgu rajamist savi kaevandamine peatati teades, et mõne aja pärast saab tellimuse järgmisele partiile. Siis aga ilmus ehitusettevõtja, kes Muuga sadama alal kaevab ehitamisel ettekäändel välja suure koguse sinisavi, nimetas selle ehitusjärgiks ja vedas siis prügila territooriumile, kus savi kasutati ekraaniks. Eesti 1995. maapõueseaduse kohaselt see ei olnud maavara, mis sest, et omadustelt sama, mis Ülgase savikarjääri varu. Ülgase saviauk jäigi järgmist müügivõimalust ootama (Vt Pilt 1.22). Samuti jäi oma ehitist ootama fiktiivne ehitusplats Muuga juures.

¹ Kahtlemata mängis selles oma osa ka savile spetsialiseerunud geoloogide tööhuvi, sest uuringu olid teinud konkurendid, geotehnikud.

² Täpsemalt „Eesti mäendus II“ (<http://digi.lib.ttu.ee/i/?163>) 2. osa Maavara uuring.

2.2.5. Muud pudedad maarded

kuuluvad meil ajalooliste maavarade klassi – neid on kaevandatud, kuid kaasaja majanduse huvi alt on nad väljas.

Diatomiit

on peamiselt ränivetikate *Diatomee* kodadest koosnev Litoriinamere peenterine, nõrgalt tsementeerunud poorne sete. Ränivetikad elutsevad mineraaliderikkas vees. Maarde kasulik komponent – poorne räni, opaal, mida kuivosas on 60...80%, koosneb ränivetikate skelettidest. Nende osakeste suurus on 0,01...0,1 mm. Leiukohtadest on teada Leekova soo, mõned kilomeetrid Narva-Jõesuust edelas, kus turba ja liiva vahel lasuva kihi paksus on kuni 3 m.

Õhkuiva diatomiidi mahumass sõltub jääniiskusest ja on 0,4...0,8 t/m³. Kuivaine tihedus sõltub opaalse räni sisaldusest ja on 2600...2700 kg/m³.

Diatomiidi kasutamine oli aktuaalne enne teist maailmasõda. Toonase tööstuse silmis kaevandamisväärne maardla oli ida pool Narva jõge, Ingerimaal Tõrvalas kuhu ta ka jäi. Diatomiiti kasutati toona mitmesuguse isolatsioonimaterjali tootmiseks. Kaasaegne tehnoloogia vajab, kasutab ja sünteesib märksa paremate omadustega materjale.

Järvelubi ehk -kriit

on Lääne-Virumaale väga omane sete. Valgejõgi ongi nime saanud jõe põhjas avanevast valge setete lasundilt.¹ Järvelubja kasuliku aine, CaCO₃ si-

¹ Kaasajal pole see enam silmnähtav, sest jõge on õgvendatud ja jõe põhja katavad reovee setted ja taimed.

saldus kuivaines on 75...95%. Seda maaret kaevandati veel eelmise sajandi lõpul Varangu maardlas Väike-Maarja vallas, mõned tuhanded tonnid aastas (4 tuh t 1994. a). Kaevandamise viimastel aastatel kasutati järvelupja ainult loomasööda lisandina, varem tarbis seda ka paberitööstus. Kahemeetrisest kihist väljati ülemine osa. Nüüd on järvelubja kasutamisala paberi- ja värvitööstuses hõivanud nn valge lubi, mida toodetakse lubjakivist (vt [edasises](#)).

Muistse Kunda järve ladestunud järvelupja kasutati toormeks tsemenditööstuse algaastail, 1871...1904. Seda kaevandades tehti oluline arheoloogiline avastus – leiti nn Kunda kultuuri jäljed ja jäätmed.

Sool

Eesti ajaloost on teada ka soola tootmise lugu 16. sajandi lõpul¹. Rootsil, kellele Eesti- ja Liivimaa toona kuulusid, ei olnud oma soolamaardlaid. Rootsi oli sõjajalal Saksa riikidega, mistõttu soola kui strateegilise konservandi import Läänemere tagant oli kallis, peaaegu võimatu. Kuid kalast elatuv rannarahvas vajab konservanti. Nii üritatigi hankida seda Salinõmme soolaku liivast.² Teatavasti on soolak ala, kus kõrgveest jäänud merevee loigud kuivavad nii, et aurustunud veest settinud sool jääb liiva. Nii võib liiva soolasisaldus tõusta tunduvalt kõrgemaks kui merevees. Soolakult kaevandatud

¹ Tiit Kändler. Hiiumaa laiud pärlendavad meres, Eesti Päevaleht, 29.07.2000, lk 7.

² *Salin, saline* (= soolakoda rootsi k) ei ole siiski selle kohanime alus. Vanade kirjade järgi oli kohanimi kas Salmeneeme = Väinaneeme või Salumäe. Maastikuliselt sobivad mõlemad variandid.

liivast sai sool välja lahustatud, ära kurnatud ja esmalt tiigis ning pärast katlas veest kuivaks aurutatud. See maailmas väga levinud tehnoloogia õigustab end väga soolase vee puhul ja eriti kuivas päikselises kliimas. Kuigi Hiiumaal küttemetsa toona jagus, ei olnud ettevõtmine liiva madala soolasisalduse tõttu tulus. Mõningail andmeil toodeti 1582...94. Salinõmmel ligikaudu 50 t soola.¹

Ooker

on looduslik värvaine, tumekollane kuni pruun värvimuld, keemiliselt raudhüdrosiid, milles rauda on kuni 50%. Värvust annavad rauamineraalid: götiit (kollane), hüdrogötiit (punakaspruun) ja hematiiit (lillakaspunane).² Raua sisaldusest sõltub värvi tumedus – mida rohkem rauda, seda tumedam. Kuid värvimulla toonimisel on oma osa ka teistel, peamiselt mangaani ühenditel. Samuti sõltub värvus osakeste suurusest. Geokeemiliste ja -bioloogiliste protsesside tulemusel on ookrit settinud mitmes kohas Eestis. Parimad leiukohad, kus seda enne teist maailmasõda kaevandati, olid Põltsamaal Lauras (nüüd Venemaal) ja Põltsamaa lähedal Võisikus.

¹ Vello Kaskor, 2003. Hiiumaa ringteed, Maalehe Raamat, Tallinn. 216 lk.

² Maare Rändur, 2008. Värvimulla leiukohtade uuritusest ja kasutamise ajaloost Eestis. Eesti Geoloogiakeskus 70/50. Turbauuringute poolsajand, lk 46...50.

Ookrit on inimene kasutanud kogu oma aruka tegevuse aja jooksul – värvinud ennast ja oma elamist. Kuna ooker on pleekimis- ja kulumiskindel, siis naturaalse värnitsaga segatuna on ta levinud kui tõhus põrandavärv. Ooker on ka populaarse „rootsi värvi” koostisosa. Seejuures Rootsi ookri erimid on oma lisandite, peamiselt mangaani- ja vaseühendite tõttu värvikamad kui Eestis leitavad.

Enne teist maailmasõda oli suurim ookrikaevandaja keemiatehas Orto, kelle 150 tonnise aastatoodanguga ja 12 töötajaga karjäär asus Petserimaal. Põltsamaa lähedal olev E. Peep & Ko ookriaugust (ühemehekarjäärist) võeti veel 1940. a. 1,7 tonni värvimulda. Vähesel määral on ookrit kaevandatud kuni läinud sajandi kuuekümnendate aastateni Mõnistes ja Maardus.



Pilt 2.17 Sarapiku tee ehitamine Iru panga all

Näha graptoliitargilliit (hall kivim paremal) ja selle peale settinud ooker – punane sete keskel ja vaalus süvendi vasakul pervel.

N 59°27'45,3"; E 24°56'31,5"

2.3. Kaljumaavarad

2.3.1. Graniit



Pilt 2.18 Maardu graniidi poleeritud näidised

Eestis on maavarana arvel suur kogus tardkivimit, tavakeelse nimega graniit. Arvestatav kehand paikneb mäemajanduse seisukohalt väga soodsas kohas – Harjumaal Jõelähtme vallas, Muuga sadama vahetus läheduses, suures osas ammendatud fosforiidikarjääri all. Eesti graniidi kasutuselevõttu soosivad tarbijate lähedus, head veovõimalused nii meritsi kui raudteega. Kaevandamist lubaks ka tehnogeenne keskkond, tööstuslik infrastruktuur jmt. Oluliseks takistuseks on sügavus – keha lasub maapõues paarisaja meetri sügavuses settekiivimi kihtide all. Eelarvamuslikult peetakse takistuseks graniidikeha paiknemist kambriumi-vendi põhjavee kihi all ja sellest tulenevat põhjavee kurnamise ning

saastamise ohtu. Tegelikult on see väljamõeldud oht mäetehniliselt välistatud.

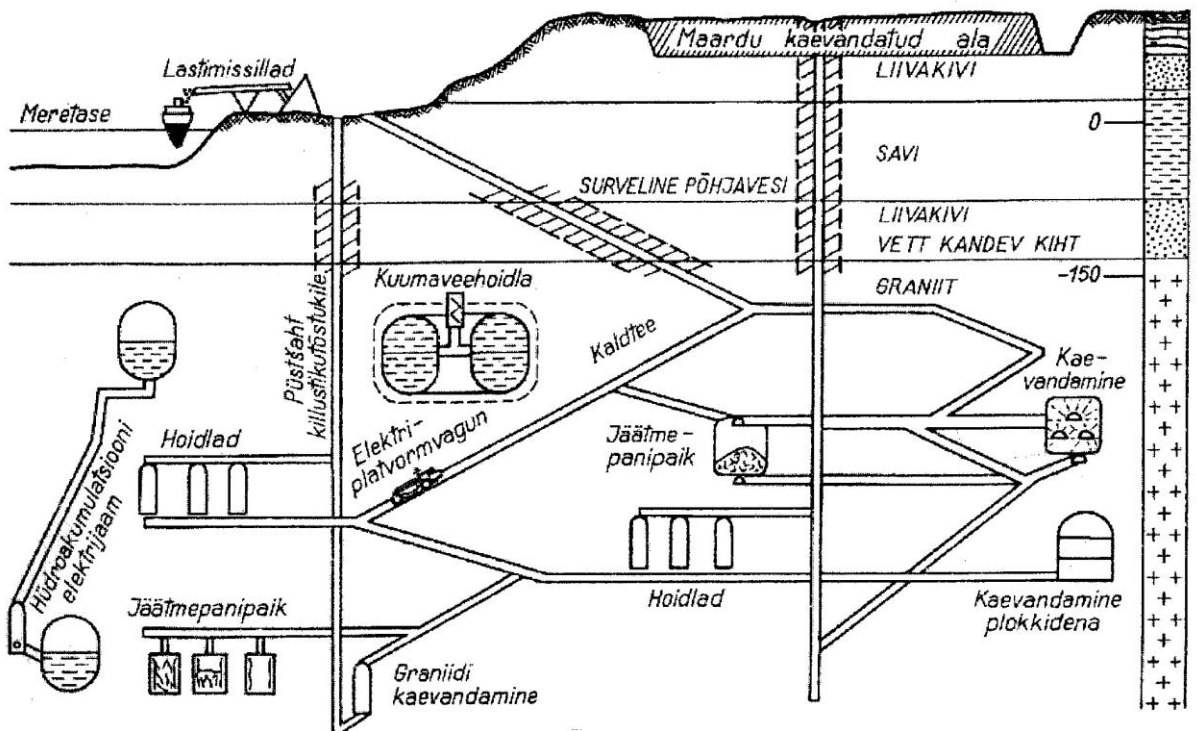
Maardlat on uuritud, kuid teavet ei saa lugeda avamiseks piisavaks. On avaldatud kahtlust, kas maardla jämedakristalliline, porfüürsusele kalduv graniit ikka sobib kõrgekvaliteetse killustiku tootmiseks, sest mõned suured, kuni 5 cm läbimõõduga kristalsed komponendid (vt esimest südamikupoolikut Pilt 2.18) võivad anda ebasoovitavaid plaatjaid tükke.¹ Arvamuste aluseks on puursüdamikest saadud proovi laboratoorse töötlemise tulemused. Kuna nii väikene proov ei ole otsustamiseks piisavalt mahukas (= esinduslik), oleks vaja kaevanduse avamise, kivimi tööstusliku väljamise ja killustiku tootmise üle otsustamiseks veel tööd teha.

Maardu graniidi kasutuselevõtu edukus ei sõltu ainult killustikuvajadusest. Süvakaevanduse ehitamine on kapitalimahukas ja loomulikult peab investering end igati tasuma. Ainult killustiku müügist saadav tulu kataks ehituskulu alles pika aja jooksul. Pikk tasuvusaeg ei meelita investoreid. Lisatulu saaks, kui murda viimistluskiviks graniidi dekoratiivsemat erimit (vt püstine südamikulõik Pilt 2.18). Kuid on teada, et Soome kivimurdudes on viimistlusgraniiti märksa odavam toota.

Seepärast peamine, mis tingib Maardu graniidi kasutuselevõtu ei ole mitte maavara, vaid võimalus kasutada kaeveõõsi. Tugevasse kivimisse rajatud allmaatühemikke kasutatakse õlihoidlatena, jäämepanilatena, strateegiliste ladude ja varjenditena, kuumavee-energiamahutina, isegi strateegilise

¹ Enn Pirrus, Neeme graniidiintrusiooni põhikivim killustikutoormena, EGeoS bulletin 4/99, lk 26...27.

elektrijaama ehitamiseks. Maardusse oleksid allmaaehtised eriti teretulnud, sest graniidimaardla on Muuga sadama, Iru elektrijaama ja Tallinna vahetus läheduses. Võimalusi illustreerib järgmine pilt, millelt puudub vaid Soome lahe tunneli läbimist avav ja teenindav jaoskond.



Pilt 2.19 Maardu graniidikaevanduse põhimõtteline skeem ¹

2.3.2. Maagid

Püriit

on väävelraud, FeS_2 , settekivimites sagedalt esinev mineraal.

Tihti märgatakse murdudes ja kaljukaevandeis oksüdeerumata, kuldsest läikivaid püriidikristallide pesi, „kassikulda” (vt [Libamaavarad](#)). Püriit esineb settekivimeis ka muguladena konkretsioonidena (= muguladena), kust meri võib neid välja uhtuda (pildil). Nii kristalle kui mugulaid nopitakse meeneks ja

¹ Alo Adamson, Enn Pirrus, 1994, Eesti oma graniit, Eesti Loodus, 280...282

tuuakse ka spetsialistidele hindamiseks – kui kristall, siis ehk on kuld, kui mugul, siis meteoriiit.



Pilt 2.20 Püriidimugul kui pisiskulptuur.

Geoloog Tarmo Kiipli leid

Meie tuntuim, maagina käsitletud püriidilasund on õhukene, kuni 25 cm paksune kiht, mis tuli vastu fosforiidi kaevandamisel Maardus. Kihi kasulik aines on liiva tsementeeriv püriit, mida kihis on üle poole. Teisest poolest moodustab suurema osa kvartsliid. Avakaevandamise ajal raskendas see üsna tugev ja abrasiivne kiht katendi puurimist. Püriidi kasutamine tõusis päevakorda vahetult enne teist maailmasõda, kui Saksamaa huvitus Eesti fosforiidist kui olulisest militaartoormest. Eestis peeti silmas väetisetööstuse rajamist. Fosforiidist superfosfaadi tegemiseks (= supereerimiseks) läheb vaja väävelhapet. Seda olnuks püriidist üsna lihtne valmistada. Ka püriidi kaevandamine fosfo-

riidi kaaskaeviseks poleks olnud keerukas. Projekt ei teostunud, sest sõda lõpetas iseseisva Eesti fosforiiditööstuse arendamise. Hiljem tekkisid väävelhappe hankimiseks uued võimalused ja püüti minetas isegi maarde maine.

Raud,

õigemini küll selle maagid, on ürgne maavara, mida kõik rahvad on rauaaja algusest saati jõudmööda kaevandanud ja töödeldud. Settekivimite alal ei ole kristalliinsele aluskorrale omaseid rikkaid maake, seevastu oli maarahval võtta **soomaak**, mis esineb õhukeste, hajali paiknevate läätsekestena soiste maastike pinnases. Seni teadaolev suurim sooraua leiukoht ja raua sulatuskoht oli Saaremaal. Arvatakse, et sealses Rauasaatme sooraualevilas toodeti 200...500 aasta jooksul mitmeid tuhandeid tonne rauda. ¹

Eestis mainekaim raualevila on **Jõhvi magnetiline anomaalia**, mille topograafid avastasid enne teist maailmasõda ². Leiukohta uuriti kolmekümnendate aastate lõpul ja uuesti pärast sõda. Esimesi maagi ilminguid kohati umbes 350 m sügavusel. Enam kui poole kilomeetri sügavusel lasuvas kehendis arvatakse olevat üle poole miljardi tonni keskmise kvaliteediga rauamaaki. Praegu häirib maagikeha

¹ Jüri Peets, 1992. Varasest rauametallurgiast Eestis. Insenerikultuur Eestis 1. TTÜ kirjastus. lk 129...136, samuti

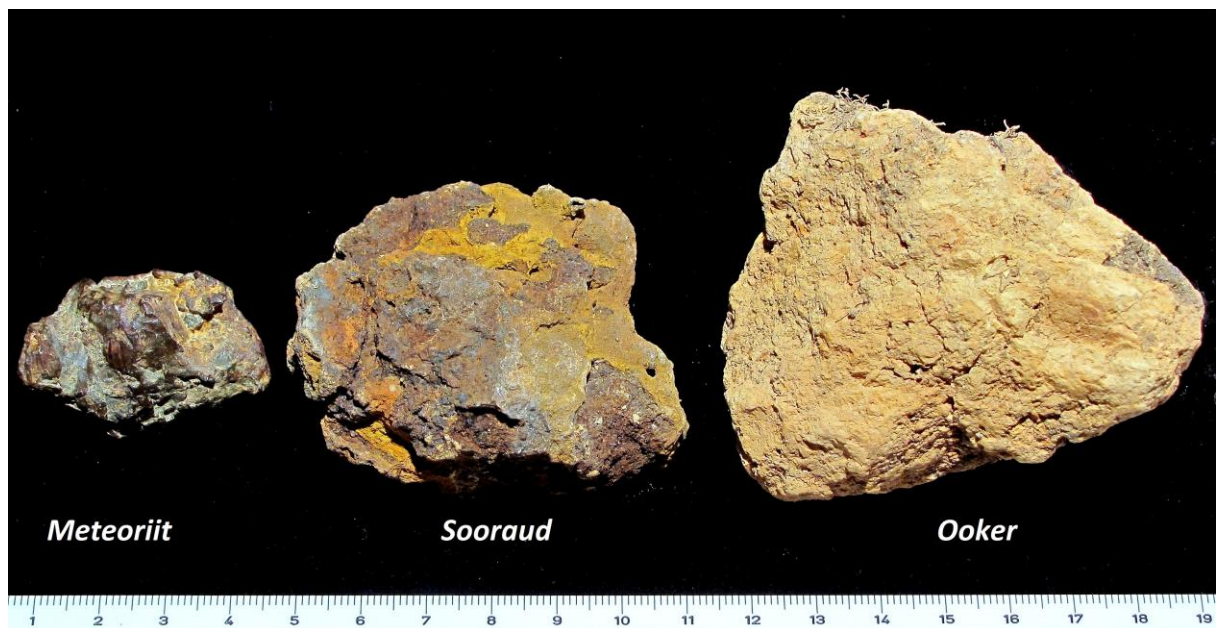
Jüri Peets, 1995, Tuiu Rauasaatmemäed – muistse Saaremaa tööstuslik süda. Insenerikultuur Eestis 2. TTÜ kirjastus 1995, lk.129-136

² Geoloogilise uuringu (kaasaegses mõistes – otsingu, mida juhtis A. A. Linari-Linholm) aruanne on leitav kogumikus „Eesti mäendusklassika III“: Arthur Linari (Artur Aleksander Linari-Linholm) artiklid, TTÜ mäeinstituut, 2008.

<http://digi.lib.ttu.ee/i/?199>

© enno.reinsalu@ttu.ee

peamiselt orienteerumissportlasi, kui nad kompassiga seal metsas jooksevad ja sõjaväelasi, kes manöövritel miinipilduja tuld magnetkompassiga juhivad. Maagikeha pole unustanud ka optimistid, kes loodavad, et Jõhvi rauamaak kunagi kaevandamisväärseks osutub. Kuid ei soo- ega süvamaa- gil pole suurt lootust saada Eesti maavaraks, sest maailmas, ka lähimaades seisavad avatuna mitmed suured, kõrge kvaliteediga raua maardlad, mis kõik kannatavad turu puudumise all.



Pilt 2.21 Ajalooliste rauamaakide näidised

Meteoriidikild (Sihhote-Alini, ajakirjanik Mati Kalkuni kingitus), sooraud (Maardu, Muuga aedlinn), ooker (Iru pangaalune, Pilt 2.17)

Polümetallid

Galeniiit (= pliiäik) on mineraal, mille ilmingud Eestis on teada alates pronksiajast. Kesk-Eesti maagiilmingud Raikküla lademe Mõhküla kihistiku ülaosa kavernoosses dolokivis Põltsamaa ja Võhma vahel on oletatavasti seotud kirdesuunaliste tektooniliste rikkevöönditega. Arheoloogilised kaevamised Lõhavere linnamäel on toonud tõendeid värvilise metalli töötlemisest ja arvatakse, et juba muinasajal võidi metalli saamiseks kasutada koha-

likke maagileide. Väidetavalt on maarahvas üles korjatud pliimaagist ka haavleid sulatanud.¹

Esimene eestikeelne teade pliimaagi leidudest Rakvere ümbruses, Arknas, Kaarlis jm on Friedrich Reinhold Kreutzwaldilt.² Need ilmingud on ilmselt seotud Sõmeru geoloogilise rikkevööndiga. Samuti on leitud galeniiti ja selle sõsarmineraale põlevkivikarjäärides avatud rikkevööndites Viivikonnast Narvani.

Rootsi ajast (17. saj) alates on Kõo-Võhma ilmingualal pidevalt maake otsitud. 1931. uuris neid mäeinsener Jaan Reinvald. Viimati otsisid geoloogid Eestis polümetalle 1957...66. a, siis juba süstemaatiliselt, kõigis lootustandvates kohtades. Eriti tihedalt puuriti läbi geoloogiliselt rahutu Sonda-Uljaste *plakantiklinaali* ala.³ Kaevandamisväärset maaki ei leitud, küll aga saadi selle ala kohta põhjalik geoloogiline andmestik ja maakide otsingu kogemus.

2.3.3. Paekivi

on Lääne- ja Põhja-Eestis paljanduv alus(põhja)kivim.

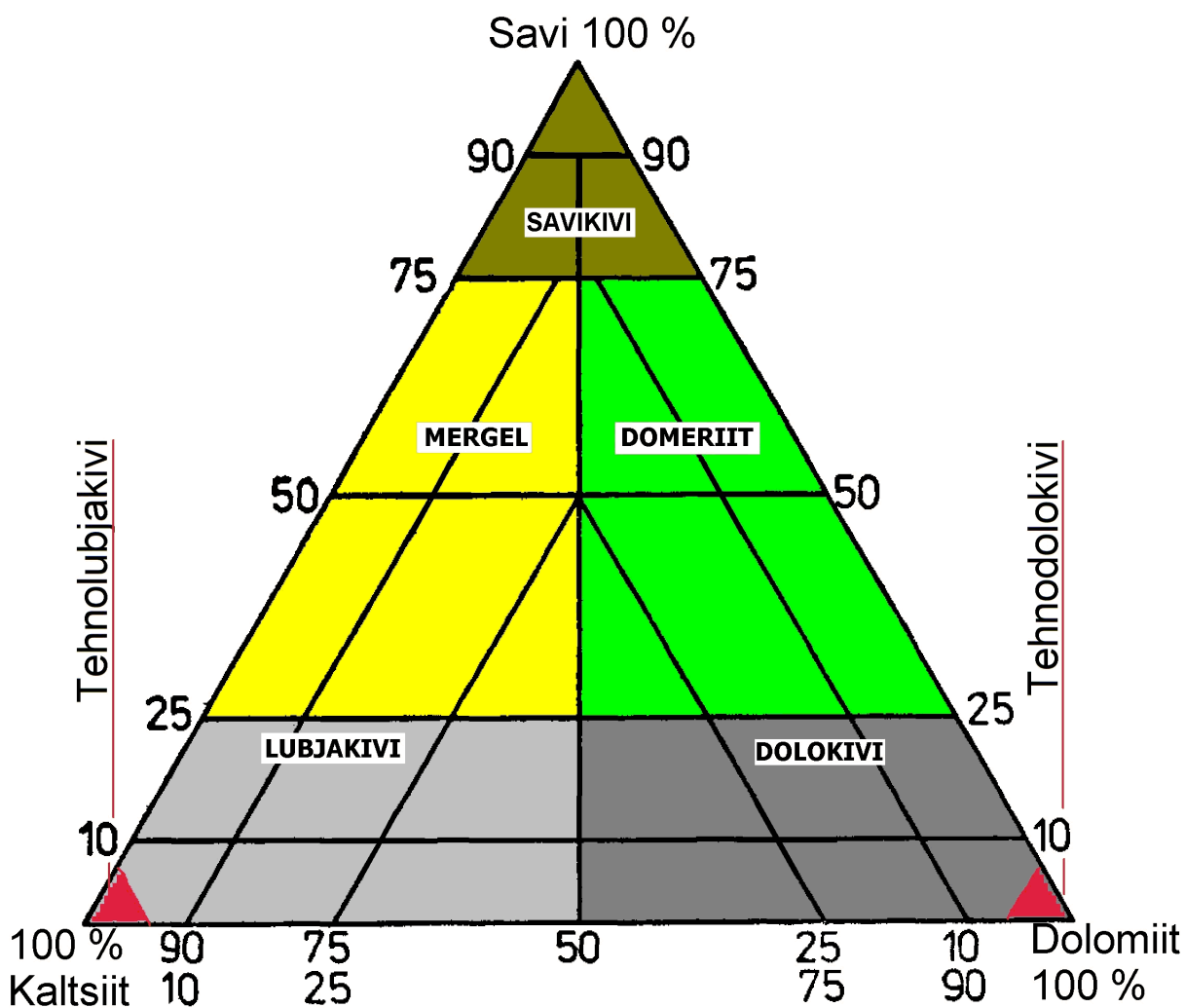
Paekivi alaliike on mitu, kuid üldiselt tunneme kahte: **lubjakivi** ja **dolokivi**. Paekiviks võib lugeda ka tugevamat **merglit** ning **domeriiti**.⁴

¹ Gustav Vilbaste, 1939. Fosforiidide leiuvõimalusi Eestis, Loodusevaatleja, 149...151.

² Friedrich Reinhold Kreutzwald, 1849. Kus leitakse Eestimaal tinamaaki? *Inland*, 14. II, nr 7.

³ Selle üsna haruldase, geoloogilise mõiste (inglise *placanticline*) tavakeelne vaste, eriti, kui Sonda-Uljaste piirkonda silmas pidada, võiks olla „muhklik aluspõhi“.

⁴ „Paevana“ Rein Einasto, olles käesoleva õpiku autoriga sama meelt, et eesti keeles võiks kivimi nimetuses sisaldada liidet 'ki-



Pilt 2.22 Karbonaatkivimite kolmikdiagramm ¹

Pildil on kolmikdiagramm, mis näitab, kuidas kaks paekivi peamist mineraali – kaltsiit (keemilise valemiga CaCO_3) ja dolomiit (valemiga $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ning kolmas osaline, kvartsist ja mitmetest savimineraalidest koosnev 'lahustumatu jääk' ², tavakeeles ka lihtsalt 'savimineraalid', meie settekivimites jaotuvad ³. Alumistes punastes nurkades on eriti puhtaid erimid (= 'tehnolubjakivi', 'tehnodolokivi' vt

vi', on pakkunud ilusaid paekivi nimesid: mergel – merkivi ja domeriit (= domel), domekivi, kuid geoterminoloogid pole neid heaks kiitnud.

¹ Kolmikdiagrammi alus: Herbert Viiding, 1984. Eesti mineraalid ja kivimid, Tallinn, Valgus, 248 lk.

² Lubja- ja dolokivi koostise määramisel lahustakse kivim happes. Tekkiv 'lahustumatu jääk' koosneb peamiselt mitmetest savimineraalidest ja kvartsist.

³ Liivakivid siia kolmikdiagrammi ei kuulu.

ülalpool), milles kõrvalmineraale on alla 5%. Ülemises nurgas on **savikivi**, mille tuntuim näidis on meil graptoliitargilliit. Savikivi ei ole karbonaatkivim. Lõuna-Eesti keelemurretes on „paas” plaatjas liivakivi. Soome *paasi* on kiviplaat, kivitahvel. Inglise *base* ja saksa *die Basis* on samuti alus, põhi, põhikivi. Seega kõik nagu viitaks selle sõna ürgsele päritolule.

**Meie jaoks paas on paas ja
pae kivim on paekivi**

Lubjakivi

on tihe, peitkristalliline või teraline, enamasti hele (valge, hall, roosakas-, punakas-, rohekas- või kollakashall) settekivim, mille peamine koostisosa on **kaltsiit**. Peamised lisandid on mitmesugused savimineraalid ja kvarts, mida selleks, et kivimit saaks nimetada lubjakiviks, võib olla kuni 25%. Lubjakivi kasulikuks aineks on kaltsiit, mille mõõdikuks on kaltsiumoksiidi CaO sisaldus. Enamik tehnilistes protsessides kasutatava lubjakivi (= tehnolubjakivi) tarbijaid soovib tooret, mille CaO > 52%. Kasutu lisand on lahustumatu jääk, kahjulikud – raua ühendid (peamiselt püriit) ja dolomiit. Viimase mõõdik on magneesiumoksiidi MgO sisaldus. Põletusprotsessides kasutataval lubjakivil (= põletuslubjakivil) on nõutav MgO < 2%. Seintes, müürides ja killustikuna kasutatava lubjakivi (= ehituslubjakivi) peamine kahjulik lisand on paekihtides ja nende vahele kiledena settinud savi, mis alandab kivimi tugevust ning külmakindlust, põhjustab ehituskivi lagunemist.

Lubjakivi mineraalosa tihedus on 2600...2700 kg/m³, mahumass sõltub niiskuse sisaldusest ja poorsusest. Viimane võib mõningatel

erimitel ulatuda mitmekümne protsendini. Vähepoorse lubjakivi mahumass on 2,3...2,5 t/m³.

Dolokivi

on tihe, peen- kuni keskterine, valge, kollakas, pruunikas, hallikas või rohekas settekivim, mille nimimineraal on **dolomiit**.¹ Peamised lisandid dolomiidi kõrval on kaltsiit ja lahustumatu jääk. Dolokivi on lubjakivist tugevam, ühtlasema ehitusega ja monoliitsem – temas puuduvad lubjakivile iseloomulikud savikad vahekihid ja savikiled. Tehnilistes protsessides kasutatava dolokivi (= tehnodolokivi) kasulik element on magneesium ja enamik tarbijaid soovib, et MgO > 20%. Kasutu komponent on, nagu lubjakivilgi, lahustumatu jääk. Kahjulikud on rauaühendid.

Dolokivi mineraalosa tihedus on 2700...2800 kg/m³, mahumass sõltub niiskusest ja poorsusest. Poorsus võib küündida mitmekümne protsendini. Vähepoorsete, heade mehhaaniliste omadustega erimite, näiteks Orgita dolokivi mahumass võib olla 2,5...2,6 t/m³.

Paekivi levilad ja maardlad

Paekivi on kohalik ehituskivim, mis riigi maavara staatuse sai alles eelmise sajandi keskel, riigikapitalismi ajal. Varem murti paekivi kohalikes murdudes, peamiselt linna- ja mõisahoonete ehitamiseks. Maarahvas ehitas elamuid puust. Paekivi kasutati vaid põrandate ja vundamentide ladumiseks. Kõrgemad vundamendid, poolmüürid laoti sõnnikulau-

¹ Varem nimetati dolokivi dolomiidiks ja mõni spetsialist, osundades teisi keeli, teeb seda seni; mõiste mitmesust ei tuleks laita, kui see pahandust ei tekita.

tadele, kuid paekivi happetundlikkust märganuna eelistati sealgi maakivi. Küll aga kasutati paekivi igasuguste abihoonete – aitade, tallide, keldrite ehitamiseks (Pilt 2.23). Pildil nähtav sepikoda on nii paest kui vähegi võimalik – puidust on vaid paeplaatidest katuslage kandvad talad.



Pilt 2.23 Ehituspaas: rohmakast paekivist laotud sepikoda Rock-al-Mare vabaõhumuuseumis (N 59°25'59"; E 24°38'37"); ja Lasnamäe lademe ehituspae poleeritud näidis, 10 x10 cm

Ehituseks sobivat paekivi leidub enamikus ordoviitsiumi ja siluri lademeis, mis avanevad kõikjal Lääne-, Kesk- ja Põhja-Eestis (Tabel 2.6).

Tabel 2.6 Eesti peamised paemaardlad

Ladestu Lade	Tuntumad maardlad	Kivim	Sihtotstarve	Kaevandamise maht
Silur				
Paadla	Kaarma	Dolokivi	Ehituskivi	Vähene
Jaani	Anelema	Dolokivi		Märkimisväärne
Raikküla	Orgita	Dolokivi		Vähene
	Ungru	Lubjakivi		Vähene
Juuru	Karinu	Lubjakivi	Tehnokivi	Oluline
	Kurevere	Dolokivi	Tehnokivi	Oluline
			Ehituskivi	Vähene
Ordoviitsium				
Oandu	Vasalemma	Lubjakivi	Ehitus- ja tehnikivi	Märkimisväärne
	Rummu	Lubjakivi	Tehnokivi	Vähene
Lasnamäe ja Uhaku	Väo, Harku, Maardu, Valkla	Lubjakivi	Ehituskivi	Suur
	Kunda	Lubjakivi	Tehno- ja ehituskivi	Suur

Ordoviitsiumi kivimite kogupaksus on Eesti territooriumil kuni 180 m, siluri kivimite paksus üle kahe korra suurem. Kuid murda saab aluspõhja kivimeid ikka seal, kus neile ligi pääseb, st avamusel, mis on vaid mõne kuni mõnekümne kilomeetri laiune. Seepärast moodustabki kaevandamisväärse kivimi kogus vaid murdosa maapõues olevast poole kilomeetri paksusest pakist.

Ordoviitsiumi ja siluri paekivi avamustel (= pae-alal) murti kivi kõikjal, kus katendi, st purdsetete ja turba paksus on alla 5 m. Peamised pae-alad langevad kokku põliste asustusala-dega: Saare- ja Muhumaa, Läänemaa lääneosa, Harjumaa (Rebala) ja Raplamaa ehk Lõuna-Harju, Järvamaa, Põltsamaa, ning ajalooline Virumaa. Neil aladel on ordoviitsiumi kivimite seas parimatena märgitud 17 ja Siluri lademetest 21 ehituspaekivi erimit. ¹ Ehitustööstuse ja veovõimaluste arenedes on enamik neist kasutusest kõrvale jäänud, vaatamata oma dekoratiivsusele, töödeldavusele, ilmastikukindlusele ja paljude muudele kiiduväärt omadustele. Kaevandada on jäänud vaid 5...6 siluri ja 2...3 ordoviitsiumi paekivi maardlat. Need maardlad kas:

- paiknevad suuremates ehituspiirkondades Harjumaal,
- jätkavad ajalooliselt välja kujunenud mineraaltoormetööstuse varustamist Kundas ja Rakkes,
- on veoteede, eriti sadamate läheduses nagu Vasalemma maardla Paldiski sadamale ja Kurevere Virtsule.

See rõhutab veelkord, et maavara kasulikkuse määravad mitte niivõrd tema head omadused kui

¹ Helle Perens, 2003. Paekivi Eesti ehituses I, EGK, Tln, 132 lk.

just kaevise kasutamise tulusus – ühelt poolt kaevandamise ning töötlemise töömahukus ja mehhaniseeritavus, teiselt turustamise, st veo- ja müügi võimalused.

Üsna eksootiline paelevila on Kagu-Eestis, kus paiguti avaneb osake ülemdevoni kuni 40 m pakusest paekivi pakist. Kolmest leiukohast – Kalkahjust Võrumaa lõunasopis ning Marinovast ning Tiirhannast Setomaal on tuntuimad viimased. Tiirhanna külas, vahetult vastu Vene piiri on säilinud maaahjude varemed, kus pärimuse kohaselt põletati lupja Petseri kloostri müürid ladumiseks. Nüüd (2010) on Marinaova maardla uuesti kaevandada võetud.



Pilt 2.24 Oma talu paekivist ehitatud laut Tiirhanna külas

N 57°46''43"; E 27°39'15'' (ligikaudu)

Kivistis

on pae loomulik komponent, seepärast siin neist mõned read.



Pilt 2.25 Kivistised kiviktaimlas

Kivistised, millest nähtavamad ja leitavamad on ordoviitsiumi kõhtjalgsed, peajalgsed ja trilobiidid ning siluri stromatoporoidid, aga teadjamatele ka devoni rüükalade plaadid, pakuvad oma eriskummalisuse tõttu inimestele huvi. Neid nopitakse ilukiviks ja kogutakse kollektsioonidesse. Kuid on oht, et asi, mille vastu tuntakse huvi, muudetakse ettevõtlike inimeste poolt kaubaks. Seepärast tulebki teada, et kivistis, mida korjatakse, irrutatakse ja töödeldakse kaubastamise eesmärgil, on maavara ja kuulub maa ja maapõue valdajale. Nende kaubastamine on formaaljuriidiliselt maavara kaevandamine kõige sellest tulenevaga.

2.3.4. Põlevkivi

on orgaanilist ainet sisaldav kivim. 'Põlevkivi' ei ole teaduslikult täpne ega ühene mõiste. Tavaelus piisab kui soostuda, et

põlevkivi on kivim, mis õhkuivas olekus sütib tuletiku leegist.

Põlevkivist üldiselt

Põlevkivi leiukohti on teada enam kui 50 riigis, kaevandamisväärsed maardlaid on vaid mõningates, sh Eestis. 'Põlevkivi' on selle maarde leiupaiga esmarahva (eestlaste, indiaanlaste) keelend. Üldlevinud suurkeelsed nimetused: *горючий сланец*, *Brennschiefer* ehk põlev kilt ja *oil shale*, *Ölschiefer* ehk õlikilt ei ole täpsed. Kildad ja kiltjad on vaid mõned eriti savikad põlevkivid nagu meie graptoliitargilliit ja selle analoog Rootsisis – maarjaskilt (*alunskiffer*, tegelikult samuti argilliit). Põlevkivis ei ole ka õli nagu õlilivas, õli saab temast termilise töötlemisega – utmisega. Õli ehk tõrva saagis orgaanilisest ainest (üle 20%) on üks peamistest tunnustest, mille alusel see kivim teaduskirjanduses klassifitseeritakse põlevkiviks ja eristatakse teistest orgaanikasisaldusega biogeensetest põlevatest kivimitest – kaustobioliitidest, näiteks pruun-söest, millest vedelproduktide tootmine on keerukas ja kulukas.

Põlevkivi kasulik komponent on orgaaniline aine (= kerogeen¹). Kerogeeni kütteväärtus (= kütvus) on vahemikus 30...40 MJ/kg ja sõltub süsiniku, ve-

¹ kr *kēros* 'vaha', *genos* 'teke', põlevkivis sisalduv polümeerne aine, selle kivimi kasulik komponent.

siniku ja hapniku sisaldusest ning nende elementide omavahelisest suhtest. Põlevkivide kütvus on vahemikus 5...20 MJ/kg ja sõltub kerogeeni sisaldusest kivimis. Põlevkivi hinnatakse peamiselt selle järgi, kui suur osa kerogeenist muutub utmisel õliks (tõrvaks)¹. Õli saagis (= õliandvus) võib olla 20...75% kerogeenist. Üldiselt sõltub põlevkivi õliandvus kerogeeni elementaarkooslusest, kusjuures vesinikurikkast kerogeenist saab õli rohkem. Hapnik on kerogeeni kasutu osa, mis alandab õliandvust ja kütvust. Orgaanilise osa väävel, samuti kui põlevkivis pea alati sisalduv mineraalne väävel (enamasti püriidi näol), on kahjulik komponent.

Üldreeglina

kivim, mille orgaanilise komponendi õliandvus on alla 20% ei loeta põlevkiviks

Põlevkivi mineraalainest moodustavad suurema osa kasutatud komponendid (= ballastained) tingnimetusega savi- ja lubimineraalid või teisiti – terrigeensed ja karbonaatsed mineraalid. Vähese, kuid olulise osa moodustavad kahjulikud lisandid, peamiselt eelmainitud väävel, mida võib põlevkivis leida mitmete ühendite ja mineraalide näol. Alla 2% on väävlit USA Green Riveri ja Balti maardlate põlevkivis. Venemaa Volga levila põlevkivis on väävlit 6...8%. Määrav tähtsus on põlevkivi niiskusel, mis võib olla kuni 40%. Suure loodusliku vee sisaldusega põlevkivi, nagu näiteks Ukraina Boltiši

¹ Kirjanduses kasutatakse, sõltuvalt utmisprodukti viskoossusest, mõlemaid mõisteid (*oil / tar, масло / смола*); viskoossus sõltub kerogeeni omadustest.

maardlas, tuleb enne töötlemist kuivatada ja selleks kulub suur osa maardes peituvast energiast.

Töötlemise seisukohalt on maailmas kolm põlevkivide rühma:

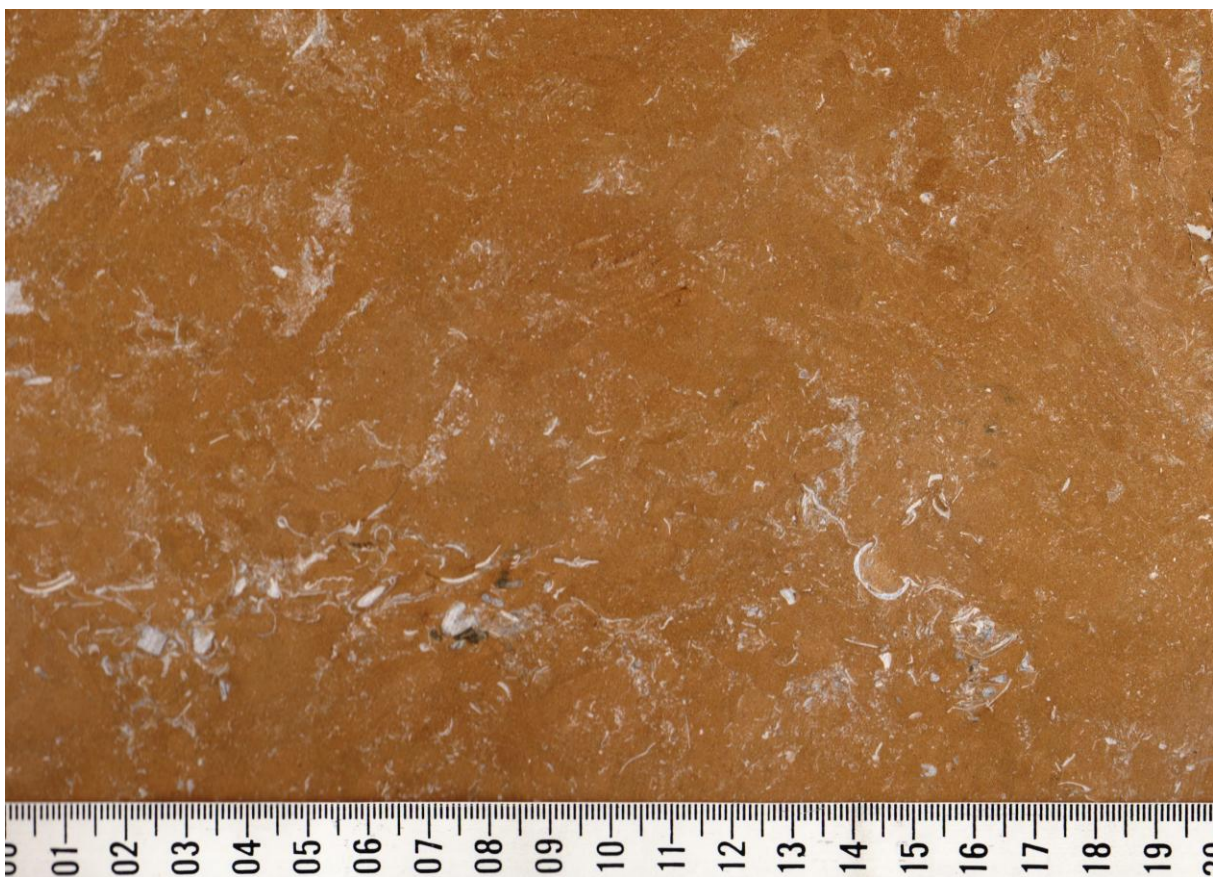
- **lubjakas põlevkivi**, mille ballastaines domineerivad (> 60%) lubimineraalid (kaltsiit, dolomiit); peale Balti levila kukersiidi kuulub siia rühma Iisraeli-Süüria-Jordaania levila põlevkivi;
- **mergeljas põlevkivi**, mille ballastaine koosneb enam-vähem võrdselt lubi- ja savimineraalidest; tuntumad on Württembergi (Saksamaa) ja Green Riveri (USA) maardlate põlevkivi;
- **savikas põlevkivi**, mille kasutu osa koosneb valdavalt (> 60%) terrigeensest materjalist; tüüpnäited on Eesti graptoliitargilliit (= savikivi), Rootsi maarjaskilt, Volga (Venemaa), Boltõši (Ukraina), Irarti ja Bariba (Brasiilia), Maomini (Hiina) ning Austraalia leiukohtade põlevkivi.

Lubjaka põlevkivi karbonaatmineraalide termilisel lagunemisel eraldub küll lisakogus kasvuhoonegaaside hulka kuuluvat süsihappegaasi, kuid samas protsessis seovad lubimineraalide laguproduktid suurema osa kahjulikust väävlis. Tänu sellele on lubjaka põlevkivi termilisel töötlemisel (eriti põletamisel) vääveldioksiidi eraldumine minimaalne. Savika ja väävlirikka põlevkivi töötlemine on võimalik vaid koos tõhusa väävlitöötusega. Näiteks Irarti põlevkivitööstuse oluliseks tooteks ongi väävel. Mõnedki savikad põlevkivid sisaldavad märkimisväärses koguses metalle, millest suurimat huvi pakuvad vanaadium, molübdeen, uraan ja veel mõned haruldased metallid.

Kukersiitpõlevkivi

Kui lähtuda eelpool toodud lihtmäärangust (süttib tuletikust), siis Eestis on vaid üks põlevkivi – kukersiit.

Kukersiit, kukersiitpõlevkivi, tavakeeles lihtsalt põlevkivi on Eesti tähtsaim maavara



Pilt 2.26 Lihvitud kukersiit

Kukersiit on ülemordoviitsiumi kõige alumise, Kukruse lademe settekivim. Meie teine orgaanikas kivim – alamordoviitsiumi kerogeenne **savikivi**, graptollitargilliit süttib vaid siis kui ise tahab.¹ Käesolevas õpikus käsitlemegi teda põlevkivina vaid üsna tinglikult.

Kukersiitpõlevkivi lasub Põhja-Eesti maapõues kuni meetripaksuste kihtidena, mida erinevad uurijad on kokku lugenud 30...50. Nimetus tuleb Kukruse mõisast, mille maadel teda kõigepealt uuriti ja kae-

¹ Silmas on peetud selle orgaanika- ja püriidirikka savikivi kalduvust isesüttimisele.

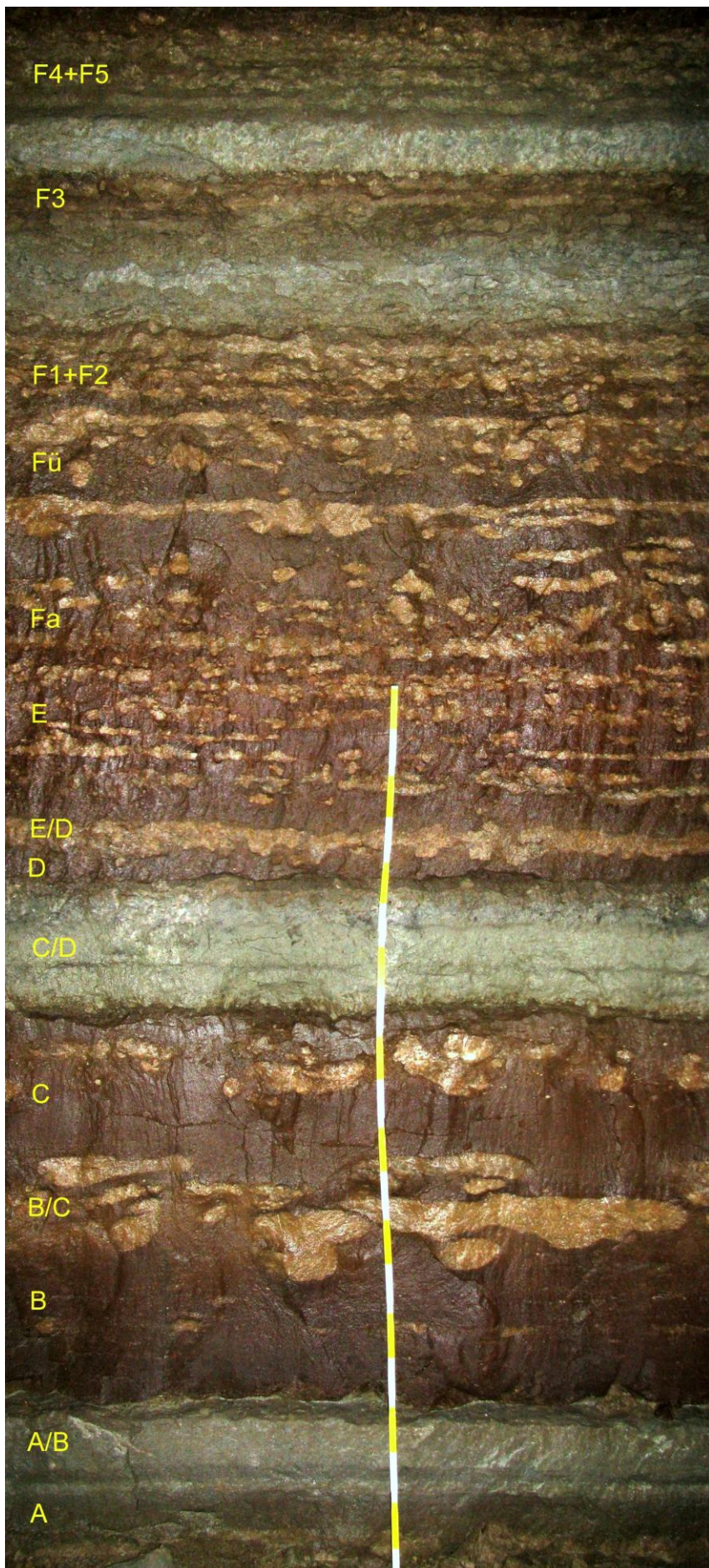
vandati. Sama mõis on andnud ka peamisi põlevkivikihte kandva Kukruse lademe nime.

Põlevkivi kihid moodustavad Balti levila, kuhu kuuluvad Eesti ja Leningradi (= Oudova) maardla ning Tapa, Veimarni ja Tšudovo-Babino leiukohad.

Kaevandamisväärseks loetakse Kukruse lademe kõige alumisi kihte. Eestis tähistatakse neid suurtähtedega A...F (Pilt 2.27). Need kihid lasuvad lähestikku, olles eraldatud suhteliselt õhukeste lubjakivi kihtidega, mida omakorda tähistatakse põlevkivikihtide tähekombinatsioonidega E/F...A/B või nimega: E/D (= Roosa paas), C/D (= Valge paas), A/B (= Sinine paas). Mõned põlevkivikihid jaotatakse alakihtideks. Nii tähistatakse F-kihi alumist osa indeksiga F_1 või F_a (F-alumine) ja ülemist osa F_2 või $F_ü$ (F-ülemine).¹ A-kihi ülemise osa (maardla kesk- ja lääneosas, kus ta eristub) indeks on A'.

A...F kihtide pakki, mille paksusmaksimumid on Kirde-Eestis, nimetatakse tootsaks kihindiks. Tootus kihind moodustab Eesti põlevkivimaardla. Kihindi põhjapoolne osa on jääaegadel ära murtud ja uhutud, mistõttu enamiku kihtide suurimat paksust näemegi avamusel. See lubab arvata, et suur osa kukersiidist on jääaegadel kaduma läinud.

¹ Tegelikult moodustavad E- ja F-kihid viiekihilise paki, millest kaks alumist alakihti moodustavad E-kihi ja kolm ülemist F-kihi. Geoloogilise uuringu aruannetest võib tuua näiteid, kuidas, kas tahtlikult või ebateadlikult, pole sellest kinni peetud. Selliste maavara varumise vigade või võltsingute tuvastamine matemaatilise statistika meetoditega on üks maavara varumise probleeme (vt [Eesti Mäendus II](http://digi.lib.ttu.ee/i/?163), <http://digi.lib.ttu.ee/i/?163>).



Pilt 2.27 Tootus kihind ja kihid selle kohal Estonia kaevanduses
Mõõtlati pikkus 2 m.

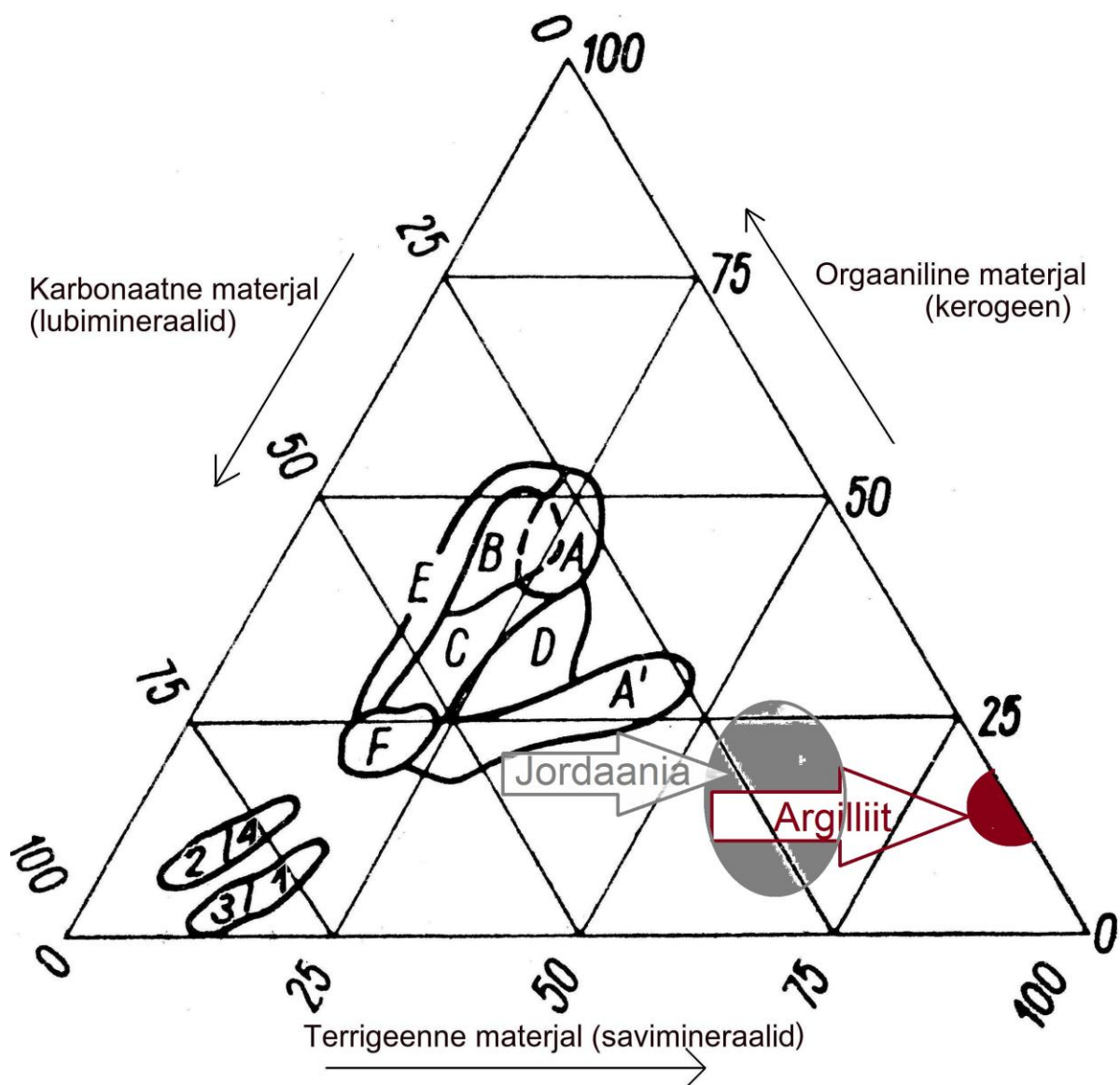
Tootus kihind ja selle kohal lasuvad G- ning H-kihid on kõige tusedamad Jõhvi kõrgustiku alal. Neist kõrgemal lasuvate kihtide tusedam osa ulatub Pandivere kõrgustiku poole. Alal, kus kihi paksus on suurim, on põlevkivis ka kõige rohkem kerogeeni.

Ülemised kihid G...P on õhukesed üksteisest eraldatud suhteliselt paksude paekihtidega. P-st kõrgemal olevad kihid on tähistatud alt üles Rooma numbritega I...VII ja moodustavad Tapa põlevkivileiupaiga. Kihi kõige tusedam osa on Tapa linna lähistel, millest ka leiupaiga nimi. Vaatamata suurele lasumissügavusele (140 m) ja madalale orgaanikasisaldusele (17%) peeti eelmise sajandi majandushinnangute kohaselt III põlevkivikihti tootsaks. Nüüdisajal ega prognoositavas tulevikus ei ole Tapa leiupaiga põlevkivi kaevandamisväärtus.

Kukersiit, nagu teisedki põlevkivid koosneb:

- orgaanilisest ainest ehk kerogeenist,
- karbonaatsest ainest ehk lubimineraalidest, peamiselt kaltsiidist,
- terrigeensest materjalist ehk savimineraalidest – kvartsist, hüdrovilkudest, päevakividest jmt.

Nende komponentide jaotumist eri kihtide kukersiidis kirjeldab kolmikdiagramm (Pilt 2.28).



Pilt 2.28 Tootsa põlevkivikihi kihtide mineraloogiline (kolmik)diagrammi ¹

Kukersiidis võib kerogeeni olla kuni 60%. Sellist kohtab üksikleidudena parimates, A-, B- ja E-kihis. Kõige vähem on kerogeeni A'- ja F_u-kihtides. Ka vahekihtide mineraalkoostis on erinev. Vahekihid on diagrammil tähistatud numbritega: 1 – A/B, 2 – B/C, 3 – C/D ja 4 – D/E. Nii kuuluvad vahekihid A/B ja C/D savika lubjakivi ning B/C ja D/E kerogeense lubjakivi klassi. Kerogeenne on ka vahekihtide E/F ja A/A' lubjakivi.

¹ Originaal – Sergei Baukov, 1955. Balti põlevkivide mahukaa-
lust (vene k.) Eesti NSV TA toimetised IV kd., nr 1, lk 65...76.

Põlevkivi kihid ei koosne ainult kukersiidist – kihtides peitub erineval määral suletisi, mille materjal on kerogeenne lubjakivi.

Kõigi tootsa kihindi komponentide – puhta põlevkivi (= kukersiidi), kihtides olevate suletiste ja kihtide vahel lasuva lubjakivi keskmised kvaliteeditunnused vt Tabel 2.7. Need tunnused määras mäeinsener Heino Sits statistilise analüüsi abil, kasutades tuhandeid analüüse, mis olid tehtud Eesti ja Oudova maardlate uuringul, ajal, kui kukersiit eraldati puursüdamikust käsitsi. Andmete usaldusväärsus on suurim Eesti maardla keskosas. Tabelis toodud mittepõleva osa mahumassi ja liittegiuri c otstarve saavad selgituse veidi hiljem.

Põlevkivi varu arvestust peetakse kihtide kaupa, kuid tootsas kihindis on puhtast kukersiidist ainult kihid A ja D. Teistes kihtides on suuremal või vähemal määral paekivist suletisi, milles kerogeeni on keskmiselt 8%. Sõltuvalt suletiste rohkusest varieerub ka põlevkivikihtide kütvus – mida enam on suletisi, seda madalam on kihi energiasisaldus.

Tabel 2.7 Põlevkivi kihtide keskmised kvaliteeditunnused Eesti maardla kaevandataval alal

Materjal	Kiht	Kütvus, Q		Kerogeeni sisaldus, K		Mitte-põleva osa mahu-mass d_m	Liitegur c vastavalt argumendi ühikule: kcal/kg - MJ/kg (GJ/t) - kerogeeni osalus			Mahu-mass, d
		kcal/kg	MJ/kg	osalus	%	t/m ³	kg/kcal	t/GJ	t/1	t/m ³
Kukersiit ehk "puhas põlevkivi"	F _ü	1600	6.67	0.19	18.9	2.55	0.00030	0.073	2.56	1.72
	F _a	2750	11.46	0.33	32.6	2.43	0.00022	0.053	1.88	1.51
	E	4200	17.51	0.50	49.7	2.41	0.00021	0.050	1.76	1.28
	D	2264	9.44	0.27	26.8	2.16	0.00016	0.039	1.37	1.59
	C	3400	14.17	0.40	40.2	2.42	0.00022	0.052	1.84	1.38
	B	4600	19.17	0.54	54.5	2.40	0.00021	0.049	1.73	1.22
	A'	1792	7.47	0.21	21.2	1.70	0.00011	0.025	0.88	1.42
	A	3628	15.12	0.43	42.9	2.16	0.00016	0.039	1.37	1.37
Suletis kihtides:	F, E, C, B	700	2.92	0.08	8.3	2.38	0.00019	0.046	1.61	2.10
Kerogeenne lubjakivi:	E/F, D/E, B/C, A/A'									
Savikas lubjakivi	C/D	150	0.63	0.02	1.8	2.53	0.00021	0.050	1.77	2.45
	A/B	300	1.25	0.04	3.6	2.38	0.00019	0.046	1.61	2.25

Põlevkivi kvaliteeti hinnatakse mitme tunnusega. Eestis ja Venemaal on peamiseks kütvus (Q), mis on põlevkivi massiühiku põletamisel saadava soojusenergia kogus. Mujal on levinum laboratoorne, nn *Fischeri* retordi abil määratav õliandvus (T), mis korreleerub põlevkivi utmisel massiühikust saadava õli kogusega.

Teimimisel määratakse kõik kvaliteeditunnused kuiva põlevkivi suhtes, kuid põlevkivi on alati niiske. Vett on nii looduslikus kivimis kui ka kaevisetükkide poorides ja tolmus tükkide pinnal ning vahel. Kaubastatava põlevkivi niiskus võib olla 10...14% ja selle võrra on suurem ka kauba mahumass.

Põlevkivi põletamisel ja termilisel töötlemisel kulub osa kerogeenis talletunud energiast kaevises oleva vee aurustamisele. Seepärast mõõdetakse kauba-põlevkivi kvaliteeti mitte ainult kütvusega vaid ka niiskuse sisaldusega (W). Müügitehingute jaoks on viidud sisse mõiste **töökütvus**, mis taandab põlevkivi kuivalt määratud kütvuse ja märjaks saanud kaubapõlevkivi niiskuse üheks arvuks.

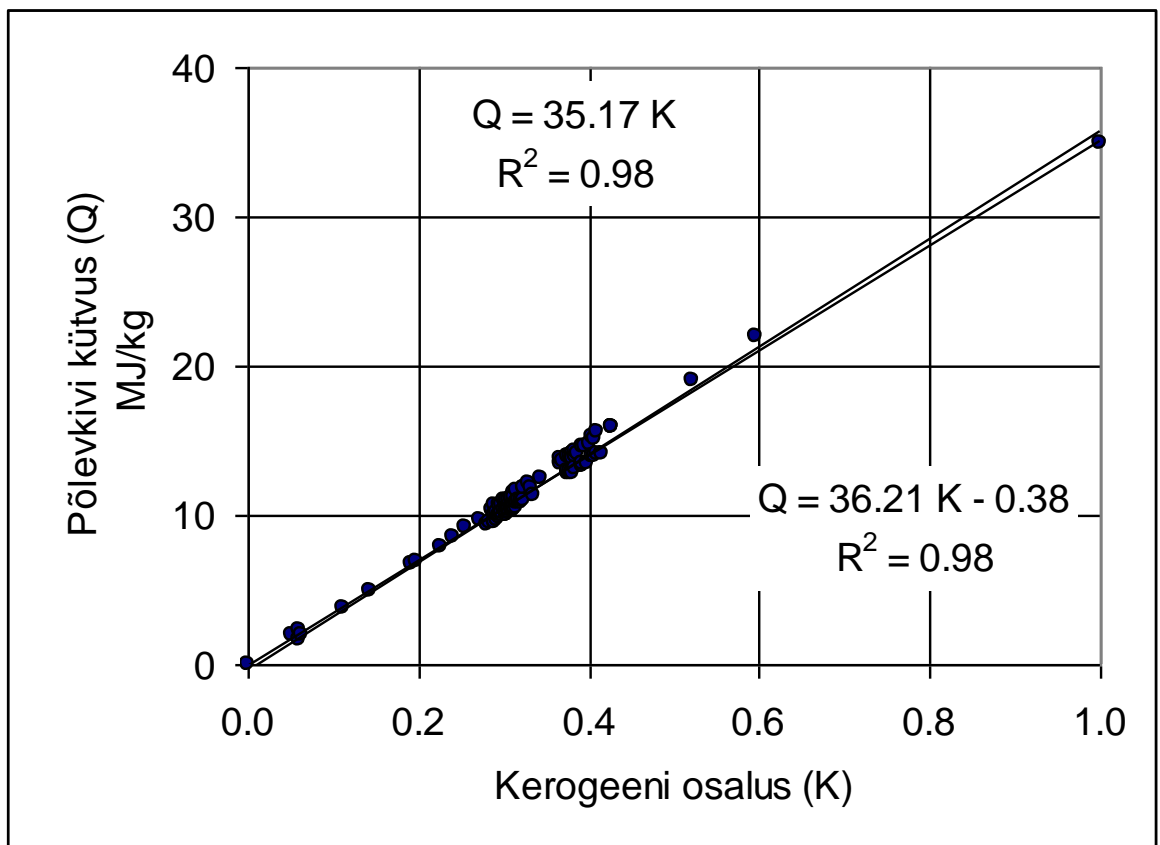
Kuiva põlevkivi kütvus ja õliandvus on võrdelised kerogeeni sisaldusega (Pilt 2.29). Kuna kerogeeni kütvus on 35 ± 3 MJ/kg, siis põlevkivi kütvuse valem on lihtne

$$Q = 35 K, \text{ MJ/kg}$$

kus K on kerogeeni osalus (100% =1).

Lihtne on ka õliandvuse valem

$$T = 65,5 K = 1,86 Q, \%$$



Pilt 2.29 Põlevkivikihindi komponentide kütvuse sõltuvus kerogeeni sisaldusest

Energeetilisi arvutusi tehes peab teadma, et kütuse ja õlitoorme karbonaatne komponent neelab lagunedes soojust, mistõttu põlevkivi kui kaevise efektiivne kütteväärus (= tõhus kütvus) on arvatust madalam¹. Efektiivse kütvuse arvutamisel võetakse lubjakivikihtide kütvusest² maha karbonaatide lagundamiseks kuluv soojust, mistõttu näiteks tolmkütmisel, kui karbonaadid lagunevad täielikult, tuleb kaevises sisalduva C/D kihi materjali kütvus võtta negatiivne: -1,2 MJ/kg ja A/B kihil -0,6 MJ/kg, mitte see, mis eelpool toodud (Tabel 2.7).

¹ Tegelikult on põlevkivi termilise lagunemise protsess märksa keerukam: peale karbonaatide lagunemise neelab soojust veel hüdraatvee eraldumine. Samas lisab soojust püriidi põlemine, kipsi moodustumine kaltsiidist ja väävlist, ning mingil määral ka kaltsiidi ühinemine silikaatidega.

² Kuna põlevkivikihindi lubjakivi sisaldab vähesel määral kerogeeni, siis sellisel lubjakivil on olemas ka teimitav kütvus.

Mõningase lihtsustusega võrdub iga põlevkivikihi keskmine kütvus (Q_{pk}) selle kihi kukersiidi ja kihi suletiste kütvuse kaalutud keskmisega

$$Q_{pk} = (Q_k m_k + Q_s m_s) / m,$$

kus Q_k on kukersiidi ja Q_s suletiste kütvus (Tabel 2.7), m_k on kukersiidi ja m_s suletiste massitootlus kihis, mille tootlus on m_{pk} .

Kaasajal määratakse ainult põlevkivikihi kütvus (Q_{pk}) ja paksus (h_{pk}), sest suletiste (h_s) paksuse määramine südamikus ei saa olla täpne. Kui kae- vandamise tehnoloogia projekteerimisel tuleb hin- nata kukersiidi kütvust ja rikastamisel separeerita- vate suletiste osalust, võetakse aluseks geoloogi- liste proovimiste tulemused ja Tabel 2.7 andmed ning arvutatakse esmalt igas kihis kukersiidi osa- paksus¹

$$h_k = h_{pk} (Q_{pk} d_{pk} - Q_s d_s) / (Q_k d_k - Q_s d_s)$$

ja suletiste osapaksus

$$h_s = h_{pk} - h_k.$$

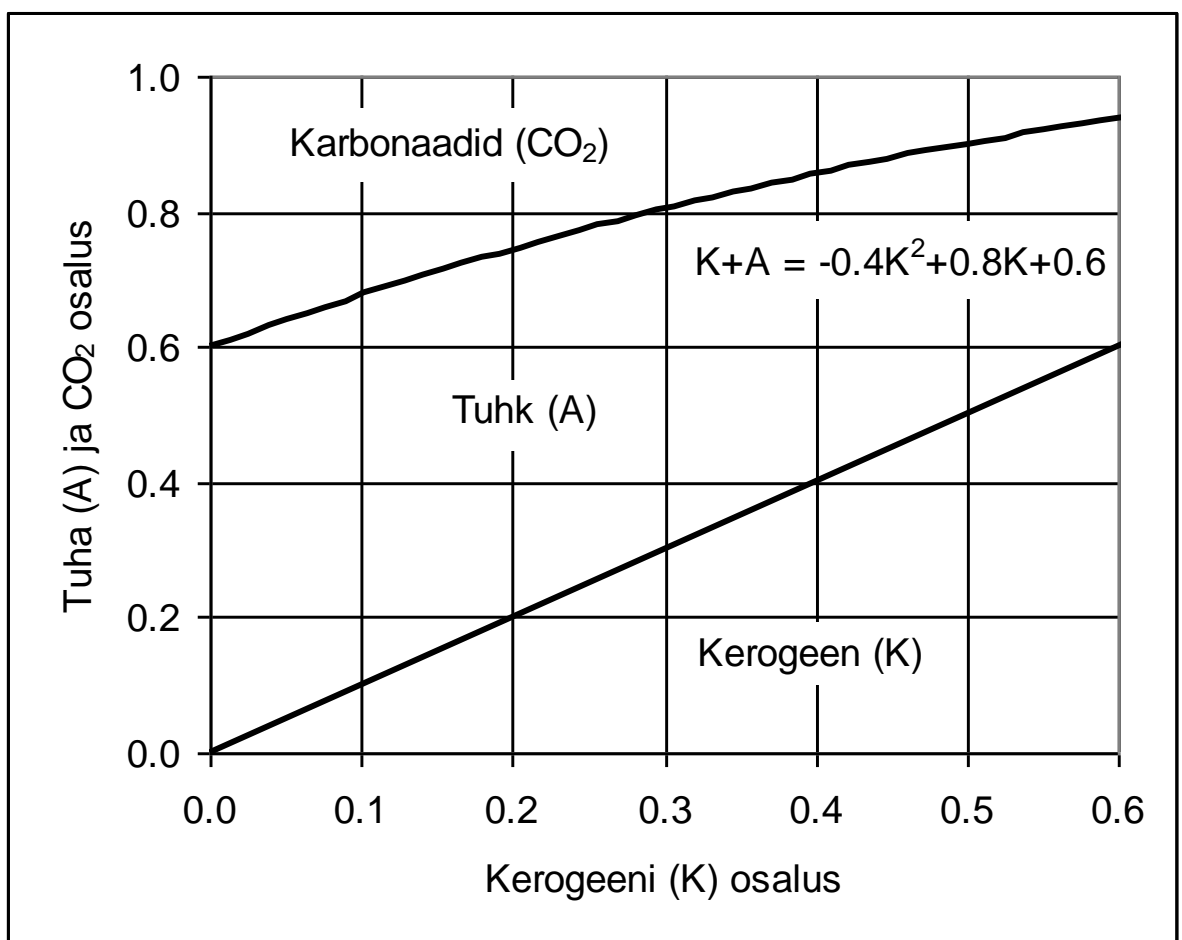
Valemites on h_{pk} geoloogilisel mõõdistamisel mää- ratud põlevkivi kogupaksus ja d_{pk} selle kihi materja- li (kukersiit + suletised) mahumass. Viimane kas määratakse laboratoorselt või arvutatakse kütvuse alusel (vt valemit edasises). d_s on suletiste mahu- mass (Tabel 2.7, viimane veerg). Nii leitud kuker- siidi ja suletiste osapaksuste h_k ja h_s abil saab edasi arvutada ja koostada rikastamise modellee- rimiseks vajalikke massi- ja energiabilansse.

Energeetilise kasutamise seisukohalt koosneb põ- levkivi kolmest (tehnilisest) komponendist (Pilt 2.30):

¹ Originaaltrükise vigane valem on siin parandatud.

- kerogeenist (K), mille osalus kihindis (kukersiit + suletised + lubjakivi) ja/või kukersiidis, lubjakivis ja suletistes võib olla vahemikus 0...60%,
- tuhast (A), mille moodustavad kvarts, saviaines ning karbonaatidest pärinevad kaltsiumi- ja magneesiumioksiidid,
- karbonaatide lagunemisel eralduvast süsihappegaasist (CO_2).¹

Kuigi diagramm pildil on lihtsustatud, piisab sellest enamike arvutuste tegemiseks. Peamine – diagramm näitab, et kõrgema kvaliteediga põlevkivi-kütuse kasutamisel väheneb ärastatava tuha ja atmosfääri paisatava CO_2 kogus.



Pilt 2.30 Põlevkivi koostise "tehniline" diagramm

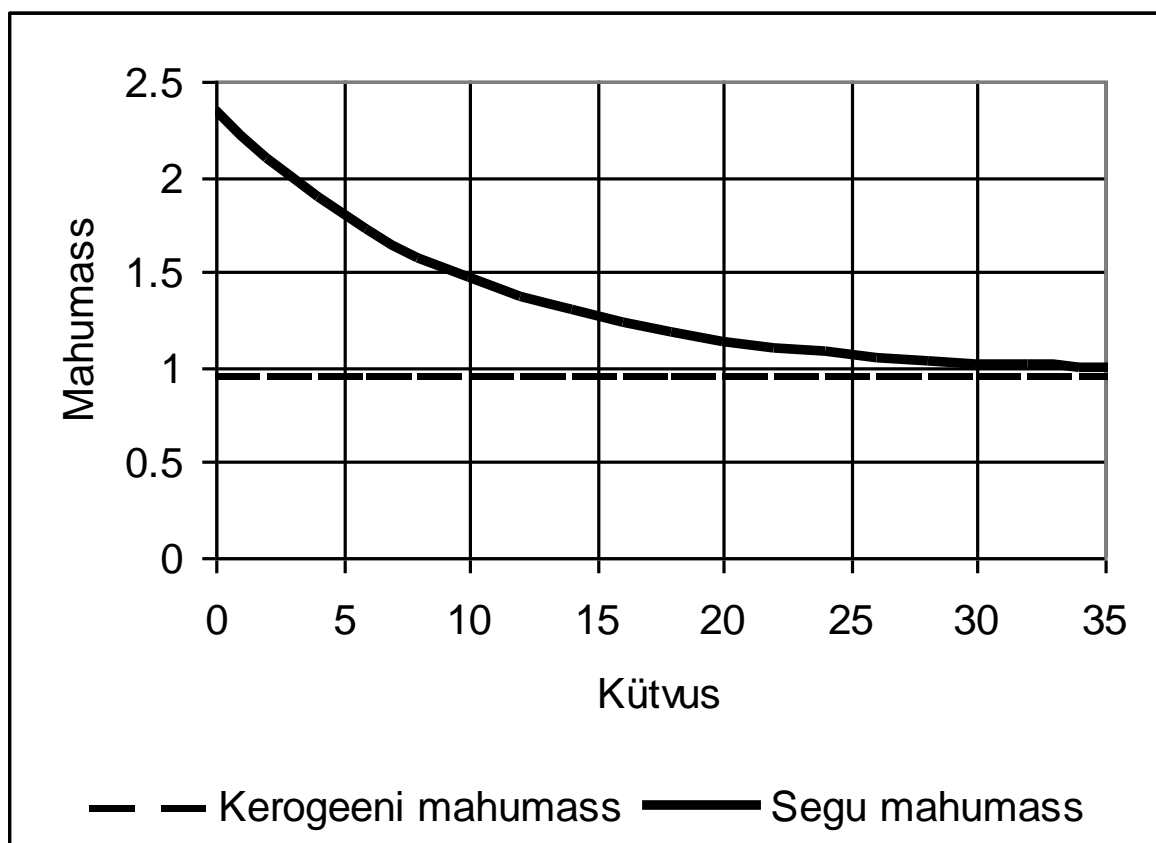
¹ Karbonaatide lagunemisel eralduv CO_2 lisandub kerogeeni süsinikust tekkivale süsihappegaasile. Süsinik võtab hapniku õhust, ja nii emiteerib tonn põlevkivikütust kokku tonni süsihappegaasi.

Paljude arvutuste jaoks on vaja teada põlevkivi kuivainese mahumassi.¹ Põlevkivi kolmest komponendist on kerogeen märksa kergem kui mineraalsed savi- ja lubiaines. Seepärast sõltub põlevkivi mahumass otseselt kerogeeni sisaldusest ja kaudselt selle mõõdikust – kütvusest. Mida enam on kivimis kerogeeni, seda kergem ta on. Seda omadust kasutatakse põlevkivikaevise separeerimiseks – raskesse vedelikku puistatud paekivi upub ja kergemad kivitükid tõusevad pinnale. Mida kergem on rikastamisvedelik, seda suurem osa kaevisest upub ja seda kõrgema kütvusega on see osa, mis vedeliku pealt kaubaks riisutakse.

Loogiliselt peaks 0-kütvusega kaevisese mahumass võrduma mittepõleva osa – vahekihtidest ja suletist pärineva materjali mahumassiga ja ideaalselt puhta põlevkivi mahumass peaks olema võrdne kerogeeni mahumassiga (Pilt 2.31).

Diagrammil on ülikõrge kütvusega, st ainult kerogeenist koosneva kukersiidi mahumass arvutuste alusel saadud $0,95 \text{ t/m}^3$ ja mittepõleva osa mahumass on tinglikult $2,35 \text{ t/m}^3$. Kuigi kütvuse ühikud on skeemil aimatavalt MJ/kg (GJ/t), võib abstsissil (argumendiks) olla ka muu kvaliteeditunnus, näiteks endise ühikuga kütvus (kcal/kg), kerogeeni sisaldus või õli saagikus.

¹ Kõik tehted põlevkivi ja põlevkivikihi kütvuse, tootluse jt parameetritega sooritatakse kuiva ainese suhtes, sest loodusliku põlevkivi niiskus, ja seda enam kauba niiskus, pole püsivad.



Pilt 2.31 Põlevkivikaevise mahumassi valemi põhimõtteline seos.

Pilt 2.31 Mahumassi valem on:

$$d = d_m / ((d_m / d_{ke} - 1) Q / Q_{ke} + 1), t/m^3,$$

kus Q – on selle materjali kütvus, mille mahumassi määratakse, d_m – mittepõleva aine mahumass, d_{ke} – kerogeeni mahumass ja Q_{ke} – kerogeeni kütvus. Sama valem lihtsustatult

$$d = d_m / (c Q + 1), t/m^3..$$

Lihtsustatud valemis on liittegur c , mille võib avaldada mitmel moel, sõltuvalt argumendist (Q või K) ja selle ühikust (kcal/kg või MJ/kg = GJ/t)

$$c = (d_m / d_{ke} - 1) / Q_{ke} = (d_m / d_{ke} - 1) / K,$$

kus K on kerogeeni osalus segus (kaevises, põlevkivis).

Mittepõleva osa mineraalkooslus on kihiti erinev. Seetõttu on ka mittepõleva aine mahumass d_m ning valemis esinev liittegur c iga kihi jaoks ainuomane. Nende tegurite väärtused eri kihtide ja ki-

hindi osade jaoks olidki eelpool toodud (Tabel 2.7). Tollest tabelist torkab silma, et põlevkivi kasutu komponendi savika materjali mahumass on lubi-materjalil mahumassist väiksem.¹

Viimasel ajal maavara varumisel põlevkivi mahumassi enam ei määrata vaid arvutatakse kütvuse alusel. See on täpsem kui laboratoorne määramine. Kahjuks võtsid geoloogid kasutusse lihtsustatud meetoodika, mis ei arvestata põlevkivikihtide mineraalosa erinevust. Seetõttu on maavarana arvel oleva põlevkivikihi kütvus ja energiatootlus osutunud 7...11% tegelikust kõrgemaks. Suurem lahknevus ilmneb kõrgema kvaliteediga varu puhul.

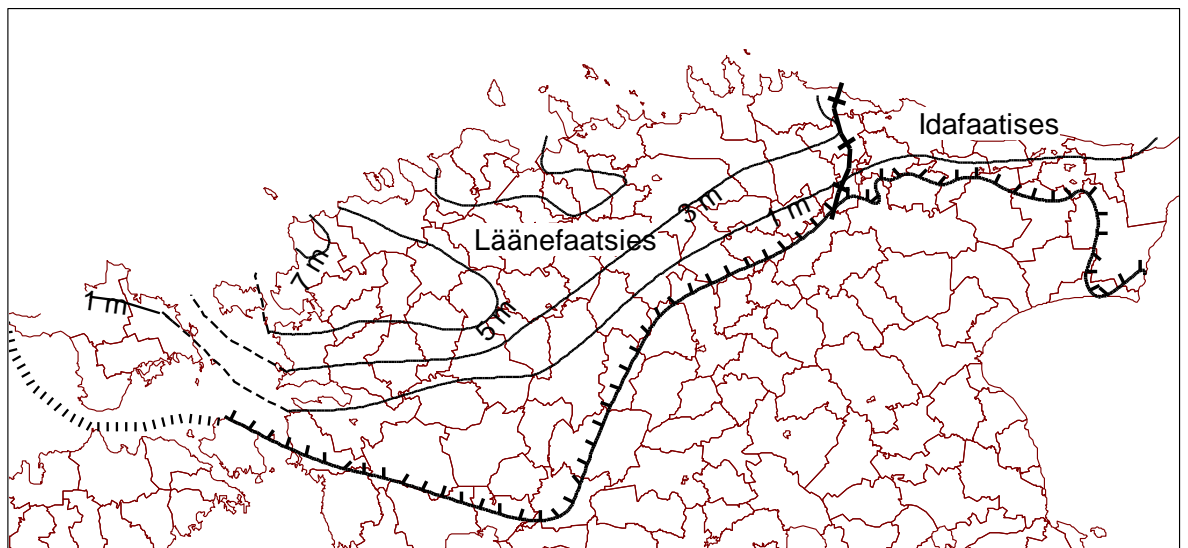
Graptoliitargilliit

on alamordoviitsiumi kerogeenne savikivi, varasemate nimevariantidega: diktüoneemaargilliit ja/või diktüoneemakilt.

Kivim sisaldab 12...17% kerogeeni, mille õliandvus on $\approx 20\%$. Seega on graptoliitargilliidi põlevkiviks nimetamine üsna tinglik. Kivimi teaduslik nimetus on tuletatud fossiilsetest graptoliitidest *Rhabdinopora flabelliforme* (Eichwald), mida varem nimetati *Dictyonema flabelliforme*. Eestis eristub kaks erineva kivimkoostisega savikivi lasundit (= faatsiest). Lääne pool Haljala-Rakvere joont on laialdase levikuga kuni 7 m paksune, ühtlaseilmeline läänefaatsies (Pakerordi lade) ja ida pool väiksema levikuga ning õhem, kuni 3 m paksune, kirjuilmeline idafaatsies (Varangu lade).

¹ Savi ja pae mahumasside erinevus peaks olema meeles neid kivimeid käsitletavatest punktidest eelpool.

Huvitav on märkida, et idafaatsieses ei ole leitud ühtegi sellele savikivile nime andnud *Dictyonema* perekonna graptoliiti.



Pilt 2.32 Graptoliitargillidi levila ¹

Lasundid avanevad klindis. Lõuna pool on nad jälgitavad maapõues kuni suidumiseni 200 m sügavusel. Läänefaatsies on kõige tusedam Läänemaal Haapsalu-Risti ümbruses, idafaatsies on suurima paksusega Jõhvi kõrgustiku all ja Sillamäel. Idafaatsies on graptoliidifauna poolest lähedane Skandinaaviamaade Varangu lademe argilliidile (*Alum shale*).

¹ Arno-Toomas Pihlak, Oleg Morozov, 1999. Diktüoneemaargilliidi koostis ja süttimisohk Põhja-Eestis (vene k). Oil Shale Vol 16, No 4 Special, 478...507.



Pilt 2.33 Läänefaatsise graptoliitargilliidi näidis ... ja vundamendisüvendist väljatud kaevis enne matmist Tallinnas, Priisle asumis:



N 59°26'58,5"; E 24°53'19,2"; 30.09.2015

Graptoliitargilliidi mahumass, sõltuvalt püriidi sisaldusest on 1,5...2,1 t/m³. Sillamäe uraanikaevanduse (1949...52) geoloogiateenistuse andmeil oli nende kaeveväljal looduslikult niiske savikivi mahumass maavara varumise andmeil 1,85 t/m³, kuid kaevanduses tehtud mõõtmisel 2,09 t/m³.

Nii lääne- kui idafaatsiese puhas graptoliitargilliit koosneb enamasti peliidi osakestest. Kui selle savikivi kerogeenisisaldus on põlevkiviga võrreldes madal, siis püriidi sisaldus kõrge, kuni 9%.

Idafaatsiese savikivil on märkimist vääriv raskete metallide uraani (U), molübdeeni (Mo) ja vanaadiumi (V) sisaldus (Tabel 2.1). Siiski on see järk madalam vastavate maakide piirsisaldusest. Sillamäe uraanikaevanduse geoloogiateenistuse andmeil oli nende kaeveväljal uraani sisaldus 0,036% ehk 360 g/t. Uraani otsingul on leitud Jõhvi kõrgustiku all suuremaidki sisaldusi, kuid mitte üle 600 g/t. Kaevandamisväärsel maagil peaks see olema kümme korda kõrgem.

Graptoliitargilliit on maavaradega tegelevates ringkondades huvi äratanud kolmel põhjusel:

- teda on käsitletud kui põlevkivi, mis võiks osutada energeetiliseks toormeks pärast kukersiidi ammendumist; nõukogude majanduskorra ajal, kui ressursside mahtusid hinnati üle, märgiti selle savikivi prognoosvaruks 60 mlrd t;
- tuumaenergeetika algusaastail kaevandati Rootsis Randstadis ja Eestis Sillamäel argilliit uraani hankimiseks;
- püriidi- ja orgaanikasisalduse tõttu on kobestatud argilliit isesüttiv ning see tekitas Maardu fosforiidikarjääris, kus see savikivi oli katendis, raskeid keskkonnaprobleeme.

Tabel 2.1 Kerogeeni, väävli ja metallide sisaldus Toolse uuringuala graptoliitargilliidis

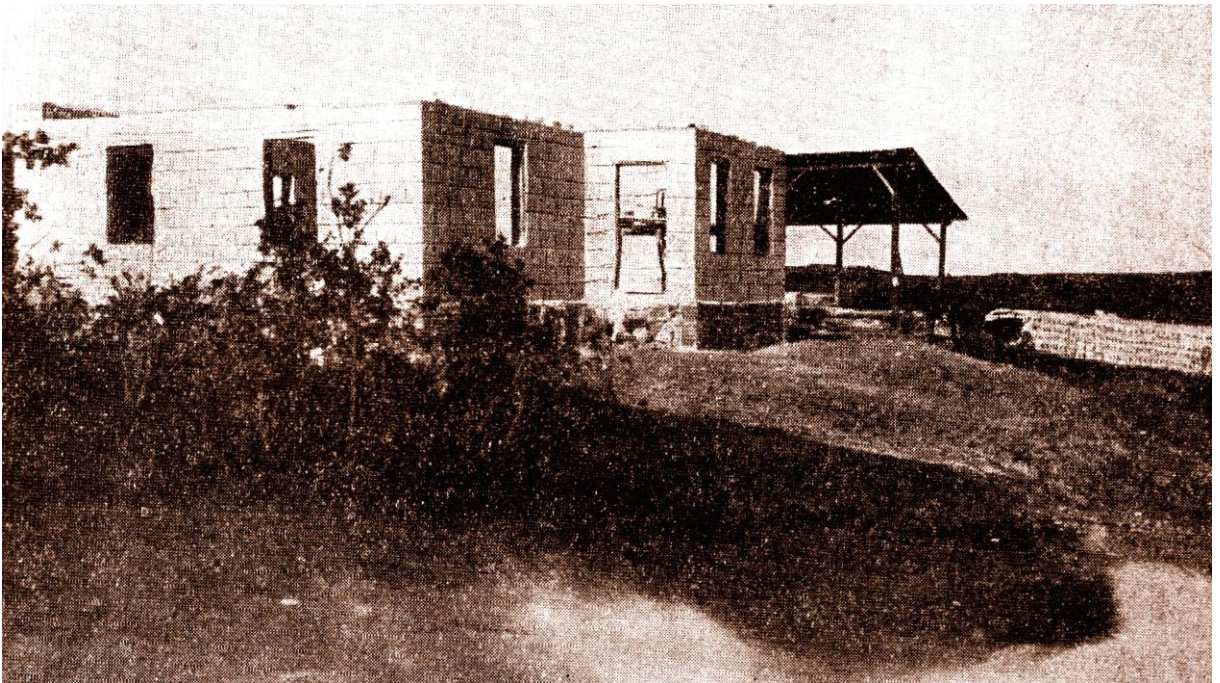
Kiht	Materjal	Paksus, m	Kerogeeni sisaldus, %	Väävli sisaldus, %	Metallide sisaldus, g / t		
					Molübdeen	Vanaadium	Uraan
D	Savikivi	0,15	13,6	4,4	100	450	55
C	Liiva-savikivi püriidiga	0,05	3,6	13,7	80	25	30
B	Savikivi liivakivi- ja püriidisuletistega	0,9	12,7	5,4	390	90	225
A	Savikivi liivakivisuletistega	0,3	14,2	6,3	560	1180	
Kokku / keskmiselt (ligikaudu)		1,4	13	5,8	380	360	200

Kunstimuuseumi ehitamisel Tallinnas 2003. tuli süvendist väljata mitmesuguseid kivimeid, nende seas paekivi ja graptoliitargilliiti. Sisuliselt ja õiguslikult oli tegu ehitusjäägiga. Paekivi kasutamisega probleeme ei tekkinud – see töödeldi lähedase karjääri purusteis ehituskillustikuks. Raskem oli graptoliitargilliidiga, mida isesüttimisohu tõttu peeti ohtlikuks jätteks. Teatakse ka, et see kivim sisaldab raskemetalle. Vähem teatakse, et raskemetallide ohtlik sisaldus on omane selle savikivi levila idaosas, mitte Tallinnas. Kumu ehitajatelt nõuti, et seda tülikat kivimit tuleb käidelda kui ohtlikku jäädet. See tõstis ehituskulu. Kumu süvendit rajava ettevõtte tehniline juht, mäeinsener Heini Viilup üritas savikivi käidelda põlevkivina – müüa see põletamiseks Narva elektrijaama. Arvutused näitasid, et põletamisest saadav soojushulk oleks korvanud veokulu ja andnud isegi veidi kasu. Kaevis kogus oleks olnud elektrijaama põhikütuse – kukersiitpõlevkivi massiga võrreldes tühine, mistõttu põletamisel probleeme poleks tekkinud. Ka savikivis leiduvad metallid poleks tekitanud ohtu, sest oleksid kivinenud tuhapanilas. Kuid mäeinseneride ratsionaalne plaan jäi teostamata, sest elektrijaama juhtkond ei riskinud äratada üldsuse tähelepanu, millega oleks kaasnenud pikk ja kulukas protseduur tõestamiseks kahe põlevkivi koospõletamise ohutust. Kuid kindlasti oli määrav ka see, et keskkonnatundlike inimeste reaktsiooni oleksid hakanud suunama need isikud, kelle käes on ohtlike jäätmete matmise äri ja kellele savikivi matmine kasu tõi.

2.4. Poolkaljused maarded

2.4.1. Allikalubi ehk kobekivi

Kobekiviks nimetas allikalupja (= lubituffi, travertiini) Artur Luha.¹ Eesti Vabariigi kaubandus- ja tööstusministeeriumi mäeosakonna poolt teostatud tulekindlate savide otsingul kahekümnendatel aastatel tuli ette, et kohas kus rahvas teadis olevat halli või valget savi, leiti setendit, mis ei „põle ega sulata“, näiteks Rõuges.² See oli allikalubi.



Pilt 2.34 Kobekivist katsemaja Irboska vallas Brodi külas

Allikas – Eesti III, Setumaa, Trt, EKS, 1928, lk 206.
Foto Kalamees.

Allikalubja leiukohti on Eestis mitmeid. Suurimad on teada Setomaal, näiteks Tobrovas, kuni 3 m

¹ Artur Luha. 1935. Allikalubi ehk kobekivi, Loodusevaatleja, nr 6, lk 162...165.

² Armin Öpik, Edgar Krusenberga, 1928. Aruanne savide uurimisest Võrumaal. Kaubandus-tööstusministeeriumi mäeosakond.

paksuse lasundina. Sealt on teda ammutatud põldude lupjamiseks.¹

Käesolevas on peetud vajalikuks sellel maardel peatuda veel seepärast, et näidata, kuidas piisavalt kõvastunud allikalupja on kasutatud mineraalse loodusliku ehitusmaterjalina (Pilt 2.34). Kuna kobekivi moodustas üsna suure lasundi, võis sellest lõigata ehitusplokke ja laduda neist seina nii, nagu seda praegu tehakse tehiskiviplokkidest.

Ajalooliste ehitiste seintes võib allikalubjast detaile näha Viljandi ordulossis.²

2.4.2. Kips

Kahe maailmasõja vahel oli kips (tollases kirjapildis 'gips') tähtsuse poolest Eesti teine maavara. Puánt on selles, et mäeseaduse järgi oli kips maavara, nagu ka põlevkivi, fosforiit, tulekindel savi ja muud tuntumad maarded. Samal ajal lubjakivi, turvas ja tellisesavi, rääkimata liivast ning kruusast, mida kaevandati ja kasutati kõikjal ja palju, ei kuulunud maavarade ametlikku nimistusse.

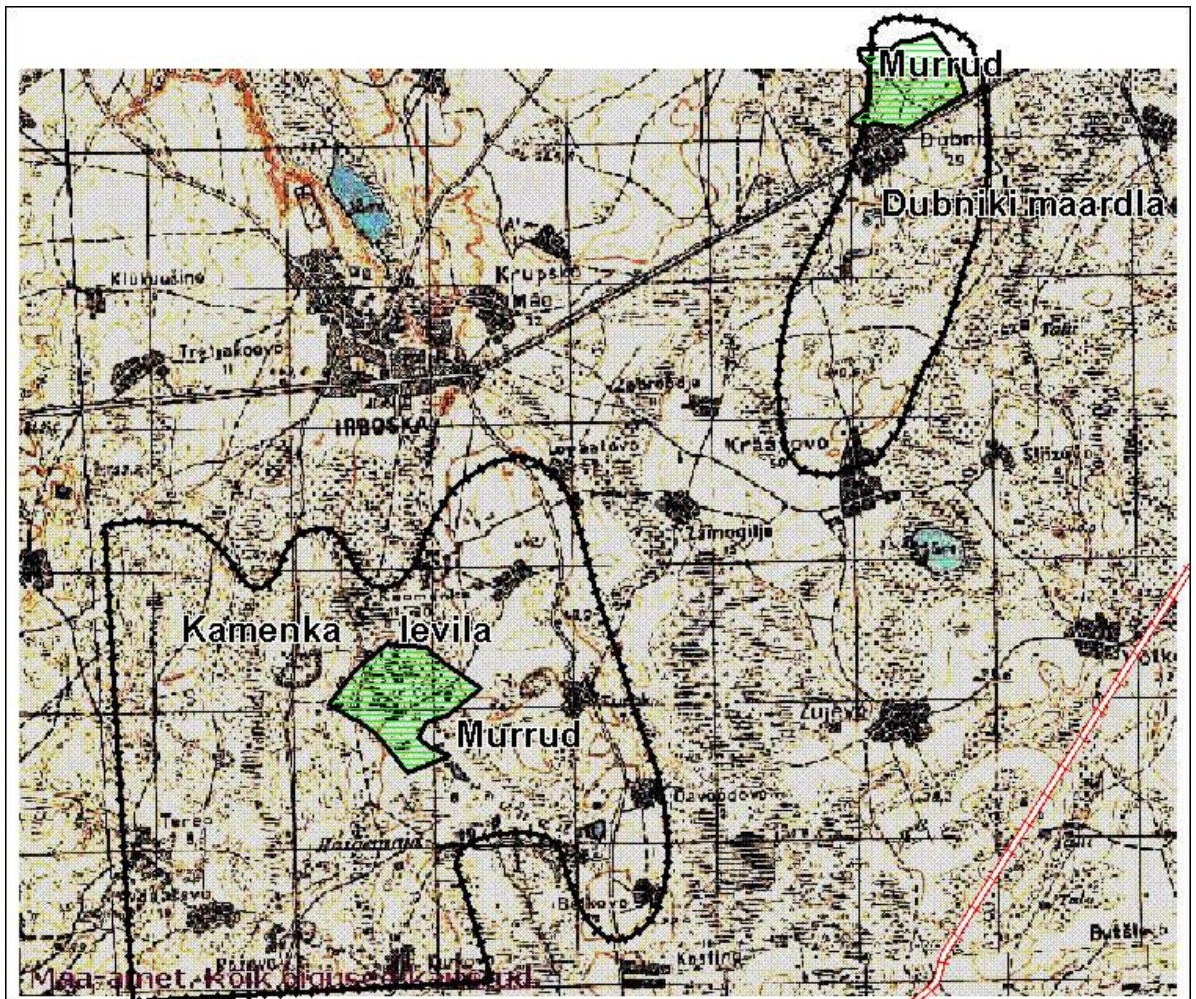
Kipsi ja kipsitoodete müügist saadav kasu, eriti tulu ekspordist, näiteks Soome, oli märkimisväärne.

Kipsi levilas Petserimaa idaosas, ajaloolisel slaavi asustusosal Vana-Irboskast lõuna pool olid Kamenka ja ida pool Dubniki murrud. Kipsi oli hakatud Irboskas murdma juba pärast Peterburi-Riia raudtee ehitamist ja seal oli Tsaari-Venemaa pealinnale lähim kipsitööstus. 1926...29. uuris kipsi levikut mäeinsener Jaan Reinald ja defineeris tänases mõistes Dubniki maardla ning Kamenka levila

¹ Ain Põldvere, 2004. Kagu-Eesti rikas põu, Eesti Loodus, erinumber 2004, lk 6...13.

² Helle Perens, 2003,. Paekivi Eesti ehituses I, EGK, Tln, 132 lk

(Pilt 2.35). Kipsi varu hinnati kaheksal ruutkilomeetril kuni 30 mln t.



Pilt 2.35 Irboska kipsilevila ajaloolisel kaardil
Märgitud on peamised murrud ja mäeinsener Jaan Reinvaldi poolt uuritud alad.

2.4.3. Liivakivi

on tsementeerunud liivast moodustunud settekivim. Eesti liivakivid ei ole kunagi lasunud sügavamal kui 2 km, mistõttu neid ei ole mõjutanud ei suur surve ega kõrge temperatuur. Seetõttu on nad üsna pudedad, vähetsementeerunud. Selline liivakivi ei sobi ehituskiviks.¹ Maavarade hulka kuu-

¹ Harvadel juhtudel, parema puudumisel on liivakivi tugevamaid erimeid ehituskiviks kasutatud. Näiteks Ruhnu saarel trepiastmeteks, alusmüüriks, ahjupõrandaks jmt. Rudolf Puustusmaa, 1971. Geoloogina Ruhnul, Eesti Loodus, 1, 21...26.

lub meil kaks liivakivi erimit – oobolusliivakivi ehk **fosforiit** ja **klaasiliivakivi** ehk klaasiliiv.

Glaukoniitliivakivi, mille vastu on mõnikord huvi tuntud, peamiselt selle kivimi rohelise nimimineraali tõttu, pole kunagi kaevandamisväärne olnud. Lasnamäe nõlval ilmutab ta ehitiste vundamendisüvendis. (N 59°27'10,07"; E 24°53'17,35", 18.11.2006).



Maarahvas on leidnud liivakivis kihte, millest sai teha luiskusid (tahkusid). Tahk peab olema tugev, st hästi tsementeerunud ja abrasiivne, mille tagavad teravaservalised puhta kvartsi terakesed¹. Häid tahke sai devoni Narva lademe liivakivist Tahkurannas, millest ka kohanimi. Käiasid ja tahke on maarahvas teinud ka kambriumi Tiskre kihistu liivakivist Mallas ja Rannamõisas². Purtse luisuveskist kirjutab Veedi Penek³. Enamasti oli aga tahukivi (luisukivi, kõvasi, käiakivi) siiski toodud Rootsist, Ojamaalt (Pilt 2.36).

Devoni punasest liivakivist murenenud liiva on maarahvas võtnud ja kasutanud hauaplatside kat-

¹ Kvartsi kõvadus Mohsi skaalas on 7 = 1120 kg/mm².

² Koguteos Eesti. Maa, rahvas, kultuur, Trt, 1926, Haridusministeeriumi kirjastus, 1255 lk, lk 523.

³ Veedi Penek. Kui töötab luisuveski. Padaorust Viru mereni. Viru-Nigula kihelkonna kirjanduslik-kodulooline antoloogia. Viru-Nigula ja Tallinn, 1994, 104...106.

tekihiks. Mõned võtukohad on kohalikule rahvale hästi teada ja pidevas kasutuses. Isegi ehitusliivana on liivakivi pudedamad erimid siin-seal kasutusel.¹ Tartu Aruküla koopaid, mis on uuristatud valgesse liivakivisse, on peetud liiva võtukohaks. Pole siiski selge, milleks seda muistses Tartus kasutati, kas põrandate katmiseks, küürimisvahendiks või klaasi sulatamiseks.



Pilt 2.36 Gotlandi käi Rock-al-Mare Vabaõhumuuseumis

Fosforiit

on ooboluskarbikeste² (= lingulaatide) tükikestest rikas liivakivi erim alamordoviitsiumi Pakerordi lademes.

¹ Devoni liivakivi kasutamisel tekib juriidiline määramatus, sest oma ennejäaaegse tekke tõttu on ta aluspõhja maavara ja kuulub riigile, ent paljandis kivimist irdununa võib seda käsitleda maaomanikule kuuluvana.

² Käsijalgsete lingulaatide traditsiooniline nimevorm.



Pilt 2.37 Oobolusliivakivi Ülgase suletud fosforiidi-kaevanduses

N 59°29'16"; E 25°05'23" (15 m sügavusel maa all)
Merelained on lingulaatide karpide purru ürgses rannavööndis läätsjateks kihtideks kuhjanud, mistõttu karbikestest moodustuv tootus lasund on üsna ebakorrapärase ehitusega, „rahutu“. Karbikesed, nende tükikesed ja purd, koosneb frankoliidist (fluorkarbonaatapatiidist), milles on tööstust huvitavat kasulikku komponenti P_2O_5 umbes 35%, mõningail andmeil ka kuni 38%. Ülejäänud kivim koosneb nõrgalt tsementeerunud liivast, millest karbikesi on suhteliselt lihtne eraldada. Nii on fosforiidi kasuliku ainese, P_2O_5 , kandjaks ehk rikastamise mõistes tuumaineseks¹ lingulaatide karbikes-

¹ Tuumaines on osa kaevisest, kasuliku komponendi peamine kandja, see, mis rikastamisel vabastatakse kasutust osast: sõelutakse välja, separeeritakse, kontsentreeritakse. Põlevkiv tuumaines on kukersiit, maakidel metallimineraalid, fosforiidil

te purd ning kasutuks aineseks liiv. Kahjulikud ained on magneesium (MgO), mille kandjaks on dolomiitne tsement ja raud (Fe_2O_3), mis tuleb püriidist.. Fosforiidi kasuliku ainese (a) sisaldus on lihtmeetodil arvutatav

$$a = 0,35 b,$$

kus b on karbikeste purru osalus kivimis. Näiteks lingulaatiderikkas erimis (= konglomeraadis), kus liiva ja karbipurdu on peaaegu võrdselt, on fosforiidi kasuliku ainese sisaldus

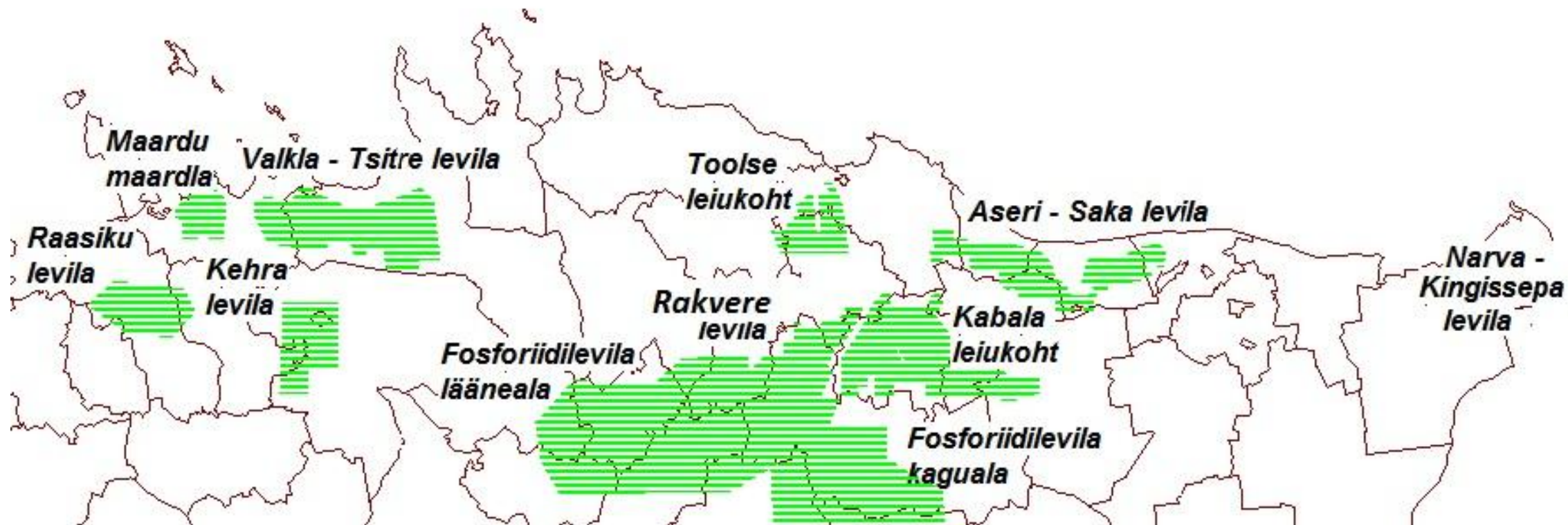
$$P_2O_5 = 0,35 \times 0,5 = 0,17 \text{ ehk } 17\%.$$

Heaks toormeks loetakse liivakivi, milles karbipurru sisaldus ületab 60%.

Karbikesi kandvat liiva ja liivakivi leidub kogu Eesti maapõues, välja arvatud suhteliselt kitsas vöönd Sõrvest Mustveeni. Kaevandamiseks sobivas sügavuses on seda vaid Põhja-Eestis, pankrannikust lõuna suunas. Õhukesed¹, kuni meetripaksused lasundid on Tallinnast idas Maardus, Valklas, Tsitres. Keskmise paksusega, kuni kolme meetrine lade on Kundast lõunas, Toolse leiukohas. Väga paks, kuni kümne meetrine kihind on Rakverest kagus, Kabala leiukohas. Ida-Virumaa põhjaosas kuni Narvani on lasund keskmise paksusega. Narva jõe taga jätkub fosforiidi levila ida suunas, kus Kingisepa (endine Jamburg) maardlas seda käesoleva sajandini kaevandatati ja töödeldi.

lingulaatide karbikeste purd (Mäemajandus, digiteavik 2008 – <http://digi.lib.ttu.ee/i/?164>).

¹ Tootsa lasundi (kihi, kihindi, soone) paksuse klassifitseerimise aluseks on inimese kasv; traditsioon pärineb allmaakaevandamiselt, mistõttu õhukesteks peetakse lasundeid, milles inimene ei mahu püsti olema ja paksudeks neid, mida peab mitme astmega raimama.



Pilt 2.38 Fosforiidilevilad Põhja-Eestis

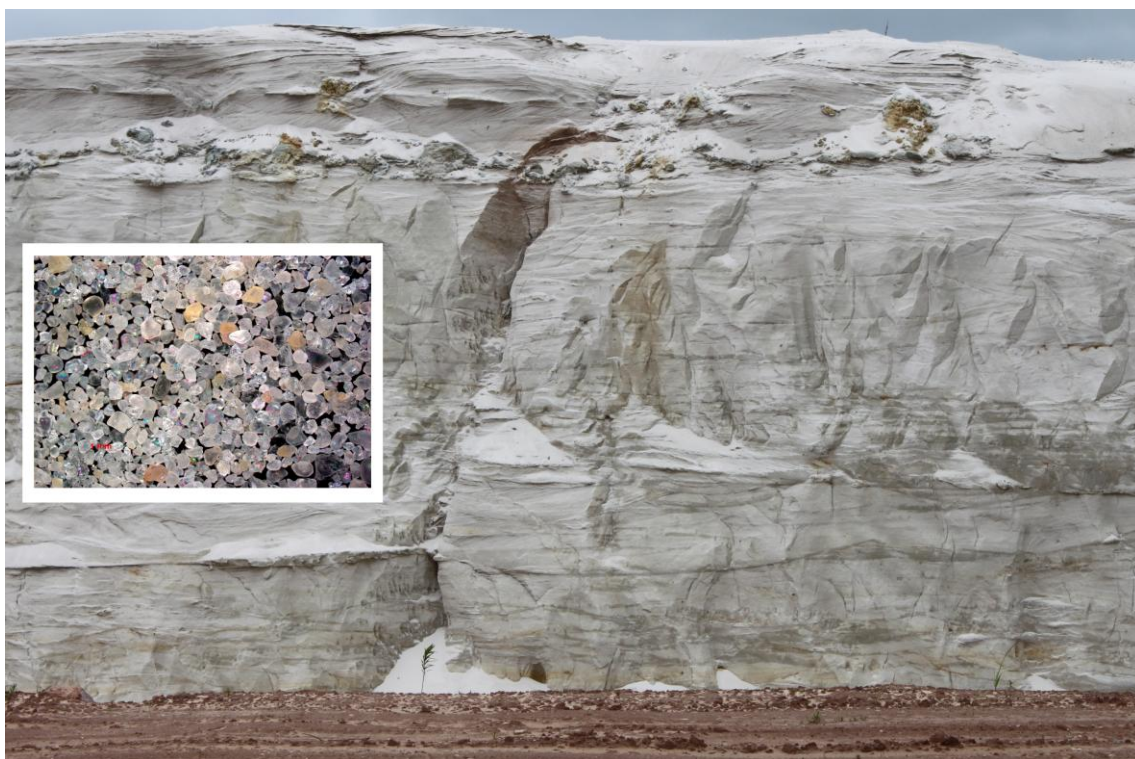
Tehnoliiv

Klaasi toormeks sobivas liivas peab olema kasuliku komponenti, kvartsi (SiO_2) vähemalt 98%. Kahjulike lisandite, eelkõige rauaühendite sisaldus peab olema tühine, alla 0,1%. Vormiliivaks kasutamisel on oluline sõredusest sõltuv hea gaasiläbilaskvus.

Puhtaimat, klaasi valmistamiseks sobivat liivakivi leidub devoni ladestu Gauja lademes. Klaasi on püütud teha ka kambriumi ladestu Tiskre kihistu liivakivi puhtamatest erimitest, kuid liigse rauasisalduse tõttu päris puhast klaasi sellest ei saadud.

Maavarana on arvel devoni ajastu liivast tekkinud, nõrgalt tsementeerunud kvartsliidakivi, mis paljandites ilmastiku mõjul ja maapõuest irrutatuna liivaks pudeneb. Seetõttu nimetataksegi teda sage damini liivaks. Devoni liiva tuntakse peamiselt klaasiliivana, ent teda on kasutatud ka vormiliivaks. On teada, et teise maailmasõja ajal valasid sakslased peenest liivast segatud betoonist lennukipomme¹. Mitme kasutamisala tõttu kannab selline liiv üldist nimetust **tehnoliiv** (= tehnoloogiline liiv) mille tuntuim maardla on Põlva maakonnas Piusas. Uue kaevandamiskohana on kasutusel veel parema kvaliteediga Imara-Tabina maardla Võrumaal.

¹ Saksa okupatsioonivõim andis Piusa liivale strateegilise maavara staatuse, nagu ka põlevkivile, mida vajati bensiini tootmiseks ja fosforiidile kui fosfori toormele.



Pilt 2.39 Klaasiliiv ja karjäärid

Üleval Piusa klaasiliivakarjäär 1981, N 57°50'35,2";
E 27°27'55,3", [Kalju Nageli](#) õlimaal ¹

All Imara-Tabina liivakarjääri sein, N 57°49'08";
E 27°18'48" ja aknas sama liiva suurendus (Ain
Anepaio foto)

¹ Pärijate loal

Mergel

Lubjakivi, dolo- ja savikivi vaheline kivim mergel, samuti ka ta sõsarkivim domeriit, ei ole Eestis maavarana kasutust leidnud (Pilt 2.22)

2.5. Püdelad maavarad

Muda

on järve- ja kinnikasvavate merelahtede hilistekkeline sete. Eristatakse magedas vees settinud **järvemuda**, „mädamuda” ehk sapropeeli ja soolakat **meremuda**. Järvemuda on sültja, meremuda pigem savika olekuga. Mudalasundi paksus võib olla üle kümne meetri, näiteks Värskas lahes. Järvemuda lasundeid leidub ka kinni kasvanud järvede põhjas, turba all.

Mudas on 5...20% kuivainet, mille orgaaniline komponent koosneb eripalgelise elutegevuse jääkidest. Seepärast on eri maardlate muda koostis vägagi erinev. Peale orgaanilise aine on mudas mineraalseid lisandeid – saue ja mölli. Kõige rohkem lõhna annab mudale väävelvesinik, mida on umbes 0,02%. Väljatud püdela, sültja muda kuivatamine, kui see on vajalik, võtab aega. Pärast külmumist üles sulanud muda veetustub hõlpsamini, kuid selline mass võib pöördumatult kõvastuda.

Muda, nii nagu kõigi veega küllastunud (= püdelate) hilistekkeliste setete ja ka turba mahumass sõltub kuivaine tihedusest ja veesisaldusest. Üldine valem on

$$d = (D_k (1 - W^r) + 1000 W) / 1000, \text{ t/m}^3,$$

kus D_k on kuivaine tihedus, kg/m^3 , arv 1000 on vee tihedus, kg/m^3 ja W^r – vee osalus (% / 100). Näiteks lubimudal, mille kuivaine koosneb enamasti lubi- ja vähemal määral savimineraalidest

(= peliidist) ja mille tihedus on 2600 kg/m^3 ning vee sisaldus $80\% = 0,8$, mahumass on

$$d = (2600 (1 - 0,8) + 1000 \times 0,8) / 1000 = \\ = 1,32 \text{ t/m}^3$$

Valemi täpsus on piisav kõigi veega küllastunud setete, kuid mitte nende kuivanud massi puhul.

Ka mudal sõltub kuivaine tihedus tema kolme peamise komponendi:

- orgaanilise aine, mis on turba kasulik komponent ja oluline ka mudas,
- lubiainese (kaltsiumkarbonaadi), mis on järvelubja peamine osis ja
- kõikjal esineva saviainese (peliidi, terrigeense materjali) osalusest.

Näiteks Värska järvemudal, mille kuivaine on orgaanikarikas, on kuivaine mahumass $1500 \dots 1600 \text{ kg/m}^3$, samal ajal kui merelise tekkega Mullutu-Suurlahe mudal on see $2400 \dots 2500 \text{ kg/m}^3$.

Muda on iidsest ajast saadik kasutatud liigestevalu raviks.¹ Kaasaegne mudaravi tekkis üheksateistkümnenda sajandi esimesel veerandil Saaremaal ja arenes edasi Läänemaal, Haapsalus. Mudaravi on kasutusel kõigis Eesti sanatooriumites ja seda teenust pakutakse ka muudes raviasutustes. Ravimudana on tuntud Värska lahe järvemuda Põlvamaal ja Ermistu järve muda Pärnumaal. Tuntuimad meremuda maardlad on Haapsalu Tagalahes, Saaremaal Mullutu-Suurlahes ja Hiiumaal Käina

¹ Samal otstarbel on kasutatud ka lehmarooja – mähistena lehmaseojalt ja toobris vannitamiseks kuumade kividega soojaks aetuna, kuid mudaravi osutus patsientidele vastuvõetavamaks.

lahes.¹ Kaasajal kasutatakse ainult ravimuda, eelkõige merelist, mõni tuhat tonni aastas.

Nõukogude majanduskorra ajal viletsal järjel olnud riiklik põllumajandus üritas järvemuda kasutada väetisena ja loomade söödalisandina. Kunagiste suurmajandite tarbeks on uuritud ja maavarade registrisse kantud kümnekond leiukohta, enamasti turba all, mis sunnib seniajani sealse turba kaevandajaid käsitlema muda kaasneva maavarana.

Turvas

on mittetäielikult lagunenuid taimejäänustest koosnev sete².

Turvas moodustub liigniiskes keskkonnas, kus orgaanilise aine lagunemine on takistatud. Turvas moodustub niiske ning mõõduka kuni jaheda temperatuuriga kliimaga aladel³.

Meie kliimavöötmes on turvas üldlevinud ja igapäevane maapõueressurss. Algul mõisates ja seejärel taludes on seda viimase pooleteise sajandi vältel agaralt kasutanud loomade allapanuks ja põlluväetiseks ning kütteks. Viimasel ajal on turbast saanud Eesti üks olulisemaid loodusvarasid, nii kütusena kui ka paljude ekspordikõlblike toodete toormena.

Turvast peetakse taastuvaks ressursiks, sest teda kasvab juurde soodes kuni 0,6 mm ja rabades kuni

¹ Rein Ramst, 2008. Mere- ja järvemuda ning järvelubja uuritud. Eesti Geoloogiakeskus 70/50. Turbauuringute poolsajand, lk 42...45.

² Mõistet 'turvas' võime käsitleda umbes samasuguse üldmõistena, nagu '-kivi', sest kui on 'lubjakivi' ja 'dolokivi', võime samalaadses kontekstis kasutada ka mõisteid 'lagunenud turvas' ja 'vähelagunenud turvas'

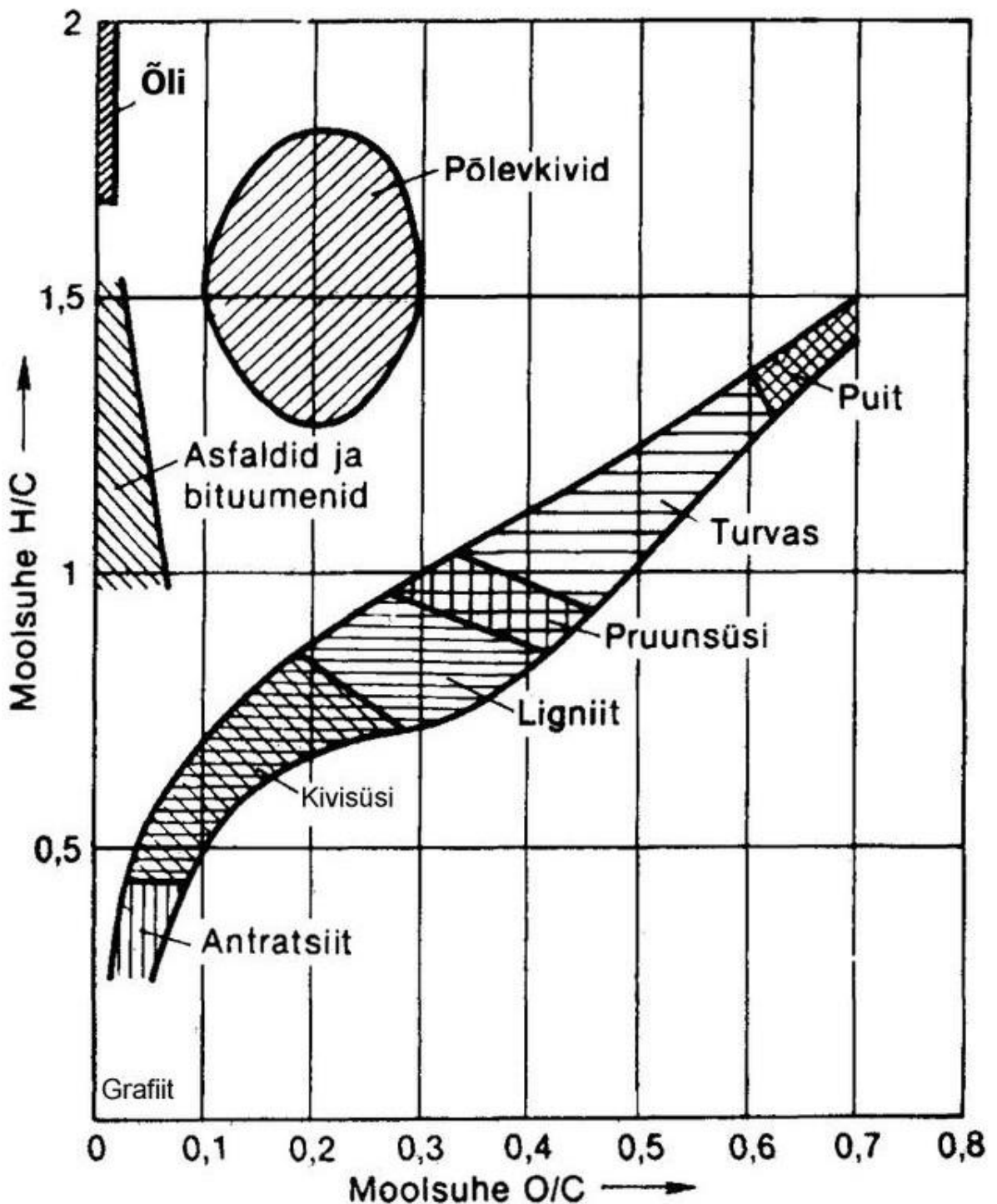
³ <http://et.wikipedia.org/wiki/Turvas> , 25.07.06

1,6 mm aastas.¹ Turvast tekib sedavõrd, kuivõrd taimed kasvavad, surevad ja lagunevad. Vastavalt sellele eristatakse vanemat ehk (hästi)lagunenud ja nooremat ehk vähelagunenud turvast. Tinglikuks piiriks on 25-protsendiline lagunemisaste. Arusaadavalt on lasundi ülemine osa vähem ja alumine rohkem lagunenud.

Looduslikus turbalajasundis võib olla kuni 95% vett (W^r). Turba kuivaine koosneb orgaanilisest ja mittepõlevast ehk mineraalosast. Kasutajate seisukohalt nimetatakse mittepõlevat osa tuhaks. Kuivaine kütvus sõltub turba lagunemisastmest ja mittepõleva osa sisaldusest ning on 19...22 MJ/kg.

Turvas laguneb aegamööda edasi. Sügavale matununa ja väga pika aja jooksul väheneb orgaanilise osa hapniku ning vesiniku sisaldus. Turvas muundub, „söestub” – orgaanilises aines kasvab süsiniku osakaal. Moonde jooksul suureneb kuivaine kütvus ja tihedus, väheneb poorsus ja veesisaldus. Nii on mitmekümne miljoni aasta jooksul turbalademetest saanud pruunsüsi, mille niiskus on 40...60% ja kuivaine kütvus vähemalt 20...25 MJ/kg. Protsessi jätkudes võiks pruunsöest saada kivisüsi ja veel hiljem antratsiit.

¹ Mati Ilomets, 2003, Mille arvel kaevandame turvast, Eesti Loodus, 2/3, lk 20...24



Pilt 2.40 Kaustobioliitide¹ moolsuhte diagramm

Diagrammil on C süsiniku, H vesiniku ja O hapniku aatomikaal ning telgedel nende aatomikaalude suhted. Moonde käigus on diagonaalselt üle diagrammi kulgeva sõerea setetes vesiniku ja hapniku osalus vähenenud ja nii koosnevad kõige vanemad, juba kivimiks saanud orgaanilised

¹ Kaustobioliit on biogeense tekkega põlev kivim <http://et.wikipedia.org/wiki/Kaustobioliit>.

(= organogeensed) setendid peaaegu puhtast süsinikust.

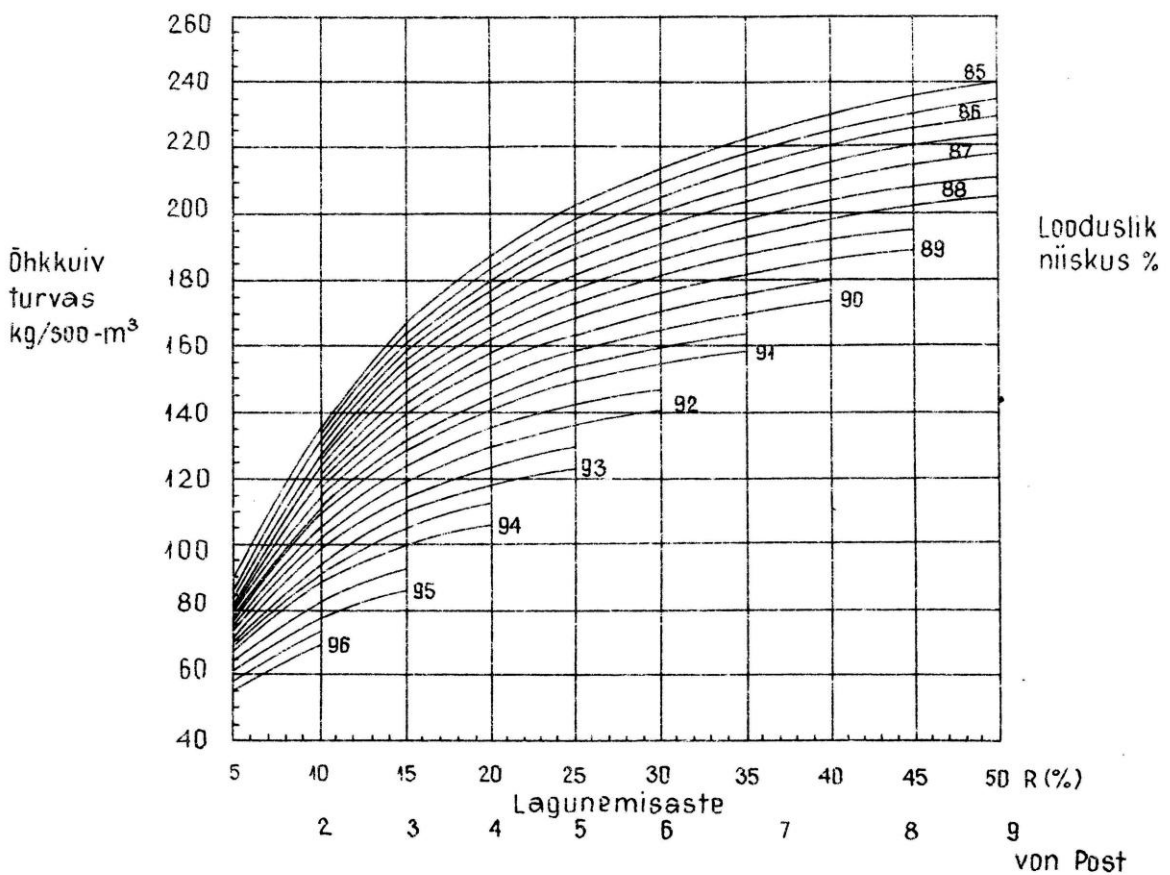
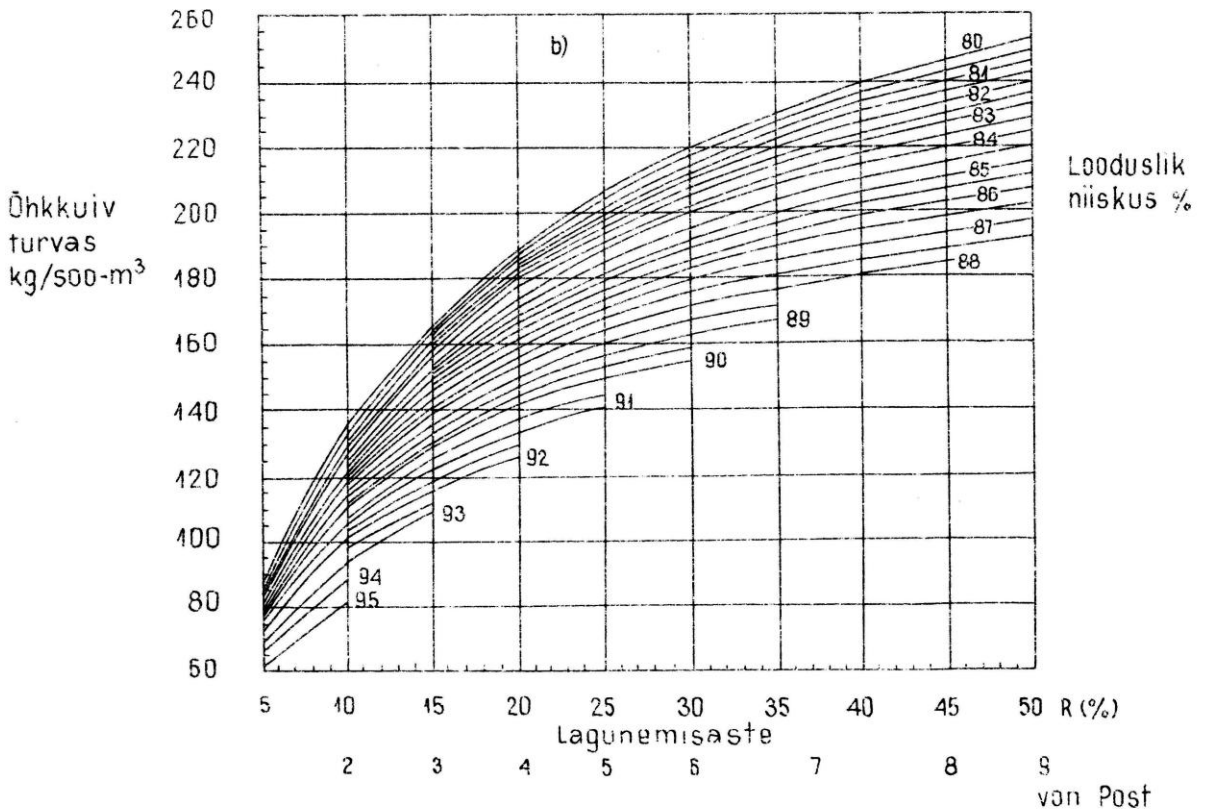
Peale selle näeb diagrammilt, et kui

õli ⇒ asfalt ⇒ bituumen
ja

turvas ⇒ pruunsüsi ⇒ kivisüsi ⇒ grafiit on kaks omaette jada, siis põlevkivid nende hulka ei kuulu. Seega on olemas vähemalt kolm erinevat kaustobioliitide gruppi, maavarade tüüpi.

Eesti turvas ei ole vanem kui üheksa tuhat aastat, seepärast ei ole tema veevaba orgaanilise aine kütvus rohkem kui 22...23 MJ/kg. Turba kasulik komponent on orgaaniline aine. Kasutatud on vesi ja tuhk (mineraalosa). Mineraalosa, mille sisaldus võib olla 2...10%, koosneb tuule kantud tolmust – peamiselt räni-, vähemal määral raua- ja alumiumiühenditest. Nagu mistahes kütusel on turba kahjulikuks komponendiks väävel ning raud.¹ Viimasel ajal on erilist tähelepanu hakatud pöörama turbas leiduvatele radioaktiivsetele elementidele.

¹ Viimase sõja lahingupiirkondades lisavad turbale rauda mürsu- ja pommikillud, mis seni esinevad veel vähelagunenud, kompaktses vormis; Puhatu soosalal on turba mineraalosa koostist mõjutanud põlevkivielektriijaamade lendtuhk.



Pilt 2.41 Õhkuiva freesturba (niiskus 40%) mahumassi määramise diagramm ¹

¹ Mall Orru, 1994. Pindkihilise turba tootmiskulud, Eesti Turvas, 1, lk 2...3.

Ülemisel diagrammil on madalsoo-turvas, alumisel rabaturvas. Madalsooturvas on valdavalt lagunenud, rabasooturvas – vähelagunenud.

Vastavalt kasutusala hinnatakse turba kvaliteeti mitmeti, kuid nii põletamise kui ka veo seisukohalt on peamine vee, st niiskuse sisaldus – mida vähem, seda parem. Kaubastatava turba töökütvus, mis arvestab energia kadu vee aurustamiseks kolde, on praktika jaoks piisava täpsusega arvutatav valemiga ¹

$$Q = Q^d - 0,01 Q^d W^r - 0,012 W^r,$$

kus Q^d on kuivaine kütvus ja W^r turba niiskus. Kaubastatava turba niiskus sõltub sellest, kuidas teda on suudetud kuivatada. Arvestuslikuks (= standardseks, normaalseks, õhkuivaks) niiskusesisalduseks loetakse 40%. Turba kui maavara varu arvestataksegi sellise veesisalduse juures, tonnides. Massi arutamiseks peab teadma mahumassi, mille valem on

$$D = D_o (100 - W^r_o) / (100 - W^r_a),$$

kus D_o on turba mahumass lasundis, mis sõltub lagunemisastmest; W^r_o – turba niiskus lasundis, 85...95% ja W^r_a – turba arvestuslik niiskus ehk 40%. Õhkuiva turba mahumass on vahemikus 150 kg/m³ (vähelagunenud) kuni 250 kg/m³ (hästi lagunenud) ja sõltub see turba väljamise viisist – on ta kas frees-, press- või tükkaturvas („labidaturvas”).

Vähelagunenud turvast kasutatakse aianduses ja põllumajanduses, lagunenud turvast peamiselt energeetikas, kütusena. Kuna kasutajate vajadu-

¹ Vello Kattai, Elmar Lugus, 1993. Turba energeetilise potentsiaali hindamisest, EGK toimetised 3/1, lk 48...51.

sed ja tootjate müügivõimalused ei tarvitse vastata turbaliikide suhtele maardlas, sünnivad sellest kaevandamisprobleemid. Sagedasti tuleb ette, et maardlas kaevandatakse ära pealmine, vähelagunenud turvas ja alumine, hästilagunenud osa ei leia tarbijat. Maardla hüljatakse ja tekib jäätraba.

Turvas kui taastuv ressurss

Turba kui ressursi kasutamist piirab taastumiskiiirus, sest taasiseseisvunud Eestis kehtestati nõue, et kaevandamise maht ei tohi ületada turba juurdekasvu.

Tegemist on tüüpilise voluntaristliku keeluga – kerge anda, raske täita. Nimelt on juurde kasvava turba mahu hindamine oluliselt ebatäpsem kui kaevandatava koguse mõõtmine. Turba juurdekasvu mõjutavad soode kuivendamine ja taasniiskumine, aluselised sademed põlevkivielektriijaamade mõjualal jmt. Tänapäevaks on siiski suudetud hinnata, et turvast lisandub meie kliimavööndis keskmiselt ligikaudu 0,9 mm aastas.

Nõude kehtestamisel määrati turba maksimaalne kaevandamismaht kunagiste umbmääraste juurdekasvu hinnangute alusel. Üleriigiline lubatud maht jaotati endisaegset tootmistaset silmas pidades maakonniti laiali. Kuid ei osatud ette näha, et turba kui kütuse ja põllumajandustoorme kasutamise struktuur muutub. Turbabriketi tootmine osutus liialt energiamahukaks ja ebatulusaks. Riiklike põllumajandusettevõtete, kolhooside ja sovhooside asemele ilmusid uued tarbijad – Lääne-Euroopa aiapidajad ja talunikud. Eksportturba toomiseks on kõige soodsamad suured, veoteede ja eriti sadamate lähedased maardlad. Peale selle, kaevandamispiirangu kehtestamisel unustati tõkestamata maavara

varumine, mistõttu üsna pea kõik võimalikud tootmisalad kaeti uuringulubadega. Tulemuseks oli, et mõnes, turba tootmiseks eriti soodsas maakonnas ületas kaevandamisväärne varu lubatava kaevandamismahu. Samal ajal teistes maakondades vähesoodsad kaevandamisalad kõdusid ja nad hüljati. Pärast pikki uuringuid ja vaidlusi kehtestas valitsus turba kui taastuva loodusvara jaoks kolm olulist määra:

- **kriitiline varu**, mis on turba kui maavara varu vähim kogus, mis tagab loodusliku tasakaalu ja taastootmise, kaitseeržiimide täitmise ning bioloogilise ja maastikulise mitmekesisuse säilimise; ülejäänud on
- **kasutatav varu**, millega majandustegevus võib arvestada, eeldades, et
- **aastane kasutusmäär** ei ületa turba juurdekasvu.

Olude sunnil ja teabe lisandumisel need arvud kindlasti muutuvad, kuid suurusjärgud: kriitiline varu – 1,6 mlrd t, kasutatav varu – veidi alla 600 mln t ning aastane kasutusmäär – 2,65 mln t peaksid nüüd (2010) olema usaldusväärsed. Kõik need mahud on jaotatud maakonniti.

2.6. Vedelad maarded

2.6.1. Maaõli

ehk **nafta** esineb Eestis vaid ilmingutena ¹.

Geoloogilised eeldused õli ja sellega kaasneva gaasi tekkeks ning kogunemiseks meie piirkonnas

¹ Vello Kattai, Kaisa Mens, Heldur Nestor, 1995. Liivimaa naftaperspektiivsusest Baltikumi seniste naftaleidude taustal, Liivimaa geoloogia, Tartu, TÜ ja EGS väljaanne, lk 66...71.

on napid. Orgaanikat sisaldavaid lähtekivimeid, millest õli võinuks tekkida, meie maapõues leidub, kuid aluspõhjakivimid, kus peamiseks orgaanikakandjaks on graptoliitargilliit, ei ole kunagi olnud nii sügaval, et neis oleks saanud tekkida ja toimuda aktiivne õliteke. Eesti maapõues on poorseid aluspõhjakivimeid, kuhu migreeruv nafta saaks koguneda. Kollektoriomadustega kivimeid on märgatud Hiiumaa lõunaosas, Läänemaal Haapsalust lõunas ja veel lõuna pool kitsa vööndina Saaremaast Raplani ning sealt idas Tamsaluni. Kuid kollektorid ei ole kuigi tüsedad, mis tähendab, et nende mahutavus oleks väike. Kuid mis peamine – meie võimalikud kollektorid ei ole kaetud kivimitega, mis hoiaksid õli ja gaase haihtumast. Nii ei saagi meil rääkida õlist kui maardest, veel vähem maavarast. On vaid ilminguid, mis on ajendanud naftat otsima (vt p [Libamaavarad](#)).

Kuigi Läänemere lõunaosas ja Läti ning Leedu läänerannikul on õli tekkimise ja kogunemise võimalused soodsamad, ei ole ka seal leitud midagi olulist. Õliandvus Leedu ja Venemaa Kaliningradi oblasti maardlate üksikutest puuraukudest on olnud kuni 350 t/d. Levila põhjaosas, Lätis Kuramaal on õli andvatest puuraukudest saadud vaid mõned tonnid päevas.

2.6.2. Mineraalvesi

on kõrgenenud või kõrge mineraalsusega põhjavesi.

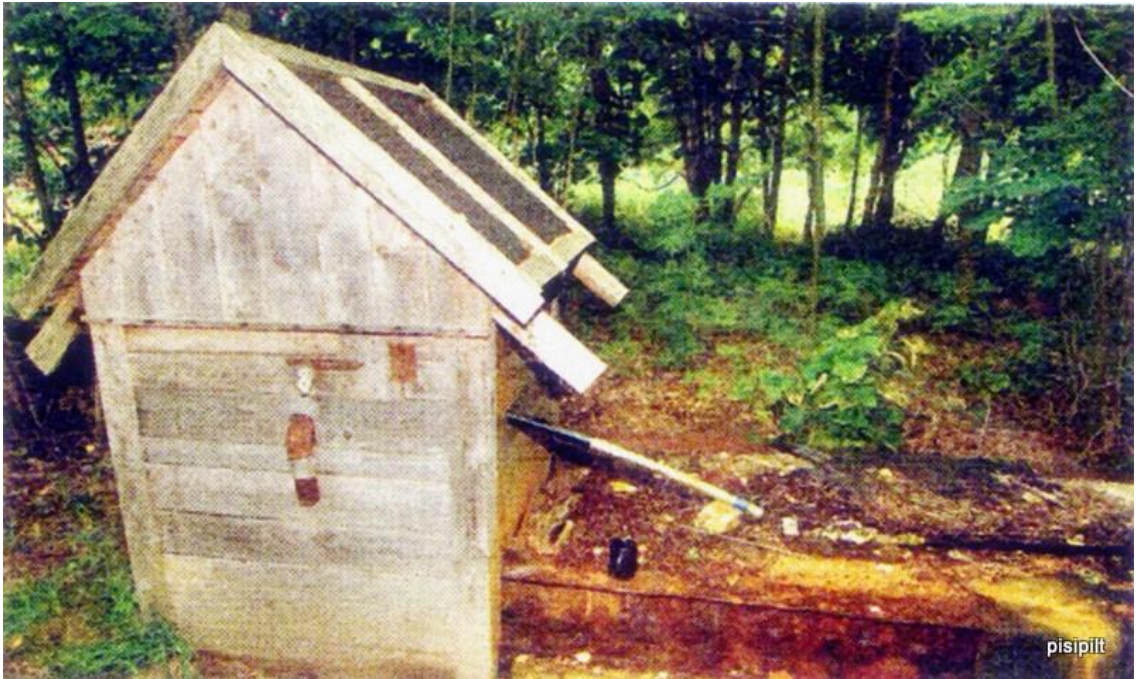
Inimesed on ammust ajast omistanud tavalisest allikaveest erinevale, kõrvalmaitsega, soojale või kihisevale maapõueveele ravivaid omadusi. Meditsiinilised uuringud ja kogemus on kinnitanud, et paljudel juhtudel see nii ongi. Kasvõi seepärast, et

tavaliselt on mineraalne allikavesi reostamata ja desinfitseeriv või paremal juhul kutsub esile ja soodustab organismis füsioloogilisi reaktsioone, mis pöörduvad tõve vastu.

Joogivee ja mineraalvee piiritlemine on sõna otseses mõttes maitse asi. Piir mage- ja mineraalvee vahel on määratud soolade sisaldusega vahemikus 1...2 g/l. Tavaline piir on 1,5...1,7 g/l. Mineraalvett võib kasutada mitmeti (järgmine tabel).

Tabel 2.8 Mineraalveed

Mineraalainete sisaldus, g/l	Maitse	Vee kasutamise viis
< 5	Mage kuni soolakas	Raviotstarbeline joogivesi; vesi, milles on mineraalaineid 1...2 g/l, on nn ravi-lauavesi, mida võib peaaegu alati tarvitada
5..15	Soolakas kuni soolane	Ravivesi, mida võib joogina kasutada vaid arsti soovitusel väikestes kogustes; sobib kasutada ka ravivanniveena
15...35	Soolane	Kasutatav enamasti vaid ravivanniveena arsti soovitusel
> 35	Soolalahus	Eriotstarbeline ravivannivesi arsti soovitusel; suurema kontsentratsiooni puhul on tööstust huvitavaid sooli sisaldav mineraalvesi soolade toore



Pilt 2.42 Ajalehepilt Ruhnu mineraalveekaevust
Kristo Nurmis, Eesti Päevaleht 5.08.2006

Eestis on leitud mineraalvett Pärnus, Iklas, Häädemeestel, Värskas, Kärđlas, Kuressaares, Ruhnul ja veel mõnda kohta puuritud süvakaevudes. Enamasti on neid ka eri aegadel villitud ja turustatud. Mitmed puurkaevud, teadaolevalt Värskas ja Ruhnus (pilt kõrval) on amortiseerunud, torud ja sulgurid on roostetanud ning mineraalvesi voolab välja.

Turule on jäänud Värskas vesi nii originaalsena kui ka lahjendatult ja süsihappegaasiga rikastatult (= karboniseerituna). Joogi-mineraalvee hulka kuulub „Värskas originaal“ (2,0...2,2 g/l) ja lihtsalt „Värskas vesi“ (umbes 2,0 g/l). Mõlemad on kloriid-
sed veed.

Värskas mineraalvesi pärineb mitmest põhjavee kihist. Esimesed puurkaevud mineraalvee otsinguteks rajati sinna 1967. Kaev Värskas I, mis puuriti Örsava järve lähedale, avas 451...463 m sügavusel ordoviitsiumi-kambriumi mineraalveekihi. Värskas II, mis asub praeguse villimistsehi territooriumil, avas kesk- ja alamdevoni mineraliseerunud

põhjaveekompleksi Pärnu veekihi. Värskas I ja pärast selle sulgemist rajatud Värskas VII kaevu ordo- viitsiumi-kambriumi veekihi mineraalvett on asutatud ravi-lauaveena. Sügavamate, kambriumi-vendi veekompleksi Gdovi (= Oudova) ja Voronka veekihtide uurimiseks puuriti Värskas lahe idakaldale kaevud Värskas III ja Värskas IV. Värskas sanatooriumi tarbeks on rajatud puurkaevud Värskas V ja Värskas VI kaevud. Viimane ammutab vett kambriumi-vendi veekompleksi Gdovi veekihist. Kõikides kaevudes ulatub mineraalvee staatiline veetase kõrgele üle maapinna. Kõige kõrgemale, üle 600 m, tõuseb algsest veekihist Gdovi põhjavesi.

2.7. Gaasilised maarded

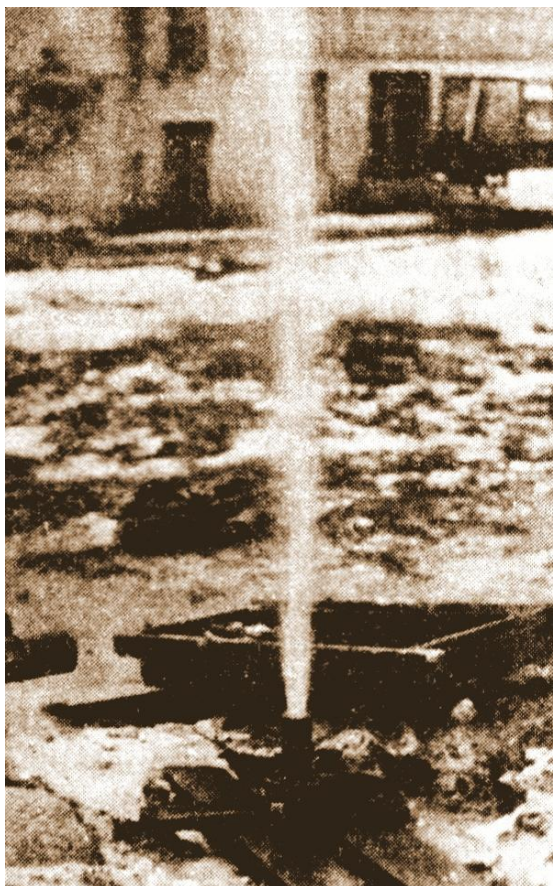
Maapõuest emiteeruv (= immitsev) gaas¹ on Eestis üsna tavaline, kuid harva tuleb gaasi nii palju, et tekiks ärihuvi. Siiski on aeg-ajalt aktiivsemate gaasiilmingute vastu huvi ilmutatud. Umbes kahel kolmandikul juhtudest on see olnud põlev gaas, mille koostises, juhul kui seda analüüsiti, leiti metaan. Ühel kolmandikul juhtudest on gaasi peamine komponent olnud lämmastik. Enamike ilmingute kohta analüüsiandmed puuduvad

Eestis ilmneb maagaas tavaliselt Põhja-Eestis, sagedamini rannikul ja rannameres. Suuremaid purskeid on olnud kaevu puurimisel Keri saarel, Tallinnas Koplis (Pilt 2.43), ka Virumaal Püssis.

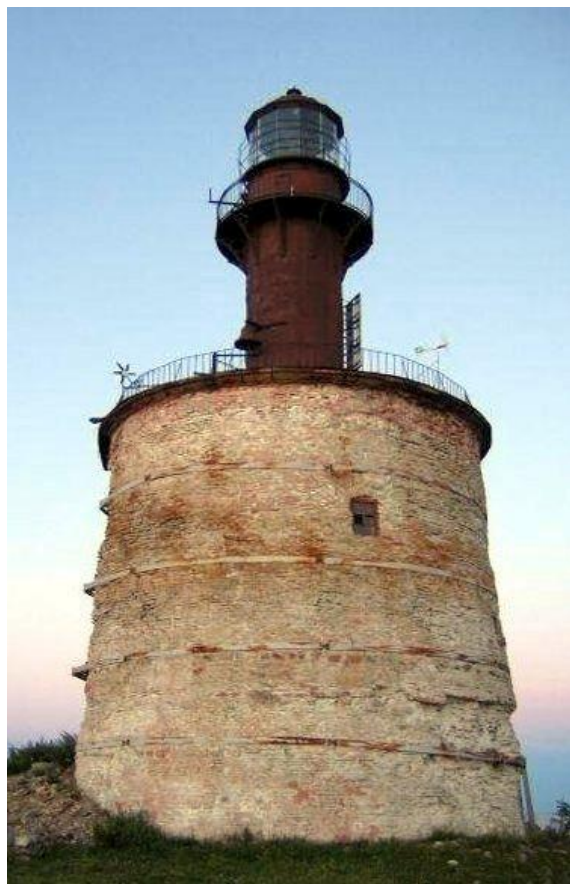
Elav huvi maagaasi ilmingute vastu tekkis läinud sajandi kahekümnendatel, kui kogu maailmas otsiti heeliumi õhulaevade täitmiseks. Eestis heeliumi ei leitud. Nõukogudeaegne aktiivne maavarahuvi

¹ Vello Kattai, Arno-Toomas Pihlak, 1993. Maagaasi ilmingutest Eestis, Eesti Geoloogiakeskuse toimetised, 3/1, lk 40...47.

pöördus ka meie gaasiilmingute poole. Uuringu-
puurimisi korraldati peamiselt Prangli saarel ja sel-
le ümbruses, kus gaasiilmingud on üsna tavalised.
Maavaraks piisavat kogust ei leitud.



Pilt 2.43 Gaasipurse
Koplis kaevu puurimisel
Foto – Tarmo Kiipli



Pilt 2.44 Keri majakas,
milles kunagi põles ko-
halik gaas.

Keri saarel kasutati gaasi 1907...12 tuletornis (Pilt 2.44) ja asukate olmes. Maardla tühine varu am-
mendus. Keri saare gaasileiukoha uuring püstitas
hüpoteesi et põhjaranniku maagaas pärineb enne
viimast jääaega ladestunud orgaanilistest setetest,
mis hilisemate protsesside käigus moreenmaterjali
alla mattus. Mis tähendab, et selline varu ei saa ol-
la suur.

Seoses läinud sajandi kaheksakümnendate aastate lõpu fosforiidikampaania käigus tekkinud radoonihirmudega uuriti põhjaranniku, eriti Kunda piirkonna puurkaevude vee gaaside koostist, kuid õnneks midagi ohtlikku ei leitud. Maapõuest immitseva radooni ilmingute fikseerimine Eestis jätkub ja peaks saama ehituste, eriti elamuehituse planeerimise seaduslikuks osaks.

Läinud sajandi kuuekümnendatel läbiti Ahtme kaevanduses kaldset õhukäiku (šurfi) alt üles – kaevandusest maa peale. Kaldset käiku oli mugav läbida – käiku ehitati trepp, seda mööda ronisid puuri ja lõhkaja üles, tegid oma töö ja raimatud kivim tuli ise alla. Seal kühveldati see vagonetti ja veeti maa peale. Ükskord läks mäemeister üles vaatama, milline on ee seis. Mees ronis üles ja ...toibus all. Oli saanud alla veeremisel veidi muserdada, kuid jäi igati tervise ja mõistuse juurde. Kuna tema ega teised polnud üleval mingit lõhna märganud, ei osatud ohtu aimata. Kohe lasti mäepäästjatel ülevalt õhuproov võtta ja see näitas, et lokaalne atmosfäär käigu ülemises otsas koosnes peaaegu puhtast lämmastikust. Käiku hakati kohaliku tuulutuse ventilaatoriga õhku puhuma ja rajamistöo viidi lõpuni. Mis seal juhtus – kas käik oli jõudnud juba nii maapinna lähedale, et sinna oli imbunud soosetete alla lõksu jäänud lämmastikurikas maagaas, või ei olnud mäepäästeteenistuse võetud õhuproov adekvaatne, ei saa eales teada. Igatahes – mistahes umbsesse maa-alusesse tühemikku minnes peab olema ülimalt ettevaatlik – maagaas ei lõhna!

3. EESTI MÄETÖÖSTUS

3.1. Sissejuhatus

Maavarade kaevandamise peamine eeldus on kättesaadavus, väljatavus. Mõne kaevisse ammutamiseks piisab kühvlist ja ämbrist, kuid enamiku järele tuleb tungida maapõue. Tuleb kas puurida kaev, eemaldada katend või minna maavara juurde läbi kivi. Maapõue minnes võetakse appi mitmeid mäendusele omaseid tehnilisi võtteid nagu puurimine, lõhkamine, ekskaveerimine jmt. Maa all kasutatakse erilisi mäeseadmeid: toestikke, tõsteseadmeid, allmaa-veovahendid, pumpasid, ventilaatoreid jmt. Mäetööstus kasutab ka ainuomaseid maapõue käitlemise tehnoloogiaid nagu maavara peal olevate kivimite (= lasumi) langetamine ja varistamine, allmaa-kaeveõõnte täitmine (et maa püsiks), läbitava püdelala pinnase külmutamine, kasulike mineraalide maapõues lahustamine ja nende lahuste välja pumpamine (= leostamine), madala sulamistemperatuuriga maapõueosiste sulatamine jmt. Mõne maavara saab maha müüa lihtsa kaevisena, kuid enamikku tuleb tarbija nõuetele vastavusse viimiseks rikastada. Rikastamine on mäenduse tunnuslik protsess.

Sellest tuleb nii aru saada, et mitte igasugune maavara väljamine ei pruugi mäetööstuse alla kuuluda. Liiva, kruusa, savi ja täitepinnast ammutab ehitustööstus samal moel kui ehitussüvendit tehes. See on koht, kus ehitus- ja mäetööstus kokku puutuvad. Ja kui ehitusmaavara kaevandamiskoht kuulub kaevist tarbivale ettevõttele, siis ei saagi

rääkida mäetööstusest. Eriti siis, kui ettevõtte kasutab kaevist vaid oma tarbeks.

Klassikalisele mäendusele on võõras ka turbatööstus, mis paljus on üsna lähedane maaviljelusele. Toimub ju mõlemas väljade kraavitamine, koristise kaarutamine, vaalutamine ja kuivatamine, samuti ka toodangu kottidesse pakkimine. Kõik peaaegu samuti kui põllumajanduses.

Seega, käsitledes edasises Eesti mäetööstust, võtame lähema vaatluse alla ainult nende maavarade kaevandamise, kus osalevad mäetööstuse „kolm vaala” – allmaakaevandamine, lõhkamine ja rikastamine. Käsitleme maavarasid tähestikulises järjekorras.

3.2. Fosforiiditööstus

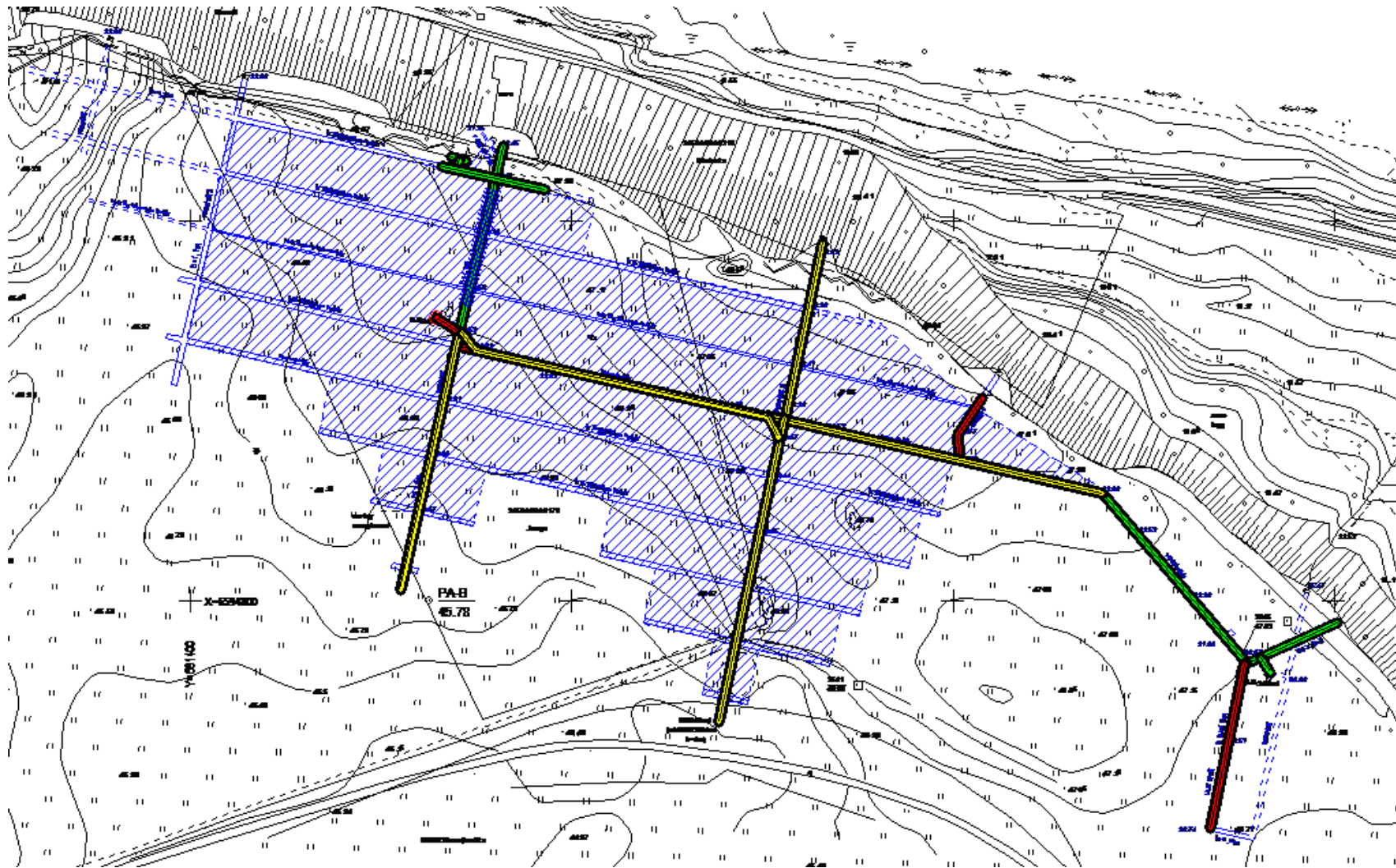
3.2.1. Ajalooline areng

Eestimaine fosforiid on vaene maavara. Kasulikku ainet, tingliku valemiga P_2O_5 , on lingulakarbikeste purrus küll kuni 36% ja see vastab väga hea fosfaattoorme tasemele, kuid karbikesi endid on kaevandamiseks sobivas liivakivilasundis keskmiselt vaid kolmandik. See tähendab, et fosfaattoorme saamiseks tuleb kaevist rikastada, karbikesed liivast lahutada.

Fosforiidi kaevandamist ja fosfaattoorme kasutamist põllumajanduses kavandati juba enne esimest maailmasõda. Kuid selle maarde kasutamise võimaluste sihipärasem käsitlemine sai alguse alles pärast toonast sõda. Kahekümnendatel aastatel asuti kaevandama ja fosforiid oli kaevandamisväärne kuni eelmise sajandi kaheksakümnendate aastateni.

Ülgase fosforiidikaevandus

Eelmise sajandi kahekümnendate aastate alguses ehitati Jõelähtme kihelkonda, Ülgase asunduse juurde fosforiidi tootmiseks allmaakaevandus ja sortimistsehh. Toodangu väljaveoks kohandati Koljuotsa kalasadam ja selleni ehitati 2 km kitsarööpmelist raudteed. Kaevandus avati klindist stolliga lõuna-edela suunas. Koristustasandi kõrgus oli 30...32 m merepinnast. Stollist lähtusid vasakule ja paremale, 30 meetrilise vahega 3 m laiused käigud (strekid). Nii moodustusid käikude vahele (kaeve)langid. Lank väljati kuni 23 m pikkuse eega. Seega oli tegu kamberkaevandamisega. Vahetut lage hoiti puittugedega, varisenud laekivimid täitsid kaevandatud ala. Väljatud lankide vahele jäänud käike jäid hoidma linttervikud. Nii säilis põhilagi kuni 10 m paksuse plaadina, mis vähehaaval tervikuid muljus. Seni oleme kaevandatud alal märganud vaid ühte maapinnani jõudnud varingut. Mäetööde plaanil pole näha jälgi parima kaevandamisviisi otsingutest ja katsetamistest. Arvata võib, et kaevanduse projekteeris kogenud mäeinsener.

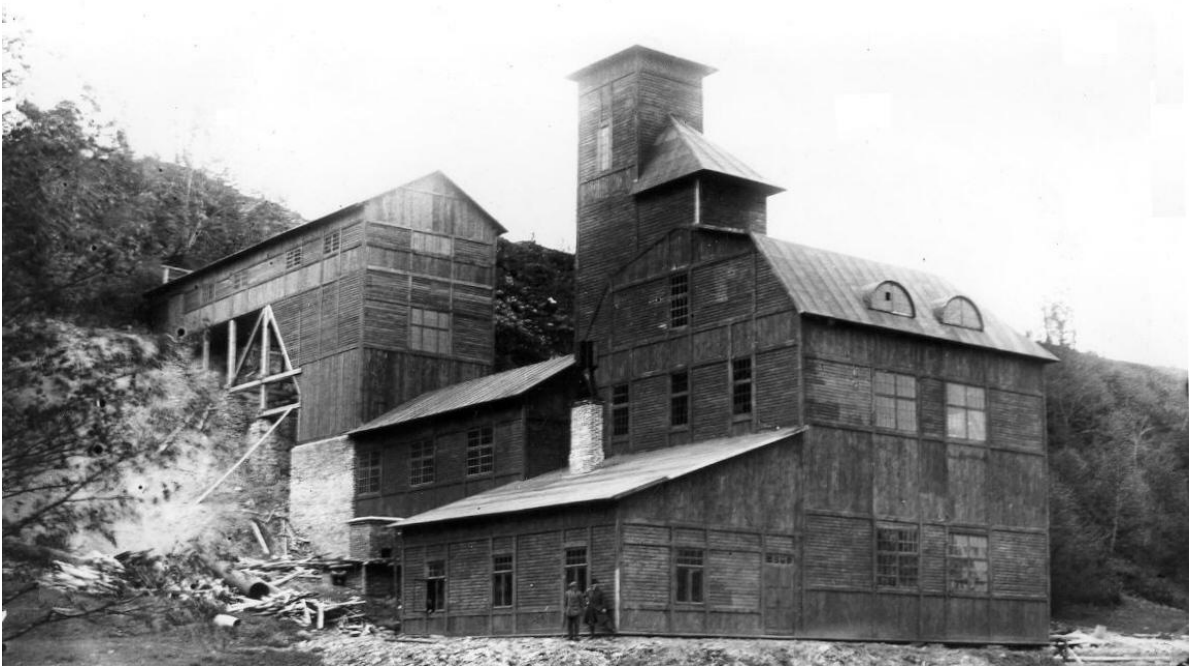


Pilt 3.1 Ülgase käikude plaan kaasajal

Peastoll ja rikastusvabriku
varemed N 59°29'20";
E 25°05'11,6"

Alus – Johannes Viru
markšeideribüroo mõõdistus
ja plaan. Tingmärgid:

- roheline joon – suvel külastamiseks ohutu käik,
- kollane joon – veidi ohtlik käik,
- punane joon – üsna ohtlik käik,
- viirutatud ala on ohtlik väljatud ala,
- hall ala – enamikul ajast üle ujutatud peastoll.



Pilt 3.2 Ülgase fosforiidikaevandus

Üleval – tehno kompleks möödunud sajandi kolmekümnendatel aastatel. N 59°29'20"; E 25°05'11,6". Foto Rebala muuseumi kogust.

All – Õhukaevu läbimine kohas N 59°29'15,8"; E 25°05'9,6". Foto Rebala Harjumaa muuseumi kogust.

Kaevandust tuulutati loomuliku tõmbega, mida soodustas stollidest sisse puhuv meretuul. Õhu tõstmiseks rajati peastolli juurde, klindist umbes 100 m kaugusele püstne õhukaev (šurf), mis on seni leitav, kuid täis varisenud. Teise õhukaevu ra-

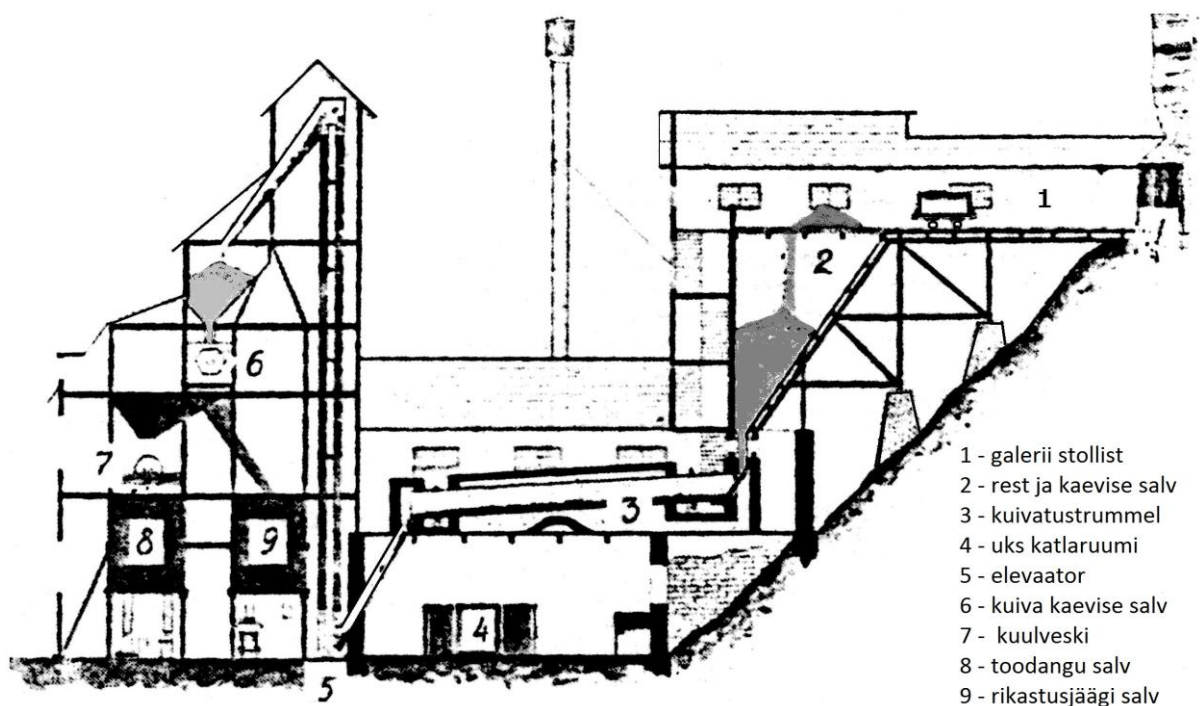
amine 3. stoli lõunaotsas jäi enne maapinnani jõudmist pooleli. Veeärastus toimus loomulikult moel – üha süvendatavate kraavidega mööda stolle ja klindist alla. Vee väljutamiseks ja värsket õhu andmiseks avati klinti veel mitu stoli. Peastollist juhiti vesi välja kõrvale rajatud veekäigu ja -stoli kaudu.

Kasuliku kaevise – lingulakarbikestest ja nende purrust koosnev konglomeraadikihi väljatav paksus oli kuni 1 m. Raimati puur- ja lõhketöödega, puuriti käsipuurmasinatega (perforaatoritega). Kaevist tariti puidust vagonettides (Pilt 1.16). Väljatu kaadati veokäigus suurematesse vagonettidesse ja lükati, vähemalt esialgu välja käsitsi. Hiljem võeti käikudes appi hobune. 1931. oli töös 34 kaevurit ja 13 tehnikompleksi töölisi.

Tehnikompleksi (rikastusvabriku) ehitamisel kasutati oskuslikult kihindi avamuse ja klindialuse kõrguste erinevust, mis tähendab, et kaevandustõstet kui sellist ei olnudki.

Rikastamine oli sisuliselt kaevise jaotamine liivaks ja karbikete materjaliks. Kaevise lükati vagonetiga peastollist sortimisvabriku galeriisse – (1, Pilt 3.3) Otse galerii all oli punker (2), kuhu kaevise kaadati läbi resti. Resti peale jäänud tükid purustati käsitsi. Punkrist lasti kaevise kuivatustrumlisse (3), kus seda soojendati põlemisgaasiga. Katlaruum (4) oli trumliruumi kõrval. Kuiv kaevise tõsteti elevaatoriga (5) torni ja sealt sõela toitepunkrisse (6). Sõelale jäänud suuremad lingulakarbikete tükid peenendati kuulveskis (7) ja suunati toodangupunkrisse (8). Peenikene liiv ja karbikete peenepurd moodustas rikastusjäägi, mis koguti puistangusse vedamiseks jäägipunkrisse (9).

Toodangu kogus sõltus nõudlusest ja oli kuni 10 tuh t aastas. Suur osa kaubast veeti välja Koljuotsa sadamast. Eesti fosforiiditööstust uurinud majandusteadlase Robert Päsoki arvates ei olnud kaevandamine eriti edukas. ¹



Pilt 3.3 Ülgase rikastusvabriku tehnoloogiline skeem ²

Mõningane elavnemine tekkis 1938. märtsis, kui Saksamaaga sõlmiti leping, mille kohaselt tuli neile kümne aasta jooksul tarnida kuni 340 tuh t / a, fosforiidikontsentraati, toimaine (P_2O_5) sisaldusega 33%. Tellimise saades kavandati jätkata fosforiidi uurimist Iru piirkonnas, minna üle flotorikastamisele ning ehitada Tallinna, Kopli poolsaarele superfosfaadi- ja väävelhappetsehh. Happe toormeks loodeti kaevandada kohalikku püriiti. Rikastusvabriku pidid ehitama sakslased. Kaevanduse laiendamiseks avati kaevvälja idatiib uute avarate veo- ja

¹ Robert Päsok, 1993. Eesti fosforiiditööstuse tuleviku hinnang. Eesti TA Majanduse Instituut, käsikiri vene k., 107 lk.

² Pilt Karl Orviku raamatust „Maavarad“, viitega AS Eesti Vosvoriit pildikogule.

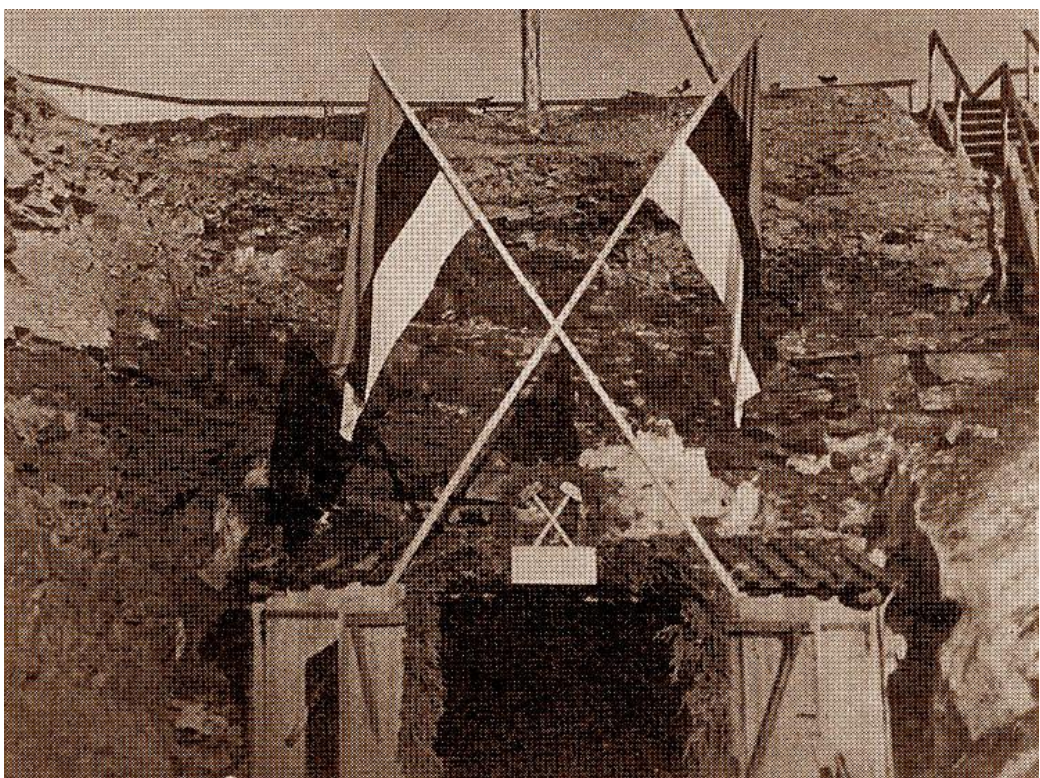
veestolliga. Kas seoses uute plaanidega või juhuslikult põles tehno kompleks 5. detsembril 1938. maha ja kaevandus suleti.

Ülgase kaeveõõned kujunesid koobastikuks ja on kaitse all kui nahkhiirte talvituspaik. Inimeste pääsu koobastesse püütakse piirata. 2006. tõkestati peastollid metallvõredega.

3.2.2. Maardu fosforiiditööstus

Eelmainitud Eesti-Saksa lepingu realiseerimiseks rajati 1940. uus fosforiiditööstus Maardusse, Kroodi oja paremale kaldale, põhja poole Narva maanteed. Tööstusplatsi ja Ülemiste (toonase Lasna) raudteejaama vahele ehitati kitsarööpmeline raudtee, mille üks haru viis ka Vao paekarjääri. Tehnoloogilise vee varumiseks taastati Liivakandi (pais)järv, mis oli 1893. tühjaks jooksnud ja mida nüüd, paisutatuna tuntakse Maardu järvena.

Kaevanduse aastaseks võimsuseks projekteeriti 370 tuh t kaevist ehk 100 tuh t kontsentraati ($P_2O_5 = 33\%$).



Pilt 3.4 Maardu kaevanduse avamine 1940.

N 59°27'37,6"; E 24°59'55"



Pilt 3.5 Maardu tehnikompleksi lagunev rikastusvabrik eelmise sajandi kaheksakümnendatel

Fotod – TTÜ mäeinstituudi arhiiv

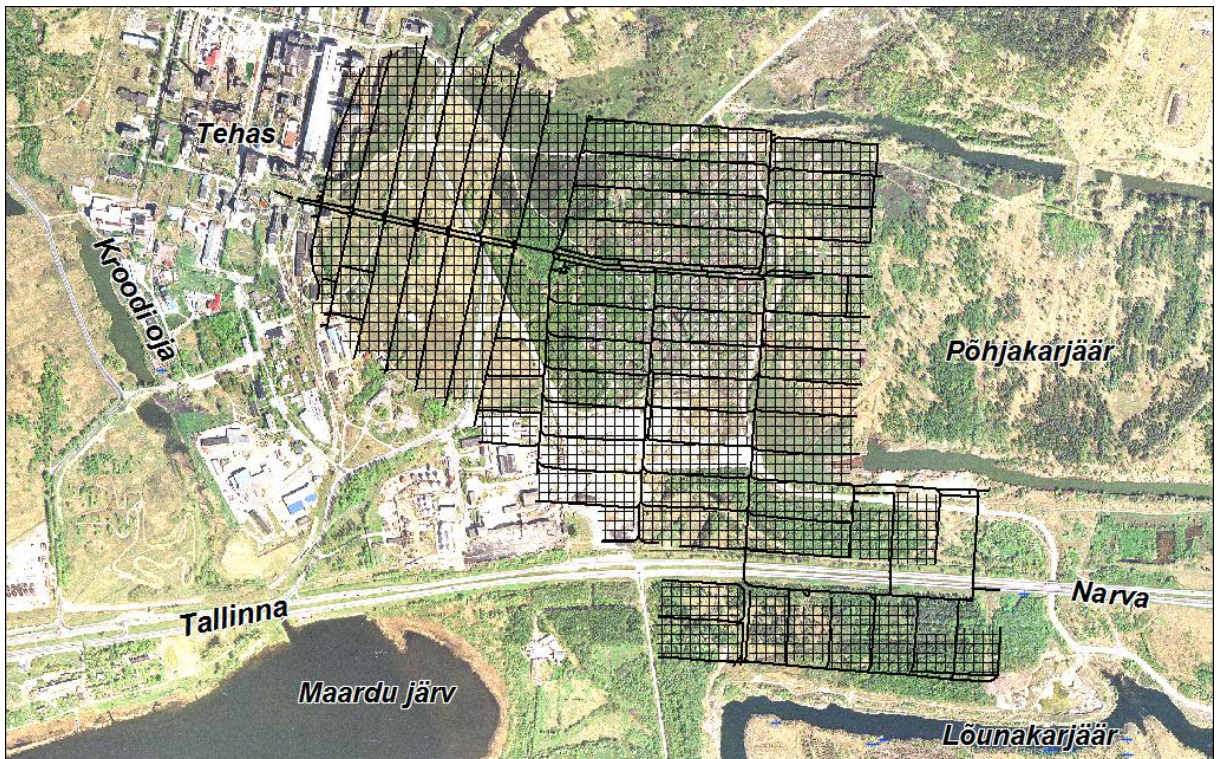
Allmaakaevandamine

Maardu kaevandus avati Koodi oru pervest stollidega ida-kagusse Stollid väljusid tehnikompleksi. Klombitud paekivist seintega tehasehoone ja töölisasulasse ehitatud elamud olid toleaegse arhitektuuri head näidised.¹ Ajapikku on kõik hooned ja nende välimus moondunud – tehtud juurde- ja ümberehitisi, lisatud tehnorajatisi ja lõpuks lastud laguneda. Praegu (2016) on tehasehoone varemeis. 1940. nõukogude invasioon peatas intensiivarengu. Jõuti valmis ehitada vaid üks kuivrikastusvabrik, mille tehnoloogia oli sama primitiivne kui Ülga- sel. 1941. alanud saksa invasiooni ajal üritati arengut kiirendada. Plaaniti palju, kuid tegelikult suudeti toota vaid 24 tuh t madala toimaine sisaldisega

¹ Arhitekt Herbert Johanson

fosforiidijahu ($P_2O_5 < 28\%$). Nõukogude võimu taastulek 1944. viis fosforiiditööstuse uuesti veniva arengu teele.

Esiialgu kasutati sama kaevandamisviisi, millega oldi saadud hakkama Ülgasel. Umbes 80 m laiused paneelid avati peastollist mõlemale poole suunduvate käikudega ja jaotati kaevelankideks. Raimati puur- ja lõhketöödega. Toestati puiduga. Hiljem hakati kasutama 90 m pikkuseid laavasid. Lage hoidsid 6-meetrise sammuga 2×2 m tervikud. Tavaline langi pikkus oli 200 m. Maavara kaevandamiskadu oli kuni 30%. Kaevist koristati käsitsi, tariti kraapkonveieriga ja veeti vagonettidega, mida tiris kaevandus-elektrivedur. Kuuekümnendatel aastatel üritati kasutada põlevkivikaevandustes tehnilise pöörde tekitanud masinlaadureid ja kivi-söekaevandustes töötavaid pika ee koristuskombaine (= kauritsaid). Katsed kukkusid läbi fosforiiti kandva liivakivi kõrge abrasiivsuse tõttu.



Pilt 3.6 Maardu peitunud allmaakäigud ja -langid



Pilt 3.7 Altkaevandatud ala aiandus
N 59°27'30 E 25°01' (ligikaudu).

Ehitised on seni illegaalsed. Kuuekümnendatel aastatel mindi käikudega Tallinn-Narva maantee alt läbi ja avati lõunajaoskond. Kui 1954. avati karjäär, vähenes allmaakaevandamise tähtsus ja maht.

Maardu kaevandus suleti 1965. ja täitus veega. Stollid ja muud avad suleti, käigud Narva maantee all täideti.¹ Aja jooksul on mitmed avad osaliselt lahti varisenud, kuid õnneks on kaevandusse sisenemine üsna raske. Kaevandamise järelmõju avaldub arvukate vajumite ning tehnogeensete allikate näol. Vesi tungib kaevandusse idast ja lõunast, korrastatud ja hüljatud avakaeveõõntest. Osa altkaevandatud alast on hõivatud algselt ajutiseks

¹ Kuigi maanteealused käigud on täidetud, ei saa eeldada, et täide on jäik. Igatahes vett tõkked ei pea ja kaeveõõned põhja- ning lõunapool Narva maanteed on hüdrauliliselt seotud.

kasutamiseks, nüüd tavaõiguse alusel omandiks muutunud aiandus- ja olmehoonetega (Pilt 3.7). Kogu tehase territoorium, samuti ka sellega külgnev kaevandatud ala on korrastamata tehnogeense maastiku tüüpnäide.

Avakaevandamine

Pealmaatöödega alustati 1954. Kasutati vaalkaevandamist (Pilt 3.8) Maardla avati põhjapiiril, praegusest Kallavere linnaosast lõunas. Edasi arenesid mäetööd ida ja lõuna suunas. Lõunas hävis mäetöö ette jäänud Võerdla küla. Idas läheneti Rebala külale.¹

Maardu fosforiidi katend koosneb erinevatest setenditest (vt Pilt 3.12). Kõige peal, nagu ikka, on pinnas ehk pärast-jääaegsed setted – muld, moreenmaterjal ja kohati turvas. Pinnase all on tugevad Lasnamäe ehituspae kihid. Nende all tulevad kihiti järjest nõrgemad kivimid: savikas lubjakivi, liivakivi, graptoliitargilliit (= savikivi). Fosforiidi vahetu katend on nõrgalt tsementeerunud liivakivi.

Kaljune katend puuriti ja lõhati. Liivakivi puurimist raskendas püriidi kiht. Poolkaljuste liiva- ja savikivi raimamiseks kasutati kobestamist ning murdmist võimsa pärilabidaga EVG 6 (Pilt 3.10).² Kui katend kasvas paksuks, jäi tööruum sellisele masinale ah-taks.

¹ Rebala (Rebu ~ kollane) on Rävåla muinaskihelkonna nimiküla. Sellest tulenes ka Eesti pealinna praeguse nimetuse (Thal-linn ehk orulinn, all-linn) saksakeelne nimevorm *Reval* ja venekeelne *Revel*.

² Fosforiiditööstus oli nõukogude majanduskorra ajal üsna hästi rahastatud, sest raskes seisus põllumajandus lootis mineraalväetistele; tänu sellele sai fosforiidikarjäär oma käsutusse mäemasinaid hõlpsamini kui põlevkivitööstus.



Pilt 3.8 Fosforiidi vaalkaevandamine
Taamal paljandav draglain, kaevikus laeb kaevist
pärikopp ja veavad karjäärikallurid.



Pilt 3.9 Paekihtide kobestamine
Pildile on jäänud osa tankist, mis terasvannasega
paasi kündis.



Pilt 3.10 Paljandusekskavaator EVG 6.

Seda suurt pärikoppa kasutati kuni põhjakarjääri sulgemiseni.

Kolm siinset Boris Naumovi fotot on eelmise sajandi kaheksakümnendatest aastatest

Fosforiidikihi raimamine ei olnud raske. Kohtades, kus koristusekskavaatorina kasutatud pärilabidas hakkama ei saanud, kasutati traktorkobestit.

Tehnikaajaloo seisukohalt on huvitav teada, et nõukogude Venemaal ei olnud piisavalt võimsaid traktoreid, küll aga tanke. Fosforiidi kaevandajad kasutasid selle ära ja üritasid sõjaväelt laenatud vanale tankile kinnitatud terasvannasega kobestada mitte ainult fosforiiti vaid ka katendikivimeid (Pilt 3.9). Nõrga savikivi kobestamine õnnestus, kuid pae raimamine mitte. Katsed, mida korraldati ka põ-

levkivikarjäärides, näitasid, et kuigi tanki mootoril võimsust jagus, ei suutnud sõjamasina käiguosa ega jõuülekanne madalal kiirusel tõmmet arendada.

Kaevist veeti karjäärrikalluritega. Kaheksakümneandatel aastatel, kui karjääriväli avati ka lõuna pool Tallinn-Narva maanteed, ehitati maantee alla viadukt. Lõunas, kus katend on paksem, kaevandati sellest ka ehituspaekivi.

Keskkonnaprobleem

tekkis, kui ilmnes et argilliit on isesüttiv. Kaevandatud ala vaaludes tekkisid kuumenemis- ja tulekolled. Eriti aktiivselt reageeris kobestatud savikivi õhuhapnikuga seal, kus vaalustiku sisenurkades ei jätkunud tema katmiseks pinnast ega kobestatud liivakivi. Eriti varmalt süttisid tuultepealsed kuhjed. Tulekollete kustutamiseks ette võetud ümberkühveldamine ja kuumenenud kohtade avamine lisas õhku ning ainult intensiivistas põlenguid. Põlengute suurimaks ohuks pidas üldsus kaugemat tagajärge – seda, et raskete ja radioaktiivsete metallide ühendid muutuvad termilise lagunemise tulemusel vees lahustuvateks ja migreeruvaiks. Seda ohtu kasutati argumendina fosforiidi kaevandamise vastu.

Rikastamine

Esiailgu saadi käima ainult kuivrikastamine. Kokku rajati kolm rikastusliini, tollase nimega vabrikut. Kuivmenetlust kasutati kuni 1975. Sellisel moel saadud kontsentraadi (= fosforiidijahu) toimaine sisaldus oli 19...20%. Tõhusamaks meetodiks oli va-

lida kas floteerimine (= vahtrikastamine) või elektrostaatiline separeerimine.¹

TTÜ professor Arthur Linari (1903...83) oli vahetult enne teist maailmasõda edukalt katsetanud fosforiidi elektrostaatilisest separeerimisest – meetodit, mis lahutab liiva ja fosforiiti kandva tuumainese elektriväljas. See meetod jäi kõrvale peamiselt vastava tehnika puudumise tõttu. Võeti vahtrikastamine (= floteerimine), meetod, mis kasutab ära maavara kasulikku komponenti kandva tuumainese ja kasutu aheraine erineva määrgumisevõime. Vahtrikastamiseks jahvatatakse kaevis jahupeeneks (<0,3 mm) ja tehakse pulp, millele lisatakse vahustit ja (floto)reagente, mis juhivad protsessi. Pulp vahustatakse ning mullid tõstavad mittemäärguvad mineraalid üles, kust nad ära riisutakse. Määrguvad osised jäävad pulpi. Vahtrikastamise puuduseks on energiamahukus – rikastusprodukt, poritaoline kontsentraat tuleb ära kuivatada. Sama puudus on ka elektrostaatilisest separeerimisest, mil oleks tulnud kuivatada kaevist, mis on küll jämedateralisem ja kuivem, kuid mida on rohkem.

Vahtrikastamine käivitati 1961. ja saadi tööle 1963. Kontsentraati toodeti esialgu 90 tuh t/aastas. P₂O₅ sisaldus oli esialgu 24...25%, hiljem kuni 28%. Normaalse tootluse, 320 tuh t kontsentraati aastas, saavutas tehas 1981. Rikastusjääk – peenliiv, millesse jäi reagentide² ja vahustajate jälgi, pumbati puistangusse, kust see kümnekond aastat pärast

¹ Arthur Linari, 1943. Mineraalkaevitiste rikastamine, Tehnika Kuukiri nr 1 (18...21) ja nr 2 (lk 41...43). Leitav kogumikus Eesti mäendus III. <http://digi.lib.ttu.ee/i/?199>.

² Keemilised ühendid, mille abil juhitakse vahustamisprotsessi, reguleeritakse erinevate mineraalide jaotumist vahustatud pulbis.

fosforiiditööstuse likvideerimist täiteliivana ära kasutati.

Erialainimesed arvavad, et vahtrikastamiseks valiti vale menetlus, nn katioonprotsess. Vahuga tõsteti liiva, mida on kaevises suurema osa. Mõistlikum olnuks eraldada vähemat osa – toimainet kandvat tuumainest. On väidetud ka, et rikastamine muutus tõhusaks alles pärast seda, kui 1980. avanes võimalus importida flotoreagente Rootsist.

3.2.3. Keskkonnamõju ja -hoole

Fosforiiditööstuse keskkonnamõju

oli tugev. ¹ Suurim mõjur oli väetisetööstus. Keemilise tehnoloogia vedelad heitmed jõudsid läbi sette- ja kogumistiikide mingil määral Kroodi oja ja sealt Muuga lahte. Gaasilised heitmed, peamiselt väävlid ja fluori ühendid lendusid ja sadasid ümbruskonnas maha paarikümne kilomeetri ulatuses, olles paljudel juhtudel loomade ja taimede haigestumise põhjuseks. ²

Kaevandamise mõju,

välja arvatud kõik see, mis puutus savikivi kuumenemisse, oli üldkokkuvõttes keskmine (vt allmärkuses toodud klassifikatsiooni)

¹ Siin ja edaspidi järgime keskkonnamõju tugevuse iseloomustamisel skaalat: 0 – mõju puudub; 1 – nõrk mõju, tajutav; 2 – talutav mõju, häiriv; 3 – keskmine mõju muudab olmet, majandust ja looduskeskkonda; 4 – tugev mõju likvideerib suure osa piirkonna majandusest ja majapidamistest ning praktiliselt kogu looduskeskkonna; 5 – hävitav mõju muudab kogu ala ja suure osa ümbritsevast piirkonnast täielikult tehnogeenseks. Vastavalt sellele projekteeritakse keskkonnakaitse ja -hooldemeetmed.

² Linnalegend pajatab, et tänu sellele olid kahjuritest puhtad ka Muuga aedlinna viljapuuaiad.

Seejuures Ülgase allmaakaevanduse mõju oli nõrk. Maa vajumine oli seal tühine ja kuigi kaevandamine toimus põhjaveekihi, polnud kaevanduse kohal talusid, mille kaevusid mõjutada.

Maardu allmaakaevanduse mõju oli talutav, avakaevandamise mõju hävitav. Karjääris pöörati maa ümber ja see tuli korrastada. Avakaevandamise varasemas staadiumis jäi osa kaevandatud alast korrastamata ja loodustus. Projektipõhise korrastamisega alustati siiski üsna pea. Põhjakarjääri vaalud rekultiveeriti metsaks.



Pilt 3.11 Noor lehisemets Maardu rekultiveeritud põhjakarjääris 2006.

N 59°28'42"; E 25°05'32". Tühemikest on puud ära varastatud

Lõunakarjääris tehti põllumajandusliku rekultiveerimise katseid, kuid sinna üritati rajada ka Loo linnuvabriku sõnnikubasseine. Kaevandamise lõpetamisel koostas TTÜ mäeinstituut põhjakarjääri sulgemise projekti, mis nägi ette kõik vajalikud meetmed: veevahetuse karjäärijärvedes, järsakute tõkestamise ja/või laugeks tasandamise, veeseire

jmt.¹ Kuid fosforiiditööstus laostus ja projekt jäi teostamata. Lõunakarjääri jaoks projekt ei tehtud, seal jätkus lubjakivi kaevandmine.

Fosforiidi kaevandamine ja kasutamine lõpetati 1991. Osa väärtusliku metsaga maad on maareformi ajal tagastatud kunagistele maaomanikele.

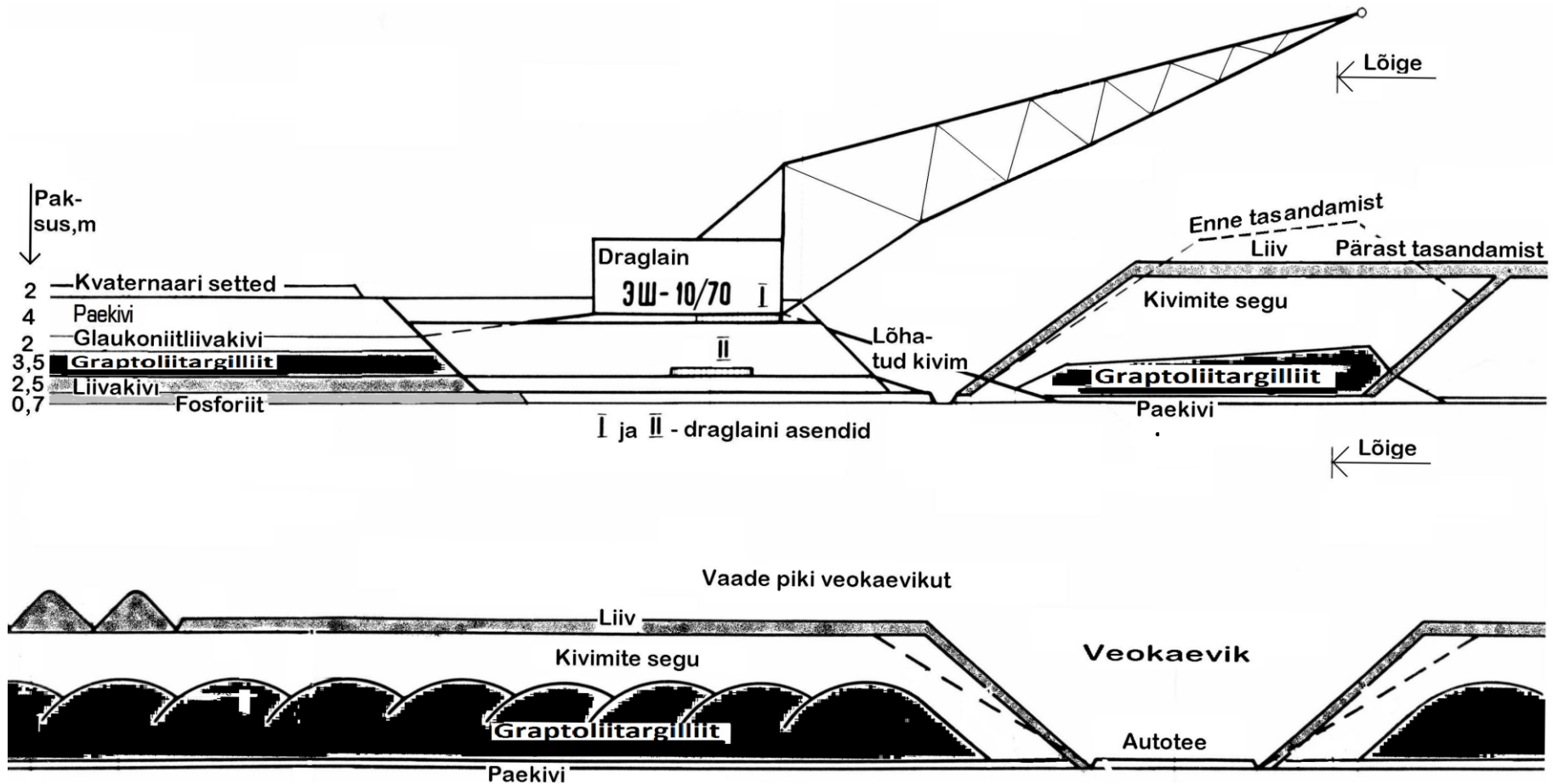
Graptoliitargilliidi isesüttimine

oli tõsine probleem. Selle vältimiseks töötati 1983. välja katendi selektiivse ekskaveerimise tehnoloogia (Pilt 3.12). Selle kohaselt puistas ekskavaator kaevandatud ala põhja esmalt lubjakivi, mis pidi neutraliseerima savikivist leostuva happelise lahuse.² Lubjakivi peale tõsteti purustatud savikivi ja peale puistati paekivi, glaukoniitliivakivi ja pinnase segu. Viimaseks katteks tõstis ekskavaator fosforiidile kaasnevat liivakivi, mis vaalus pudenes liivaks.

Kes teab kuidas draglain töötab, saab aru, et sellise tehnoloogia puhul pidi ekskavaatoril olema mitu ett. Ta pidi ammutama neist vaheldumisi ja tegema seda vähemalt kahest asendist. See vähendas töötootlikkust ja loomulikult ka ekskavaatori meeskonna töötasu.

¹ Sulgemisprojekti koostas Maardu keskkonnahooldele pühendunud spetsialist, tehnikakandidaat Boris Naumov, kes karjääris töötades oli teinud ja juurutanud ka savikivi selektiivse väljamise ja matmise tehnoloogia (Pilt 3.12).

² Kui toimub leostumine, siis eeldatavalt just sellesse kihti sadestuvad ja kontsentreeruvad metalliühendid.



Pilt 3.12 Graptoliitargilliidi isesüttimist vältiv puistangu selektiivse moodustamise tehnoloogia skeem.

Selektiivset puistamist kasutati lõunajaoskonnas. Täielikku edu ei saavutatud, graptoliitargilliidi terminiline lagunemine jätkus, ehkki vähem intensiivselt.¹ Kindlasti piiras ohutu tehnoloogia tõhusust madal töökultuur.

3.2.4. Fosforiidi kasutamine

Fosforiidi kasutamise peamiseks protsessiks sai kontsentraadi töötlemine väävelhappega (= supereerimine), mille tulemusel saadi väetis, superfosfaat. Supereerimise kasutamisel on peamiseks kahjulikeks lisanditeks magneesiumi ja raua ühendid. Teine võimalik töötlemismenetlus oluiks fosforiidi terminiline töötlemine, protsess, mille väljundiks oleks olnud fosfor. Seda meetodit Eestis küll uuriti ja katsetati, kuid kasutusse see ei jõudnud.

Maardu fosforiidi baasil rajati väetisetehas, mille peamiseks toodanguks said mitmesugused superfosfaadi liigid ja segud. Tehas ehitati küll kohaliku fosforiidi töötlemiseks, kuid hiljem hakati supereerima ka Koola poolsaarelt, Hibiinidelt toodud apatiiti, oluliselt paremat tooret. Kohaliku kaevise rikastusprodukt müüdi nõukogude riigikapitalismile omases sundkorras fosforiidijahu nime all põlluväetiseks. Erilist põlluviljakuse tõusu selline meliorant ei andnud, sest lahustus mullas väga halvasti. Osa fosforiidikontsentraati veeti vääristamiseks ka Venemaa väetistetehastesse.

¹ Arno-Toomas Pihlak, Ello Maremäe, Valentina Pikkov, Endel Lippmaa, 1984. Maardu fosforiidikarjääri puistangute saastav mõju veele / Eesti TA toimetised, Bioloogia, 33, lk 166...170

3.2.5. Fosforiiditööstuse võimalikud arengud

Rakvere levila hõlvamise kava

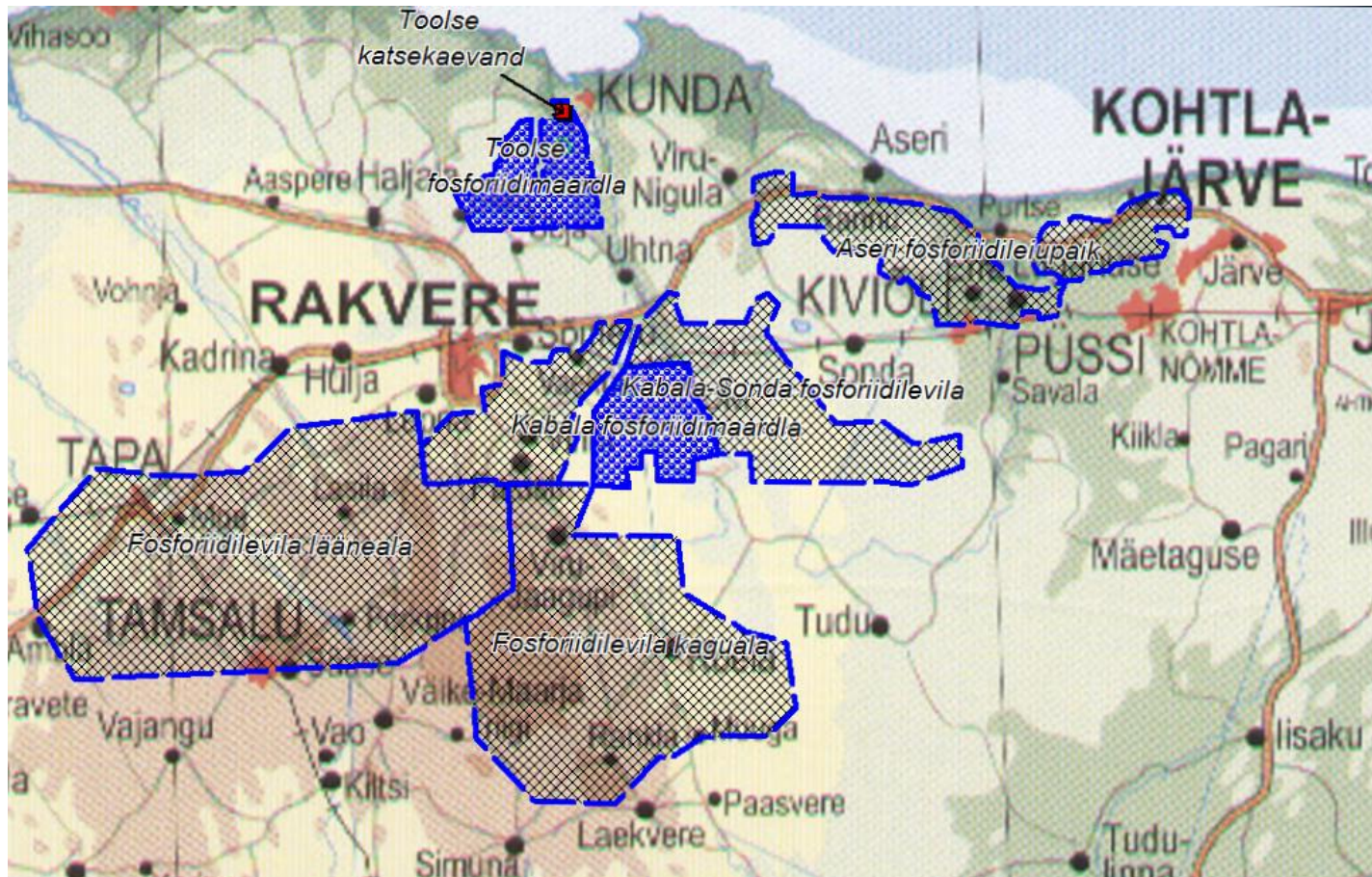
Seitsmekümnendate aastate keskel oli ette näha, et Venemaal, ida pool Narva jõge paiknevas maardlas, mille tooret töötleb Kingissepa väetistehas, fosforiiti kauaks ei jätku. Asuti otsima lähimat maardlat Eestis. Põhjalikult uuriti Rakvere fosforiidilevilat, kus piiritleti Toolse karjääriväli ja Kabala kaevandusväli (Pilt 3.13). Tugeva ruudustikuga on sellel märgitud Toolse karjääriväli ja Ida-Kabala kaevanduse väli

Toolse väljalt, Tigapõllult võeti mahukas tehniline proov. Katsekaevandi (Pilt 3.15) koht on märgitud kaardil (Pilt 3.13). Proov saadeti Venemaale Kingissepa fosforiidikombinaati rikastuskatsetusteks mille tulemusel Toolsesse kavandati mitte selline vahtrikastusmenetlus, mis oli kasutusel Maardus, vaid parem, nn anioonprotsess – vahuga tõstetaks tuumainest, mitte liiva.

Toolse karjäär jõudis projekteerimise staadiumi. Samal ajal tehti ka Kabala kaevanduse tasuvusuuringuid. Virumaa fosforiidi hõlvamise kava tekitas aktiivse ühiskondliku vastuliikumise, mida tuntakse fosforiidisõja nime all (Pilt 3.13).¹ Kogu edasise ja kõigi kaasnähtuste kohta on mitmeid kirjutisi. Ajakirjanduslik-emotsionaalse ülevaate sellest annab Juhan Aare.²

¹ Kuigi rahvaliikumine tekkis takistamaks uue fosforiiditööstuse teket, oli selle sisuks võitlus nõukogude võimu vastu

² Juhan Aare, 1999. Fosforiidisõda 1971-1989, Tallinn. Kirilille kirjastus, 302 lk



Pilt 3.13 Rakvere fosforiidilevila



Pilt 3.14 Ajalehest „Edasi“ 5.02.1986



Pilt 3.15 Tigapõllu kaevand Toolse uuringuvälja põhjapiiril, kust kunagi võeti tehniline proov. N 59°29'32"; E 26°29'41"; 2006. juuli alguses pildistatud järvekene kubises konnakullestest. Vee elektrijuhtivus oli tavaline, radioaktiivsuse kohta andmed puuduvad.

Teaduslikult täpse kokkuvõtte sündmustest, arengutest ja tegevustest leiab akadeemik Mihkel Veiderma memuaaridest.¹ Need allikad lubavad edasises piirduda vaid mõningate mäetehniliselt ja -majanduslikult oluliste asjade mainimisega.

Peamine, mis Virumaa fosforiidimaardlate puhul ohutunnet tekitas, oli graptoliitargilliidi (toona nimetati seda diktüoneemakildaks ja/või -argilliidiks) isesüttimise ja sellega seostatav raskemetallide leostumise võimalus. Teave sellest pärines Maardust. Hirmu raskemetallide suhtes süvendas asjaolu, et Virumaal lasuva idafaatsiese savikivi metallisisaldus on suurem kui läänes, Maardus. Selle ohuteguri ühiskondlik tunnetus oli adekvaatne.

Teiseks ohuteguriks peeti põhjaveekihtide kuivamist. Selle, talupoeglikule tavamõtlemisele omase hirmu õhutamisega pingutati üle. Kuigi jutud ja kirjutised Eesti kõigi ülemiste põhjaveekihtide ja Pandiverelt lähtuvate jõgede kuivamisest olid tugevalt kallutatud, lasid akadeemilised arvamusliidrid levida just sellel, tegelikkusest üsna kaugel oleval teabel. Põhjus oli poliitilist laadi – peamised muutused, mida fosforiidivastast liikumist suunavad isikud soovisid tõrjuda, oleksid toimunud rahvastiku koosseisus, mitte maapõues. Kuid sellest kirjutamine oli keelatud.

¹ Mihkel Veiderma, 2009. Tagasivaade eluteele Eesti keele Sihtasutus, 343 lk, fototahvlid, isikuregister. Fosforiidisõjale on pühendatud lk 204...216.

Fosforiidisõjast oleks pidanud tehtama järeldus, et

inimene on peamine keskkonnamõjur, mitte kaevandamine

Kahjuks jäid ühiskonna meeli segama ikkagi müüdid maapõue ja maa globaalsest kuivenemisest, graptoliitargilliidi põlemisest, põhjavee riknemisest, varingutest jmt. Seda hoolimata, et Maardus kogutut ei saa mööndusteta laiendada Rakvere fosforiidilevilale, kuna:

- idafaatsiese savikivi orgaanikasisaldus ja seega ka põlemisvõime on oluliselt madalam kui läänes, Maardus; puuduvad mistahes andmed savikivi isesüttimisest Virumaal – kõik isesüttimisjuhud on olnud Tallinna lähistel, kus graptoliitargilliidi kütvus on kõrgem kui idas,
- Sillamäe suletud uraanikaevanduse avamine 2004...06. a, samuti Ülgase vaatlused ei näita mingeid märke savikivi kuumenemisest ega süttimisest allmaa-kaeveõõntes,
- savikivi on fosforiidi lasumis vaid Rakvere levila põhjaosas, Toolse väljal, mitte lõuna pool, Kabalal.

Fosforiidi ja põlevkivi kooskaevandamise võimalus Kabalal

Ida-Kabala väljal lasub keskmiselt 6 m paksune fosforiidikiht 60...80 m sügavusel. Kasuliku ainese keskmine sisaldus on 15% ja välja potentsiaalne P_2O_5 varu on umbes 25 mln t. Tegemist oli väga ahvatleva ressursiga. Kuid kaevandamisvõimalusi piiravad mitmed asjaolud:

- sügavus – kuigi lineaarne katenditegur 10 : 1 lubaks kasutada isegi aukkaevandamist, eeldab piirkonna asustatus allmaakaevandamist,

- veerohkus – fosforiidilasund ja tema kaaskivimid on hüdrogeoloogilises mõistes suure deebitiga veekiht, mis eeldab kaevandamisel väga intensiivset veeärastust,¹
- kattuvad maardlad – mäetööstuse seisukohalt on oluline, et Kabala väljal kattuvad fosforiidilevila ja põlevkivimaardla, kusjuures põlevkivi kihind on fosforiidi kohal, umbes 35 m kaugusel.

Kabala fosforiidiväljal on 100 mln t põlevkivi passiivset tarbevaru. Kui fosforiiti kaevandada allmaamenetlusel, deformeerub fosforiidi kohal lasuv põlevkivikiht sedavõrd, et selle varu tuleb maha kanda. Põlevkivikiht muutuks kaevandamiskõlbmatuks isegi siis, kui fosforiidi kaevandamisel tekkinud kaeveõõned täidetaks. Kui Kabala fosforiidikaevandus oleks omal ajal ehitatud, oleks põlevkivi varu maha kantud, sest fosforiit ja põlevkivi kuulusid nõukogude majanduskorra all eri ministriumitele. Isegi kui väetistetööstuse ministrium oleks pidanud põlevkivi varu kinni maksma, oleks see moodustanud vaid tühise osa fosforiidi kaevandamiskulust. Põlevkivi kaevandamist Kabalas tollal ei plaanitud, sest uusi kaevandusi projekteeriti Kuremäe, Permisküla ja Uus-Kiviõli väljadele.²

¹ Toolse välja geoloogilise uuringu käigus puuriti kohas N 59°28'18"; E 26°29'23" (ligikaudu) kaks poolemeetrilise läbimõõduga kaevu fosforiidi tehnoloogilise proovi võtmiseks; proovi ei saadud, sest kaevusid ei suudetud tühjaks pumbata.

² Analoogiliselt hävis nõukogude majanduskorra ajal hulga kaevandamisväärset turvast Sirgala ja Viivikonna põlevkivikarjääride katendis, kus Oru turbatööstus, selle asemel, et oma põlevkivi peal lasuvat turba varu päästa, võttis turvast tehasele lähedasel alal.

Fosforiidi ja põlevkivi kooskaevandamise tehnoloogilist skeemi vaagiti Eestis esmakordselt 1982. maikuus, Eesti TA ja tööstusharude instituutide teadlaste väljasõidul Lääne-Viru fosforiidiväljadele. Ideed arendas edasi Eesti TA Majanduse Instituutis Robert Päsok ja tehnoloogilisi visandeid ning toodangubilansse tehti minu juhendamisel A. Skotšinski nim mäendusinstituudi Eesti Filiaalis. Ideekavandi kohaselt oluaks Kabala liitkaevanduses kaks tasandit – ülemine põlevkivi ja alumine fosforiidi väljamiseks. Maapealsesse tehno komplekski kuulunuksid: põlevkivi rikastamine (separeerimine raskes vedelikus), fosforiidi rikastamine (vahtrikastamine) ja jõujaam (tolmpõletamine). Põlevkivi oleks tulnud väljata mõningase eelnevusega – nii oleks fosforiidikihis tegutsemine liigutanud vaid ülemise tasandi ammendatud ala. Põlevkivikaevis oleks separeeritud põlevkiviks ja paekiviks ning viimane oleks töödeldud killustikuks. Põlevkivi oleks põletatud jõujaamas, genereerimaks elektri- ja soojusenergiat. Põlemisgaaside ja jääksoojusega oleks kuivatatud fosforiidikontsentraati. Põlevkivituhk oleks ära kasutatud sideaineks fosforiiditasandi ammendatud ala täitmisel. Fosforiidi rikastusjääk, st liiv, oleks segus paekillustiku ja põlevkivituhaga pumbatud maa alla kaeveõõnte täitmiseks.

See oluaks loodusvarade kompleksse kasutamise ja jääkideta kaevandamise musternäide. Idee polnud vastuvõetav tööstusharuministritele, kes tundsid huvi vaid oma plaanilise toodangu – üks fosforiidi, teine põlevkivi vastu. Mõte ei kõlvanud ka toona fosforiiditööstust kategooriliselt eitanud ühiskonnale. Ning tehnilise ja majandusliku mahajäämuse tõttu ei olnudki idee toona teostatav.



Käesoleval ajal (2010) on kõik tehnilised võimalused komplekskaevandamiseks olemas. Ühiskonna meelsuse (Pilt 3.16) muutumine võtab veel aega, ettevõtmise tasuvus sõltub peamiselt fosfaattoorme nõudlusest.

Pilt 3.16 Ajalehepilt fosforiidisõja ajast

Keskkonnohutu avakaevandamine Toolses

Nõukogude võimu lagunemine ei lõpetanud fosforiidiprobleemi, sest üldsus sai teadlikuks küll kaevandamise keskkonnakahjulikkusest, kuid mitte fosforiidi madalast kaevandamisväärsusest. Seejärel püüti eelmise sajandi üheksakümnendatel aastate uuesti hinnata Rakvere fosforiidilevila kasutamise võimalust. Ohutu kaevandamise ja selle maksumuse hindamiseks visandas TTÜ mäeinstituut 1993...94. Toolse maardlasse mitu avakaevandamise tehnoloogilist skeemi, mis pidasid silmas nii savikivi matmist kui ka selle kasutamist energeetilise ja metallurgilise toormena.¹ Graptoliit-targilliidi maagina kasutamist käsitleme hiljem, kui jõuame Sillamäe uraani kaevandamiseni.

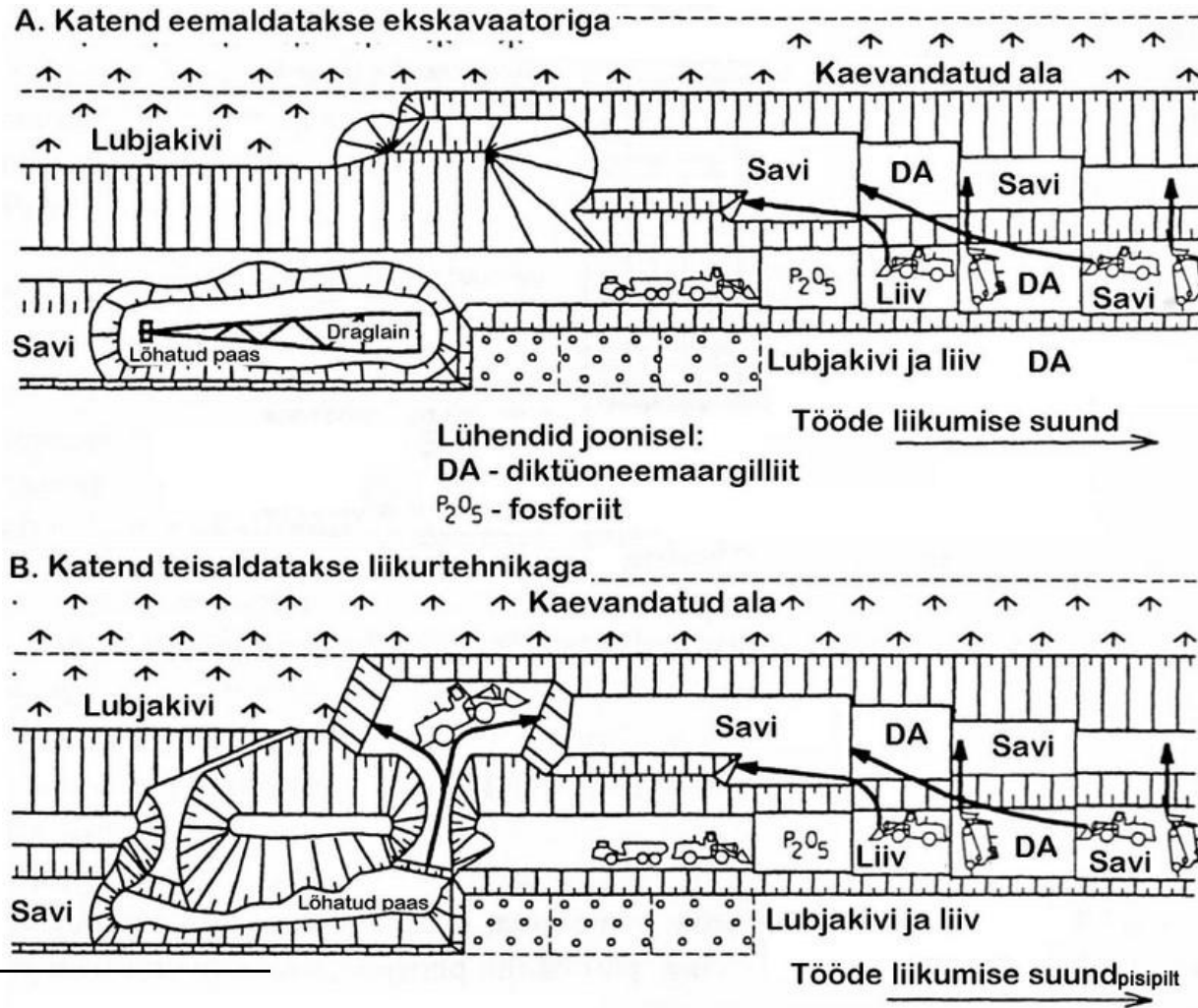
Toolse fosforiidimaardla avamiseks nähti parimat võimalust Kunda tsemenditehase Aru paekarjääri

põhjast, kust fosforiidini jääb 15...18 m. Tehnoloogiline skeem vt (Pilt 3.17)

Pildil kujutatud tehnoloogia järgi väljatakse kivimid kihthaaval ja graptoliitargilliidi jaoks moodustatakse midagi vannitaolist. Vanni põhi ja küljed vooderdakse katendis leiduva aleuoliitsaviga. Argilliit tartakse vanni, tambitakse kinni ning kaetakse savikihiga. Kui katendis olevast aleuoliitsavist ei peaks piisama, saaks lisa paksust sinisavi lademest Kunda rannast. Kogu „piruka“ pressib kokku peale laotav paekivi.

Nii oleks välditud savikivi kuumenemine ja leostumine. Fosforiidi kaevandamise võimalikuks mahuks pakuti toona 0,8..1,1 milj t aastas, millest oleks saanud 50...70 tuh t maailmaturu nõuetele (33%) vastava toimaine sisaldusega kontsentraati. Majandushinnang näitas, et kaevandamine võinuks olla tulus, kui kontsentraadi toimainetoni hind olnuks maailmaturul vähemalt 250 USD / t.P₂O₅. Tegelikult oli aga 80...100 USD, seega kolm korda madalam kui läinuks vaja kaevandamiskulu katmiseks.

Seni pole fosfaattoorme hind tõusnud Eesti jaoks sobivale tasemele. On ka teada, et kui fosfaattoorme hind tõuseks, avataks kõikjal, eelkõige Põhja-Aafrikas juurde ammu teada olevaid fosforiidimaardlaid, mis säilitaks turu küllastatuse. Siit järeldus – fosforiidi kaevandamine ei omanud toona ega oma ka prognoositavas tulevikus mõtet.



Pilt 3.17 Fosforiidi avakaevandamine graptoliitargilliidi matmisega.¹

Joonisel on DA toonase diktüoneemaargilliidi ja 'paas' paekivi tingnimetus.

¹ Alo Adamson, Enno Reinsalu, Lauri Juuse, Inmgo Valgma, 1997. *Sustainable Phosphate Rock Mining. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Engineering*, p 13...22.

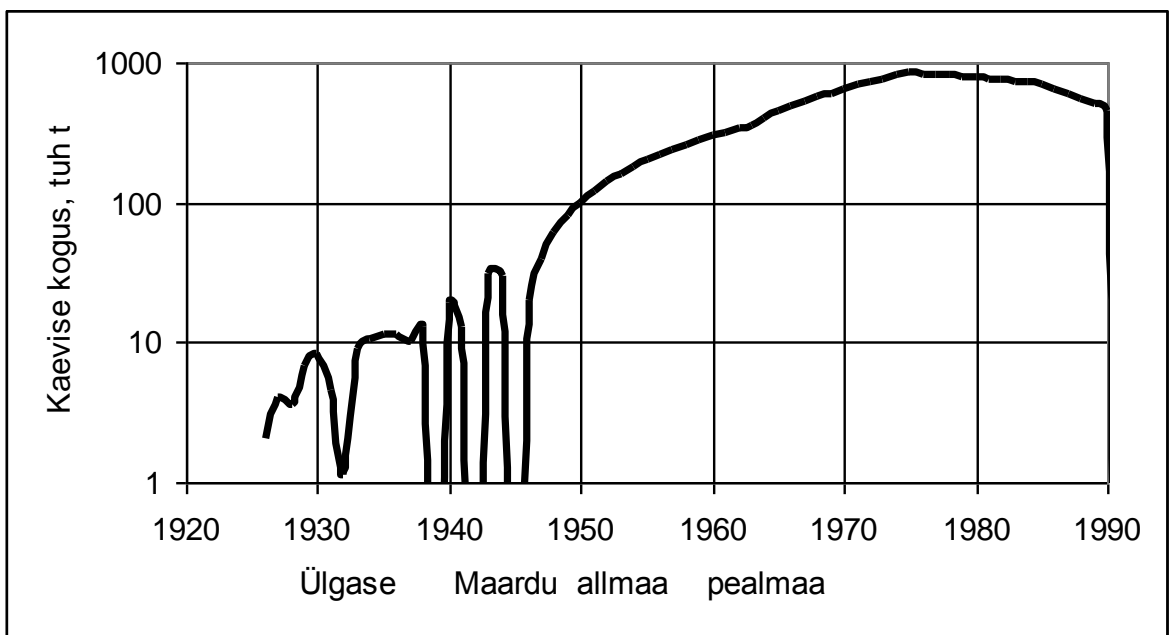
Fosforiidi ja tsemendilubjakivi kihtide omavaheline lähedus hoiab fosforiidi kaevandamist pelgavaid isikuid pidevalt murelikena. Ajal, kui fosforiidi kaevandamist veel väga kardeti, märkasid kohalikud keskkonnaaktivistid Aru tsemendilubjakivikarjääri põhjas paarikümnemeetrise läbimõõduga veega täitunud süvendit. Sügavas kahtluses kaevandajate suhtes, mis takistas tsemenditööstureilt otse küsida, mis auk see on, telliti Tallinnast helikopter, võeti mind eksperdina pardale ja korraldati ülelend. Auk oli tõesti olemas. Küsisin siis kolleegidelt Aru karjääris, millega on tegu. Mulle selgitati ning näidati lahkelt, et auk on graniidikillustiku pesuvee setitamise tiik. Mäemehed üritasid tol vaesel ajal lisa teenida maa-kivide killustikuks purustamisega.

Eesti fosforiit ei ole seni (2011) ega ka prognoositavas tulevikus (20 aasta jooksul) kaevandamisväärne

Tekib küsimus – kas tõesti nõukogude väetisetootjad ei mõistnud asja tulutust? Peaaegu nii see oligi. Asi oli nõukogude majanduse väärastunud majanduskriteeriumites. Venemaa väetisetööstus töötas dotatsioonil. Mäemasinad, mida sõjatehased tegid põhitoodangu kõrval, olid alla hinnatud. See lubas kaevandada ja ehitada odavalt. Pealegi, Eestist ei otsitud mitte eksportkaupa, vaid toorainet juba töötavale Kingissepa tehasele selleks, et säästa ekspordikõlblikku Koola apatiiti, maailma parimat fosfaattooret.

Jättes kõrvale tööjõupuuduse, mis oleks tekitanud massilise lihttöölise sissevoolu Eestisse, võib väita, et kui fosforiidi kaevandamist oleks jõutud nõukogude kapitaliga alustada, oleks karjäär praegu olemas, nii nagu on olemas ka Muuga sadam. Ise-iseisva Eesti töösturid ja insenerid oleksid ehk leid-

nud lahendusi ja tehnikat, et toota fosfaattooret keskkonnaohutult. Probleemiks oleks jäänud turustamine, kuid teades Soome kogemusi oma madala toimeainesisaldusega fosfaatkaevise majandamisel, oleks ehk seegi leidnud lahenduse. Eriti pärast seda, kui ehitati Kunda sadam.



Pilt 3.18 Fosforiidi väljamise umbkaudne maht Eestis.

See graafik on tüüpiline maardlate eluea – kaevandamise tõusu ja languse kõver. Esimeste aastate langused toodangugraafikul markeerivad 1933. majanduskriisi, Ülgase põlemist 1938, sõja ülekäike 1941. ning 1944. Lõpp saabus koos nõukogude majanduse kokkuvarisemisega 1990. Siis lõppes ka väljamine. Edasi kasutati ära lattu kogutud kaevise ja karjääris tehti vaid abitöid ning kaevandati ehituslubjakivi.

3.3. Liiva kaevandamine ja kasutamine

3.3.1. Piusa klaasiliivakaevandus

Allmaakaevandamine

Ajalooks saanud Piusa klaasiliiva allmaakaevandamine on Eesti mäenduse üks omapärasemaid näiteid. Kaevandused, nüüd koopad, mida erinevad kirjeldajad on kokku lugenud kuni kaheksa, asuvad Piusa raudteejaama juures Valga – Petseri raudteest põhja pool.



Pilt 3.19 Piusa kaevanduse avamine
N 57°50'30"; E 27°28'01". Koloreeritud repro Karl Orviku raamatust „Maavarad“, 1933, viitega koguteosele “Eesti. Maa, rahvas, kultuur”

Kaevandamist alustas 1922. Irboska mäeettevõtte OÜ Gips (tolleaegne kirjaviis). Alustati liiva võtmi-sega kaevanditest, hiljem mindi maa alla.

Mõningail andmeil töötas algusaastail kaevandu-ses 10 meest ja 5 naist. Liiv laaditi kastidesse, tariti stollli suudmesse, pandi kottidesse ning veeti ho-bustega raudteejaama. Samadel andmetel müüdi 1925. 18 tuh puuda (vähem kui 300 t) klaasiliiva.

Kolmekümnendate aastate alguses ehitati raudtee-jaamast kaevanduse juurde kitsarööpmeline tee, mida hiljem pikendati kaevanduskäikudesse (gale-riidesse). Pärast teist maailmasõda, kui Piusa jõe-le rajati hüdroelektrijaam, sai kaevandus elektri ja kaevandusraudtee elektrifitseeriti.

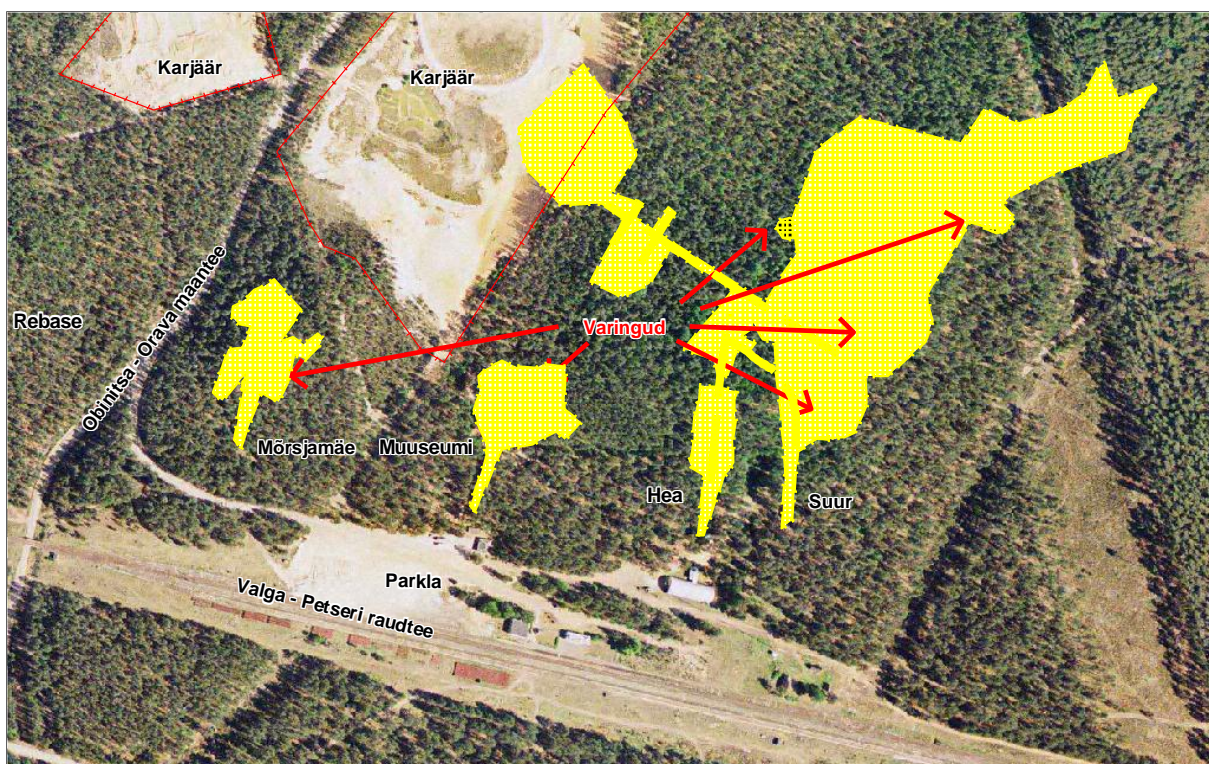
Teise maailmasõja ajal kaevandasid sakslased seal vormiliiva. Mõningail andmeil tehti liivast be-tonist lennukipomme. Seetõttu oli Piusa liivale omistatud strateegilise maavara staatus, analoogi-liselt põlevkiviga, mida vajati bensiini tootmiseks ja fosforiidiga, millest sai fosforit. Sakslased tegutse-sid kõigi allmaakaevandamise reeglite kohaselt – rajasid kaevandusse motoriseeritud raudtee ja transpordisõlmed. Piusa tunnelites kasutatud vedur *Deutz* (Saksamaa, 1938), algselt diiselmootoriga, hiljem ümber tehtud elektriveduriks ja liivavagonett on Lavassaare raudteemuuseumis.

Praegu on Piusa tuntumad koobastikud:

- Suur koobas 4,3 ha,
- Hea koobas 0,6 ha,
- Muuseumi koobas 0,4 ha,
- Mõrsjamäe koobas 0,3 ha,
- Rebasekoobas 0,1 ha.

Koobastike nimed on ka alljärgneval kaardil, Kolm esimest ja suuremat, raudteejaamale lähemat, on

kõrgete käikude ja sammastega ja neis on sadu meetreid galeriisid. Kaks viimast, läänepoolsemat on üsna pisikesed. Käike on neis vaid mõnikümme meetrit. Ka kambrid pole neis avarad – laius ja kõrgus on enamasti 2...3 m. Kaevandatud ala (koobastikud) vt Pilt 3.20.



Pilt 3.20 Piusa liivakaevanduste ala – Piusa koopad.

Märgistatud ala on varisemisohtlik, osaliselt varisenud.

Liiva väljati selektiivselt. Kui toodeti klaasiliiva, siis välditi kollast, rauarikast liiva. Vormi- või ehitusliiva tarbijale sobis suurema rauasisaldusega, kollane liiv. Raimati käsitsi, kõblaste ja kirkadega, laeti kühvlitega. Kõrgetes kambrites alustati liiva väljamist ülalt ja mindi põranda järkamisega allapoole, mille tulemusel moodustusidki kuni 10 m kõrgused kambrid. Lagi kujundati vastavaks loomuliku varisemise võlvile, mistõttu toestikku ei vajatud. Kuid kohtades, kus tervikute vahele jäi lõhe, ja/või kuhu ülevalt oli imbunud vett, tekkisid lahutuspinnad. Neis kohtades kukkus vahetu lagi mõnikord juba

väljamise ajal. Peale selle osutusid lagi ja tervikud ebapüsivaks ka neis kohtades, kus kaeveõõs oli maapinnale liiga lähedal. Praegu langeb vahetu lagi kõikjal ja võlvid hävivad (Pilt 3.21).

Mäetöö toimus põhjavee tasemest kõrgemal ja vee ärastamise muret ei olnud. Lõhketöid ei kasutatud, seepärast polnud vaja ka tuulutada. Liiva raimamisel tekkiva kvartsitolmu sisse hingamisest tekkivast üliohtlikust kopsuhaigusest silikoosist tol ajal ei teatud.¹

Allmaakaevandamise lõpetamisel püüti stolle ja avasid sulgeda lõhkamisega, mis liivakivi puhul oli viga – seismilised lained lõhkusid kivimi terviklikkuse. Seepärast varisesid avad kohe lahti ja kaevandatud alale tekkis uusi ohtlikke varingauke². Paljude avadega koobastik niiskus ja talvel jäätus. Pidev temperatuuri ja niiskuse muutus on nõrgendas mitmeid tervikuid viimase piirini. Kui mõni tervik puruneb, kandub laekivimite koormus üle naabertervikutele ja tekib maapinnani ulatuv varing, mis on surmavalt ohtlik nii maa all kui peal (Pilt 3.22).

¹ Enamasti peeti seda kaevurite kutsehaigust tuberkuloosiks.

² Nendest ja teistest vt [Kaevandatud maa](#), TTÜ mäeinstituut, 97 lk. (<http://digi.lib.ttu.ee/i/?2215>)



Pilt 3.21 Püstsed lõhed ja lahutuspinnad on Muuseumikoopa lakke tekitanud varingu.

Koopa see osa on eluohtlik ja sinna on pääs tõkestatud.



Pilt 3.22 Tervikute varingu tagajärg – kraatritaoline ava Muuseumikoopa peal

N 57°50'31"; E 27°28'03". Koobast mõõdistavad TTÜ mäeinstituudi tudengid. Selline varing võib toimuda kogu alal, mida eeltoodud kaardil katab viirutus.



Pilt 3.23 Piusa turismiobjekti – Muuseumikoopa kinni müüritud ava ja tõke

N 57°50'30"; E 27°27'53''

Piusa koopad on mitme nahkhiireliigi talvituspaik. Nende pärast tohib koopaid seestpoolt uudistada vaid maikuu keskpaigast augusti lõpuni ja sedagi vaid korrastatud alal. Ohutuks turismiobjektiks on korrastatud osa Muuseumikoopast, mille liigsed avad on inimeste jaoks suletud ja tõkestatud. Tänu avade sulgemisele on paranenud niiskuserežiim ja koobastiku selle osa hävimine on oluliselt aeglustunud.

Avakaevandamine

1966. alustati avakaevandamisega allmaakaevandustest põhja pool. Esiialgu veeti liiva elektriveduri ja vagonettidega raudteejaama läbi kaevanduse veogaleriide. Veogaleriid on koobaste kaardil (Pilt 3.20) tähistatud kaevandatud ala tähistavate joontega. Väljamine toimus liiva tootmise tavalisel

moel. Seda üritati teha võimalikult selektiivselt, vajadusel kobestati liivakivi lõhketöödega. Käesoleval ajal kaevandatakse Piusa levila karjäärides aegajalt vormiliiva. Peamine klaasiliiva tarbija, Järva-kandi klaasitehas leidis puhtama liiva Imara-Tabina maardlas Võrumaal. Piusa kaevandamisala on hüljatud ja loodustumas (Pilt 2.39).

3.3.2. Tehnilise liiva kasutamine

Tehnilise liiva kasutamise peamine suund on terminiline töötlemine – sulatamine klaasiks. Vajaliku gaasiläbitavusega sõmerat liiva kasutatakse metallurgias vormiliivana, mis kuuluks mehhaanilise töötlemise kategooriasse.

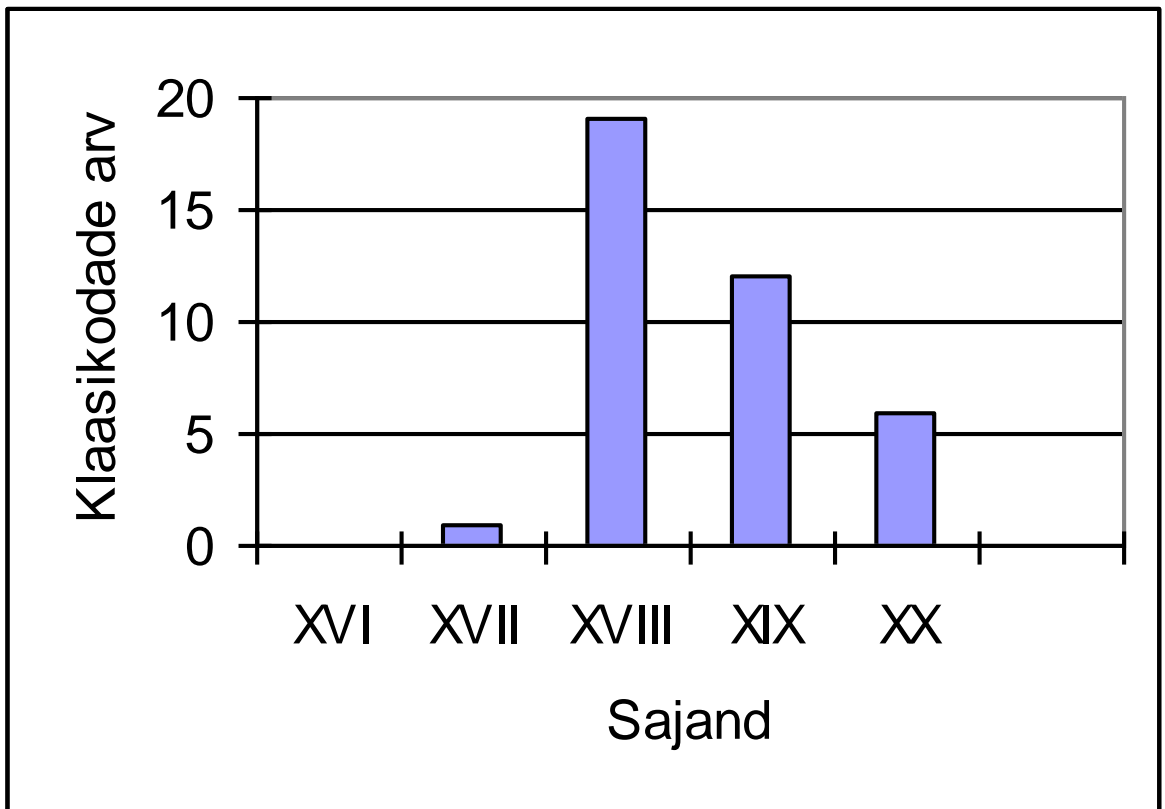
Tarbijate nõuded tehnilisele liivale on:

- maksimaalne kasuliku aine – kvartsi (ränidioksiidi, SiO_2) sisaldus,
- minimaalne kahjuliku aine (peamiselt Fe_2O_3) sisaldus,
- sobiv terisus, mis tagab gaasiläbitavuse.

Tarbijate nõuded erinevad. Klaasiliiva jaoks on peamised kaks esimest tingimust. Liiva sõelumist ja pesemist, selleks, et puhastada kaevis klaasitööstusele sobimatutest ja kahjulikest lisanditest võib käsitleda rikastamisena. Kuid kuna lisandeid on väga vähe, ei pea seda tegema kaevandamiskohas. Nii ongi klaasiliiva puhastamine kasutamise, mitte kaevandamise osa.

Piusast on liiva vedanud pea kõik tuntud klaasivabrikandid, kõige enam Järvakandi tehased, aga ka Tallinna klaasitehased (Tarbeklaas), ka Meleski klaasivabrik. Peale nende kasutavad liiva mõned ehitusmaterjalide tootjad nagu Tallinna Betoonitehas ja vormiliivana metallitehased Ilmarine, Dvigatel, Tallinna Masinatehas ja mõned väiksemad.

Kuid ka mujal leiduvast valgest, vähese rauasisaldusega liivast on Eestis klaasi „keedetud“. On olnud mitmeid klaasikodasid, kus esialgu kasutasid kvaternaari luiteliiva, hiljem peamiselt devoni valge liivakivi purdu.



Pilt 3.24 Klaasikojad Eestimaal ¹

Klaasi peamine tooraine on küll liiv, kuid seda ei lähe vaja nii suures koguses, et klaasitööstus peaks olema maardla juures, nagu maavaratööstuses tavaline. Klaasitööstuse jaoks on kõige tähtsam kütus, milleks vanasti oli eranditult puit. Nii tekkisidki meie arvukad ajaloolised klaasikojad (Pilt 3.24) mitte liiva leiukohtade juurde vaid suurte metsade lähedusse.

Üks tuntumatest ajaloolistest klaasitehastest oli Hüti ² klaasikoda rootsiaegsel metsarikkal Hiiumaal

¹ Andmed raamatust Hendrik Palmre 1946. Eesti klaasiliiv, Tartu, RK Teaduslik Kirjandus, 55 lk, 10 joonist, 3 fototahvlit, 14 tabelit.

² Hütte (saksa k), hytta (rootsi k) – metalli- või valutehas.

(1628...64). Ilmselt suurem osa tol ajal Eestis kasutatavatest pudelitest pärines Hütist.

Rõika-Meleski klaasivabrik Põltsamaa lähistel (asutatud umbes 1800. a.) kasutas devoni liiva, vedades seda esmalt Tõrva lähistelt, hiljem Petseri ja Irboska maardlatest. Tehti peamiselt peegliklaasi, milleks oli oma poleerimiskoda. Tootmise suurajal, 19. saj esimesel poolel suudeti teha enam kui 32 tuh peeglit aastas. Neid turustati Baltimaades, Sise-Venemaal ning Aasia kubermangudes ja isegi Rootsis ja Ameerikas. 1924. alustas Meleskis Johannes Lorup, kellest hiljem sai Eesti tuntum klaasitööstur. Aastail 1924...28 tegutses Meleskis klaasitöõnduskool.

Lelle-Eidepere tehasest, mille kohalik mõisnik asutas 1812., sai peale esimest maailmasõda Eesti klaasitööstuse OÜ Eko tehaseks. Selle ajani töötasid Lelle tehases peamiselt saksa rahvusest tööliised, kes Eesti omariikluse algusaastail lahkusid.

Vändra klaasivabrik, kus enne esimest maailmasõda oli 400 töolist, asutati 1840. 1925. alustas tööd klaasivabrik Tallinnas. 1937. tuli turule Johannes Lorupi toodang juba Tallinna tehasest, mille ta oli rajanud kunagise Bekkeri laevatehase hoonetesse Koplis. Klaasiliiva hankis Lorup peamiselt Piusast, kuid kristallklaasi tootmiseks sobiv liiv, mida Eestis ei leidu, tuli importida. Lorupi tehasest sai nõukogude ajal Eesti teine tuntud tehas nimega Tarbeklaas, üks Piusa liiva kasutajatest.

Klaasiliiva suurim tarbija on Eesti tuntuim, 1879. asutatud ja seni (2010) edukalt tegutsev Järvakandi klaasitehas, mis algselt kuulus samuti Lelle-Eidepere omanikele. 1890. vabrik rekonstrueeriti – võeti kasutusse aknaklaasi tootmise uuem tehnoloogia.

loogia. Pärast esimest maailmasõda sai tehase omanikuks Gerhard. Lukk. Nõukogude perioodil said Järvakandi klaasitööstuse oluliseks toodangu-liigiks kõrgepingeisolaatorid. 1995. ostis Järvakan-di klaasitehase USA Owens-Illinois. Tehas valmis-tab erinevat liiki klaastarast, millest peamise osa moodustavad Imara-Tabina liivast valmistatud pu-delid.

3.3.3. Ehitusliiva ja -kruusa kaevandamine

on mäetööstusest üsna kaugel ala. Tehnika ja tehnoloogia, isegi kaevandite konstruktiivsed parameetrid nagu nõlvanurgad, karjääride veeärastus jmt on samad mis ehituses. Ka liiva ja kruusa allveekaevandamine on täiesti võrreldav vesiehituse tavaprotsessiga – süvendamisega.

Postimees, 26.02.1932, nr 48, kirjutas omaaegsest kruusa allmaakaevandamisest (kirjaviis muutmata): „Kokkuvarisev kruusaauk ähvardas. Kuigatsi Soontagas¹ on mõnda aega käimas kruusavedu kohapealsele 2-klassi teele. Kruusaauk asub Kollo talu mäes. Tuhandete kruusakoormate väljavoormise järele tekkis mäes kaevandus, sõna otsekohesemas mõttes. Kuid kahjuks pole töökad talumehed kuigi tugevad mäeinsenerid. Sealt siis tuli, et kaevanduse toed ei pidanud vastu ning kaevandus varises kokku. Õnneks suutis ka viimane koormamees veel viimasel momendil kaevandusest välja tulla”.

3.3.4. Keskkonnamõju ja -hoole

Liiva ja kruusa kaevandamise keskkonnamõju on talutav. Lõhketöid ei tehta ja paljudes karjäärides toimub töö ülevalpool põhjavee taset. Sügavamate

¹ Praeguse administratiivjaotuse kohaselt Valgamaal Puka vallas.

karjääride põhjavette jäävat maavara väljatakse kas pinnasepumpadega või ammutatakse ekskavaatoritega, kusjuures tavaliselt vee taset ei alandata. Kruusa ja liiva kaevandamise suurimaks keskkonnamõjuks peetakse toodangu vedu läbi asumite, mööda üldkasutatavaid teid

Karjäärid kuuluvad korrastamisele, mis tavaliselt tähendab metsastamist. Allpool põhjavee taset väljatud liiva või kruusa kaevand kujuneb järveks. Probleeme tekib, kui on keeldutud andmast kaevandamisluba põhjavees lasuvale varule ja nõutakse, et kaevandamine peaks toimuma „kuivalt“. Tegelikult aga tekib siis karjääri madalaveeline lomp või lodu, sest:

- maavara varumise ajal oli põhjavee tase, mille mõõtemääramatus on suur, hinnatud tegelikust madalamaks,¹
- kaevandati lohakalt või pahatahtlikult, võttes kaevist ka mäeeraldise alt, põhjavee tasemest allpool,
- liiva lasundi põhi osutus savikaks, laadurid ja kallurid tampisid selle tihedaks.

Kui kaevandatud ala märgub, ei ole metsastamine tõhus.² Pahatihti tekib selline olukord just siis, kui kohalik elanikkond käitub lihtsameelselt ega luba veekihtide rikkumise hirmus väljata põhjavees olevat varu.

Liiva ja kruusa kaevandamine väikekarjäärides on hooajaline, mõnikord mitmeaastase vaheajaga.

¹ Nii sai suurema varukoguse.

² Selline tulemus ei vasta metsakasvatajate soovidele ega ka nende poolt seatud kaevandatud ala korrastamise nõuetele, kuid võib olla väga soodus ulukitele ja mõnelegi kaitstavale loomaliigile (kõredele, vesilikele)

Sestap võivad kaevandamiskohad olla kaua avatud ja korrastamine hilineb või jääb üldse ära. Aegajalt käideldava karjääri korrastamata osa loodustub ja selle kujundamine esialgsete nõuetele ja kavadele vastavaks võib kujuneda looduse rikkumiseks (Pilt 3.25).



Pilt 3.25 Kaldapääsukeste koopad tegutseva Tabina-Imara klaasiliivakarjääri seinas.

N 57°49'08"; E 27°18'48" TTÜ mäeinstituudi fotokogu

Sellist pilti näeb tihti, isegi kaljumaavarade karjääri moreenkatendi nõlvades. Kuid vastavalt korrastamise eeskirjale nõutakse karjäärیده järskude nõlvade tasandamist. Ka kaevandamisloa andmisel ei nõuta peaaegu mitte kunagi, et karjääri korrastamisel tuleb säilitada tehnogeense maastiku uusauskate elutingimused.

3.4. Paetööstus

3.4.1. Ehituskivi

Paekivi on tüüpiline kohalik mineraalne ehitusmaterjal. Meil tavaline kogu ajaloolisel Eesti- ja Saaremaal.¹ Paekivi kasutamine, nii nagu mistahes kohaliku ehituskivi **mehhaaniline töötlemine**² on kõikjal maailmas läbinud kolm ajaloolis-tehnoloogilist etappi: **murdmine**, **klompimine** ja **lõhkumine**. Järgmisesse etappi jõudmine ei kõrvaldanud kunagi eelmist tehnoloogiat. Uus töötlemismoodus surus küll vana tagaplaanile, kuid täiustas seda uute tehniliste vahendite ja võimalustega.

Kivi murdmine

algas, kui hakati laduma müüritisi – koldeid, kalmeid tarandeid, seinu.

Kivi murti käepäraste vahenditega otse kasutamiskoha juures.³ Nii oli igal külal oma murd või mitu. Üldiselt kasutati kivi murrust härjaveo kaugusel. Ajaloolisel paealal, näiteks Rebalas murti peamiselt alvaritel avanevat õhukest kihti, mis sagedate lõhede kohal annab sirgeservalisi plaate. Nii võib Rebalas näha korrapäraste kihtidena laotud seinu ja kiviaedu.

¹ Huvitaval kombel langeb Devoni ala kokku Eesti riigi piirsesse jäänud Liivimaa mandriosaga.

² Tehnoloogiline protsess, mille käigus kaevis mineraalkoostis ei muutu, seega mitte lubja põletamine ega muu termiline töötlemine. Kuid ka mehhaanilisel töötlemisel võib kaevis mineraalkoostis ümber jaotuda, fraktsioneeruda. Näiteks purustatud kaevis sõelumisel lähevad saviosakesed peenesesse ja tugevamad, sh lubjakivi dolomitiseerunud tükid, jämedasse klassi.

³ Geoloog Tarmo Kiipli märkas muinasmurru jälgi Jõelähtme kivilalmete platsi lõunaservas. Nüüd on jäljed rohtunud.

Murdmise ajajärku iseloomustavad töötlemata kividest laotud, üsna robustsed müüritised. Kuni 12. saj lõpuni kivistuvat sideainet teadaolevalt ei kasutatud. Kivide vahed täideti ja see hoidis kive nihkumast ning pidas tuult. Täiteks võis olla savi, sammal ja muu käepärane.



Pilt 3.26 Kivikalme Jõelähtmes (rekonstruktsioon)
N 59°26'24,6"; E 27°08'05"



Pilt 3.27 Rakvere linnuse sein
N 59°20'53,9"; E 26°21'06,6"
Alumises osas on kive mitmest ajast ja ajastust.

Murdmine jätkus ka pärast kivistuva ja veekindla sideaine – lubja kasutuselevõttu 13. sajandil. Lubi mitte ainult et andis võimaluse ehitada tugevaid ja kestvaid müüritisi, vaid lubas, nagu pildil näha, müüri panna ka muid käepäraseid kive, eriti, kui parima müürikivi kaugest murrust vedamine nõudis tööd ja võttis aega.

Klompimine

algas, kui ehitistele hakati esitama suuremaid nõudmisi. Klompimiseks tuli murtud kividest valida paremini töödeldavaid, ilmastikukindlaid ja tugevamaid erimeid. Klombitud paekivi mitmekülgset kasutamist näeb kõikjal paealal ja mitte ainult Eestis. Meil võib kõige rohkem klombitud paekivi näidiseid leida Tallinnas. Parimaid näiteid ja põhjalikke kirjeldusi paekivi kasutamisest leiab nii raamatutest kui ka internetist.¹ Neist võib ammutada põhjalikke andmeid pae maardlate, kihtide, erimite, omaduste (tugevuse, värvuse, ilmastikukindluse jmt), samuti kasutamisalade ja -loo kohta. Seda kõike ei ole siin mõtet refereerida.

Kiviraidurid vajasid erikujuliste ehitusdetailide tahumiseks hästi töödeldavat kivi. Välisseinas või lausa väljas pidi kivi, eriti aga tahatud või raiutud müürikivi olema ilmastikukindel. Olulised müürideetailid pidid olema tugevad, st peale survetaluvuse pidi neil olema ka mõningane tõmbetaluvus. Nii hakati eristama eri omadustega pae liike ja -kihte. Tallinna Lasnamäe murdude kivimehed eristasid üle poolesaja erineva omadusega ehituskivi kihti.

¹ Kindlasti tuleb lugeda ja nautida Helle Perensi raamatuid: „Paekivi Eesti Ehitistes“, Eesti Geoloogiakeskuse väljaanded – I, 2003; II, 2004; III, 2006.

Mujal on teadaolevalt parimate töötlemisomadustega, eriti niiskelt, just dolokivi, mille tuntumad murrud on Kaarma Saaremaal ja Orgita Märjamaa lähedal. Parimate omadustega paekivierimeid ja -tooteid hakati vedama murdudest kaugemale. Vasalemma, Orgita ning Lasnamäe maardlate kivitooteid võib leida mõisaehitistes kuni paarisaja kilomeetri kaugusel murrust.



Pilt 3.28 Paekivist hauavaas Simsivardi perekonna rahulas Tallinna siselinna kalmistul ¹

N 59°25'26,9"; E 24°45'58,4"

¹ Leo Simsivart & Ko, Tallinnas 1912. asutatud lubjatööstus; põletas lupja, murdis ja töötles paekivi.

Klompimiseks ja töötlemiseks vajalikke kivitoorikuid murti kas käsitsi, kangide ja/või kiiludega. Vajadusel kasutati vähebrisantset (= pehmetoimelist) lõhkeainet, musta püssirohtu, mida ise segati. Hiljem on katsetatud ja kasutatud mitmeid paisuvaid, kustutamata lubja alusel tehtud segusid.

Veovõimaluste arenedes, eriti raudtee ehitamisega kasvasid võimalused paekivi kasutamiseks mürdmiskohtadest kaugemal. Põlevkivi kaevandamise arenedes hakati lisatoodanguna müüma karjääride katendi ja põlevkivikihi tugevamat paekivi. Kuna ehituspaas ei olnud enne teist maailmasõda maa-vara ja mäeamet selle üle arvet ei pidanud, tuli Eesti paehitisi uurinud Helle Perensile ja minulegi, seal ristitule, üllatusena, et raudteelinna Tapa kirik on ehitatud põlevkivikaevandustes murtud paest.

Klompimise alla kuulub ka kivi lõikamine ja masintöötlemine nii murrus kui tsehhis. Masinklompimiseks veetakse karjäärist murtud toorikud töötlemistsehhi. Toorikute mürdmise hõlbustamiseks hakati juba eelmise sajandi keskel kivimurru astangusse vertikaalseid sooni lõikama (= soonima). Eestis kasutati selleks põlevkivikaevandusest hantitud soonureid. Tehnika arenedes on kasutusse võetud järjest kaasaegsemaid seadmeid, mille tööseadiseks on teemantidega ketaslõikurid ja/või trossid.



Pilt 3.29 Tapa kiriku sein, mis laoti põlevkivi kaevandustest veetud paekivist
N 59°15'49,9"; E 25°57'37,9"



Pilt 3.30 Lõigatud tükkidest laotud ilmetu müür
eramu varjamiseks
N 59°28'31,5"; E 24°57'48,3"

Mineraalmaterjali turu üleilmastumine on viinud nii kaugemale, et senised paetehased on hakanud töötlemata ka sisse veetud võõrkivi, sellest plaate tege- ma ja sillutisekive klompima. Samal ajal on võõrkivi kõrval hakatud turustama ka paetooteid, millelt on võõrandatud looduslik omapära (Pilt 3.30).

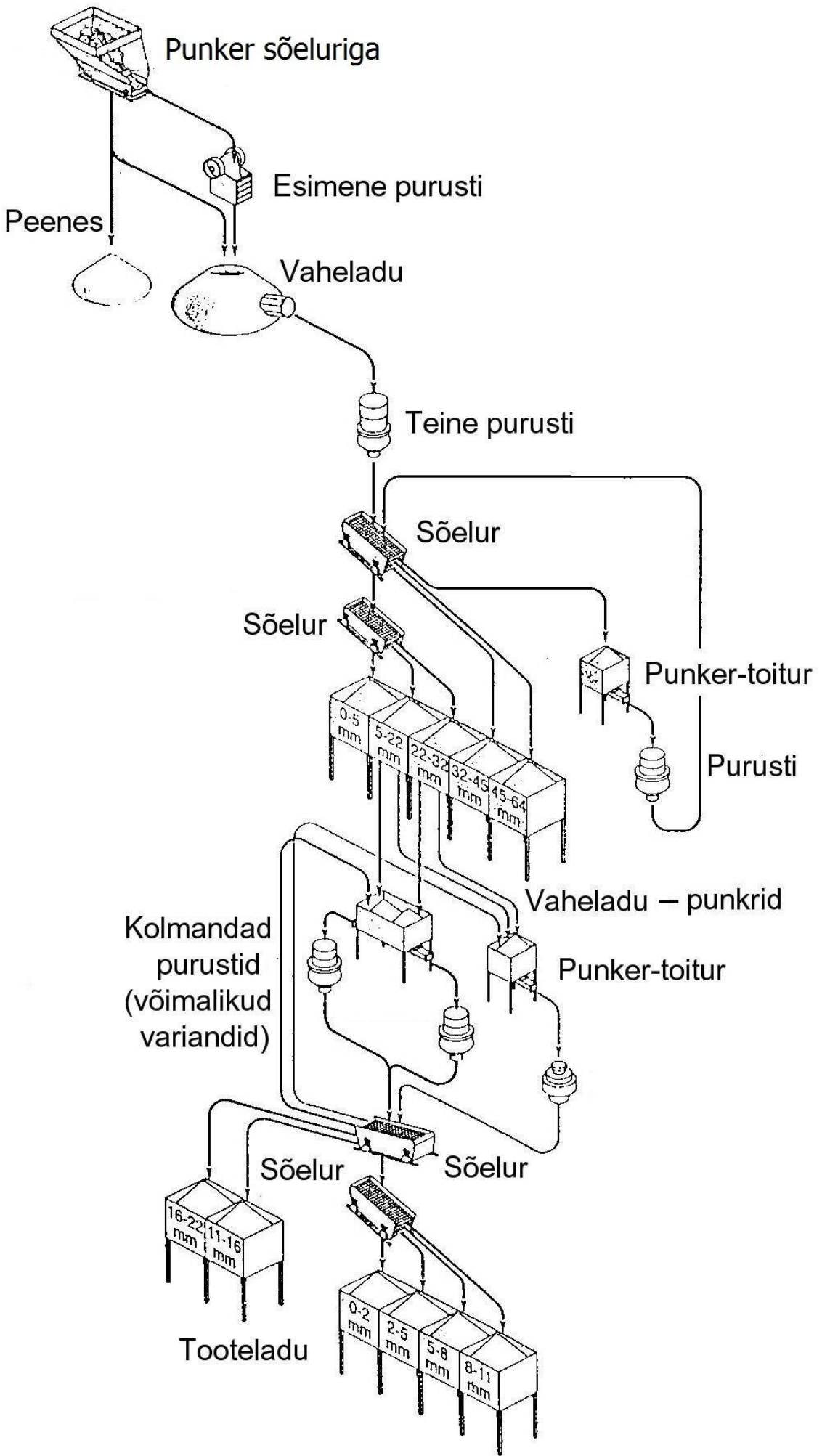
Lõhkumine

algas betooni võidukäiguga 19. sajandi lõpuküm- nendil. Betoon vajab tugevast kivimist lisandeid ja selleks hakati paekivi killustikuks purustama. Es- malt tehti seda käsitsi, kuid puur- ja lõhketööde arenguga ning võimsate kivipurustite ning sõelurite konstrueerimisega sai võimalikuks paekivikillustiku suurtootmine (Pilt 3.31).

Mistahes killustikutehase põhiseadmed on:

- punkrid ja/või plats, kuhu kogutakse lähte-, va- he- ja lõpp-produkte,
- purustid, mis peenendavad kivimit,
- sõelurid, mis jaotavad purustatud kivimit klassi- deks,
- toodangu ladu – plats või punkrid.

Kaevist viivad ühest seadmest teise konveierid, elevaatorid, (kopp)laadurid või veokid. Tehas võib olla statsionaarne – hoonesse seatud. Kuid ena- masti on tehased poolstatsionaarsed ja/või kokku pandud mitmest liikurseadmest.



Pilt 3.31 Killustikutehase põhimõtteline skeem

Pilt 3.31 kujutatud tehase esimesse, sõeluriga punkrisse tuuakse raimatud kivim kalluriga. Punkri asemel võidakse kaevist koguda ja hoida kuhilates, mis võivad olla nii kuuris kui lagedal. Kvaliteetkillustikku tootvas tehases, kus killustikku märjalt käideldakse (= pestakse), on lisaks pildil kujutatud seadmetele veel pesemi (= hiiva) tihkesti, ja pesemisvee setiti (= tiik). Vesi on ringkäitluses ja seda kasutatakse tolmutõrjeks kõigi põhiseadmete juures, samuti veoteede kastmiseks.

Siinsel skeemil on tavalise, kuivmenetlusega killustikutehase skeem, millel kolmanda astme purustamise seadmed on esitatud kahe võimaliku variandina. Eesti paekillustiku tehased on seni olnud lihtsamad kui pildil kujutatud skeemil.

Statsionaarsed tehased olid Maardus ja Harkus, kus sai killustikku laadida ka raudteevagunitesse. Kaasajal kasutatakse valdavalt mobiilseid ja poolstatsionaarsed tehaseid, õigemini killustiku- või purustamissõlmi (komplekse, tsehhe). Eesrindlikumad ettevõtted on hakanud killustikku pesema.

Seni kõige rohkem, ligikaudu 4 milj m³ aastas (1988) tarbiti paekillustikku endisaegses eksteniivses ehitustööstuses. Suurimad tootjad olid Väo, Harku ja Maardu karjäär Tallinna lähistel, Vasalemma ja Padise Harjumaal, Anelema Pärnumaal ning Kunda tsemenditehase Aru karjäär Virumaal. Samal ajal ei sujunud põlevkivi rikastusjäägi, mida toona kuhjus puistangutesse kuni 4 milj t/a (≈ 8 mln m³/a), töötlemine ehituskillustikuks, sest see ei kuulunud söetööstuse plaanilise toodangu hulka.

Eelmise sajandi üheksakümnendatel aastatel betoonehitus mõneks ajaks soikus. Killustikutööstuses kasvasid veokulud, kallinesid lõhkeaine, seadmestik ja keskkonnanahool. Kõik see tõstis killustiku hinda ja ahendas turgu. Sellest tulenevalt muutus ehituspaekivi kasutamine tunduvalt sihipärasemaks. Sajandivahetusel hakkas maksujõuline nõudlus killustiku järele kasvama, ületades 2008. ehitusbuumi ajal 3 mln m³ raja. Buumile järgnenud langusaastail killustiku tarbimine langes ja osa toodangust jäi ladudesse (2010).

Tarbijate nõuded killustikuks sobivale paekivile erinevad. Üldiselt peab ehituskivi olema surve-, külma-, löögi- ja kulumiskindel. Sobivuse hindamiseks kasutavad killustiku tarbijad oma tehnoloogiale vastavaid teimimise meetodeid. Kuna tarbijaid, tehnoloogiaid ja hindamise meetodeid on palju, siis meie senine paekivi, kui maavara liigitamine ainult ühe (survetugevuse) või kahe (survetugevuse ja külmumistsüklite arvu) tunnuse või ajaloolise märksõna ('mark') alusel on maavara varumiseks ebapiisav.

3.4.2. Paetoore

Paekivi pole mitte ainult ehituskivi vaid ka mineraaltoore – tehniline lubjakivi (= tehnolubjakivi) ja tehniline dolokivi (= tehnodolokivi). Tehnolubjakivi tavaline käitlemisviis on termiline töötlemine.¹ Puhast, lausa kaltsiumkarbonaadist koosnevast lubja-

¹ Paberitööstus kasutab ka mehhaaniliselt töödeldud, ülipeeneks jahvatatud paelubjakivipeenest (*GCC – ground calcium carbonate*), kuid selleks, et see vastaks kaasaegse tehnoloogia nõuetele, peab lähtekivim olema puhtam kui Eesti looduses leidub.

kivist põletatakse üldtuntud sideainet, lupja. Madala magneesiumisisaldusega, kuid savikam lubjakivi sobib tsemendi toormeks. Mõlema käitlemisviisi puhul on peamiseks kahjulikuks lisandiks magneesiumi ühendid. Madala rauasisaldusega dolokivi termilise töötlemise üheks võimalikuks protsessiks on tema kasutamine klaasi toormena. Rohke magneesiumisisaldusega dolokivi kasutatakse metallurgias ja mulla viljakust tõstvates segudes. Viimainitud juhul võidakse tehnodolokivi käidelda ka keemiliselt.

Paetooret tarbib peamiselt kodumaine tsemendi- ja lubjatööstus, kuid parimaid erimeid võidakse soodsate veotingimuste puhul ka välja viia. Tarbijate peamised nõuded paetoormeale on:

- maksimaalne kasuliku aine (st kas CaO või MgO) sisaldus,
- minimaalne kahjuliku (enamasti Fe_2O_3) ja kasutu aine (lahustumatu jäägi) sisaldus,
- tükisuurus, mis tagab gaasiläbitavuse.

Nõuete arväärtused igale toormeliigile määrab tarbija.

Lubja toore

Tuntuim paetoode on ehituslubi. Eestimaal on olnud sadu lubjaahjusid. Tavaettekujutuse kohaselt on lubjakivi ja lubjatööstus omane Põhja-Eestile, ent lubjakivi murde ja lubjaahjusid oli ka Setumaal, devoni lubjakivide avamusel.



Pilt 3.32 Maa-ahju varemed Tamsalu lubjapargis
N 59°09'52"; E 26°05'16" (ligikaudu)

Foto – Eino Tomberg

Kuna lubja põletamiseks sobivad savivaesed ja madala magneesiumisisaldusega paekivi erimid, hakkasid lubja põletajad otsima ja eelistama sobivamaid maardlaid ja kivimikihte.

Ajapikku kujunes lubja põletamine otstarbekaks vaid suuremates maardlates, kuhu ehitati tehased ja kust hakati lubja laiali vedama. Arvestatav lubjatööstus kujunes välja eelmisel sajandil Järvamaal, Rakkes. Soodustavaks asjaoluks peale põletuslubjakivi oli raudtee. Parimail aastatel – enne ja vahetult pärast esimest maailmasõda, samuti pärast teist maailmasõda veeti lubja Soome, Läti, Venemaale. Nii võibki tõdeda, et lubjatööstuse maht on sõltunud sõdadest – militaarrajatiste ehitamisest 1912...14 ja hiljem vajadusest taastada sõjas purustatud ehitised.

Ehituslubja turg ahenes sedavõrd, kuivõrd vähenes käsitsi laotavate müüritiste osatähtsus ja kasvas tsemendi ning betooni, eriti monteeritava raudbetooni kasutamine. Mitmed suuremad lubja tarbijad, näiteks silikaatoodete tehased hakkasid ise lubja põletama, ostes lubjakivi suurematest murdudest, näiteks Padiselt.

Kaasajal on ehituslubja kasutamisel kaks suunda. Kõrgekvaliteetset, käsitöönduslikku lubja kasutavad nõudlikud ehitajad väärivate hoonete restaureerimisel ja ehitamisel. Tööstuslikult toodetud lubja kasutab ehitustööstus väga mitmesuguste ehitusdetailide, -materjalide ja -segude tootmiseks.

Üks uuematest lubjatoodetest on nn **valge lubi** (*PPC, Precipitated calcium carbonate*), mis tegelikult ei ole lubi vaid puhta kaltsiumkarbonaadi pulp. See on täite- ja värvaine, mida saab toota eriti kõrge kaltsiidisisaldusega, praktiliselt lisanditevabast lubjakivist. Suures koguses kasutab seda paberitööstus kriitpaberi tootmiseks. Valge lubja saamiseks põletatakse lubjakivi lubjaks – tekib vaheprodukt, tavakeeles 'kustutamata lubi' milles suurema osa moodustab kaltsiumoksiid (CaO). Seda töödeldakse veega ja kaltsiumoksiidist saadakse kaltsiumhüdrosiid (Ca(OH)_2) ehk 'kustutatud lubi'. See taandatakse süsihappegaasiga või töödeldakse soodaga kaltsiumkarbonaadiks (CaCO_3), aineks, millel on sama keemiline valem kui kaltsiidil. Taandamiseks võib kasutada lubja põletamisel eraldunud gaasi. Nii puhastatakse toode „määrivatest” osakestest, milleks peamiselt on savimineraalide ja dolomiidi jäljed, põletamise jäägid ja jõutakse ringiga tagasi, kuid toode ei ole ei kaltsiit ega lubjakivi, vaid pulp, mille tahkete osakeste läbimõõt on 0,0007...0,0013 mm. Turustamiseks tuleks pulp

kas vedada paberitööstusesse või veetustada ja kuivatada. Kuna Eestis kriitpaberit ei toodeta ja pulpi ei tarbita, tuleks toode kuivatada. See on aga energiamahukas, mistõttu meie valgel lubjal ei oleks turgu. ¹

Tsemendi toore

Eesti tsemenditööstus tekkis Kundas ja Aseris, põhjarannikul, kus peamiste tsemendi toormeliikide: lubjakivi, järvelubja, mergli ja savi leiupaigad on lähestikku. Ent, nagu kõigi ehitusmaavarade puhul, oli ka meie tsemenditööstuse tekkimise peamine ja määrav põhjus mitte maavara vaid hoopis vedu. Peamine oli sadamakoht kütuse sisseveoks ja toodangu väljaveoks ja Peterburi-Tallinna raudtee, millele mõlemad tehased lisasid oma haru.

Kunda tehase asutas kohalik mõisnik John Girard de Soucanton. ² Tootmise pani käima keemik Viktor Liven 1871. Kunda oli üks esimestest Venemaa tsemendivabrikutest. Kuni 1904. oli peamiseks toormeks Kunda järve põhja settinud järvelubi ja klindialune sinisavi. Alates 1892. aastast hakati järvelubja kõrval ja hiljem selle asemel kasutama lubjakivi, mida esialgu võeti Kunda lähedastest murdudest. Hiljem hakati murdma kaugemalt Rakvere poolt – Alu vanadest kivimurdudest ja uuest Alu karjäärist.

Kuni 1960. kasutati ka Aluvere karjäärist murtud savikat lubjakivi ning merglit. Hiljem neist loobuti, sest mergli mineraalide suhe ei ole piisavalt püsiv.

¹ Soomes, kus paberitööstus tarbib pulpi, saab lubjakivikaevandus ja -tööstus edukalt tegutseda paberitehase läheduses. Nii edukalt, et lubjakivi kaevandatakse isegi maa all

² Sõnaka maarahva keeles „Suka Anton”. Võta kinni, kas „suka” oli eesti või vene keeles.

Kindlama tulemuse tagab stabiilse mineraalkoostisega komponentide – lubjakivi ja savi doseerimine. Ka Aseri tsemenditehase, mis alustas tootmist 1899. a, ehitas kohalik mõisnik. Nagu Kundaski, murti ka siin lubjakivi tehase lähedalt ja savi ammutati klindi alt. 1926. jäi Aseri tehas konkurentsivõitluses alla parema infrastruktuuriga Kunda tehasele ja suleti. Hiljem on Aseri saanud tuntuks kui üks suurematest põhjaranniku savitööstuse asumitest Loksa ja Telliskopli ¹ kõrval.

Tehnoloogilise murrangu Eesti tsemenditööstuses tekitas esimene maailmasõda. Kivisöe vedu Inglismaalt lakkas ja Venemaalt oli seda võimatu tuua, sest raudteed olid koormatud sõjaliste vedudega. 1916. hakati tsemendiahjusid kütma äsja „avastatud“ põlevkiviga. Et põlevkivituha mineraalkomponentide suhe on ligilähedane tsemendi toorme kooslusele, parandas ja muutis see odavamaks kogu protsessi. Sellest ajast peale toetub Eesti tsemenditööstus põlevkivile. Kunda tehas rajas oma raudteeharu lähedusse Ubja põlevkivikaevanduse.

Tsemendi-, samuti kui ka lubjatööstuse esimene suuraeg oli 1913...14, kui Loode-Eestisse ehitati Peeter Suure merekindlustusi. Esimese maailmasõja ajal ja järel tsemendi tootmine soikus. Teine suuraeg oli pärast teist maailmasõda, eriti 1960...80 ajavahemik, kui Kunda tsemenditehas põhjalikult ümber ehitati ja kujundati Loode-Venemaa ning Balti riikide üheks suuremaks tsemendi tootjaks. Eelmise sajandi üheksakümnenenda-

¹ Tallinnas, ligikaudselt kohal, kus täna asub Keraamikatehas, paiknes linna tellislööv, mida on ürikutes mainitud juba 1365. ja seetõttu kandis vanasti see paik Telliskopli nimetust.

tel läks Kunda tehas Lääne-Euroopa tsemendikon-
sortsiumi valdusesse, kes ajakohastas tehnoloogia
ja infrastruktuuri ning minimeeris keskkonnamõju.

Eksporttoore

Puhas lubjakivi, mille kaltsiidi sisaldus on üle 96%,
on mitme tselluloosi-, keemia-, toiduainete- ja me-
tallurgiatööstuse protsesside toore. A/S Eesti Do-
lomiit murdis ja vedas enne teist maailmasõda
Lääne-Saaremaalt, mereäärsest Jaagarahu
maardlast välja puhast lubjakivi kuni 20 tuh t/a. Kivi
veoks oli oma sadam ja kitsarööpmeline raudtee.
Kivi ostsid peamiselt Rootsi, Saksamaa ja Läti
tööstused. Puhast Jaagarahu, samuti kui Vasa-
lemma lubjakivi nimetati marmoriks, mida nad te-
gelikult ei ole. Isegi kivilaeva nimi oli „Marmor 1”.
Jaagarahu on üks vähestest maardlatest, mis on
jäägitul ammendatud. Murdu ei korrastatud, see
loodustus ja sinna kujunesid puhtaveelised, astan-
guliste kallastega järved, kogupindalaga 2,3 ha,
kenad vaiksed supluskohad.



Pilt 3.33 Kivilaev Jaagarahu sadamas

N 58°23'54"; E 21°58'21"

Foto H. Kirss erakogust

Praegu saab ligilähedaselt sama tehnilise kvaliteediga tooret Vasalemma maardlast, mida turustatakse Paldiski sadama kaudu. Virtsu sadama lähedus lõi soodsa võimaluse eksportida Kurevere maardla tehnilist dolokivi, mida veetakse kalluritega karjäärist otse laevale.

3.4.3. Paekivi tootmiskohad

Paetoodangust ligikaudu pool tuleb Harju maakonna karjääridest, peamiselt Tallinna tarbeks. Vee- ja kaevandamismahust langeb Lääne-Virumaale, kus on Eesti suuremad ajaloolised pae- töötlemisettevõtted – Kunda tsemenditehas ja Rakke lubjatööstus. Jõgeva-, Lääne- ja Pärnumaal toodetakse igaühes kuni kümnendik Eesti paetoo- dangu kogumahust.

Käesoleva sajandi algaastatel kasvab ehituskil- lustu nõudlus. Arusaadavatel põhjustel on sellistes tingimustes suurima kaevandamisväärsusega just linnalähedased maardlad. Kuid seal on uutele kae- vandamiskohtadele vastu maaomanikud ja ela- mumaast huvitatud kohalikud omavalitsused. Nii eemalduvad paekivi ja ka teiste ehitusmaterjalide kaevandamiskohad tarbijatest ja kasvab veokulu.

Seoses veo kallinemisega otsitakse uusi võimalusi. 2006. läks tööle Aidu põlevkivikarjääri killustikute- has, kus lähtematerjaliks oli põlevkivi rikastusjääk. Analoogiline tehas on Estonia põlevkivikaevandu- se juures. Kolmas killustiku lähtematerjal võiks olla põlevkivikarjäärade katendi paas, mille heade meh- haaniliste omadustega lasund on põlevkivihindi põhjast 5...7 m kõrgusel. Kagu-Eesti paelevilas Setomaal avati 2010. Marinova lubjakivimaardla.

3.4.4. Keskkonnamõju ja -hoole

Pae kaevandamise peamised keskkonnamõjurid on:

- häiriv¹ müra ja tolm,
- põhjavee taseme alandamine,
- ammendatud ala korrastamatus.

Müra ja tolm tekivad lõhkamistest, raimamisest ning kaevise veost ja kaadamisest punkritesse. Need mõjurid võivad alla tuule häirida mitme kilomeetri kaugusel, kuid kui tehnoloogia vastab nõuetele (projektile), ei ületa ükski mõjur väljaspool mäeeraldise teenindusmaa piire lubatavat taset. Ajakohasel lõhkamistehnoloogial ei ole ka normeületavat seismilist mõju. Hoolimata sellest ollakse vastu asumite lähedal paiknevate Lasnamäe ja Harku karjääride tööle ja laiendamisele, kusjuures mitte karjäärid ei laiene asumite suunas, vaid vastupidi – uusi elamuid ehitatakse järjest lähemale töötavatele karjääridele ja mõnikord isegi nende prognoos- ja reservvaru peale.

Põhjavee taseme alanemine on jälgitav paarisaja meetri kuni paari kilomeetri raadiuses ümber pae-karjääri, kuid mitte ühtlaselt. Alanemine sõltub põhjavee tasemest, kaevandamise sügavusest ja kivimite veejuhtivusest, kivimi pragude ja lõhede suunast, karstinähtudest jmt. Mõju ei saa vältida, kuid mõningate tehniliste vahenditega on võimalik mõju ulatust vähendada. Parim lahendus on uue veeva-

¹ Häirivaks nimetame mõju, mille mõõdetavad tunnused (maavõngete ja heli tase, tolm õhus ja lisandid vees) ei ületa kehtestatud piirnorme, kuid mõjuvad siiski ebameeldivalt; arukas tööstur minimeerib häirivat mõju – hoidub lõhkamast, kui tuul puhub asula suunas ega luba lasta kaevise punkrit täiesti tühjaks, sest tühi punker koliseb, kui kallur sinna kaevist kaadab

rustuse ehitamine. Probleemiks muutub kaevandamise põhjavee taset alandav mõju siis, kui maardlal ja selle lähialal on kaitstavaid objekte, mille hoidetingimuste hulka kulub veerežiimi säilitamine.

Ammendatud ala korrastamine on kaevandamise vältimatu osa, kuid seda nõuet järgitakse alles viimasel ajal. Vanad kivimurrud on enamasti jäänud korrastamata ja loodustunud. Positiivseid näiteid on Tallinnas Lasnamäel, kus legendaarne metsamees Arnold Meriheini alustas juba enne teist maailmasõda hariliku ja mägimänni katsekultuuride rajamist ajaloolistesse paemurdudesse. Osaliselt säilinud puistut (Pilt 3.34) kutsutaksegi "Meriheina männikuks".¹

Negatiivseid näiteid, kus korrastamata kivimurrud ja karjäärid täidetakse kõikvõimaliku prahiga, on seda rohkem, mida lähemal on kaevandamiskoht asumile.

Oma töökoha korrastamata jätmine pole omane vaid lohakale kaevandajale. Seda näeb ka ehitustel ja arheoloogidel (Pilt 3.35). Ilmselt oli õigustusiks korrastamata fosforiidikarjäär naabruses.

¹ Rein Ratase teave



Pilt 3.34 Saaremaa puiestee Tallinnas, Lasnamäel läbib ajaloolisse kivimurdu istutatud männikut N 59°27'13"; E 24°51'56". Vasakul lasteaed, paremal kool.



Pilt 3.35 Korrastamata arheoloogiline kaevand Rebala muinaspõldudel, Lastekangrutel N 59°29'14"; E 25°05'51"

3.5. Põlevkivitööstus

3.5.1. Kaevandamise areng

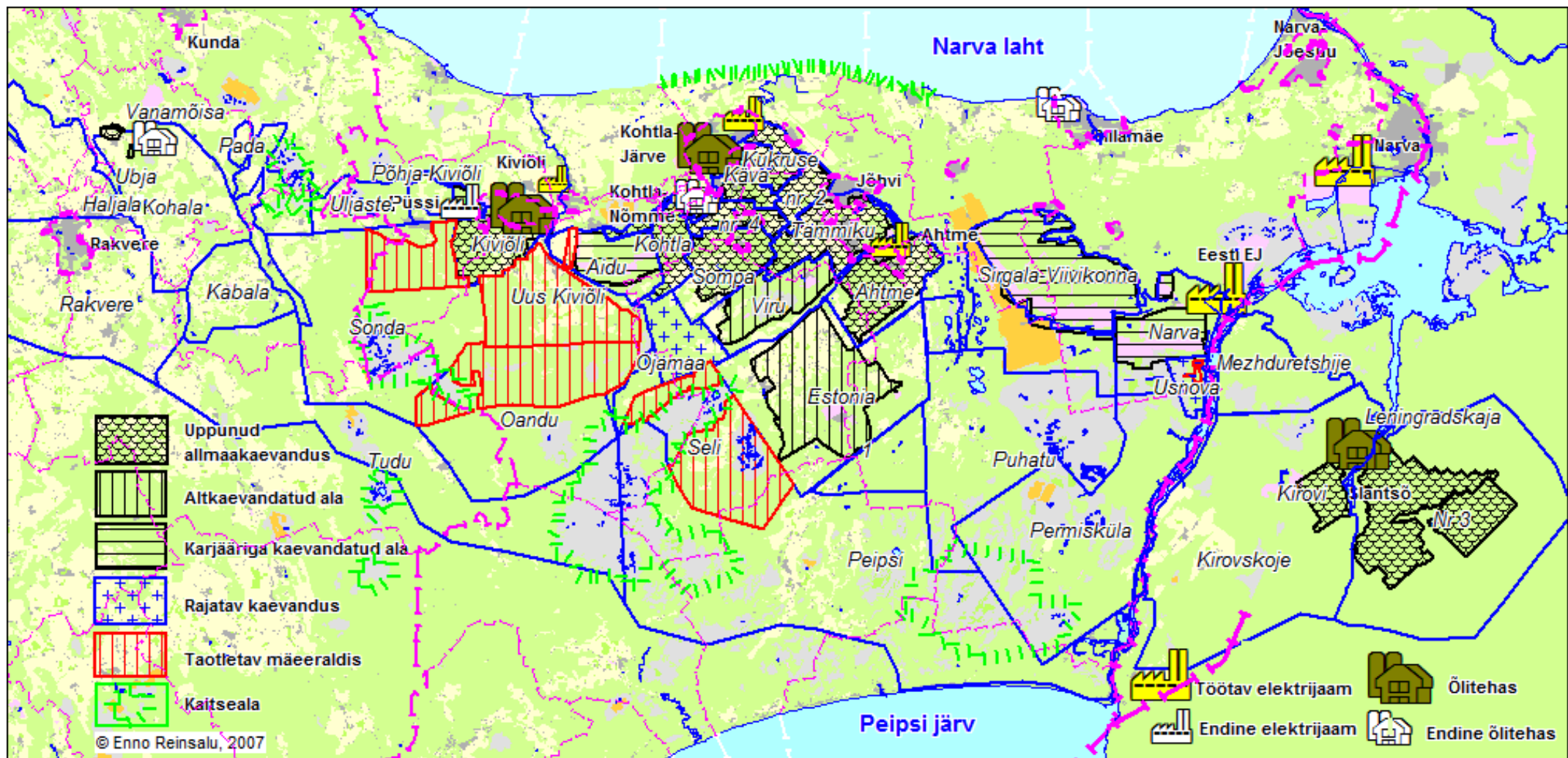
Põlevkivi on Eesti tähtsaim maavara. Tänu temale võime rääkida Eestist kui mäetööstusriigist.

Põlevkivi on Eesti energeetika alus

Balti põlevkivilevila, mis koosneb Eesti ja Oudova (vene *Гдовское* nõukogude *Ленинградское*) maardlast, ning Tapa, Veimarni ning kaugemal Venemaal veel Tšudovo-Babino leiupaigast, paikneb iidset soome-ugri asustuselal. Eesti maardla on Virumaal ja selle jätk on Narva jõe taga. Sealse maardla ajalooline nimetus Oudova soometüveline (*oudon* – võõras, imestamist väärt). Tšudovo-Babino leiukoht on otsetõlkes tšuudi-eide. Peterburi lähedane Veimarn Ingerimaal, kus kahekümneandatel üritati põlevkivi kaevandada, tuleneb kas saksa või rootsi asukatest.

Eesti mäetööstusest ja põlevkivi maardlatest rääkides tuleb kõrvale jätta Järvamaal paiknev Tapa kukersiidileiukoht, sest sealne napilt pooleteise meetri paksune kiht lasub nii sügaval, et sealne keskpärase kvaliteediga põlevkivi ei ole prognoosiavas tulevikus kaevandamisväärne.

Pildil 3.36 on Balti põlevkivilevila uuringu- ja kaeväljad, kavandatavad, avatavad ja suletud kaevandused ning põlevkivi kasutatavad õlivabrikud ja jõujaamad.



Kuigi on andmeid põlevkivi kasutamisest Kukruse mõisas juba 19. saj seitsmekümnendail aastail, algas tööstuslik kaevandamine esimese maailmasõja ajal, kui Venemaal oli suur kütusepuudus. Katsetöödega alustati 1916. Kolme aastaga kujunes Viirumaal kaks mäetööstuspiirkonda – Kohtla-Järve ja Ubja-Vanamõisa. Kohtla vallas osutus põlevkivi paremaks ja sinna kujuneski põlevkivitööstuse keskus. Riik rajas Pavandu (toonase nimega 'Kohtla') karjääri ja allmaakaevanduse Kukrusel. Õlivabrik ehitati Kohtla ja Järve mõisate vahele ja sai nime nende järgi. Inglise töösturid rajasid Kohtla kaevanduse ja õlivabriku ning sakslased Kiviõli kaevanduse ja õlivabriku.

Rootsi töösturid ehtasid karjääri Alutaguse metsade põhjapiirile Viivikonda ja õlivabriku Türsamäele, praegusest Sillamäest läänes. Peale nende oli Tallinna Tselluloosi- ja Paberivabrikul Küttejõu kaevandus ning Kunda tsemenditehasel oma kaevandus Ubjas.

Ühtekokku on olnud üle kahekümne kaevandamiskoha, kus on põlevkivi väljatud või tehakse seda tänaseni (Tabel 3.1). Põlevkivi on toodetud nii avakuu allmaa-kaevandamisega. Mõned ettevõtted on eri aegadel kasutanud mõlemat moodust. Ava- ja allmaakaevandamisega on tootnud Kohtla, Käva, Küttejõu, Ubja ja Viivikonna. Eelmise sajandi seitsmekümnendatel aastatel kasvas karjäärade toodang peaaegu pooleni ja on püsinud sellel tasemel viimase ajani. Tänapäevaks moodustab avakaevandamise toodang 55% (Pilt 3.37) .

Tabel 3.1 Eesti põlevkivikaevandused 1919...2010

Nimed	Alternatiivne vöörnimi	Alustas	Löpetas	Tootis mln t
Kohtla (Järve) Pavandu		1916	1927	0,07
Kukruse	Werk III	1921	1967	24,5
Kiviõli (Sala)	Werk I	1922	1987	46,5
Vanamõisa		1923	1931	0,03
Käva (Käva 2)	Werk III	1924	1972	36,5
Küttejõu *	Werk II	1925	1950	3,7
Ubja **		1926	1959	1,5
Viivikonna ***	Werk IV	1936	1987	65,3
Kohtla (Nõmme)	Werk V	1937	1999	46,1
Ahtme	Kaevandus nr 10	1948	2001	77,0
Sompa	Kaevandus nr 6	1948	1999	50,3

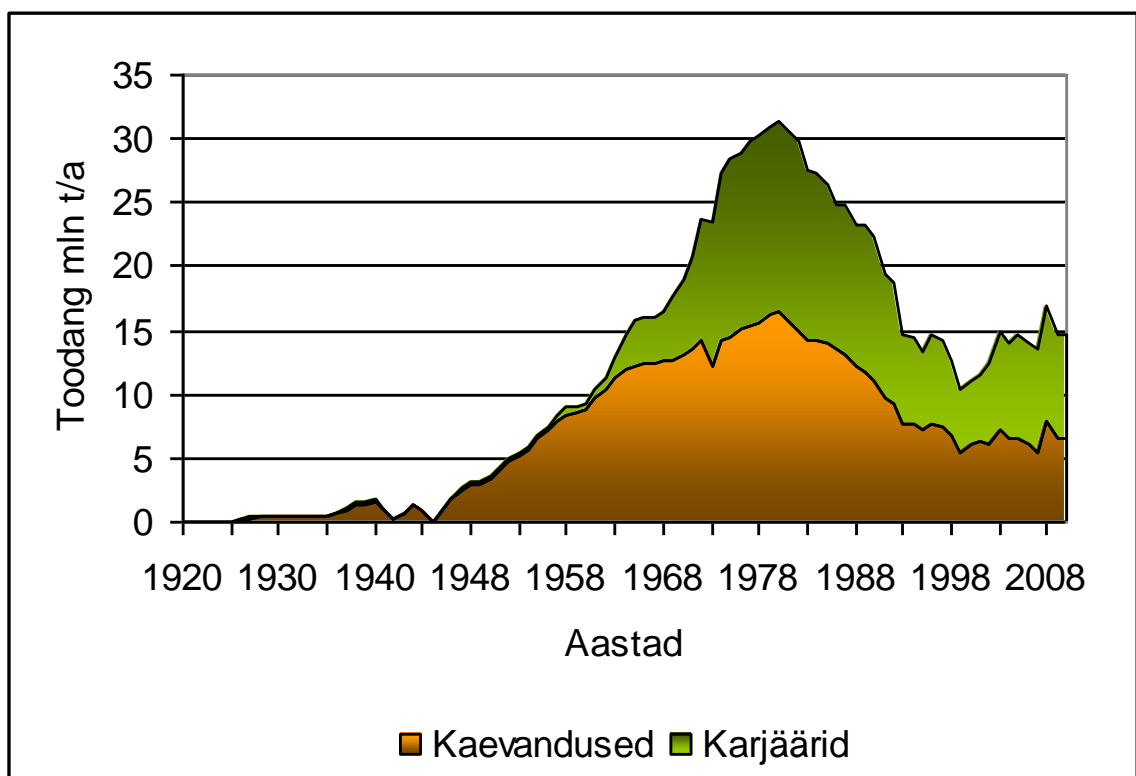
* Liideti Kiviõliga

** Taasavati 2005

*** Liideti Sirgalaga

Nimed	Alternatiivne vöörnimi	Alustas	Löpetas	Tootis mln t
Teine (Jöhvi)	Kaevandus nr 2	1949	1973	24
Tammiku	Kaevandus nr 8	1951	1999	60
Neljas	Kaevandus nr 4	1953	1975	24
Sirgala ****	Karjäär nr 1	1962	2000	152
Viru	Kaevandus nr 7	1964	2013	68
Narva	Karjäär nr 2	1970		104
Estonia	Kaevandus nr 9	1972		150
Aidu (Oktoobri)	Karjäär nr 3	1974	2012	78
Põhja-Kiviõli		2003		2
Ubja		2005		
Kokku 1916...2009				≈1050

**** Liideti Narvaga

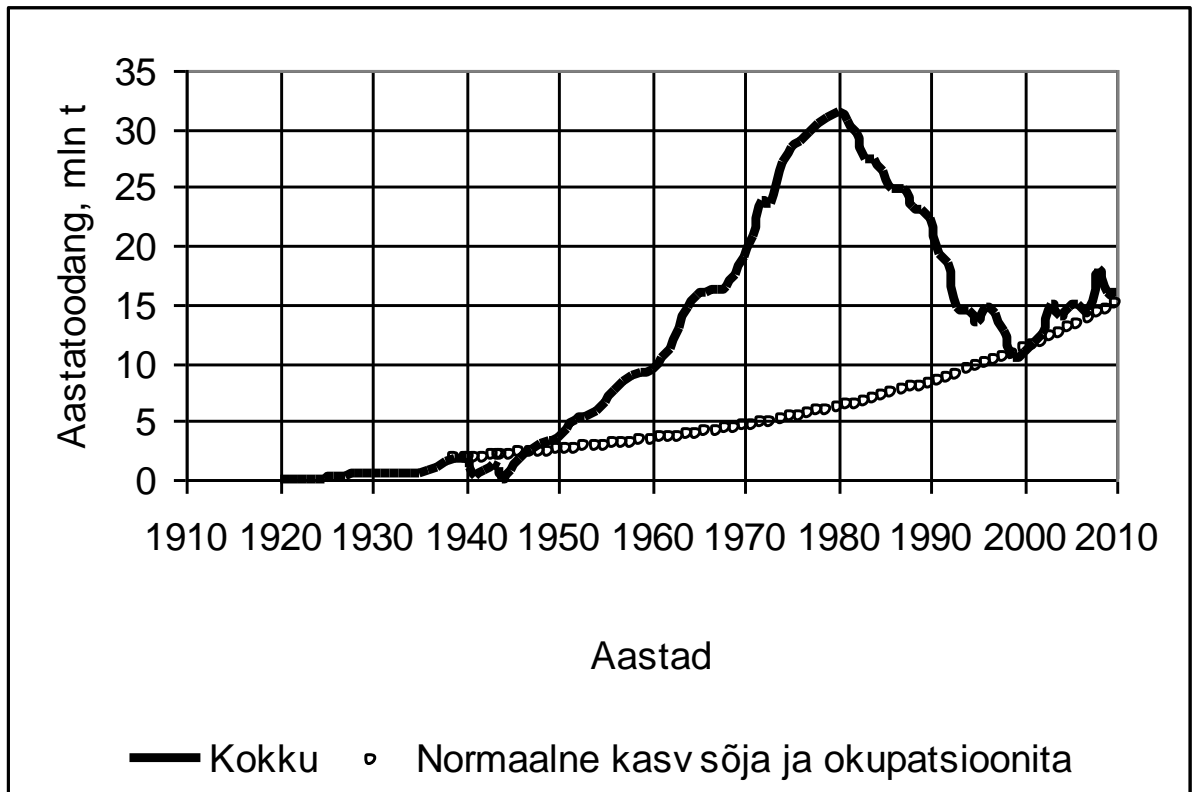


Pilt 3.37 Peal- ja allmaatoodangu jaotumine

Kõige kauem, 68 aastat töötas Kiviõli kaevandus. Kõige kiiremini, kui mitte arvestada Kohtla-Järve linna põhjapiiril olnud Pavandu ja Järve karjääre, ammendus neljanda kaevanduse väli, kus mäetööd vältasid 23 aastat.

Kuigi avakaevandamine on allmaakaevandamisest odavam ja tootsam, ei ületanud nõukogude perioodil põlevkivikarjäärade toodangu osalus kunagi 50% raja. Seda jälgiti hoolsalt kõigis arengukavades ja plaanides. Põhjenduseks, miks hoitakse avakaevandamist tagasi, toodi lihtne ja selge argument – avakaevandamist forsseerides ammendatakse ennaktempos hea põlevkivi ja kaevandamise tulukus kaoks liiga ruttu, sest, nagu mäemajandusest teada, maardla ammendudes kasumlikkus alaneb. Liiga ilus seletus, et olla tõde. Tegelik põhjus oli, et tootmiskoondise juhtide palgad sõltusid sellest, kas neile allusid allmaakaevandused või karjäärid. 50% karjääritoodangut oli piir, mille ületamisel kaevanduskoondis muutus karjäärikoondiseks.

Eesti põlevkivitööstuse suuraeg oli eelmise sajandi keskpaik (Pilt 3.38). Nõukogude võimu aastail kasutati põlevkivi nii Eesti ja kui ka Venemaa loodepiirkonna energiavajaduse rahuldamiseks. Algul kaevandati õli utmiseks, siis majapidamisgaasi, ja alates viiekümnendatest eelkõige elektrienergia tootmiseks.



Pilt 3.38 Põlevkivi kaevandamismahu graafikud

Eriti jõudsalt kasvas põlevkivi kasutamine aastail 1945..80. Maksimaalne tase, üle 30 mln t, saavutati 1980. Kui meie põlevkivitööstus oleks kasvanud kogu aeg sama tempoga, nagu ta oli arenenud kolmekümnendate teisel poolel, keskmiselt 3% aastas, oleks kaevandamise maht jõudnud sajandi lõpuks 10 mln t ja praeguseks (2010) 15 mln t tasemele.

Üheksakümne kaevandamisaastaga kaubastatud põlevkivi kogus ületas miljardi tonni raja 2006. kevadel. Kui põlevkivitööstus oleks arenenud ainult

Eesti vajaduse kohaselt, oleks tänaseks väljatud kogus jäänud alla 400 mln t.

3.5.2. Kaevandamise tehnoloogia

Maardla avamine



Pilt 3.39 Ajalooline postkaart Kohtla-Järvelt

Mäenduse tava kohaselt alustati põlevkivi kaevandamist parimast kohast – avamuselt (Pilt 3.39). Katend kärutati üle kaeviku ammendatud alasse, avatud kihind murti lahti, põlevkivi lahutati paest käsitsi ning kaervis laeti vagonetti samuti käsitsi. Lõhkeainet kulus vähe, sest avamusel on kivim nõrk ja lõhkematerjali pidi kinni maksma kaevur. Lõhkeaugud puuriti kas käsitsi või mehhaaniliste puuridega. Võimsate paljandamismasinate puudumise tõttu oli avakaevandatav vaid avamuselähedane ala, kus kihindi lasumissügavus (maapinnast lamamini) oli vähem kui 6...7 m.

Katendi kasvades mindi kaevikust stollidega maa alla ja jätkati murdmist. Kaua kasutati ava- ja allmaakaevandamist kõrvuti. Maa all oli küll ohtlikum, gaasisem, kuid talvel siiski soojem ja mugavam.

Avakaevandamine

Ajakohane tehnoloogia loodi pärast teist maailmasõda, kui saadi suurekopalisi (10...35 m³) ekskavaatoreid, draglaine. Paljandamisel on ekskavaatoritele abiks buldooserid ja väiksemad mehhaanilised ekskavaatorid (= pärikopad). Katend purustatakse lõhketöödega. Õhukese katendiga väiksemates karjäärides, nagu Aidu karjääri Kohtla-Vanaküla jaoskonnas, Kiviõli keemiatööstuse Põhja-Kiviõli ja Kunda Nordic Tsemendi Ubja karjääris kasutatakse palju väiksemaid ekskavaatoreid, kas vanu mehhaanilisi pärikoppasid, kuid viimasel ajal siiski hüdraulilisi ekskavaatoreid, peamiselt vastukoppasid. Ajakohased ekskavaatorid raimavad ka lõhkamata katendit.

Põlevkivikihind raimati varasemal ajal lõhates, nüüd traktorkobestitega (= ripperitega). Kuni üheksakümnendate aastate lõpuni laeti kaevist ekskavaatoriga, pärikopaga (Pilt 3.40), nüüd valdavalt kopplaaduritega. Kaevist veetakse karjäärikalluritega (kandevõime kuni 40 t). Kaugematele tarbijatele veetakse toodangut maanteeallurite ja kallurveokitega.

Draglain, mille noole (poomi) pikkus on 90 m ja kopp mahutab 15 m³ kivimeid, tõstab kvaternaari setted ja taimestiku üle kaeviku. Nii tekib seal metsastamiseks sobiva pinnase alge.



Pilt 3.40 Põlevkivi paljandamine Aidu karjääris



Pilt 3.41 Põlevkivi koristamine kaevikus

Alumise pildi vasakus ülanurgas on vaevu näha üht maailma võimsaimat buldooser-kobesti, sellest eespool teeb puurmasin põlevkivisse 3 m sügavusi laenguauke, otse all, 20 m sügavusel laeb mehhaaniline ekskavaator (pärikopp, 4,6 m³) kaevist karjäärikalluri 20-kuupmeetrilisse kasti.

Kihindi **lausväljamine** (kihid A...F koos) oli omane Aidu karjäärile, kus oli rikastusvabrik. Idakarjäärides (Viivikonna, Sirgala ja Narva), mis nüüd on ühendatud üheks Narva karjääriks, toimub kihindi **osalis-selektiivne väljamine**. Varem raimati kihid kolmes järjus: ülemine järk (kihid E...F) ja alumine järk (kihid B, C ja vahekiht B/C) väljati, keskmise järju kihid (C/D...E/F paekivi ja D põlevkivi nende vahel) lükati kaevandatud alale. Nii läksid A ja D-kihi põlevkivi kaduma. Kui saadi ripperid, hakati väljama ka põhjajärku (kihte A ja A'). 2006. hakati Kiviõli keemiatööstuse Põhja-Kiviõli karjääris põlevkivi ja vahekihte raimama kihthaaval (= kõrgselektiivne väljamine). Väljamismasinaks valiti Saksa firma Wirtgen mäefrees. 2007. katsetati mäefreesi Narva põlevkivikarjääris. Majanduspõhjustel lõpetati kõrgselektiivne väljamine seal 2009.¹

Avakaevandamine päädib kaevandatud ala korrastamisega.

Allmaakaevandamine

Allmaatöö tänapäevane tehnoloogia kujunes välja kuuekümnendatel aastatel, kui loodi **kamberkaevandamine**, mille olulised tunnused on:

- palju lühikesi (8...10 m pikkusi) koristusesisid langis mõõtmetega 300...400 × 600...800 m (= kambriplokk),
- lae ja kaevandatud maa hoidmine põlevkivist tervikutel,

¹ Kõrgselektiivne väljamine võimaldab müüa osa toodangust kõrgema kvaliteediga (kütvusega). Põlevkivi hinnaskaala, millele pandi alus endise majanduskorra ajal, ei ole kvaliteeditundlik. Seni, kuni see on nii, pole kaevandajal kasulik tõsta kauba kvaliteeti.

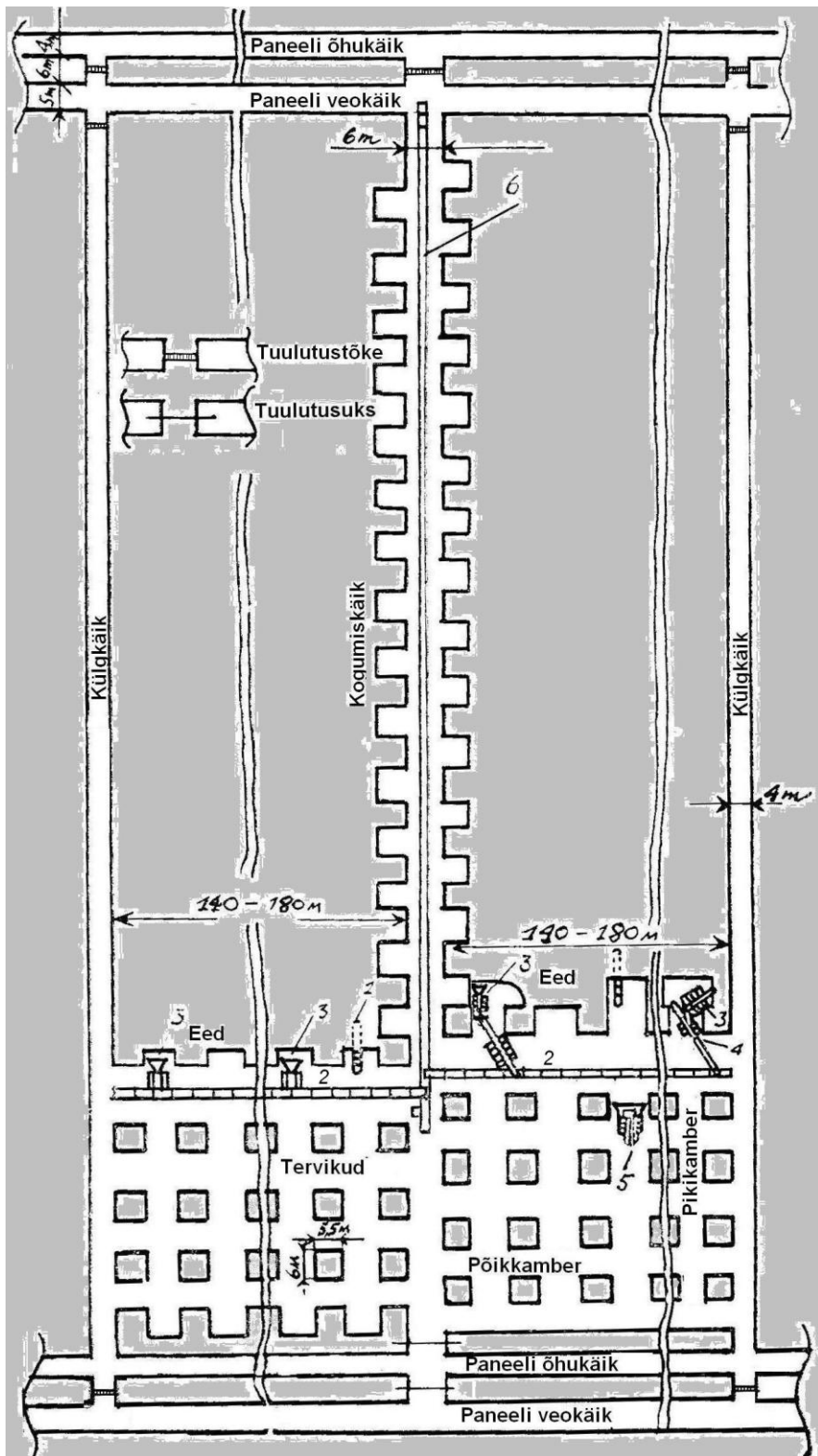
- maa ei vaju.

Kamberkaevandamise klassikaline skeem vt Pilt 3.42).¹ Enne kambreid oli **lankkaevandamine**, mille tunnused on:

- üks või kaks pikka, kuni 100-meetrist koristusett langis mõõtmetega 100...200 × 400 m (= lank),
- lae käitlemine kaevandatud ala täitmisega (käitsi laotud paekivist täiteriitadega vanades, nn **käsilaaavades**) või langetamisega **kombainilaavades**
- maapinna vajumine täitmise puhul 0,5...1 m, langetamisel 1...2 m,
- lankide vahele jäid tervikud, mistõttu altkaevandatud maal moodustusid moldjad vajumid, mõõtmetega 60...100 × 100...300 m.

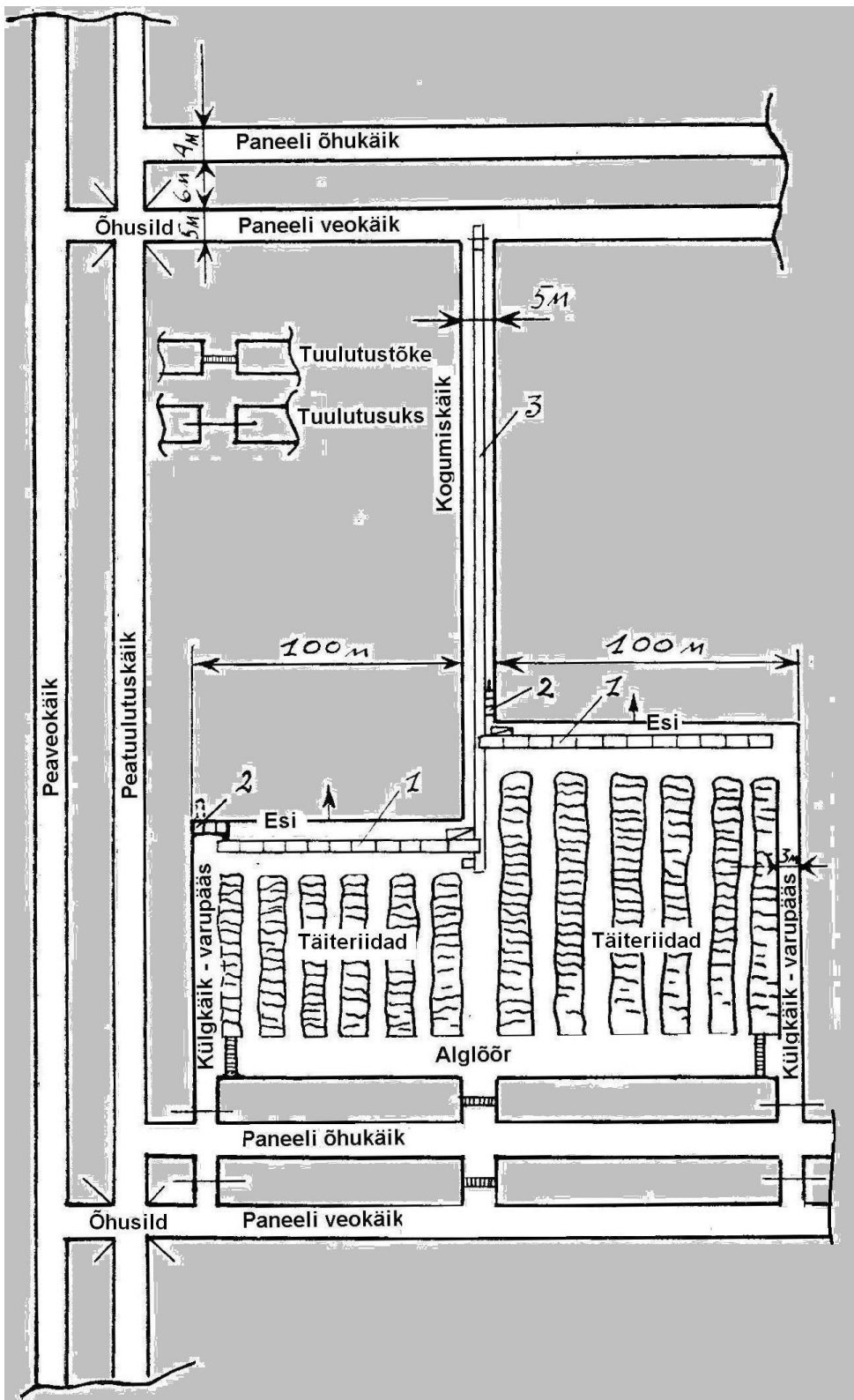
Lankkaevandamise põhimõttelised skeemid vt Pilt 3.43 ja Pilt 3.44.

¹ Kaevandamisviiside põhimõtteliste skeemide aluseks on illustatsioonid raamatust Veljo Lauringson, Alfred Reier, 1981. ENSV mäetööstus, Tallinn, Perioodika, 94 lk.



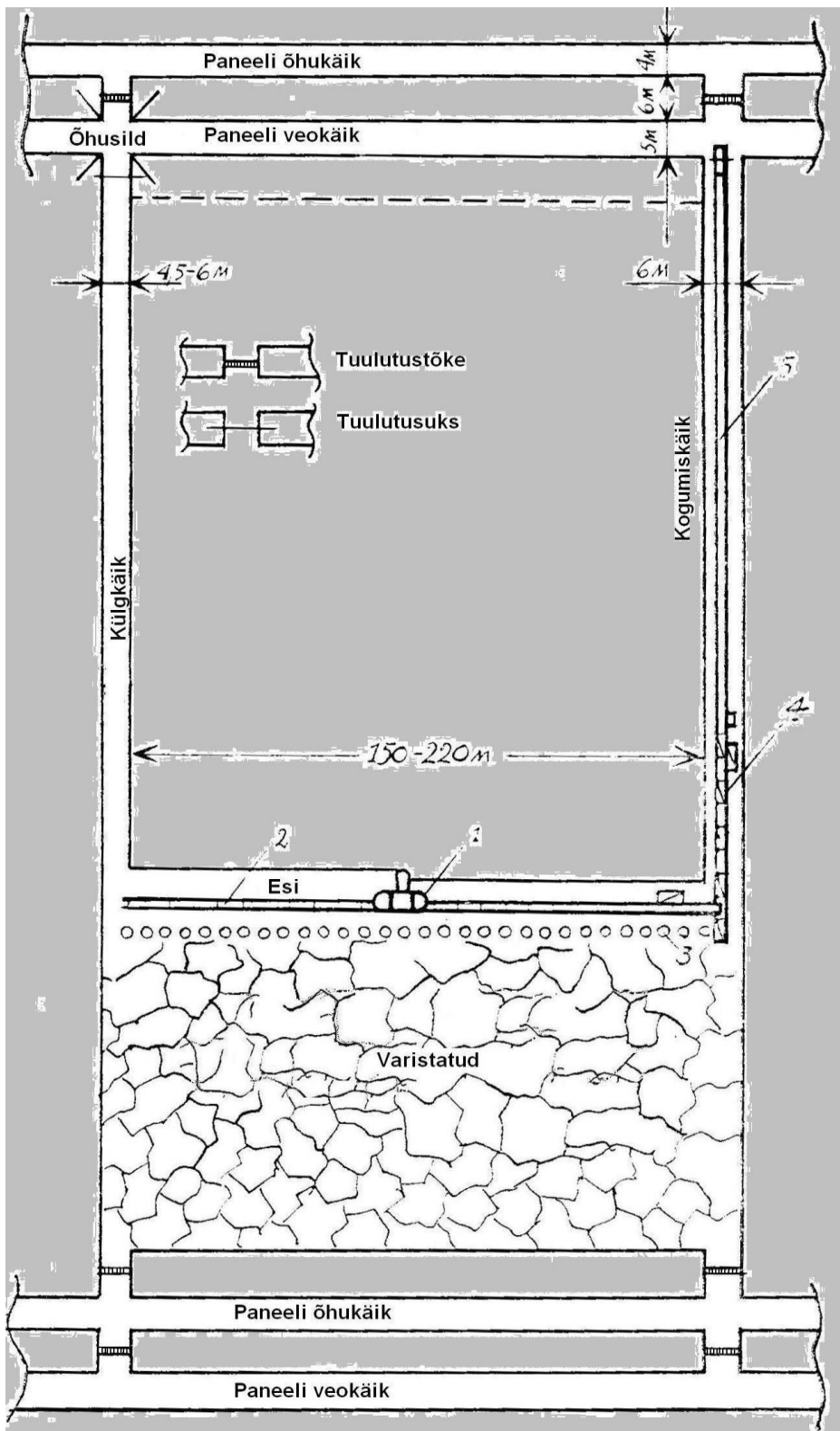
Pilt 3.42 Kamberkaevandamise põhimõtteline skeem.

Seadmed: 1 – soonur, 2 – kraapkonveier, 3 – laadur, 4 – ülelaadur, 5 – buldooser, 6 – lintkonveier. Värske õhk tuleb kambritesse paneeli veokäigust läbi kogumiskäigu ja lõhkegaas imetakse välja läbi kaevandatud ala paneeli õhukäiku. Veeäras-tuskraavid on õhukäikudes.



Pilt 3.43 Lankkaevandamine käsitsi

Seadmed: 1 – kraapkonveier, 2 – soonur, 3 – lintkonveier. Värske õhk tuleb paneeli veokäigust läbi kogumiskäigu ja lõhkegaas imetakse välja läbi kaevandatud ala paneeli õhukäiku. Õhu reguleerimiseks kasutatakse tuulutusuksi. Veeärastuskraavid on õhukäikudes.



Pilt 3.44 Lankkaevandamine kombainiga

Seadmed: 1 – kombain, 2 – kraapkonveier, 3 – murdetoestik, 4 – ülelaadur, 5 – lintkonveier.

Värske õhk tuleb paneeli veokäigust läbi kogumiskäigu ja tolmune õhk imetakse välja läbi külgkäigu paneeli õhukäiku. Veeärastuskraavid on õhukäikudes.

Vaadates tehnoloogiliste skeemide pilte, võib tekkida küsimus, mille poolest kamber- ja lankkaevandamine erinevad? Valmistatakse (= lõigustatakse) ju mõlema jaoks ristkülikukujuline kaevälja osa, mis ühel juhul on plokk ja teisel lank? Selline näiline sarnasus on meil kohaliku iseloomuga. Pilt 3.42 kujutatud kamberkaevandamise tehnoloogia variant oli tegelikult kamber- ja lankkaevandamise hübriid, tingitud sellest, et kasutada olid vaid vene päritolu kivisööekaevanduste seadmed. Seoses liikurseadmete kasutuselevõtuga on koristusala mõõtmeid ja kuju määranud kraapkonveierid ning ülelaadurid ära jäänud ja koristusüksuseks on kujunenud üsna vabakujuline **kambristik**.

Varem, enne teist maailmasõda ja vanades kaevandustes paiguti ka hiljem koristati kaevist väikeses lankides, kuni 30 m pikkustes etes (= käsikambrid). Neis laeti kaevist käsitsi vagonettidesse ja lükati ning veeti välja mööda rööbasteed, mis oli laotud eest stollini. Paekivist laoti kaevandatud ala täiteriit (Pilt 3.43).



Pilt 3.45 Töö käsikambrites

Vasakul foto, paremal gravüür. ¹ Fotol (vasakult paremale): puurimine käsipuuriga, laadimine vagonetti, lae rookimine, lõhkaja istub ja ootab tööjärge, steiger seisab ja jälgib ning ja paremal topib kaevur paelahmakat täiteriida ja lae vahele. Gravüüri kaks figuuri – lae rookija ja täiteriida laduja on laenatud fotolt. Teatavasti tuleb gravüüri tõmmis peegelpildis. Aga selliseid vagonette kasutati Kukruse ja Käva kaevanduses, mitte Kiviõlis ega Küttejões, kust pärineb foto.

Pärast sõda, kui sai vene mäetehnikat, tulid kasutusele pikad, kuni 100-meetrised koristused (**laavad** ², Pilt 3.43), kus põlevkivi kühveldati piki ett paigaldatud kraapkonveierile. Paekivist laeti konveieri taha täiteriidad. Võeti kihte A...E, seega toimus selektiivne väljamine. Langis oli kaks ett – ühes koristati ja laoti täiteriita, teises puuriti, lõhati ning tuulutati. Eekonveier laadis kaevise laavade vahelisse kogumistrekki monteeritud lintkonveierile ja see omakorda kaevandusraudtee vagonettides-

¹ Hando Mugasto (1907...37). Maa-alune kaevandus, 1935. Puugravüür, paber, Põlevkivimuuseumi kogu.

² Mõiste 'laava' pärineb Donetski söekaevandustest, seal tööd saanud Doni kasakatelt; "laava" oli kasakate ratsaväe rünnakurivi.

se. Otse vagonettidesse laadimine säilis ainult käikude läbimisel. Selline töömahukas, raske käsitsitöö oli igati ajakohane, sest füüsilist tööd taluvat odavat inimjõudu oli kuni eelmise sajandi keskpaigani piisavalt.

Hiljem kasutati lankkaevandamisel ka lausmehhaniseeritud raimamist ja konveierile laadimist (= kombainväljamine). Siis oli langis üks, tavaliselt 100-meetriline, pikk esi. Kaevis irrutati ja laeti pikae kombainiga (= kauritsaga).¹ Lagi hoiti hüdrauliliste tungraudadega (= hüdrotostikuga) ajutiselt ülal.

Kombainkaevandamisel väljati kihid A...C, st toimus **valikuline väljamine**. Kauritsaid kasutati peamiselt seal, kus kamberkaevandamine ei olnud rakendatav, alal, kus kaljuse lae paksus oli alla 10 m. Valikuliselt väljatud 1,5...1,6 m paksune kiht andis kaevisse, mille kütvus vastas tarbija nõuete minimaalpiirile. Mõnel aastal andsid kombainid kuni 10% allmaatoodangust. See kaevandamisviis oli tootlik, kuid kapitalimahukas ja ka maapinna muutused olid silmnähtavad. Seepärast üheksakümnendatel aastatel loobuti lankkaevandamisest.

¹ Raimavate ja laadivate masinate üldnimetus on ekskavaator (= kaurits), masin, mis laadides ei sõida ega tari nagu kopplaudur.



Pilt 3.46 Kápplaadur laadimas süstikvagonetti.

Ahtme kaevandus, kuuekümnendad.

Kamberkaevandamisel moodustatakse maa all 8...10 m laiused üksteisega ristuvad kambrid (= kambristik). Kõik tööoperatsioonid: puurimine, lõhkeine panustamine ¹, kaevise laadimine ja tariimine ning lae ankurdamine on mehhaniseeritud. Põlevkivikihid raimatakse ühes vahekihtidega ja selline kaervis tuleb rikastada.

Kamberkaevandamise algusaastail laeti kaevist veovahenditesse kápplaadurite abil. Edasi toime-tasid kaevist kraap- ja lintkonveierid. Kaasajal tariitakse kaevist kopplaaduritega (Pilt 1.16) konveieri-tele. Võimalik oleks kasutada ka allmaa-kallureid (Pilt 1.17)

Kambrite vahetu lagi ankurdatakse ülemiste kivimi-kihtide külge ning kogu lage ja maad hoiavad kambrite vahele jäetud **tugitervikud**. Tervikutesse jääb umbes 25% põlevkivist.

¹ Lõhkeaukude täitmine laengutega (= laengustamine).

Rikastamine

Põlevkivi esimesed tarbijad – varem kivisöega köetud vedurid ja katlamajad, aga ka põlevkivitööstuse algusaastail rajatud õlitööstus vajasid võimalikult puhast, kõrge kütvusega tükilist kivi. Algaastail murti seda käsitsi, lõhkeaine minimaalse kuluga ja sorditi esmalt maa all ja siis veel ka maa peal. Käsitsitöö ajal olid kaevandustel sortimistsehhid, kus lindil liikuvast kaevisest nopiti välja paekivitükke. Nii saadi müügiks kuni 70% suuretükilist (> 25 mm) puhast põlevkivi (= õlikivi). Paenoppijad olid naised ja kogu vanade kaevanduste aherainepuistangute kivi on nad kaevisest välja noppinud.

Käsitsi kaevandamisest loobumine tähendas üleminekut lausväljamisele ja kaevisel mehhaanilisele laadimisele. Suurendati lõhkeaine kulu ja tekkis peenem kaevis. Tuli loobuda käsitsi sortimisest ja mehhaniseerida kaevisel rikastamine. 1958...74. ehitati rikastusvabrikud Ahtme, Tammiku, Viru ja Estonia kaevandustesse ning Aidu karjääri. Praegu (2016) on neist töös vaid Estonia vabrik. Rikastatakse kaevisel jämedat osa, klassi > 25 mm. Rikastamine loodi ja on seni vajalik vaid õlitööstusele, sest ajaloolised seadmed suudavad kasutada vaid tükilikivi, millel on küllaldane gaasiläbitavus.

Esimeses rikastusvabrikus, Ahtmes, kasutati mähksetitamist – pulseeriva veega vannis tõusid üles kerged põlevkivitükid ja põhja jäi raske paekivim. Oudova maardlas, kaevanduses nr 3 on kasutusel olnud ka õhksetitamine – meetod, kus põlevkivi- ja paetükke lahutas mitte pulseeriv vesi vaid õhk. Setitamine tagas piisava kvaliteedi ja seda kasutati kuni nende kaevanduste sulgemiseni. Kaevanduses nr 4 ja Viivikonna karjääris on katsetatud valikpurustamist – keerlevas trummelsõelas

seks, kuid kuna seda tekib rohkem kui vajatakse, siis kuhjub see puistangutesse.

3.5.3. Põlevkivi kasutamine

Kaubapõlevkivi on energiakandja, mis toob tarbijale maapõues talletatud energiat. Kuna põlevkivis on palju kasutat ainet, siis ei ole tema vedu kaugemale tulus. Kõrge kütvusega põlevkivi on kütteks veevõetud Eesti piires paarisaja kilomeetri kaugusele, harva kaugemale – Läti ja Leetu. Turustamise huvides muundatakse põlevkivi, nagu ka teised madala energiasisaldusega kütused, turvas ja pruun süsi kõrgema tarbimisväärtusega energiakandjaks võimalikult kaevandamiskoha läheduses.¹ Põlevkivi muundatakse elektriks, õliks ja gaasiks.

Põlevkivi termiline töötlemine

On kaks suunda – põletamine ja utmine. Põletamine toimub õhu keskkonnas (hapnikuga), utmine – ilma õhuta (hapnikuta). Põletamisel saadakse soojusenergia, mida kannab kuum vesi (kaugküte) või termilis-kineetiline energia (veeaur), mis käitab turbiine. Utmise energeetilised produktid on õli ja gaas.

Põlevkivi keemiline töötlemine

on võimalik ja on ka katsetatud põlevkivi lagundamist keemiatoodeteks lahustamisega, reagentidega mõjutamisega ja muul moel, kuid majanduslikku mõttekust pole leitud. Need uuringud pole väljunud laboratoorsete katsetuste järgust. Kõik, mida mõistetakse põlevkivikeemia(tööstuse) all, on põlevkivi termilise töötlemise põhiproduktide – õli ja gaasi

¹ Energiakandja tarbimisväärtust võib nimetada ka tema energia(kandja) kvaliteediks [[Mäemajandus](#), lk 56...61].

väärindamine ning kaasproduktide, eelkõige utmisel tekkiva vee puhastamisjääkide kaubaks töötlemine

Põlevkivi mehhaaniline töötlemine

oleks peeneks jahvatatud kukersiidi rikastamine, näiteks vahtrikastamine. Nii saaks suhteliselt puhast kerogeeni. Mõningail andmeil on Slantsõs katsetatud seadmestikku, mille abil saadud toote nimetus oli Kerogeen-70. Number tähistas toote orgaanilise aine sisaldust protsentides. Seega oli tegu põlevkivitolmuga, mille kütvus on $0,7 \times 35 = 24,5$ MJ/kg. Võimalik oleks olnud ka Kerogeen-90 tootmine, kuid kuna ülimalt plahvatusohtlikku tolmu saab kuivatada vaid inertse gaasi, näiteks lämmastiku keskkonnas, osutus tehnoloogia liiga kalliks. Kerogeenist taheti saada keemiatööstuse tooret ja võib arvata, et loodeti saada ka tahket raketikütust. Põlevkivi Instituudi 1965. likvideeritud rikastuslaboratooriumi entusiastide¹ otsing kerogeeni tootmiseks rikastushiivast soikus.²

¹ Idee autor oli mäeinsener Kaarel Koitmets.

² Kerogeeni ja ammooniumsalpeetri segu on lõhkeaine. Põlevkivi Instituudi mäeosakonna likvideerimine kustutas meie lootuse sellist segu katsetada. Aastaid hiljem patenteeris ja katsetes kerogeenipõhist lõhkeainet Leningradi mäeinstituudi prof Aleksander Hanukajev.

Peamised põlevkivi tarbijad ja energia muundajad

on olnud (ajaloolises järjestuses vt Tabel 3.2):

- väikekolded ja -katlad ¹, kus põletati küttekivi,
- tsemendi-, õli- ja gaasitööstus, mis tarbis õlikivi,
- elektrijaamad, mis tarbisid küttekivi.

Algusaastail kehtis Eestis kogu maailmas tavaline põhimõte – kohalikku kütust ja/või tooret kaevandav üksus on töötleva (kasutava) ettevõtte (mäe)tsehh. ² Nõukogude majanduse tsentraliseerimisega 1965. põlevkivitööstus tükeldati ja alles 2009. võeti kaevandused ja karjäärid peamise tarbija, Eesti Energia koosseisu.

¹ Mõiste „väikekolve” on antud kontekstis tinglik; mõeldud on koldeid ja katlaid, mis ei ole nii suured kui põlevkivielektrijaamade tolm- ja keevkihtkatlad

² See oli ka seadustatud: „Õlikivi ja turbatööstuse kontsessiooni andmise tingimused... Kontsessioone antakse õlikivi ümbertöötamiseks ja kontsessiooninõutaja ettevõtte kütteaineks, mitte aga selleks, et õlikivi ainult kaevata ja teistele tarvitajatele edasi müüa”. Kirjaviis muutmata.

Tabel 3.2 Põlevkivitööstuse ettevõtted

Jrk nr	Tegutsemis-aastad	Ettevõtte nimetus, kontsern, koondis või haldur	Omanik, kapitali päritolumaa	Tootmispaik või ettevõtted	Peamised tooted
1	1916...1918	Kütuse Erinõupidamise Karjäärid	Vene riik, Petrogradi kütusekomitee	Järve mõis ja Pavandu	Küttekivi
2	...1917	Mutšnik ja Ko karjäär	S. Mutšnik	Kohtla-Järve	Küttekivi
3	...1918	Kukruse kaevandus	Boeckel & Co	Kukruse	Küttekivi
4	...1918	Põhja Põlevkivi	Wolfson & Co	Kohtla-Järve	Küttekivi
5	1918	<i>Internationales Baukonsortium</i>	Saksa	Kõik karjäärid	Küttekivi
6	1918...1936	Esimene Eesti Põlevkivitööstus	Eesti riik	Kohtla-Järve	Küttekivi, õli, keemiatooted
	1936...1940	AS Esimene Eesti Põlevkivitööstus	Eesti		
7	1920...1921	Esimene Eesti Põlevkivitööstus	Eesti riik	Vanamõisa	Küttekivi
8	1922...1940	A/Ü Kiviõli	Saksa	Kiviõli	Küttekivi, õli, keemiatooted

Jrk nr	Tegutsemis-aastad	Ettevõtte nimetus, kontsern, koondis või haldur	Omanik, kapitali päritolumaa	Tootmispaik või ettevõtted	Peamised tooted
9	1923...1926 1930...1931	<i>Estonian Oil Development Syndicate Ltd</i>	Inglise, Eesti	Vanamõisa	Õli
10	1925...1940	Tallinna Tselluloosi- ja Paberivabrik	Eesti	Küttejõu	Küttekivi
11	1926...1940	Port Kunda		Ubja	Küttekivi
12	1936...1944	<i>Estländska Oljeskifferkonsortiet</i>	Rootsi	Viivikonna, Sil- lamäe	Õli ja keemia- tooted
13	1937...1940	<i>The New Consolidated Cold Fields Ltd</i>	Inglise	Kohtla-Nõmme	Küttekivi, õli, keemiatooted
14	1940...1941	EVSV Kergetööstuse Rahvako- missariaat	NSVL	Kogu Eesti tööstus	Küttekivi, õli, keemiatooted
15	1941...1944	<i>Baltische Ölgesellschaft in Est- land</i>	Saksa riik	Eesti ja Loode- Vene põlevkivi- tööstus	Küttekivi, õli, keemiatooted

Jrk nr	Tegutsemis-aastad	Ettevõtte nimetus, kontsern, koondis või haldur	Omanik, kapitali päritolumaa	Tootmispaik või hallatavad ettevõtted	Peamised tooted
16	1944...1956	ENSV Kohaliku, Põlevkivi ja Keemiatööstuse Rahvakomissariaat	NSVL	Kiviõli, Küttejõu ja Kohtla	Küttekivi, õli, keemiatooted
17	1944...1956	NSVL Söetööstuse Rahvakomissariaat	NSVL	Viivikonna ja uued kaevandused	Kütte- ja õli- vi
18	1957...1965	ENSV Rahvamajandusnõukogu	NSVL	Kaevandused, karjäärid ja õlitehased	Kütte- ja õli- vi, õli, keemiatooted
19	1965...1991	NSVL Söetööstuse Ministeerium	NSVL	Kaevandused ja karjäärid	Kütte- ja õli- vi
20	1965...1991	NSVL Energeetikaministeerium	NSVL	Elektrijaamad	Elektri- ja soojusenergia
21	1965...1991	NSVL Naftakeemiatööstuse Ministeerium	NSVL	Õlitehased	Õli, gaas ja keemiatooted

Jrk nr	Tegutsemis-aastad	Ettevõtte nimetus, kontsern, koondis või haldur	Omanik, kapitali päritolumaa	Tootmispaik või hallatavad ettevõtted	Peamised tooted
22	1991...2009	Eesti Põlevkivi AS	Eesti riik	Kaevandused ja karjäärid	Kütte- ja õlikiivi
	2009...	Eesti Energia Kaevandused AS			
23	1991...1998	Kiviter AS	Eesti riik	Õlitehased	Õli, gaas ja keemiatooted
24	1991...	Eesti Energia AS, Narva Elektri jaamad AS	Eesti riik	Elektri jaamad	Elektri- ja soojusenergia
25	1998 ...	VKG Oil AS	Viru Keemia Grupp	Kohtla-Järve õlitööstus, Ojamaa kaevandus	Õli, gaas ja keemiatooted
26	2003...	Kunda Nordic Tsement AS	Heidelberg Cement Group	Ubja karjäär	Küttekivi ja tsemendi toore
27	1999...	Kiviõli Keemiatööstuse OÜ	T.R.Tamme Auto ⇒ Aksela Grupp	Kiviõli õlitööstus, Põhja-Kiviõli karjäär	Õli, gaas ja keemiatooted

Väikekolded- ja katlad

Eestis on kaks orgaanilise päritoluga ainet sisaldavat kivimit – savikivi ehk graptoliitargilliit ja põlevkivi ehk kukersiit. Kuigi Eesti põlevkivitööstus on kukersiiditööstus, on tehtud ka katseid kütta argilliidiga. Põhjus oli sama, mis kukersiidi puhul – hädaolukord, sõjaaegne kütusepuudus. Esimene teadaolev katse tehti Peeter Suure Merekindluse ehitamisel Harkus, kus laskemoonaladude rajamisel argilliit ette jäi. Tollal oli juba teada selle orgaanika- ja püriidirikka kivimi kalduvus isesüttimisele. Mõningail andmeil soojenesid ja süttisid ka militaar-tunnelitest väljatud savikivi kuhilad.

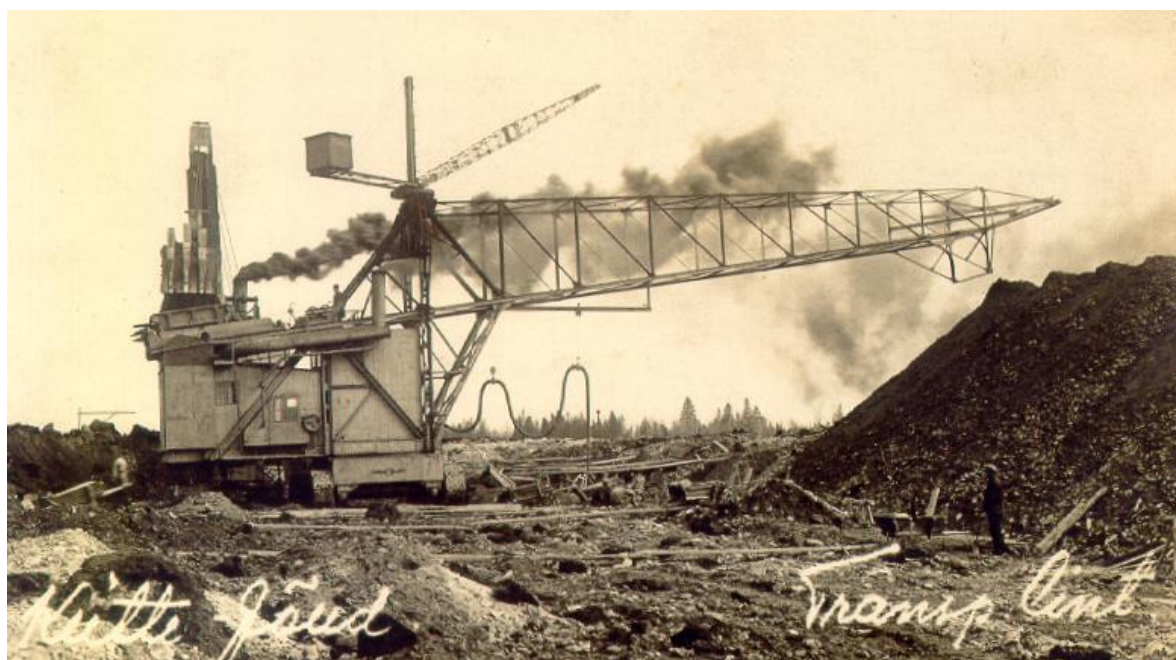
Kõik katsed näitasid graptoliitargilliidi sobimatust tolleaegsetele kolletele. ¹ Praegused põletamistehnoloogiad lubaksid küll sellest savikivist soojust saada, kuid põletamise teeb raskeks, kui mitte võimatuks asjaolu, et argilliidis ei ole lubimineraale, mis seoks väävli. Seepärast üritati eelmise sajandi neljakümnendatel aastatel Maardu fosforiiditehas-ses sõjaaegse kütusepuuduse tõttu põletada põlevkivide segu – $\frac{3}{4}$ lubjarikast kukersiiti ja $\frac{1}{4}$ väävli-rikast graptoliitargilliiti. ²

Kukersiitpõlevkivi osutus üsna heaks kütuseks. Kõigepealt kasutati seda tükikivina veonduses, vedurite kolletes. Seda seni, kuni auruvedurid viidi üle (põlevkivi)õliküttele. Seejärel hakkasid tükikivi kasutama Tallinna Elektri jaam, tsemenditehased,

¹ Aksel Pärtel, 1991. Eesti Põlevkivi ajaloo leheküljed 1916-1918, Põhjaranniku väljaanne, 42 lk.

² Artur Luha, 1946. Eesti NSV maavarad, Tartu, RK Teaduslik Kirjandus, 175 lk.

enamik lubja- ja tellisevabrikuid, suuremad paberi- ja tselluloositehased ning tekstiilivabrikud. Üleminek toimus järk-järgult, vastavalt põlevkivile sobivate kollete konstrueerimisele ja tootmisele Eesti masinatehastes – Ilmarises, AS Franz Krull tehases jt. Mõnedki kütjad lisasid põlevkivile kivisütt ja antratsiiti.



Pilt 3.48 Must suits kui tööstuse sümbol

Auruajamiga ekskavaator ja puistangumoodustaja Küttejõu karjääris eelmise sajandi kolmekümnendail aastail.

Tükikivi põletamise peamiseks puuduseks on suur tuhasus ja ebatäielik põlemine. Kuigi kütusena kasutati kõrge kütvusega kivi, mille põleva osa sisaldus oli kuni 40% ja lubimineraalidest vabanenud süsihappegaas väljus korstnast, tekkis tuhka mahult kaks korda rohkem kui kütust. Kivi kobestus koldes. Ebatäieliku põlemise tõttu väljus osa süsinikust korstnast tahmana. Kõigil põlevkivi põletanud tehaste reklaamfotodel ja -postkaartidel on iseloomulikuks tunnuseks musta suitsu väljutav korsten või mitu.

Kõigil põlevkiviga kütnud tehastel oli ka oma tuhamajandus ja -mägi. Tallinna suuremad põlevkivitarbijad – elektriijaam ja tselluloositehas kasvasid tuhaga sadama piirkonna rannaala.

Põlevkivi kasutati ka kommunaalkütusena. Tülikad kaaslased – tuhk ja tahm olid samad, mis tehastel. Põlevkivi- ja raudteelinnades oli talvel võimatu õues kuivatada pesu. Linna- ehk koduvarblaste kirju sulekuub oli hilissuvisel sulgimiseni tuhmjasmust. Kommunaalkütuste seast kõrvaldati saastav põlevkivi alles kuuekümnendatel aastatel.¹

Õlitööstus

Põlevkivitööstus arenes tänu õlitööstusele. Alustas riigiettevõtte Eesti Esimene Põlevkivitööstus. Tööstuslikud katsed toimusid 1921., tehase ehitamine algas 1922., projekteeritud võimsus (10 tuh t õli aastas) saavutati 1924.

Kuni teise maailmasõjani oligi peamine õlitööstus ja sellel tuginev keemiatööstus. Õlitööstus töötles 60% kaevandatud põlevkivist. Õli oli tähtis väljaveokaup, andes 1939. 8% Eesti eksporditulust. Seepärast ei pea imestama, et esimeses Eesti vabariigis oli põlevkivi rahvuslik uhkus, millest kirjutati raamatuid ja maaliti pilte (Pilt 1.11; Pilt 3.49).

¹ Põlevkivi kommunaalkütuste seast kõrvaldamine kutsus esile küttekivi eraviisilise murdmise ja kogumise (= noitamise) Ubja hüljatud karjääris ja noppimise aherainemägede veerul. Seda tegid vaesem rahvas, kes olid harjunud kütma põlevkiviga, ega suutnud kohandada oma koldeid küttepuidule ja briketile.



Pilt 3.49 Kohtla-Järve õlitehas

Hando Mugasto puulõige

Riik tegi palju erakapitali kaasamiseks. Seadmestiku ostmise vabastati imporditollist, põlevkivitööstuse seadmestikule kehtestati lühikene amortisatsiooniperiood, mis võimaldas investeringud kiiresti tagasi saada. Bensiinile seati kõrge impordimaks ja põlevkivibensiinile riiklik hind.¹ Tänu soodustustele ehitati enamik õlitehaseid väliskapitali abil.

Pärast teist maailmasõda asuti laiendama õli- ja gaasitööstust, peamiselt Kohtla-Järvel. Kütteõli vajab sõjalaevastik ja majapidamisgaasi Leningrad ning Tallinn. Hiljem, eelmise sajandi teisel poolel kahanes põlevkiviõli tootmine ja sellele toetuv

¹ Jaak Valge, 1995. Riikliku põlevkivitööstuse majandustingimused ja –tulemused 1920. ja 1930. aastatel. Akadeemia nr 8, lk 1712...1740 ja nr 9, lk 1929...1949.

keemiatööstus elektrienergeetika kõrval teisejärguliseks. Selle põhjustas nafta võidukäik kogu maailmas ja Venemaal eriti. Huvi põlevkiviõli vastu tõusis korraks seitsmekümnendatel aastatel, seoses ägeda naftakriisiga, mille ajendas rahutu Lähis-Ida. Samal ajendil on huvi uuesti tõusnud alanud sajandi algusaastail.

Inimeste aktiivsus ja ka rahutus korreleerub päikese aktiivsusega. Huvi korral võib märgata mõningast korrelatsiooni päikese aktiivsuse, õlirikka Lähis-Ida rahutuste, naftakriiside ja põlevkiviõli-huvi vahel.¹

Õli ja gaasi tootmiseks on otsitud, katsetatud ning kasutatud mitmeid utmistehnoloogiaid (Tabel 3.3)

Tabelis toodud seadmed erinevad tööpõhimõttelt. Kõige lihtsamad ja töökindlamad on püstgeneraatorid, kus utmine toimub nn sisemise kütmisega, kuuma gaasi utmiskambrisse puhumisega. Püstgeneraatorid on ka kõige väiksema õlisaagikusega. Välise kütmisega Davidsoni ja Fusion-retort ning tunnel- ja kamberahjud olid saagikamad, kuid nende käitamine oli kulukas ja remondimahukas

Tunnelahjude sisemuse sage puhastamise toimus käsitsi.

TSK-generaatorites kasutatakse põlevkivi utmisprotsessi mineraalse jäägi soojust. Ka esimeste TSK-seadmete töötuskiirus oli lühikene ja hooldus ning remondimahukas suur. Seda peamiselt ehitusvigade, konstruktsioonimaterjalide madala kvaliteedi ja algelise automaatjuhtimise tõttu.

¹ Enno Reinsalu, 2006. Põlevkivitööstuse suuremad arengukavad, kogumik 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis, lk 15...19.

Tabel 3.3 Põlevkiviõli utmise tehnoloogiad

Protsessi nimetuse variandid	Kasutas	Aastatel	Töötles tooret, mln t ¹	Keskmine õlisaa-gis, %
Pintsch'i generaator, gaasigeneraator, püstgeneraator, Kiviter-protsess	Eesti Esimene Põlevkivitöös-tus ⇒ VKG	1921...	80,3	16
	A/Ü Kiviõli ⇒ Ki-viõli Keemiatööstus OÜ	1953 ...	14,0	
Horisontaalne välisküttega retort, Fusion-retort	Vanamõisa õlitööstus	1923...1931	0,004	16
Davidsoni pöörlev retort	Kohtla Nõmme õlitehas	1931...1961	1,4	19

¹ Rein Veski. 2005. *The volumes of spent oil shale from Estonian oil-shale processing units in 1921–2002*, *Oil Shale*, Vol. 22, No 3, pp 345...357

Tunnelahi	Kohtla-Järve õlitööstus	1955...1968	2,7	21
	A/Ü Kiviõli	1929...1975	14,4	
	Sillamäe õlitööstus	1928...1941	0,8	
Kamberahi	Kohtla-Järve õlitööstus	1947...1987	55,9	5
Tahke soojuskandjaga generaator	Kiviõli Keemiatehas	1953...1981; 2006...	2,2	13
	Eesti Elektri jaam	1980...	7,7	
Kokku		Kuni 2002	179,3	13

- Kamberahjude peamine produkt oli majapidamisgaas. Õli, kuigi mitmekülgsem keemiatoores kui generaatoriõli, oli nende kõrvalprodukt, sellest ka vähene saagis.
- Fusion-retordi vähene õlisaagis tulenes Vanamõisa põlevkivi madalast orgaanikasisaldusest.
- Tahke soojuskandjaga (TSK) generaator on seda tüüpi protsessi kasutatavate seadmete üldnimetus. Nimede – Galoter, Enefit jt taga on seadmete tehnilis-konstruktiivsed erisused.

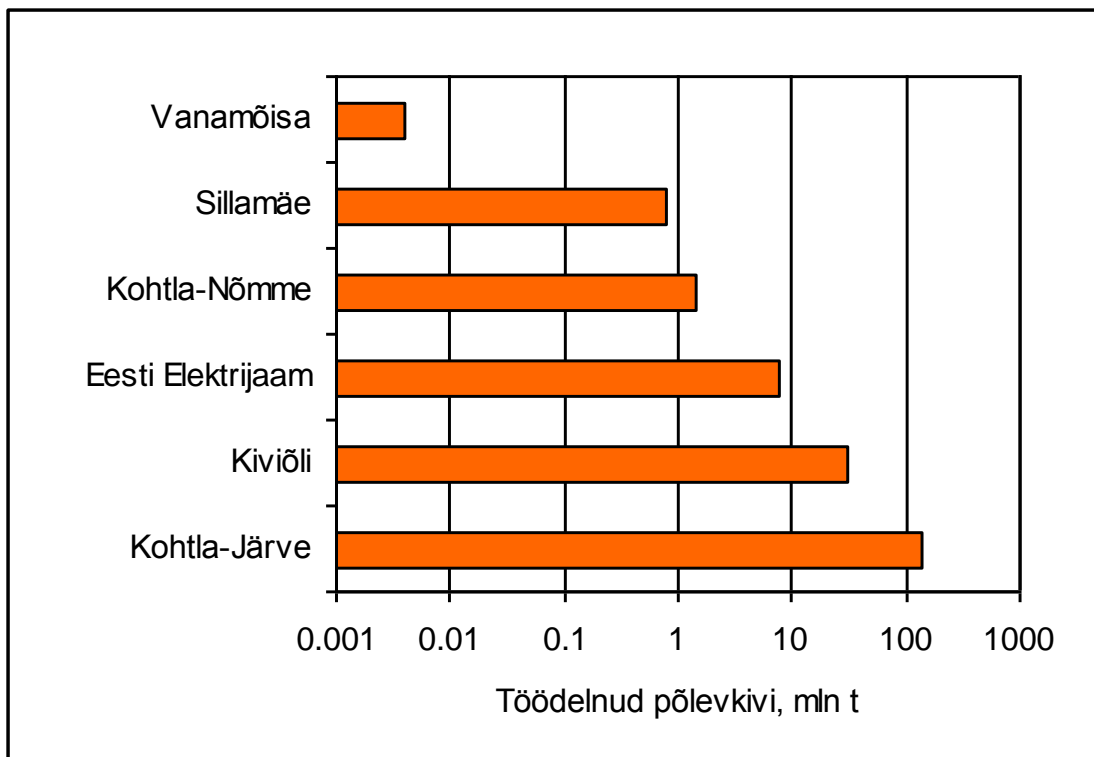
Nüüdseks on arendatud mitmeid uusi TSK-seadmete variante, kus enamik puudusi on kõrvaldatud. Ühe tonni õli tootmiseks kulub 6...8 t põlevkivi.



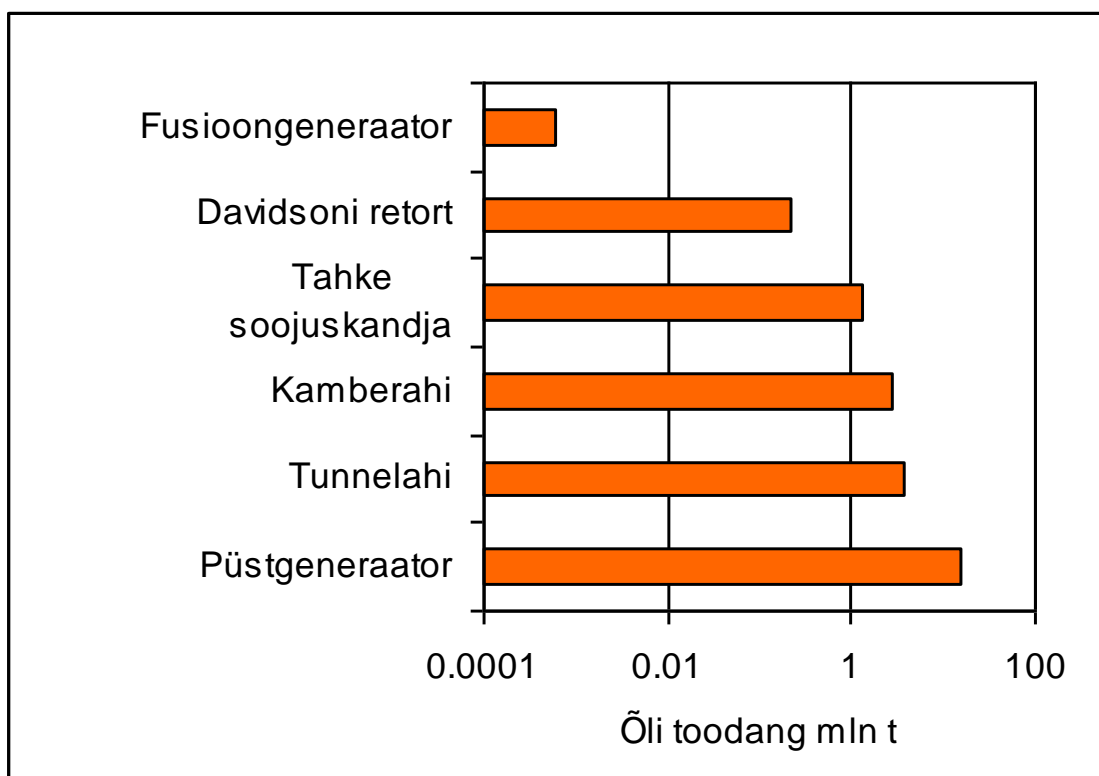
Pilt 3.50 Viru Keemia Grupi kaasaegne õligeneraator käivitati esimest korda 2010. a

Foto – Jaanus Purga

Kasutusel olnud ja olevate õligeneraatorite jaotus tootmismahu ja toodangu alusel on järgmistel piltidel.



Pilt 3.51 Õliks töödeldud põlevkivi kogused tehaste järgi



Pilt 3.52 Toodetud põlevkiviõli kogused protsesside järgi

Laiemat kasutamist leidnud utmisseadmed – püst-generaatorid ning tunnel- ja kamberahjud suutsid kasutada vaid piisava gaasiläbitavusega tooret, st tükikivi. Peent põlevkivi üritati Sillamäe õlivabriku tunnelahjudes kasutada briketeerituna (= pelleteerituna), kuid laiemalt see menetlus ei levinud.

Põlevkivi rikastamine on kallis. Seepärast on eelmise sajandi keskpaigast alates müüdnud tükikivi õlitehastele kaevandamiskulust odavamalt. Sisuliselt tähendas see õlitööstuse doteerimist elektrienergeetika arvel ¹. Vastasel juhul oleks õlitööstus hääbunud juba nelikümmend aastat tagasi. Juba tol ajal asuti abi otsima generaatoritelt, mis oleksid suutelised töötama rikastamata peenpõlevkivi. Edukamateks osutusid TSK-seadmed. Et aga need on üsna keerukad, oli selle tehnoloogia arendamine nõukogude majanduse stagnatsiooniperioodil ja ka turumajanduse algusaastail vaevaline. Tugeva tagasilöögi TSK-seadmete arengule andis Eesti akadeemilise ringkonna eitav suhtumine ja hävitavad hinnangud sellele tehnoloogiale. Suhtumine hakkas muutuma alles käesoleva sajandi algusaastail.

Allmaautmise ² katseid tehti Kiviõli kaevanduses 1948...54. ¹ Meetodi lihtsustatud kirjeldus oleks

¹ Enno Reinsalu, Ingo Valgma, 2007. *Oil shale resources for oil processing. Oil Shale*, V 24 No 1.

² Mitte maa-aluse utmise, mis oleks reaalne tõlge vene keelest. Maa-aluse, st pinnasega kaetud põlevkivikuhilates utmisega tegeles eesti insener Emil Kuhi II maailmasõja viimastel kuudel Lõuna-Saksamaal, Dormettingenis. Sealset põlevkiviõli vajasid ja isegi kasutasid esimesed saksa reaktiivlennukid.

selline: 10...25 × 30...75 m kaavelangi parem põlevkivi väljati ja veeti välja, halvem laoti riita ning süüdati. Maa pealt pumbati hõõguvale kivile õhku, gaasiline utmisprodukt pumbati välja. Utmislank ei olnud sügaval, vähem kui 12 m, mistõttu lagi vajus lõheliseks ja uttegaas hajus. Vett oli palju, see pärssis termilist lagunemist ja neelas soojust. Kõigi tunnuste järgi – töömahukuse, saagikuse, töökindluse, rääkimata keskkonnaohtlikkusest, mida tol ajal üldse ei arvestatud, osutus meetod mõttetuks. Viimane, ettevalmistatud kuid süütamata jäänud katselank Kiviõli kaevanduses kanti maha kuuekümnendate aastate alguses.

Elektrienergeetika

Eesti esimesed elektrijaamad, mis kütsid kivisöega ja vähesel määral ka puidu ning turbaga, läksid üle põlevkiviküttele niipea, kui konstrueeriti uuele kütusele sobivad küttekolded.

[Emil Kuhi, 2001, Mälestusi II, Teaduste Akadeemia kirjastus, 118 lk].

¹ Vello Kattai, 2003. Põlevkivi – õlikivi, Eesti Geoloogiakeskus, 162 lk.



Pilt 3.53 Püssi elektriyaam vahetult enne teist maailmasõda.

Foto – TTÜ mäeinstiudi arhiiv

Oma elektriyaamu ehtasid põlevkivitööstused Kohtla-Järvel (3,7 MW) ja Kiviõlis (0,8 MW) ning tsemenditehas Kundas (2,3 MW). Kõik nad müüsid elektrit ka välja.

Esimene üldkasutatav elektriyaam ehitati Püssis (3,7 MW). Yaama asukoht valiti klassikaline – raudteeühendus kütuse veoks, jõgi jahutusvee võtmiseks, asula personalile ja enamvähem võrdne kaugus kahe suurema tarbijani – Narva ning Rakvere linnani.

Pärast teist maailmasõda kohendati Tallinna ja Kohtla-Järve elektriyaamu. 1951. sai valmis Ahtme elektriyaam.¹ Neis olid juba tolmküttekatalad, mis kasutasid peenpõlevkivi.

¹ Ahtmes oli saksa okupatsioonivõimu poolt alustanud põlevkivikompleksi – kaevanduse, õlitööstuse ja elektriyaama ehitamine pooleli jäänud.

Eelmise sajandi keskel arendati põlevkivienergeetikat eelkõige Venemaa loodepiirkonna huvides. Narva lähedale ehitati kaks suurt, tolmküttel töötavat elektrijaama, mille katlad said ehitamise ja pideva remondi käigus kohaldatud rohket mineraalosa sisaldava põlevkivi põletamiseks. Narva elektri- jaamade varustamiseks rekonstrueeriti Viivikonna ja ehitati Sirgala ning Narva karjäär. Jõhvi linnast lõunasse ehitati Viru ja Estonia kaevandus ning Kiviõli linna naabrusesse Aidu karjäär. Rekonstrueeriti varem ehitatud Tammiku ja Ahtme kaevandus. Uutesse ja rekonstrueeritud kaevandustesse ning Aidu karjääri ehitati rikastusvabrik, tänu millele sai loobuda põlevkivi käsitsi kaevandamisest ja sortimisest ning toota põlevkivi nii elektri- jaamade kui õlivabrikute tarbeks.

Elektri- jaamas kulub ühe kilovatt-tunni energia tootmiseks 1,4 kg põlevkivi.

Põlevkivienergeetika hakkas hääbuma niipea kui tekkis tuumaenergeetika. Kuni Tšernobõli tuuma- jaama avariini kehtinud energeetika arengukava kohaselt oleksid põlevkivielektri- jaamad sajandiva- hetuseks kas suletud või rekonstrueeritud kohali- keks elektrit ja soojust koos tootvateks jaamadeks. Sulgeda jõuti vaid vananenud Püssi jaam.

Põlevkivipõhised ehitusmaterjalid

Põlevkivituha mineraalkooslus on ligilähedane tsemendi toormele. Seda silmas pidades töötati eelmise sajandi keskel välja nn põlevkivituhk- portlandtsement, mille üheks komponendiks oli tolmküttekatelde kõige peenem, elektrifiltritega püütav tuhk. Teise põlevkivipõhise tsemendiliigina tehti elektri- jaamade lendtuha jämedamast, tsüklo- nites püütavast tuhast madalamargilist kukermiit-

tsementi, mida kasutati müüritistes lubja aseainena.¹ Suure leviku saavutasid põlevkivituhast ja liivast koosnevad autoklaavsed põlevkivituhk-betoontooted.

Põlevkivi rikastusjääki – vähese kerogeenisaldusega² aherainet on kogu aeg kasutatud ehitusmaterjalina. Käsitsitöö ajal saadi paekivi kätte murtud tükkidena, mis sobisid müüri ladumiseks. Neist ehitati maju Kohtla-Järve töölislinnakus. Üks kaugemaid põlevkivi kaaskivimi teadaolevaid kasutamiskohti on 1931...32 ehitatud Tapa kirik (Pilt 3.29). Hiljem, lõhkeaine ohtra kasutamise ajal vähenes tükk-ehituskivi ilmastikukindlus. Nüüdisajal, mehhaniseeritud tootmisel tekkiv, lõhketööstest tugevalt mõjutatud rikastusjääk ei sobi töötlemata kujul muuks kui täitematerjaliks. Seoses ehituse, eriti teedehituse kasvu ja paemaardlatele seatud keskkonnapiirangute karmistumisega on hakatud põlevkivi rikastusjääki töötleva ehituskillustikuks. Esimene killustikutehas ehitati Aidu karjääri, teine Estonia kaevanduse juurde. Rikastusjäägi ehituskillustikuks töötlemise peamine tehniline võte on valikpurustamine, mille käigus kerogeeni- ja savirikad paetükid purunevad peeneseks, mille saab välja sõeluda. Mõnel juhul, kui killustikku on toodetud vanadest, käsitsitööd kasutanud kaevanduste aherainepanilatest, on peenes osutunud sobivaks kütuselisandiks.

¹ Kukermiit ← kukersiit ← Kukruse, sideaine, mille kollased vuugid on leitavad paljudes tollaegsetes müüritistes.

² Rääkides ehituskillustikust ja selle toormest tuleb eristada orgaanikasisaldust ja kerogeenisaldust. 'Orgaanika' on ehitusmaterjalitööstuse jaoks muld, taimejäänused, turvas ja muu mittemineraalne lisand, mitte põlevkivi orgaanilist päritolu kerogeen.

3.5.4. Põlevkivitööstuse taustmõju

Mistahes mahuka mineraaltoormetööstuse mõju keskkonnale, olmele ja isegi kultuurile kasvab ja kahaneb järk-järgult. Eesti põlevkivitööstus on selle jälgimise ja kirjeldamise hea näide. Analoogilise mõju mõningaid ilminguid võib täheldada ka Maardu ja Vasalemma tööstuspiirkonnas.

Tootmise algusjärgus, tööstuse rajamisel, koormavad esmakeskkonda uus, laienev infrastruktuur ja asurkond. Tootmisjärku, aega mil tööstustegevus on enam-vähem laabunud, iseloomustab jälgitav ja ohjatatav nn tegevkoormus. Hääbumisjärgus, kui ressurss hakkab lõppema, ei suuda tööstuse kahanev tulu enam toetada keskkonna hoolde- ja korrastusmeetmeid.

Peale vahetu mõju ilmneb, eriti mäetööstuses, tugev järelmõju. See on siis, kui keskkonda mõjutanud ettevõtte on juba suletud ja oma vastutusvõime minetanud. Põlevkivitööstuse, kuid ilmselgelt ka fosforiiditööstuse igal arengujärgul on keskkonnamõjul olnud üks ja sama algpõhjus – kasuliku aine madal sisaldus kaevises ja toormes. Sellest lähtub kõigi protsesside madal efektiivsus, kõrge töömahukus ja jäätmete ning saaste suur maht.

Algusjärk

Põlevkivitööstuse algusjärgus, kuni teise maailmasõjani, muutus Virumaa idaosa üldseisund – tekkis uus infrastruktuur. Keskpärase viljeluspotentsiaaliga ja üsna ürgse looduskeskkonnaga valdadest sai tööstuspiirkond. Uued asulad: Kiviõli, Küttejõu ja Kohtla-Järve rajati maapiirkonda. Tööstusrajooni teljeks sai Tallinn-Narva raudtee. Kihelkonnalevik Jõhvi muutus kaevandustööstuse keskuseks. Elanikkond, kui peamine keskkonnamõjur, kasvas

tööstuse rajamisel mitmekordseks. Esimese mahuka võõrkontingendi moodustasid 1920. Alutagusel demobiliseeritud Vene Loodearmee sõdurid, kellest paljud said tööd põlevkivitööstuses. 1934. oli kolmandik Kiviõli elanikkonnast venekeelne. Eesti esimesel iseseisvusajal hoidis tugev talupoegkond ja korraldusväeüksus uusasukate destruktiivse tegevuse vaos.

Teine maailmasõda ning sellele järgnenud tükeldas ja pikendas tööstuse arenemise algusjärku kuni eelmise sajandi keskpaigani. Kujunes välja mäetööstuspiirkonnale omane hajalinn – asumid Ahtme, Kohtla, Kukruse, Sirgala, Sompa ja Viivikonna kaevanduste juures. Kaugemad neist jäid kümnete kilomeetrite kaugusele keskusest. Tööstusettevõtete ja linnaosade ühendamiseks uuendati ja rajati teid. Siis tuli teine migratsioonilane, millest suure osa moodustasid Valgevene ja Ukraina lääneosast pärit põllumajanduse kollektiviseerimise ja repressioonide pagulased. Samal põhjusel tuli sisemigraante ka Saaremaalt ja Kagu-Eestist. Selle perioodi uusasukate talupoeglik elulaad ja nende asustamine vastehitatud heakorrastatud tööstuslinnakutesse ei tekitanud veel suurt keskkonnakoormust.

Juba algusjärgus hakkasid probleeme tekitama põlevkivitööstuse peamised keskkonnamõjurid: tahked, vedelad ja gaasilised heitmed. Kasvasid rikastamis- ja töötlemisjäätmete ning põlevkivituha puitangud. Heitvesi juhiti jõgedesse, jäätgaasid ja suits lasti õhku. Tegusaid keskkonnahoidemeid ei rakendatud, sest keskkonnakoormus ei ületanud vähenõudliku elanikkonna taluvuspiiri.

Tootmisjärk

Ladus tootmisaeg vältas 1950...80. Mineraaltoor-
metööstusele on omane tootmisala laienemine mit-
te ainult algus- vaid ka tootmisjärgus. Põlevkivi-
tööstuse kaevandusala ja asumid kasvasid. Põlev-
kivi energeetilise kasutamise kasvu ajal tuli kolmas
migratsioonilaine. Selle põhikontingendi moodus-
tas teise maailmasõja ajal sündinud, deformeeru-
nud peredes kasvanud ja sõjajärgse armeeteenis-
tuse poolt mõjutatud põlvkond, mis osutus kõige
keskkonnakoormavaks. Oluliselt laienes Narva ja
uute asumitena rajati Sillamäe linn ning Oru alev,
mis kõik funktsionaalselt liitusid põlevkivitööstusa-
laga. Tööstusettevõtete ja -asumite ühendamiseks
uuendati teid, hiljem seoti linnaosad vee-, soojus-
ja reoveejuhtmetega.

Pärast Viivikonna karjääri rekonstrueerimist ja Ai-
du, Sirgala ning Narva karjääri ehitamist kuueküm-
nendatel aastatel hakkas kiiresti kasvama tehnö-
geenne maakate, kuid esialgu see looduskeskkon-
na uudisvorm reaktsiooni ei tekitanud.

Sel ajajärgul üritas tööstus võtta kontrolli alla kõik
füüsilised keskkonnamõjurid. Kui kuumenesid ja
süttisid rikastusjääkide puistangud, hakati piirama
nende kõrgust. Reostunud veekogude päästmi-
seks hullemast hakati puhastama kõigi ettevõtete
heitvett. Öhuheitmete vähendamiseks varustati
elektriijaamad lendtuhafiltritega. Kõige selle tule-
musel keskkonnakoormuse kasv pidurdus.

Kui põlevkivi avakaevandamine hakkas oluliselt
kahjustama teiste tööstusharude ressursse – põllu-
ja metsamaad ning turvast kui maavara, ületas
keskkonnamõju kohaliku nähtuse mõõtmed ja
reaktsioon hakkas võtma rahvuslikku varjundit.

Ühiskondliku surve mõjul hakati kõigepealt korrastama karjääride ammendatud ala, seejärel kõigi tööstusettevõtete jäätmepuistanguid. Valitsusmeetmetega tõkestati põlevkivikarjääride liikumine turba tootmisalade suunas. Ladusa tootmisperioodi lõpuaastail ilmnis järgmine mõjur – kui avaliku arvamuse surve hakati vähendama maavara kadu – maad hoidvaid tervikuid, hakkas altkaevandatud maa vajuma.

Häabumisjärk

algas tinglikult 1980 a, kui kaevandatud põlevkivi maht (31,3 mln t/a) ületas alanema hakanud tarbimismahtu. Põlevkivi kasutamisevõimalusi vähendasid tuumaenergeetika areng ning nafta osatähtsuse tõus energeetika- ja kütusetööstuses, kuid peamiselt siiski toonase riigi majanduse taandareng. Eesti taasiseseisvumine kiirendas häabumist. Vähim kaevandamismaht (10,5 mln t) oli 1998...99 a, kui korraks seiskus Kohtla-Järve õlitööstus.

Kuigi eelmise sajandi üheksakümnendatel aastatel esines tõrkeid keskkonnanõuete rakendamisel, jäi põlevkivitööstuse keskkonnanõuetes siiski nõrgemaks kui suurpõllumajanduse ja fosforiidi- ja turbatööstuse kõdumisest ning militaarobjektide hülgamisest tekkinud üldine koormustase.

Sajandivahetusel, kui põlevkivitööstus hakkas taastuma, hakati tõhustama endisi ja rakendama uusi keskkonnanõueteid. Keskkonnatehnika uuendamine tagas kõigi heitmeliikide vähenemise. Ammendatud karjäärialade metsastamist jätkati ennaktempos. Põlevkivi töötlemis- ja põletamisjäätmete puistangute korrastamisel rakendati ajakohaseid tehnoloogiaid. Suletud kaevanduste rajatised korrastati ja kõduvates kaevandusasumites

lammutati hüljatud hooneid. Saavutatud edu foonil hakkas ilmne mõningane ülereageerimine keskkonnamõju ohjamisel. Puudulik tehniline teave ja varasema, kohaliku kogemuse eiramine tekitas lisakulu ning ebatõhusaid lahendusi, kasvõi näiteks Kohtla-Järve õlitööstuse jäätmepuistangute korrastamisel, kui kiirustati seest hõõguva poolkoksila- sumi tasandamisega.

Järelmõju

esineb eelkõige kaevandatud alal nn posttehnoloogiliste protsessidena. Peamised ilmingud on ammu suletud kaevanduste kohal tekkivad vajumid ja varingaugud. Veelgi uuem nähtus on suletud kaevandustesse kogunenud põhjavesi. Kohtades, kus põllumajandusettevõtted ja asumid, tänu kaevanduste kuivendavale mõjule oma kuivendusvõrku ei ehitanud või lasid selle käest, taastus viljelusmaa kaevandamiseelne liigniiskus. Pärast negatiivsete nähtuste avaldumist ette võetud meetmed on lähendanud piirkonna veerežiimi kaevandamiseelsele olukorrale. Kõigest hoolimata on sõna- ja trükivabadust kasutatud minevikus kogetud tehnogeense mõju ülevõimendamiseks. Looduskeskonna kaitsele suunatud reaktsiooni võimendab uute maaomanike soov kaitsta oma tootmisressursse – ehitus-, metsa- ja põllumaad. Tööstusväliste keskkonnahoiu peamiseks väljundiks on saanud arvukad uued kaitsealad ja -objektid põlevkivimaardlal, mille tulemusel on vähenenud maardla geoloogiline potentsiaal.

3.5.5. Põlevkivitööstuse mõju loodus- ja kultuurkeskkonnale

Kaevandamise keskkonnamõju ja -hoole

Kaevandamise mõju avaldub eelkõige pinna- ja põhjavee ning maa- ja maapõue seisundi muutustes. Seismiline ja muud häiriv mõju on teisejärguline.

Mõju põhja- ja pinnaveele on talutav. Kaevandustest ja karjääridest pumbatakse jõgedesse sadu miljoneid kuupmeetreid vett aastas ehk keskmiselt $7 \text{ m}^3/\text{s}$.¹ 50...90% ulatuses on see sademete vesi. Ärastatava vee maht, suhtes väljatud kaevise massiga (= kaevanduse veerohkus) on 10...15 m^3/t . Kogu vesi selitatakse loodusliku vee puhtuse tasemele, kuid jääb karedaks. Kaevanduste kuivendamise tagajärjel alaneb ümbruskonna põhjavesi ja mäeettevõtted taastavad kohaliku veevarustuse.

Mõju maale on märgatav esmajoones seetõttu, et põlevkivi kaevandamise poolt mõjutatud ala moodustab üle 1% Eesti maismaapindalast.² Kuigi turba kaevandamisega mõjutatud ala on sellest suurem, on üldsuse tähelepanu all ikkagi põlevkivi. Seda kahel põhjusel:

- põlevkivitööstus oli „võõras”, valdavalt muukeelne ega ei allunud kohalikule võimule,
- suur osa põlevkivi kaevandamisega muudetud maast on nähtav, sest kattub viljelusmaaga; viljelusmaa on argimõtlemise kohaselt palju väärtuslikum kui põllumehhe „vana vaenlane” raba.

¹ See on Eesti mõistes keskmise, näiteks Keila jõe vooluhulk.

² Paljugi, mis Eestis toimub, tundub suurena seepärast, et Eesti on väikene.

Mõju maale ja maapinnale sõltub kaevandamise moodusest, milleks on ava- ja allmaakaevandamine. Peale selle muudavad looduspilti ja infrastruktuuri muud kaevandusrajatised: teed, settetiigid, aherainepuistangud.

Kõige nähtavam (Pilt 3.54) on avakaevandamise mõju, mida hakati hindama ja ohjama juba kaevandamise algaastail.¹

Põlevkivi avakaevandamisel tõstetakse katendit aastas ära enam kui kolmelt ruutkilomeetrilt. Katendi paksus on 10...30 m ja selle kogumahus umbes 50 mln m³ aastas. Kuid see näiliselt suur maht on 30 korda väiksem kui kõigi Eesti põldude ühekordsel kündmisel pööratav mullakiht. Põlevkivikarjääride käideldav pindala on 3000 korda väiksem kui Eesti põllumaa. Sellest hoolimata peetakse kaevandamist suuremaks keskkonna muutjaks kui maaviljelust. Üheks põhjuseks negatiivse suhtumise tekkeloos on kaevandamisel ümber pööratud maa pikem taastumisperiood. See, mis maaviljelusel toimub nädalatega, nõuab maapõuekasutusel aastaid. Teiseks häirib inimest maakatte pööramise sügavus, mis kaevandamisel on inimese kasvust samavõrra suurem kui künnisügavus inimesest kasvust väiksem. Kolmas ja peamine on eestlase talupoeglik austus maa kui ürgse tootmisvahendi vastu.

¹ Hugo Soplepmann, 1935. Uusi pinnavorme "Eesti Siberis"; Loodusevaatleja 3; 70...75. Hugo Soplepmann oli Kohtla-Järve kooli looduslooõpetaja.



Pilt 3.54 Narva karjääri põhjapoolne osa kosmosefotol

Vasakul ülemises nurgas – isemetsastunud kaevandatud ala, all – metsastatud maa; paremal üleval – looduslik mets ja raielangid kaevandamata alal, keskel – koht, kus maapõue geoloogilise häirituse tõttu põlevkivi puudus ja kus säilis mets. Vesiloo järv pildil on mäeinsener Paul Vesiloo initsiatiivil suplusjärveks korrastatud kaevik, pildi ülaservas on looduslikul moel tekkinud karjäärijärved.

Avakaevandamisega käideldud maa korrastatakse – enamasti rekultiveeritakse metsamaaks. Metsastatud maa kvaliteet on kaevandamiseelsest kõrgem. Avakaevandamise algaastail korrastamata jäänud ja ka hiljem sihipäraselt metsastuda lastud alad liituvad rohevõrgustikuga.

Allmaakaevandamise mõju on märgatav seal, kus kaevandati käsitsi. Kuid kuna toona kaevandatud ala täideti, siis vajumid on laugete nõlvadega ja madalad. Tekkinud maalõhed juhtisid vee alla ja põllud ning niidud kuivenesid. Maa viljakus tõusis.

Hiljem, kaevanduse töö lõppedes ja veega täitudes põhjavesi kerkis, kuid mitte kaevandamiseelse tasemele.



Pilt 3.55 Kvaasistabiilse maa vajudes deformeerunud tenniseväljak.

N 59°23'44,7"; E 27°16'47,6"

Kamberkaevandamisel, kui kaevandamissügavus meetrites on väiksem kui kahekordne tugitervikute pindala protsentides, maapind ei vaju. See on stabiilne maa. Näiteks, kui kaevandamiskadu (tugitervikute suhteline pindala) on 20%, siis kuni $2 \times 20 = 40$ m sügavusel tugitervikud ei purune ja maa jääb stabiilseks.¹ Sellest sügavamalt kaevandatud maa on **kvaasistabiilne maa**. Kvaasistabiilne on ka vä-

¹ Tegemist on „rusikareeglina”, mis mitte mingil juhul ei asenda geotehnilist ekspertiisi

ga väikese kaevandamisügavusega (<10...12 m) ala avamuse lähedal. Sellisel maal võib kümneid aastaid pärast väljamise lõpetamist esineda mitmesuguseid järelnähtusid. Avamuse lähedasel alal tekkinud hilisvaringud võivad maad tublisti kahjustada (Pilt 3.55).

Ka kohtades, kus maapõu on karstist häiritud, võib mõningase tõenäosusega tekkida vajumeid. See pärast tuleb altkaevandatud alale ehitades alati teha geotehniline ekspertiis. See küll maksab, kuid teadmatus ja ignorantsus on kulukam. Kui tekib kahtlus, kas ollakse ja/või tasub midagi kavandada maal, mis võib olla alt kaevandatud leiab vajalikku digiteavet [Maa-Ameti geoportaalist](#).

Allmaakaevandamise mõju sõltub mitte ainult kaevandamisviisist vaid ka pinnakattest. Määrav on pinnase settetüüp. Kui kasutati lankkaevandamist, siis vajumitesse kogunes vesi ainult seal, kus pinnase moodustasid soosetted või savikad jääjärvesetted. Teiste settetüüpide puhul maa pigem kuivenes kui niiskus. Jääjärvesetete alal, eriti künklikul maal ei ole vajumid isegi märgatavad.

Üldjuhul ei ole alust väita, et altkaevandatud ala maa viljelusväärtus langeb. Erialased uuringud on korduvalt näidanud, et kaevanduste peal on põllumajandusmaa kasutamismadused ja metsa kvaliteet muutnud kohati paremaks, harva halvemaks. Negatiivne mõju on ilmnenu:

- vajumite servaaladel (Pilt 3.56), mis moodustab tühise osa kogu vajunud alast,
- kuivendusvõrgu deformeermisel,
- soo- ja jääjärvesetete puhul, kuna need ummistavad sademetevett kaevandusse juhtivad lõhesid.



Pilt 3.56 Viltu vajunud puud Kohtla kaevanduse kombainilaavade „moldide” servaalal.

N 59°17'45,8"; E 27°09'42,9"

Kaudsete hinnangute, näiteks maatulundusmaa väärtuse alusel võib altkaevandatud maa olla isegi hinnalisem kui seal, kus pole kaevandatud. Seda tänu mitte ainult liigniiske maa kuivendamisele vaid ka nende rajatud maaviljelust soodustavale teedevõrgule.



Pilt 3.57 Ahtme kaevandusest välja lastav vesi
N 59°19'31,6"; E 27°30'57,7"

Foto TTÜ kogust. Fotel nähtavad puuraukude manteltorude "mütsid" varastati üsna pea.

Suletud kaevandustesse kogunes põhjavesi. Mõnes kohas, kus kunagine kuivendusvõrk oli hooletusse jäetud, taastus kaevandamiseelne maa liigniiskus. Ahtme kaevanduse idatiival taastusid Pühajõe kunagised lätted ja hakkasid uputama heinamaad, mille kuivendamisest oli ammu loobutud. Sinna puuriti kolm 40-sentimeetrist auku otse kaevandusse ja nii tekkis suure tootlusega tehnogeenne allikas. Sellega alandati suletud Ahtme kaevanduse vee taset nelja meetri võrra. Ka üks suletud Tammiku kaevanduse varingaukudest moodustas allika (N 59°20'29,7"; E 27°28'29,2"). Uute allikate vee juhtimiseks puhastati metsakuivenduskraave. Kõik vesi lisandus Pühajõe lõunaharusse. Nii taastus Pühajõgi.

Õlitööstuse mõju

avaldub peamiselt jäätmete ja termilisele töötlemisele omaste õhuheitmete näol.



Pilt 3.58 Kohtla-Järve õlitööstuse jäätmekuhil
N 59°23'44"; E 27°13'33"; ligikaudu, vaade lääne
suunas

Põlevkivi kasutu aine tekitab palju utmisjääki. Tahket jääki nimetatakse poolkoksiks. 2003. seisuga oli jäätmekuhilatesse kogunenud juba üle 86 mln t, peamiselt tahkeid jäätmeid. Neist suurem osa ($\frac{3}{4}$) on ladustatud Kohtla-Järvel. Suhteliselt algelise tehnoloogia, aga suuresti ka keskkonnahoolimatu-
se tõttu said jäätmepanilad piirkonna õhu ning põhja- ja pinnavee saastajateks.

Fotol (Pilt 3.58) on näha püstgeneraatoritele oma-
se mittetäieliku töötlemise kadu. Õlitööstuse jäät-
memäel on sademed välja pesnud rikastatud põ-
levkivi heledaid tükke, mis enamasti pärinevad pa-
rima kvaliteediga B-kihist.

Energeetikatööstuse mõju

avaldub mahuka jäätmetekke ja atmosfääri heidetava väeveldioksiidi, süsihappegaasi ja lendtuhanäol. Järgneval kosmosefotol on näha põlevkivielektriijaamade tuhaväljad. Nähtavad on ka Narva karjääri metsastamata ja kasvava metsaga kaevandatud maa.

Nii põlevkiviõli ja -keemiatööstuse kui ka põlevkivienergeetika keskkonnamõju kohta on väga palju uuringuid, hinnanguid jmt erialakirjandust, mis lubab siinkohal lõpetada.

3.5.6. Põlevkivitööstuse võimalikud arengud

Mineraaltoorme tarbijad soovivad töötlemiseks kvaliteetset tooret ja kütust. Hea kvaliteet tähendab kaubapõlevkivi jaoks kõrget kütvust ja madalat niiskust. Peale selle on mõnel protsessil veel erinevused. Näiteks vanemat tüüpi õligeneraatorid vajavad hea gaasiläbitavusega tükilist tooret. Tsemendi tootmisel, kus põlevkivituhk on üks klinkri komponentidest, peab kütus olema madala magneesiumisisaldusega. Tsirkuleerivas keevkihis põletamisel ei tohiks kütus fraktsioneeruda.¹

Kaevise kvaliteeti reguleerib mäeettevõtte valikulise, osalise, selektiivse või kõrgselektiivse väljamisega ja kauba kvaliteeti rikastamisega.

¹ Fraktsioonid – kaevise klassi erinevate omadustega osised, antud juhul klassi 0...25 mm pae ja põlevkivitükikesed. Mõiste 'fraktsioon' kasutamine erineva tükisuurusega osiste ehk 'klass' asemel ole soovitatav.



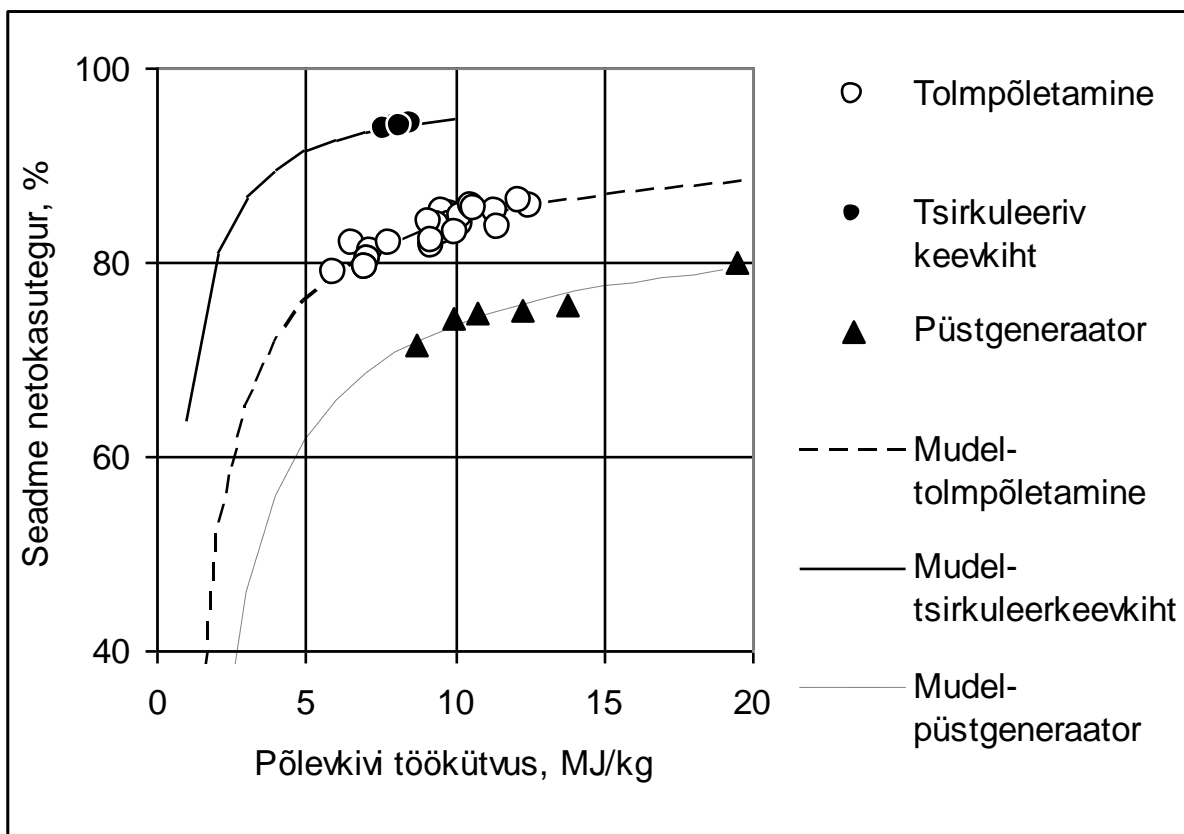
Pilt 3.59 Kirde-Eesti suuremad tehnogeensed objektid

Tarbijate nõuded on põhjendatud, sest toorme ja kütuse kvaliteedist sõltub kasutamise tõhusus, töötlemisjäätmete kogus ja muundava seadme kasutegur. Mistahes muundamisprotsessis läheb osa energiat kaduma. Seda põhjustavad toorme niiskus, sest kuivatamine ja aurutamine neelab soojust. Energia kadu põhjustab ka kütuse ja toorme kasutu osa (ballast, „tuhk“) tulutu soojendamine. Põlevkivi kõrgtemperatuurilisel termilisel töötlemisel (üle 700° C) neelab energiat lubimineraalide lagunemine.

Palju sõltub muunduri konstruktsioonist – täiuslikumatel seadmetel ja protsessidel on energiakadu väiksem, ent teisalt – seadmete ja protsesside täiustamine on edukam, kui kütuse ja toorme kvaliteet on kõrgem ja ühtlasem.

Muunduri väljund- ja sisendenergia suhe on energeetiline kasutegur. Põlevkivi kasutava seadme energeetilise kasuteguri sõltuvus kütuse või toorme kütvusest vt Pilt 3.60.

Tolmpõletamise tõhususe tunnusjoon ei sisalda kütuse jahvatamiseks kulutatud energiat, mis loetakse elektrijaama omatarbe sisse. Kahtlemata on madalama kütvusega, paerikka põlevkivi jahvatamise energiamahukus suurem kui puhtal põlevkivil.



Pilt 3.60 Põlevkivi kasutava seadme energaetilise kasuteguri sõltuvus kütuse või toorme kütusest

Joon kirjega 'mudel' on seadme arvutuslikul modelleeritud tunnusjoon, mis üldistab katsetulemusi ja teooriat.

Muunduri kasuteguri üldune valem on

$$\eta = k - l / Q,$$

kus: Q - kütuse või toorme töökütvus, MJ/kg; k – piirkasutegur, see mida seade võib arendada ülimalt hea lähtekivi kasutamisel, %; l – kordaja, liitühikuga $\% \cdot \text{MJ/kg}$, mis sõltub lähtepõlevkivi minimaalsest kütusest antud seadmele

$$l = k Q_{\min}.$$

Minimaalne kütvus Q_{\min} on selline, mille puhul kogu kütuse või toorme energia kulub seadme omatarbeks ja kasutegur võrdub nulliga. See teoreetiline suurus on leitav arvutuslikult ja iseloomustab, nii nagu ka piirkasuteguri, seadme täiuslikkust. Mõningate katsetulemuste ja eelduste alusel hinnatud kasuteguri valemi kordajad on järgmises tabelis.

Tabel 3.4 Energiamuunduri kasuteguri valemi kordajad protsessidel

Muundur	k	I , %.MJ/kg g	Q_{\min} , MJ/kg	Lähteandmed ¹
Tsirkuleeriv keevkihtkatel	98,3	34,5	0,35	Esialgused, 2007.
Tolmküttekate- tel TP17	92,2	81,2	0,88	Ots, A. jt, 1964.
Tahke soojus- kandjaga õli- generaator	85...9 0	80...10 0	0,5... 1	Spekulatiivsed
Püstgeneraa- tor	85,3	118	1,38	Jefimov, V., Piik, E. 1972.

Graafikud joonisel ja kordajad tabelis vastavad teabele, et suurima efektiivsusega energiamuundur on kõige kaasaegsem seade – tsirkuleeriva keevkihiga katel. Kõige madalam kasutegur on ajaloolisel püstgeneraatoril. Siiski ei tule sellest teha otsustavaid järeldusi. Katel, nii keevkiht- kui tolmkütterežiimis töötav, on elektri ja auru esimene lüli, mis genereerib auru. Järgmised lülid on turbiin ja elektrigeneraator, kus jääsoojusena kaob ligikaudu pool auru energiast. Peale selle kulub elektri ja auru energiast kütuse kuivatamiseks ja peenendamiseks, tolmu püüdmiseks jmt, mistõttu põlevki-

¹ Lähteandmed:

- Arvo Ots j. t 1964, Katla TP-17 töö uurimine rikastamata karjääripõlevkivi kasutamisel. TPI Soojustehnika kateeder, 1964 (vene k).
- Viktor Jefimov, Enn Piik, 1972. Tõrva saagisest ja gaasigeneraatori keemilise kasuteguri sõltuvusest töödeldava põlevkivi kvaliteedist, (vene k). Bülletään Gorjutšie slancõ, nr 4, lk 14...23.

vielektriijaam edastab elektrivõrku vaevu kolmandiku kütuse energiast.

Elektrienergiat transporditakse tarbijale ülekandeliinidega ja neis kaob energiat veelgi. Seepärast ei ole otstarbekas elektrit edastada väga kaugemale. Pealegi saab elektrit müüa vaid sellele, kellega on ühendus. Väga ligikaudse hinnangu alusel võib öelda, et elektrit ei ole mõistlik saata kaugemale kui 3000 km, mis on siiski järk suurem kui põlevkivi otstarbekas tarbimisraadius. Õli müügikaugus on veelgi, ehk järk suurem kui elektril, mis on peamine põlevkiviõli tarbimisväärtust tõstev tegur.

Kui põlevkivi muundamine kaugemale tarbijatele sobivaks energiakandjaks on mõistlik ja töötlemise tõhusus sõltub kaubapõlevkivi kvaliteedist, siis on loogiline, et kaevandav ettevõtte võiks pakkuda kõrgema kvaliteediga tooteid. Kuid teame, et kauba kvaliteeti saab kaevandus tõsta kas maavara valikulise, osalise, selektiivse või kõrgselektiivse väljamisega või siis lausväljatud kaevisse rikastamisega. Kõigile neile kütuse ja toorme parendamise tehnilistele võtetele kaasneb maavaras kätkeva kasuliku ainese kadu:

- valikulisel ja osalis-selektiivsel väljamilis jäetakse maha halvemad põlevkivikihid; tulemus – mida kõrgemaks on aetud väljatud kaevisse kvaliteet, seda paremad kihid jäävad väljamata;
- rikastamisel jääb jääki kerogeeni seda rohkem, mida kõrgema kütusega on rikastatud produkt;

Kõrgselektiivse väljamisega, mis on teostatav vaid avakaevandamisel, saab küll väljata kõik põlevkivikihid, kuid tulemiks on kaks eri kvaliteediga kaupa – kõrge ja madala kütusega kaubapõlevkivi; ka

madalama kvaliteediga toote jaoks peab leidma tarbija.

Seega, mäetehniliste võtetega on võimalik kaubastada kõrge orgaanikasisaldusega toodangut, kuid selle saagis on pöördvõrdeline kvaliteediga. Selle tõdemuse juurde tuleb meenutada mäemajandusest pärinevat teadmist – kaevisse ühiku (tonni, kuupmeetri) kaevandamiskulu on seda suurem, mida vähem ühelt pindalaühikult (ruutmeetrilt) või ühest mahuühikust (kuupmeetrilt) kaupa toodetakse. Need kaks tegurit kokku moodustavad ühe reegli:

mida kõrgem on mäetööstusettevõtte toodangu kvaliteet, seda kõrgem peab olema kauba hind ja seda suurem on kasuliku ainese kadu

Siit oluline järeldus – tootja ja tarbija vastuoluliste huvide puhul tuleb otsida optimaalset lahendust. Põlevkivi optimaalse kvaliteedi küsimustikuga on viimase poole sajandi vältel tegelenud kümned teadusasutused, koos ja eraldi. Tulemused on jäänud teooriaks, sest kaevandav ja tarbiv tööstus alusid kuni viimase ajani erinevatele ettevõtetele. Põlevkivikaevanduste liitmine Eesti Energia kontserniga 2009. lõi eelduse selle probleemi lahendamiseks.

3.6. Savitööstus

Enne esimest maailmasõda, Eesti vabariigi mäeseaduse kohaselt oli kergelt sulav savi (= tellisesavi) kohaliku tähtsusega maavara. Nii ei kuulunud ehitussavi, sh tsemendisavi kaevandamine toona mäetööstuse alla.

Savi kasutamise tehnoloogia on energiamahukas termiline töötlemine. Sestap eeldab ka väikese sa-

vikoja käitamine lähedast kütuseallikat – metsa või turbaraba. Suurtööstus vajab kivisöe või põlevkivi toomiseks raudteed või sadamat. Kui toodangut on palju, peab olema ka hea äraveovõimalus.¹ Need eeldused on Eesti savitööstuse kujunemise seisukohalt olnud märksa olulisemad kui laialt leiduv kergeltsulav savi.

Eestis on toodetud peaaegu kõiki üldlevinud savitooteid: ehituskive (telliseid) sein ja katuse ladumiseks, majapidamisanumaid (potte), mitmesuguste küttekollete detaile (ahjupotte ja -telliseid) ning nende ladumiseks vajalikke sideaineid. Eelmise sajandi keskel tehti maaparandustöödele savist kuivendustorusid.

3.6.1. Tellisetööstus

Soodsate veovõimaluste tõttu tekkisid suuremad kambriumi sinisavi kaevandavad tellisetehased Tallinnas Koplisse ja põhjarannikul Loksale ning Aserisse. Telliseahjusid köeti kivisöega seni, kuni pärast esimest maailmasõda sai kütuseks põlevkivi. Pärnu tellisetehased kasutasid turvast, mida seal kandis on piisavalt. Mitmed tehased, näiteks Tsirguliinas, Türil, Valgas, Võrus jt kütsid kas lähedast metsast hangitud küttepuiduga või kohaliku (sageli oma) puidutööstuse jääkidega. Võimaluse korral kasutati turvast. Peale suurte tehaste on Eestimaal olnud mitusada telliselöövi, mõisates ja kõigis linnades või nende läheduses. Savitööstus andis tööd 700 töölisele. Ühtekokku tehti aastas kuni 30 mln tellist (1914), millest kolmandik veeti põhjaranniku sadamate kaudu Soome, Lätti ja Pe-

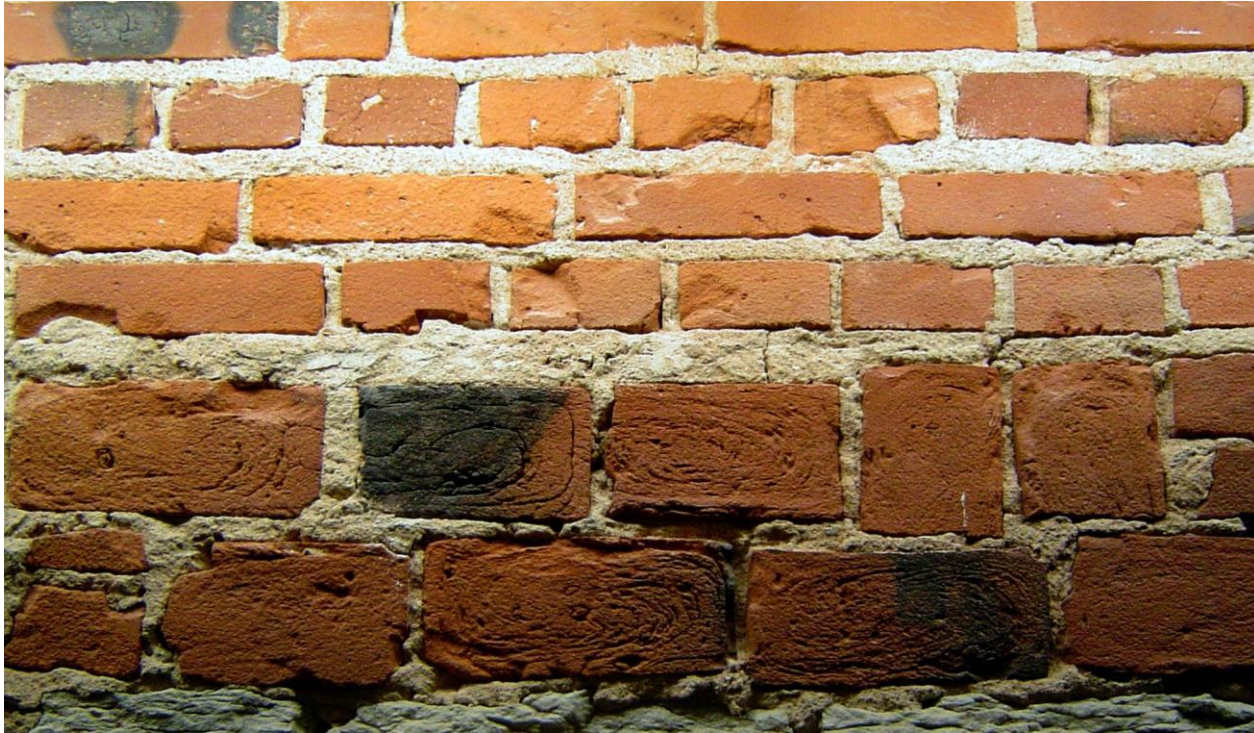
¹ Savitellise otstarbekas veokaugus on alla 100 km.

terburgi. Samal ajal Lõuna-Eestisse veeti savitelliseid Lätist.

Savi kui ehitusmaavara suuraeg oligi 19. sajandi lõpp ja 20. algus, tööstus- ning militaarrajatiste ehitamise aeg. Betooni- ja terasehitus ei olnud veel arenenud ja oli ka üsna kallis. Paekivist ehitamine osutus liialt töömahukaks ja pealegi oli see otstarbekas vaid murdude läheduses. Nii ehitatigi savitellistest suuri tootmis- ja militaarhoonete komplekse, millest üsna esialgsel kujul on säilinud Tallinnas Tondi kasarmud ja Balti Manufaktuur (Sitsi vabrik) ning Narvas Kreenholmi Manufaktuur.

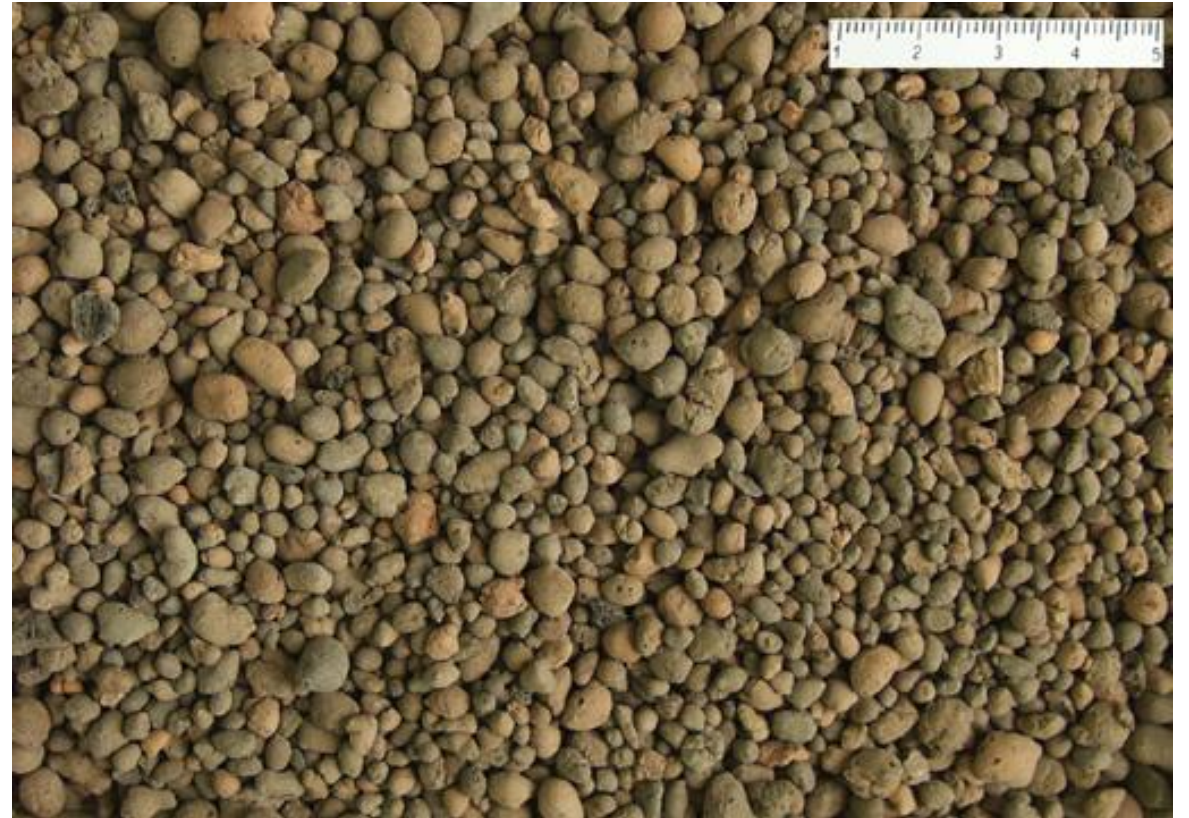
Esimese maailmasõja ja sellele järgnenud riiklike ning majanduslike muutuste ajal tellisehitiste rajamine soikus. Alles jäi umbes 50 tehast ja löövi. Mõningane tootmistaseme tõus, umbes poolele sõjaeelsest tasemest, oli kahekümne aastatel. Seejärel saabus majanduskriis kuid tõusu savitööstus enam ei nautinud, sest savitellist hakkas välja tõrjuma ilmastikukindlam, ühtlasemate omadustega ja vähema töömahukusega toodetav silikaatellis.

Laialt levinud arvamus, et kambriumi savist ei saa kvaliteetelliseid, tekkis aegunud tehnoloogia kasutamisesest. Tootmisprotsessi automatiseerimisega, toorme parema teimimisega ja väärstavate lisanditega saab küll. Kaasajal tegutseb edukalt keraamikatööstus Aseris (Pilt 3.61 paremal) ja mõni aeg tagasi ka Arumetsa keramsiiditööstus.



Pilt 3.61 Telliseid eri aegadest.

Vasakul käsitöö-tellised restaureeritud hoone seinas, paremal – kaasaegsed tellised ehitusmes-



Pilt 3.62 Arumetsa savikarjäär (vasakul) ja selle maardla savist toodetud kergkruus (paremal)
N 58°03'55,3"; E 24°31'31,8"

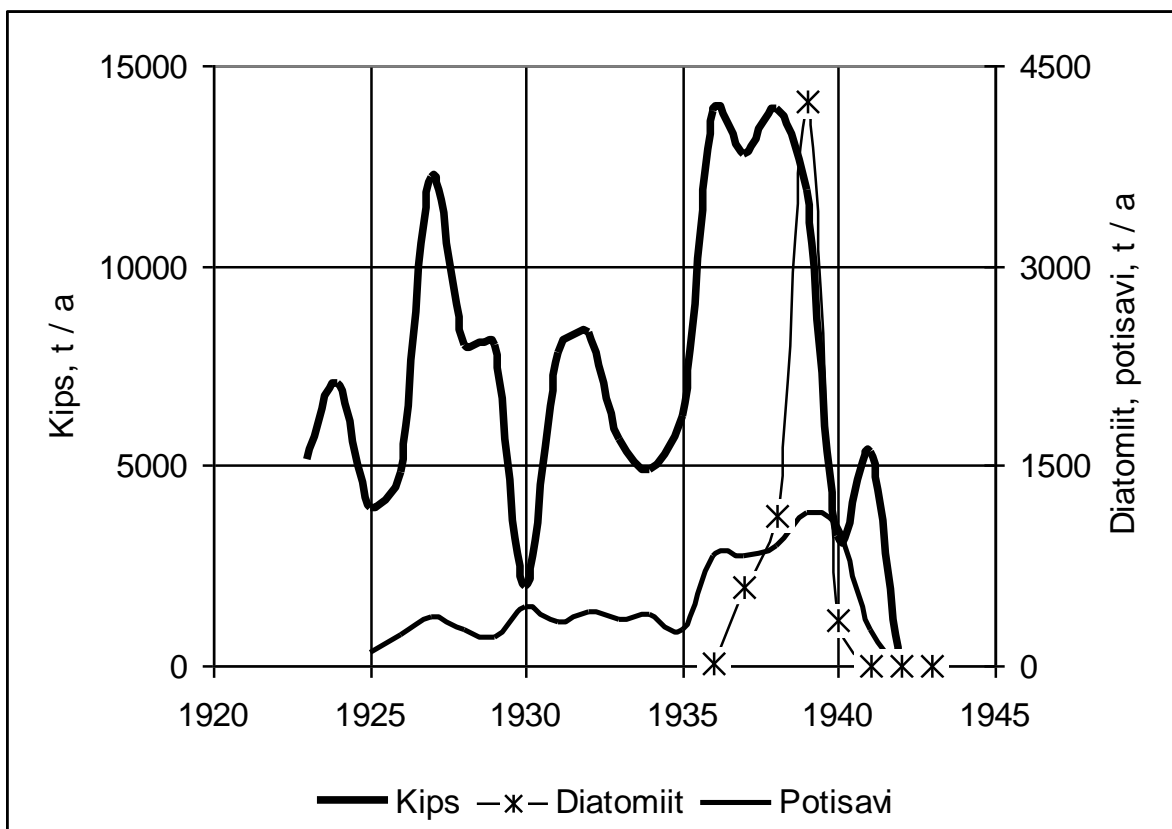
3.6.2. Raskelt sulav savi,

mida Eesti mäeseadus tulekindlaks ja maarahvas potisaviks nimetas, on Võru- ja Petserimaa maavara, lausa Seto rahvusmaavara.

Tabel 3.5 Mäeameti andmed Kagu-Eestis tulekindla savi kaevandamise kohta 1940. a

Maavara, ettevõtte	Asukoht	Kontsessioon, ha	Toodang, t/a	Töötajaid
Peeter Matz	Põlva, Joosu	100		
Jaan Piir	Petseri	10,57	282	1
Estošamott, Johan Clausen	Piusa	16	339	52
Aleksander Simon & Johannes Sester	Petseri		168	1
Artell Šamott	Petseri	4	259	6
Kokku		130,57	1048	60

Enne 1940. on tulekindla savi kontsessiooni taotlejatena ja valdajatena teada Karl Veinberg (Lädina, Puravitsa) ja Kurt Fersen.



Pilt 3.63 Raskelt sulava savi, kipsi ja diatomiidi kaevandamise mahud 1923...42. a

Praegu raskeltsulavat savi tööstuslikult ei kaevandata. Käsitööstuslikud savikojad kasutavad peamiselt Saksamaalt sisse veetvat kvaliteetsavi. Võimaliku noitamise kohta pole andmeid, jälgi on.

Keskkonnaregistris on arvel Setumaa Küllatova maardla Meremäe vallas ja seda üleriigilise tähtsusega. Ainukene mõistlik põhjus sellise staatuse andmiseks on kaevandamisest lähtuv oluline keskkonnamõju, mis võib ületada riigipiiri.

3.6.3. Keskkonnamõju- ja hoole

Savi kaevandamine ei ole mahukas, seepärast ka keskkonnamõju on paikne.



Pilt 3.64 Üks Tsirguliina hüljatud savikarjääridest
N 57°51'35,4"; E 26°12'35,6"

Karjääride korrastamisel on kaks suunda. Tänu augu põhja ja külgede veepidavusele sobib ammendatud karjäär jäätmepanila rajamiseks. Kuid seda tuleb teha ja käitada korra ja projekti kohaselt. Halvad näited on Kunda tsementitehase vana karjäär, kuhu kaheksakümnendatel aastatel ladustati „metsikult” ja millest jäätmete laguproduktid hakkasid välja tungima, samuti Kopli savikarjäär Tallinnas, mis on käesolevaks ajaks (2016) üle koormatud.

Kõik korrastamata jäänud savikarjäärid on muutunud veekogudeks, mille veerežiim sõltub vee mahust, juurde- ja äravoolust. Suuremad veekogud (Pilt 3.64) on tihti paikkonna ainukeseks suplus- ja õngitsemiskohaks.

3.7. Turbatööstus

3.7.1. Kasutamise areng

Turvas on meie kliimavöötmes üldlevinud maavara. Eestis eristatakse maavarana kahte turba liiki: **lagunenud turvast**, mida kasutamissuuna järgi nimetatakse ka kütte- ehk väetisturbaks ja **vähelagunenud turvast**, mis kasutusala järgi võib olla alus- või aiandusturvas. Turba kaevandamine kütteks, loomade allapanuks ja melioratiivmaterjalina hakkas Eesti mõisates levima 19. sajandil. Ühtekokku olevat toona olnud 300 turbakarjääri. Eesti Vabariigi mäeseaduse kohaselt turvas, mis ei ole mineraal, ei olnud maavara.

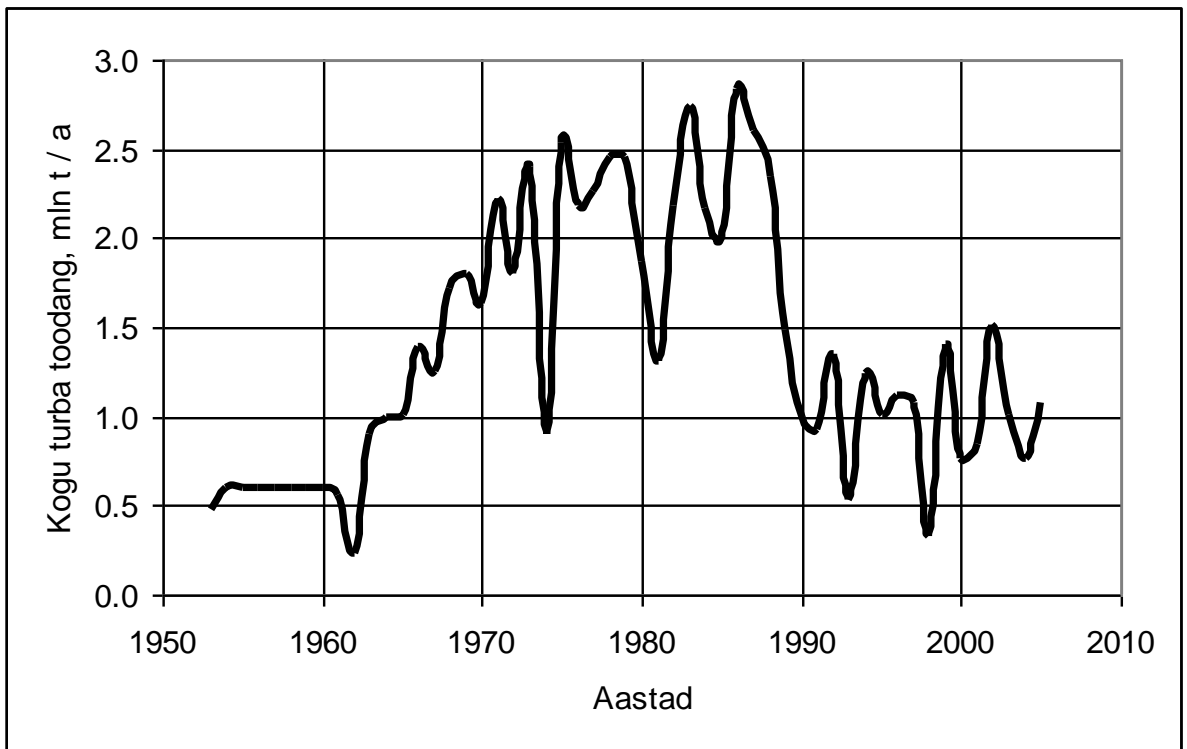
Lagunenud turvas

muutus tööstuse arenedes paljude energiamahukate protsesside kütuseks. Mineraaltoormetööstuses kasutati turvast savitelliste ja lubja põletamisel ning klaasi sulatamisel. Turba kasutamine kasvas esimese maailmasõja aegse kütusepuuduse ajal ja veel mõni aeg pärast seda. Esimesed uued elektrijaamad Ellamaal (1923. 600 kW ⇒ 1938. 9,4 MW) ja Ulilas (1000 kW) ehitati turbaküttele. Seejärel hakkas põlevkivi kui parem kütus turvast kõrvale jätma.

Turvas on olnud oluline kommunaalkütus rasketel aegadel, eeskätt sõdade ajal. Näiteks Tallinna elanikud hankisid seda Lasnamäelt, nüüdseks linna sisse jäänud Tondi ja Sõjamäe rabast.

Vähelagunenud turvas

oli juba enne teist maailmasõda eksportartikkel, mida veeti isegi USA-sse.



Pilt 3.65 Turba kaevandamise maht

Eelmise sajandi teisel poolel kaevandati vähelagunenud turvast doteeritud põllumajanduse tarbeks üle 1,5 milj t aastas. Suurem osa põllumajandusettevõtete turbatootmis-aladest hüljati riigi- ja ühismajandite lagunedes ning kaevandamise maht langes. Hüplev graafik näitab, kuidas turba kaevandamise maht sõltub ilmast, eelkõige suvesademeist.

3.7.2. Kaevandamise tehnoloogia

Eialgu lõigati turvast käsitsi ja pätse kuivatati päikese ning tuule käes. Mehhaaniliselt hakati suuremates ettevõtetes turvast pressima juba 19. saj teisel poolel. Freesima hakati eelmise sajandi kolmekümnendate aastate lõpus.

3.7.3. Turba rikastamine

on kuivatamine ja briketeerimine. Turvas on ülimalt veerikas, kuid samas ka hea soojuseisolaator, mis teeb kuivatamise väga energia- ja ajakulukaks. Poose orgaanilise materjali kuivatamise kohta on

teada, et mida vähem on niiskust alles jäänud, seda raskem on seda sealt välja ajada.

Turba kuivatamine toimub mitmes järgus. Kõigepealt kraavitatakse ja kuivendatakse raba. Seejärel kas freesitakse lahti õhukene kuiv kiht või väljatakse paksem kiht, millest pressitakse palad ja jäetakse kuivama. See on välitöö, mis toimib tõhusalt suvesoojas, päikese ja tuule käes. On kerge mõista, et kõiges, alates kraavitamisest ja lõpetades õhkuiva koristise käitlemisega sõltub turba tootmine ilmast. See on turba kaevandamise nõrgim koht. Turba edasine töötlemine: kuivatamine, sõelumine, briketeerimine, pakkimine on tehasetöö.

3.7.4. Keskkonnamõju ja hoole

Turba kaevandamise keskkonnamõju on tugev – tootmisala hävitab täielikult kaevandamiseelse looduskeskkonna. Kosmosefotodelt on näha üle Eesti, terve laiuskraadi ulatuses ($58^{\circ}18''$... $59^{\circ}18''$) laiuvaid ammendatud, hüljatud ja töös olevaid turbaväljasid (Pilt 3.66). Väljade pindala, 200 km² moodustab 0,44% Eesti kogupindalast. Seda on 1,7 korda rohkem kui põlevkivi avakaevandamise vältel on maad muudetud ja 75 korda rohkem kui põlevkivikarjäärides aastas ümber pööratakse. Kui eeldada, et põlevkivi avakaevandamisega pööratud maa korrastatakse 7...8 aastaga, siis tähendab see, et turba tootmisega rikutud ja seni korrastamata maad on kordades enam kui põlevkivimaardlas. Kui vaalkaevandamisega töödeldud põlevkivikarjäärade väljad metsastatakse 5...7 aasta jooksul, siis väljakkaevandamisega käideldavad turbaväljad seisavad avatuna aastakümneid. Töötavad turbaväljad tolmuavad ja on tuleohtlikud. Süttinud

turbaväli, mille kustutamine võib võtta nädalaid, saastab õhku.



Pilt 3.66 Pärnu maakonna turbaväljad 2007. kosmosefotol

Turba jääkväljade korrastamise häid näiteid on vähe. Tavaline negatiivne mõjur, miks metsastamine ei õnnestu, on ebasoodus niiskuserežiim – kaevandmise lõppedes kuivendussüsteem mandub. Teine edutuse põhjus on toitainete vähesus ja tasakaalustamatus turbapinnases. Metsastamise tavaline puuliik on kask. Paremaid tulemusi on saadud puude istutamisel täielikult ammendatud turbaväljadele, kus jääkturvast on vähe. See tähendab, et hüljatud turbavälja metsastamine on märksa raskem. Jääksoode ja -rabade metsastamisel üritatakse pinnase toit- ja mineraalainete vaegust kompenseerida reoveemudaga, tsemenditööstuse jääktolmuga, tuhaga või teiste meliorantidena toimivate tööstusjäätmega. Uus suund on jõhvika, mustika jt rabalembeliste taimede istanduste rajamine, tegevus, mis on liigitatav turbaväljade rekul-

tiveerimisena. Kuid vaevalt see saab olla ainuvaldav.

Omaette probleemi tekitab turbaliikide erinev väärutus ja nende valikuline väljamine. Raba pealmine kiht, vähelagunenud turvas on kõrgema kaevandamisväärsusega kui alumine, lagunenud turvas. Nõudlus turba eri liikide ja sellest tulenevalt toodete kaubastamise võimalused on erinevad. On oht, ja seda kinnitavad ka näited, et kui kaevandaja ei suuda pärast vähelagunenud turba, st ülemise kihi ammendamist leida tarbijat alumisele, lagunenud turbale, hüljatakse korrastamata väli, vaatamata sellele, et alles jäänud lagunenud turvas on maavarana arvel. Omavalitsuste ja järelevalveasutuste haldussuutmatuse tõttu on poolammendatud turbavälju pidevalt hüljatud.

Turba kaevandajate leerist on pidevalt väidetud, et põlevkivi avakaevandamisega on „turbast mõttetult hävitatud”, mitmete miljonite tonnide ulatuses.¹ See on fakt, kuid seda tuleks käsitleda objektiivselt. Maarete hävitamine nõukogude majanduskorra ajal sai alguse sellest, et erinevad tööstusharud allusid eri ministriumitele. Virumaal, Jõhvist idas paiknenud Oru turbatööstuse tootmisala kattus suures osas Sirgala põlevkivikarjääri mäeeraldisega. Probleem tekkis sellest, et osa Oru turbatehase maavarast oli põlevkivi katendis. Neid maavarasid ei saa koos kaevandada, tehnoloogiad erinevad. Põlevkivi avakaevandamine toimub rindena, turba tootmine – kihiti. Et säästa turba varu, ei tohtinud põlevkivi väljajata enne, kui turvas oleks ammendatud. Turba väljakkaevandamine on koorimine ja kuni 5 m paksuse lasundi ammendamiseks kulub 20...30 aastat. Oru

¹ Heino Reedik, 2003. Turba tootmine Eestis. Eesti Loodus, 2/3, 14...15.

briketitehase valmimisel eelmise sajandi kuuekümnendatel aastatel, kaevandati turvast tehase juures, alal, kus põlevkivi ei olnud. Lähedalt oli koristise vedu odavam. Tehasest kaugemate tootmisalade avamise edasilükkamisega ignoreeris turba kaevandamist juhtiv ENSV ametkond loodusvarade otsarbeka kasutamise printsiipi. Loodeti ka läheneva põlevkivifrondi kuivendavale mõjule. Selle ajaga, kui turvast freesiti lähedal, jõudis põlevkivi rinne koristamata turbaväljade juurde. Oma ressursi päästmiseks hakati arendama demagoogiat, põhimõttel – turbatööstus on „oma“, sest seda juhtis ENSV juhtkond, põlevkivi – „võõras“, kuna seda haldas NSVL ametkond. Ühe näitena põlevkivi kaevandamise hävitavast mõjust toodi Sirgala väljal olnud Laukasoo turba ekskaveerimine kaevandatud alasse. Seejuures Laukasoo ei puutunud üldse asjasse, sest tolle turvas ei olnud kaevandamisväärne. Otsesihitimisega põlevkivitööstuse vastu üritati kehtestada progresseeruv ressursimaks – mitmekordne kaevandamisõiguse tasu, kui turbavaru muutis kaevandamiskõlbmatuks teine ettevõtte. Kõigele lisaks aeti põlevkivi kaevandamise kaela turbarabade kuivendamisele järgnenud Kurtna maastikukaitseala järvede veetaseme alanemine. Lahendus tuli hiljem – energia- ja veohindade tõustes ning briketituru ahenedes Oru turbatööstuse pankrotistus. Hüljatud väli deformeerus (järgmine pilt) ja see jäi korrastada põlevkivi kaevandajatele.



Pilt 3.67 Pankrotistunud Oru turbatööstuse jääkväli enne kui Eesti Põlevkivi selle korrastas

3.8. Uraanitööstus

3.8.1. Kaevandamine

Kui lähtuda klassikalise mäenduse kaanonitest, mille kohaselt kõige auväärsem tegevus on metallimaakide kaevandamine ja töötlemine (*metallica*), siis Eesti peaks uhkust tundma, et meil on olnud uraanitööstus.

Eesti kõige metallikam sette kivim on savikivi, idafaatsiese graptoliitargilliit. See kivim on Rootsi *Alum Shale* analoog, seepärast on arvatud, et meie argilliidi kasutamise võimalusi metallitoormena võidi otsida juba enne teist maailmasõda Rootsi kapitalile kuulunud Sillamäe õlivabrikus. Dokumentaalsest kinnitusest sellele oletusele ei ole otsinud. Arvata võib, et rootsi insenerid, kes teadsid, et nende savikivist on toodetud ammooniumkloriidi, tavanimetusega salmiaaki, teadsid ka selle kivimi metallikusest. Kindlasti tundsid Rootsi metallurgid huvi vanaadiumi ja molübdeeni vastu, mida graptoliitargilliidis on rohkem kui uraani.



Pilt 3.68 Sillamäe uraanikaevandus.

Punaste joontega tähistatud käigustik kaevati 2006. lahti ja selle kohale ehitati raudtee

Eesti savikivi kasutas NSVL sõjatööstus uraani saamiseks tuumaajastu algaastail, 1949...52, Sillamäel. Kaevandus ehitati Vaivara valda, kunagise Türsamäe mõisa maale. Tööstusplatsiks jäi rootslaste ehitatud ja sõjas purustatud Sillamäe põlevkiivilitehase koht. Nüüdse administratiivjaotuse kohaselt oli kaevandus Sillamäe linna territooriumi

lääneosas, sadama ja vabakaubandustsooni alal. Kaevandatud ala on süvendatud Sillamäe sadama raudteejaamaks (Pilt 3.68).

Kaevanduse ja uraani rikastamistehase ehitamisel töötas ligikaudu 20 tuhat vangi, peaaegu pool Eesti territooriumil kinnipeetavatest. Taheti ehitada kaks kaevandust. Neist esimene, nr 1 (Pilt 3.68, põhjapoolne käigustik) sai valmis 1949. Selles väljati uraani tooret 1952. juulikuuni. Teine kaevandus, mille käigud on pildi allosas, ei käivitunudki ja likvideeriti 1957.

Avamine ja läbimine

Maavara, st graptoliitargilliidi kihindi lasumissügavus kaeveväljal oli 6...16, keskmiselt 14 m. See tähendab, et lineaarne katenditegur oli vähem kui 10 m/m. Tavaliselt kasutatakse sellistes mäendusoludes avakaevandamist.¹ Sillamäel otsustati ehitada allmaakaevandus. Ilmseid põhjusi oli kaks – maniakaalsuseni küündiv salastamine ja võimsate paljandusekskavaatorite puudumine. Ülimalt töömahuka allmaakaevandamise tegi võimalikuks vangitöö. Kaevanduses töötas avamise ja lõigutamise ajal üle 400 kaevuri, sulgemise eel oli neid 150².

¹ Kui Rootsis kaevandati uraani tootmiseks argilliiti, töötas seal üks draglain ja seitse (!) mäetöölisi.

² Endel Lippmaa, Ello Maremäe, 2000. *Uranium production from the local Dictyonema shale in North-East Estonia // Oil Shale Vol 17 No 4, 387...394.*



Pilt 3.69 Uraani uuringukäik Päite panga all
Vasakul servas A...D – tootsa kihindi kihid. Pidades silmas selle koha ohtlikkust koordinaate ei avalikusta.

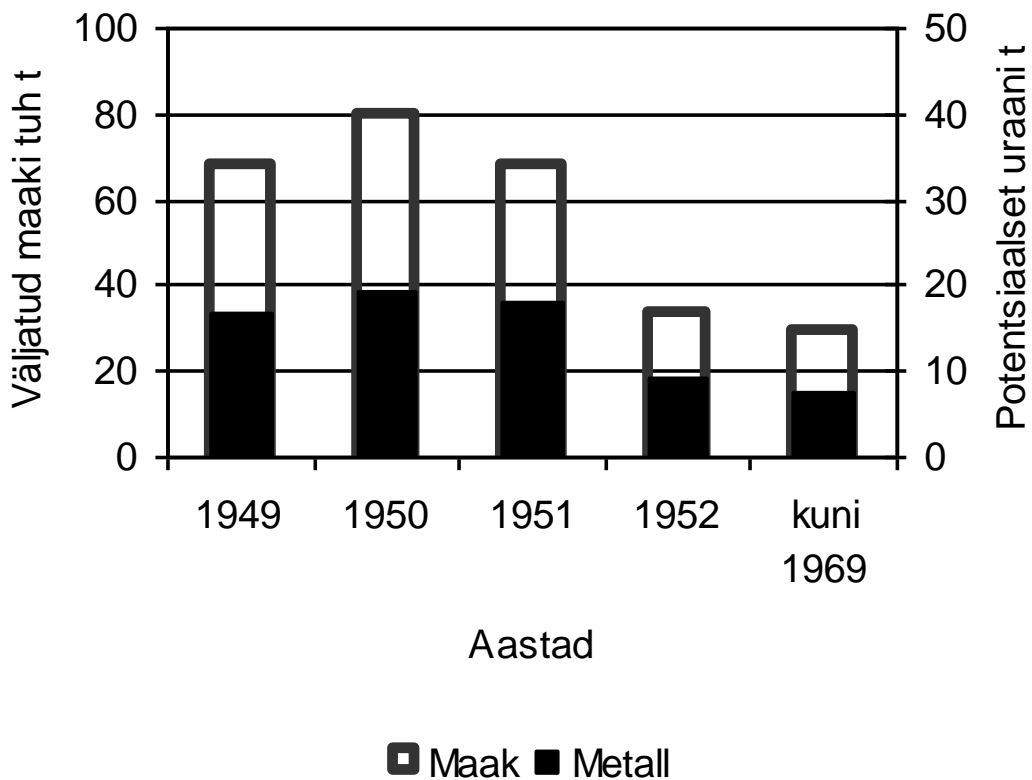
Kaevandus avati stolliga Sõtke jõe vasakult kaldalt, direktsiooninurgaga umbes 260° . Peakäigud suunati läände, paneelid, laiusega 110..130 m lõigustati põhja suunas. Käikude ristlõiked (toestatult) olid: peaveokäigul $5,6 \text{ m}^2$, paneelkäigul $10,9 \text{ m}^2$, lõigustuskäikudel $4,7 \text{ m}^2$, seega üsna ahtad. Käikude toestamiseks kasutati osalist puitraamistikku, sammuga 0,8 m (Pilt 3.69). Käikude ristumis- ja hargnemiskohtades oli kasutusel puitraamidest laustoestik. Tüüpiline toleaegne käik oli nähtav veel 2001. Päite panga all. Toed on kõdunenud ja käiku sisenemine on eluohtlik.

Koristustöö

Väljati käsilaavadega 60...90 m laiustes lankides. Vahetu lagi koosnes metallivaesest D-kihist ja sellel lasuvatest pudedatest glaukoniitliivakivist, aleuroliidist ning glaukoniitaleuroliidist. Põhilae moo-

dustas Volhovi lademe paekivi. Kogu väljatud pindalal (14,4 ha) oli keskmine kihindi väljatav paksus 1,24 m. Õhkuiva maavara mahumass oli 1,65 t/m³. Lagi langeti vahetust laest varistatud täitele.

Erinevalt põlevkivikaevandustest sooniti kihindi ülaossa, ilmselt C-kihti. Soonur liikus jalastel. Puuriti käsi-elektripuuridega, raimati lõhkamisega. Laavas oli kraapkonveier ja piki lanki lintkonveier. Mööda paneel- ja peaveostrekke ning stollist välja veeti vagonette kontaktelektriveduritega.



Pilt 3.70 Savikivi (= maagi) ja potentsiaalse uraani (= metalli) toodang Sillamäe kaevanduses

Kuigi kaevanduse geoloogiateenistuse aruandest on teada, et väljal esines väikeseid kirdesuunalisi rikkevööndeid, pole mäetööde plaanil näha, et nende pärast oleks mõni lank kaevandamata jäänud. Kaevisse uraanisisaldus oli ühtlane, veidi kõrgem ehk välja põhja ja edelaosas. Mingil määral on sellega seletatav, et sulgemise eel kaevandati just

seal, kuigi avamuse juures oli töö ohtlikum ja veo-tee sealt pikem.

Kokku väljati 240,5 tuh t savikivi, mida võib nime-
tada ka maagiks. Keskmise uraanisisaldus oli
0,036%, st 360 g/t. Sellest võib arvutada, et väljati
63,3 t potentsiaalset metalli.

Kui 1952. sai selgeks, et savikivi kaevandamine ja
töötlemine on mõttetu¹, jäeti kaevandus seisma nn
kuivalt konserveerituna (uputamata). Siiski olevat
kaevist väljatud mitmesugusteks katsetusteks veel
kuni kaevanduse lõpliku sulgemiseni 1969. Kogu
jääkvaru kanti maha.²

3.8.2. Rikastamine

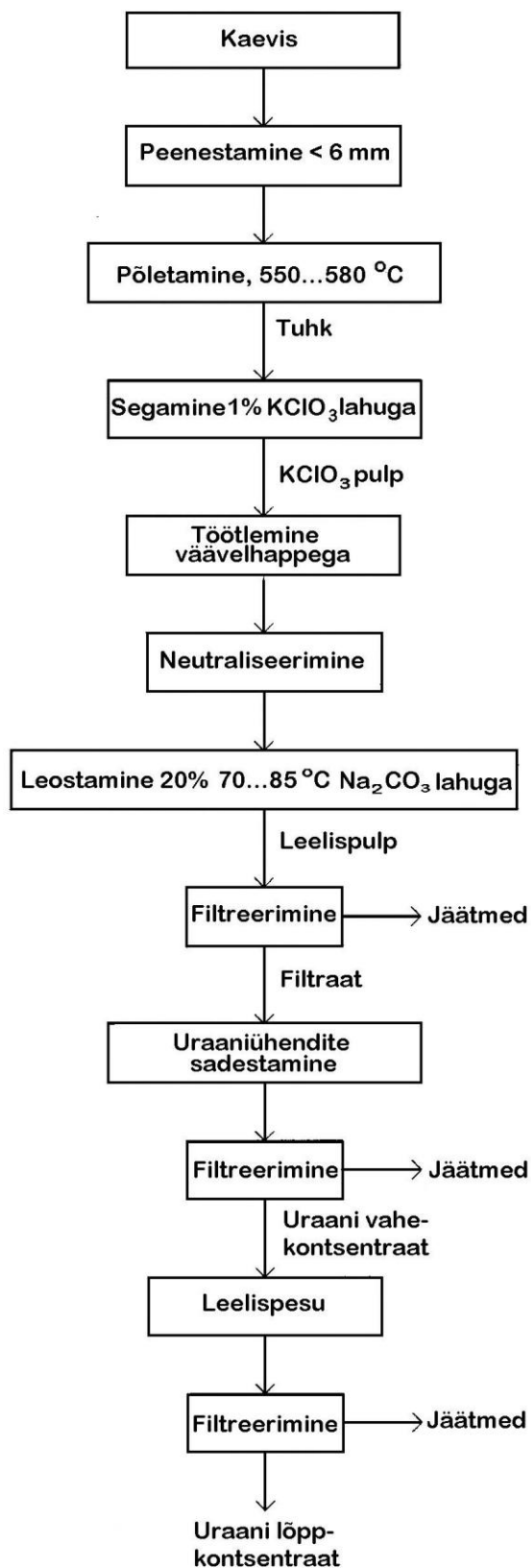
toimus keemilise töötlemisega, leostamisega. Me-
tallimaake võib leostada ka maapõues ja uraani-
tööstuses tehakse seda paljudes kohtades, kuid
vähepoorne ning madala veejuhtivusega savikivi
purustamata kujul selleks ei kõlba. Sillamäel leos-
tati uraani kaevandusest välja veetud kaevisest.

¹ Juba tol ajal loeti uraanimaagiks kivimit, mille uraanisisaldus oli üle 2 kg/t.

² Sillamäe uraanitööstusest ja kaevandusest lähemalt:

a) Endel Lippmaa, Ello Maremäe, 2000. *Uranium production from the local Dictyonema shale in North-East Estonia. Oil Shale* Vol 17 No 4, 387...394.

b) Enno Reinsalu, Arvi Toomik, Ingo Valgma, 2002. Kaevandatud maa, TTÜ mäeinstituut, 97 lk.



Pilt 3.71 Uraani leostamise tehnoloogia põhimõtteline skeem Sillamäe tehases ¹

¹ Ello Maremäe, 2001. *Extraction of uranium from local dictynema shale at Sillamäe in 1948-1952. Oil Shale, Vol 18, No 3, 259...271.*

See on klassikaline maapõueväline leostamismeetlus, kui peenendatud ja sõelutud kivimist lahustatakse välja vajaliku metalli sool(a)d ja mida rikastamise käigus puhastatakse. Saadud kontsentraat saadetakse edasiseks käitlemiseks metallurgiatehasesse või -tsehi ning see ei kuulu enam rikastamise alla.

Analoogilise savikivi, Rootsi *Alum Shale* leostamine eelmise sajandi seitsmekümnendatel aastatel Ranstadi pilootseadmes toimus põhjalikumalt ja seal saadi kätte ka molübdeen.

Veelgi põhjalikum skeem, millega oleks saadud uraani-, molübdeeni- ja vanaadiumikontsentraati, töötati välja eelmise sajandi teisel poolel Eesti TA Keemia Instituudis, kuid see jäi laboratoorsete katsete tasemele. Toormena peeti silmas Toolse fosforiidimaardla katendist väljatavat graptoliitargilliiti.

Üheksakümnendate aastate alguses pöörduti savikivi metallide juurde uuesti tagasi seoses fosforiidi kaevandamise ohutu kaevandamise probleemiga (3.2.5. Fosforiiditööstuse võimalikud arengud). Siis ei käsitletud leostamist, vaid otsiti vanaadiumi, molübdeeni ja uraani sisaldava tuha kui võimaliku metallitoorme turustamise võimalusi. Majandusanalüüs näitas, et ka kõige odavam sel viisil saadav metallitoore on kallim kui teised samade metallide maagid. Graptoliitargilliidi tuha müük ei korvaks isegi rikastus- ja põletamiskulu.

3.8.3. Keskkonnamõju

Keskkonnamõju, nagu tol ajal tavaks, sisulisel puudus. Mäetöö keskkonnamõju oli analoogiline sellega, mis kogeti samal ajal põlevkivi allmaakaevandamisel – maa vajus, ülemine veekiht kuivas. Kaevevälja loodeosa peal voolanud Ukuoja, mis

varem laskus merre kanjonist, juhiti kõrvale, kraaviga klindilt alla ja nii tekkis sinna suurvee ajal langev uus juga.

Kuigi kaevanduse sulgemine korraldati kõigi tolleaegsete reeglite kohaselt, ilmnesid kaevandatud alal aja jooksul mitmed posttehnoloogilised nähud, mis andsid tunnistust väga mitmetest olulistest rikumistest.¹

Uraani töötlemise keskkonnamõju on piisavalt käsitletud seoses Sillamäe jäätmeoidla ohutustamise probleemidega.

Uraanikaevuri meenutusi.² Sillamäe uraanikaevanduse kaevurid olid enamasti vangid – teise maailmasõja ajal vastaspoolele üle läinud, vangi langenud või saksa okupatsiooni all töötanud sõdurid ning kaevandustöölised. Vangilaager oli kaevanduse juures. Vange oli mitmesuguseid – oli isegi endine polkovnik, kunagine kaevanduse peainsener, mehhaanik. Kuid oli ka kriminaalkurjategijaid. Vangid olid enamasti laavakaevurid, ka elektrikud. Kui vang täitis plaani 151%, loeti ühe vangistuspäev eest päeva eest kolm ja näiteks kümneaastane karistus vähenes 3,5 peale. Seepärast püüdsid vangid saada tööle kaevandusse. Insener-tehnilised töötajad ja soonuri masinistid, lõhkajad, kompressori masinistid ning elektrivedurijuhid olid vabad inimesed. Nende palk oli kõrgem kui teistel sama eriala töötajatel põlevkivikaevandustes. Ka oli Sillamäe toidu- ja tööstuskaupadega pa-

¹ Lähemalt vt eelpool viidatud [Kaevandatud maa](#), Tallinn, TTÜ mäeinstituut, 97 lk (<http://digi.lib.ttu.ee/i/?2215>)

² Sillamäe kaevanduses mehhaanikune töötanud Ivan Afanasjevitš Ivantšikovi mälestused. Mäeinsener Tõnu Loogi salvestus 2005. a.

remini varustatud. Kuid, kuni 1957. Sillamäe, mitte et ei olnud linn, vaid temast isegi ei kirjutatud ega räägitud avalikult.

3.9. Väiketööstus ja ajalooliste maa- varade kasutamine

3.9.1. Diatomiiditööstus

Tabel 3.6 Mäeameti andmed diatomiidi kaevandamise kohta Narva levilas 1940.

Ettevõtte	Asukoht	Kontsessioon, ha	Toodang, t/a	Töötajaid
Eesti Diatomiit	Tõrvala	8009	190	20

Diatomiidi toodangu graafikut vt Pilt 3.63 Raskelt sulava savi, kipsi ja diatomiidi kaevandamise mahud 1923...42.

3.9.2. Kipsitööstus

Pärast Vabadussõda jäi Eesti koosseisu osa Pihkva kubermangust. Seal, vahetult tollase riigipiiri ääres Irboskas oli enne teist maailmasõda 7 kipsivabrikut – viis Vahtsõ- ja kaks Vana-Irboskas.



Pilt 3.72 Vahtsõ-Irboska viis kipsivabrikut

Repro tundub eesti fotograafi Eduard Selleke fotost. Näha, et kipsivabrikuid oli rohkem kui kirikuid.



Pilt 3.73 Kipsi käsipala

Kipsi väljati käsitsi. Külamehed murdsid ja selekteerisid seda nii oma maal kui ka töösturite murdudes ja vedasid vabrikutesse hobuvankritega.

Kagu-Eesti suurim mäetööstusettevõtte AS Gips, asutatud 1923., kaevandas Dubniki maardlas ja töötles Vana-Irboskas. Eesti mäetööstuse 1932. aruande kohaselt müüs A/S Gips vormi-, põllu-, krohvi-, skulptori- ja arstikipsi ning kipsikivi ja pagu.¹ Toodanguliikide maht oli mõnest tonnist (arstikips) kuni tuhandete tonnideni (kipsikivi ja põllu- ning krohvikips). Kolmekümnendate aastate algul, enne suurt majanduskriisi oli kipsitööstus müügi mahult Eesti teine maavaratööstus². Kogutoodang

¹ Pole õnnestunud selgitada, mis tooteliiki nii nimetati; võimalik, et see oli töötlemata kaevis.

² Esimene oli loomulikult põlevkivitööstus, fosforiiditööstus kirat-ses ja kohalikud kaevised ning turvas ei kuulunud maavarade hulka. Nii saigi kipsitööstus maavarade edetabelis väärrika teise koha.

oli 8000 t/a ¹. 1933. tegutses Petserimaal ametlikult kaks kipsi kaevandust (tegelikult karjääri ehk murdu) andes 5700 t/a ². Petserimaal kaevandas tsemendi lisandiks kipsi ka Port-Kunda tsemenditehas, kuid eelmise sajandi üheksakümnendatel ostis Kunda tsemenditööstus seda juba Lätist, Riia lähedalt, kus on samalaadsed kipsilasundid ja kipsi murtud juba alates 14. saj.

Tabel 3.7 Mäeameti andmed kipsi kaevandamise kohta Irboska levilas 1940.

Ettevõte	Asukoht	Kontsessioon, ha	Toodang t/a	Töötajaid
AS Kips (Gips)	Dubniki	8,05		
Eesti Kips	Vana-Irboska	6,85	7697	169
Tsemenditehas Port Kunda karjäär	Vana-Irboska	19,1		
Kokku		34	7697	Üle 169

Kipsi toodangu graafikut vt Pilt 3.63 Raskelt sulava savi, kipsi ja diatomiidi kaevandamise mahud 1923...42.

¹ Artur Luha, 1932. Kipsilademeist Irboskas. Loodusvaatleja nr 1, lk 1...4.

² Eesti arvudes 1934. Eesti 1934.a rahvaloenduse mälestuseks. Riigi statistika keskbüroo. Tallinn

3.9.3. Maagaasi ammutamine

Põlevat maagaasi ammutati 1905...12. Keri saare tuletorni valgustamiseks. Maardla ammendus, andnud umbes 1,4 milj m³ gaasi. Uute maardlate otsingud ei andnud mitte midagi.



Pilt 3.74 Maagaasi otsingupuurimine Prangli saarel eelmise sajandi kuuekümnendatel ja sellest jäänuk – gaasi lekkiv gaasikaev 2010. suvel

Fotod: vasakul – Enn Pirruse kogust, paremal – Enn Lüütre foto.

3.9.4. Paetoorme ajalooline kaevandamine

Tabel 3.8 Mäeameti andmed paetoorme kaevandamise kohta 1940.

Ettevõte	Asukoht	Kontsessioon, ha	Toodang t/a	Töötajaid
Calcit	Jaagarahu	155	4838	40
Järvakandi klaasitehas	Pärnumaa	550	450	8
	Muhumaa	20		
Kokku		7254	5288	48

3.9.5. Värvimulla kaevandamine

Tabel 3.9 Mäeameti andmed ookri kaevandamise kohta 1940.

Ettevõte	Asukoht	Kontsessioon, ha	Toodang, t/a	Töötajaid
Orto keemiatehase karjäär	Petseri-maa	1,86	150	12
E. Peep ja Ko	Põltsamaa	1	2	1
Kokku		2,86	152	13