

Enno Reinsalu

EESTI
MÄÄNDUS
III

2019

Enno Reinsalu

EESTI MÄENDUS III

Diplomeeritud mäeinseneri
õpik

Parandatud ja täiendatud
digiväljaanne

2019

Retsenseeris

2016 OÜ Inseneribüroo Steiger:
Ole Sein, Arvi Toomik jt

2018 Enn Lüütre

Autoriõigus: Enno Reinsalu, 2019

Eesti mäenduse kolmandas osas on:

1. Mäeõiguse alused
2. Mäenduse keskkonnahoole
3. Kaevandamise projekteerimine

Varem samalt autorilt:

Eesti mäendus, 2011, [digiversioon 2016](#);

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

[Eesti mäendus II](#), 2019:

1. Geoanalüüs
2. Maavara uuringu alused
3. Mäendusanalüüs

Esikaas — Eesti läänepoolseim kaljumaavara,
Saaremaa dolokivi

Tagakaas — Eesti idapoolseim kaljumaavara,
Marinova dolokivi (Ain Põldvere foto)

ISBN digiteavik 978-9949-83-422-8 (pdf)

SAATEKS

Eesti Mäendus III (2016) oli minu varasemate õpikute: Eesti Mäendus (2011) ja Eesti Mäendus II (2013) loomulik järg. Käesolevas, täiendatud ja uuendatud 2019. a versioonis on arvestatud mäeõiguse korrastamise tulemuslikkust, keskkonnahoiu paranemist ja inseneride kasvanud projekteerimiskogemust. Seetõttu on uusversioon vähem poleemiline.

Nagu mu õpikutes tavaks, on ka siin kolm metoodiliselt lähedast osa:

Mäeõiguse alused kirjeldab maapõue loodusressursside kasutamise õiguslikku tausta ja põhimõtteid. Kuigi lähenemine on mäenduslik, võiks õpikust kasu olla ka kõigi loodusressursside haldajatel. Seletades olen püüdnud vältida kehtiva seadusandluse refereerimist. Arvan, et seaduste mõistmiseks, järgimiseks ja kohendamiseks tuleb õigusruumile ning juriidilistele tavadele läheneda üldisemalt, fundamentaalselt. Seda tehes olen püüdnud olla analüüsiv ja kriitiline, lootes seaduste koostajates, järgijates, aga ka rikkujates tekitada mõistlikke reaktsioone.

Mäenduse keskkonnahoole annab teadmisi mäetööstusest mõjutatud ümbruse ohjamiseks. Uus on mäemeeste töötingimuste: allmaakaevanduse õhu, vee ja mäerõhu käsitlemine keskkonna osana. Peamine on siiski – miks ja kuidas toimivad ning arenevad maakatet, maapõue, põhja- ja pinnavett ning välisõhku muutvad protsessid. Samuti, kuidas mäetööde mõju ohjata ning leevendada.

Kaevandamise projekteerimine annab algteadmisi diplomeeritud mäeinsenerile. See ei ole projekteerija lauaraamat, pigem leksikonilaadne juhend, kuidas toimida ja millistest allikatest mida leida. Projekteerimine on mahukas ja mitmekülgne inseneriala, ühte raamatusse see ei mahukski. Kõike polegi õpikus vaja, sest uut ja vajalikku leiab internetiavarustes. Selleks et neid hõlpsamini leida, olen terminitele lisanud võõrkeelseid vasteid.

Kaevandamise projekteerimine algab arengukava koostamisest, nõuab maavara varumise protseduuride läbimist, sisaldab maavara väljamise ja väärindamise tehnoloogia reglementeerimist ning lõpeb ettevõtte sulgemise ja kaevandatud ala korrastamise projekti teostamisega. Seega on kaevandamise projekteerimine märksa laiem mõiste ja distsipliin kui kaevanduse projekteerimine. Kaevanduse projekteerimise põhitõed ja soovitused on leitavad minu varasemas õpikus [Mäemajandus](#).

Eeldades, et meie spetsialistid võivad tööd leida ka väljaspool Eestit, olen kaevandamisviiside ja -mooduste projekteerimise juhiseid ning kogemust jaganud laiemalt, kui meie lihtsa geoloogilise ehituse ja mäendusega riigi oludes igapäevaselt vaja.

Enno Reinsalu

TTÜ emeriitprofessor

2019

DIGITEAVIKU KASUTAMISÕPETUS

er Alla on kriipsutatud mõisted ja terminid, mida seletatakse õpiku teises kohas. Sinna viib klõps alla kriipsutatud sõnal. Näiteks [umbkaevandamine](#).

er Piltide ja tabelite juurde viib digiteavikus hiireklõps. Näiteks **Pilt 2.11**.

er Kui alla kriipsutatu on kapiteelkirjas, viib hiireklõps välislingile. Näiteks seadusandlikule aktile [RIIGI TEATAJA](#)

er Pilti kasutades tuleb lisada allikaviide, kui mõni pole minu foto, on sel autori nimi juures. Näiteks **Pilt 2.11**.

er Paljudel terminitel, nii uutel, kui ka vähem pruugitavatel, on juures võrdväärised paralleelvormid (= samasõnad) ja/või võõrkeelsed vasted (*kursiivis*). Näiteks [raamseadus \(= koodeks\)](#).

Viitematerjal on lugemise hõlbustamiseks allmärkustes.



SISUKORD

1	MÄEÕIGUSE ALUSED	10
1.1	Sissejuhatus ja üldised mõisted	10
	Õigus on kaitstud huvi	10
	Tava	11
	Õigluse printsiip	12
	Seaduste hierarhia ja seadusloome	14
1.2	Keskkonnaõiguse põhiseisukohad, printsiibid ja prioriteedid	17
	Keskkonnaõiguse printsiibid	19
	Jätkusuutlik areng ja integreerimisprintsiip	20
	Vältimisprintsiip	20
	Ettevaatusprintsiip	21
	Saastaja maksab	21
	Keskkonna prioriteet loodusvarade kasutamisel	22
1.3	Maapõueõiguse põhiseisukohad, prioriteedid ja probleemid	24
	Ajaloolised põhiseisukohad	24
	Maapõueseaduste prioriteedid	27
	Maapõue piiritlemise probleem	29
1.4	Mäeõiguse ajalugu	31
1.4.1	Keiserliku Venemaa mäekoodeks 1893	31
1.4.2	Eesti mäeseadus 1927	36
1.4.3	ENSV maapõukoodeks 1976	44
	Kodifitseeritud maapõueseadustik	44
	Maapõuekoodeksi mõisted	46
	Halduskorraldus	48
	Majandussuhted	48
	Kaevandamine	51
1.5	Eesti maapõueseadused	52
1.5.1	Eesti maapõueseadus 1995	52
	Tekkelugu	52
	Põhiseisukohad ja -mõisted	54
	1995. peamised normatiivdokumendid	57
	1995. maapõueseaduse ebakohad	59
1.5.2	Eesti maapõueseadus 2005	65
	2005. peamised normatiivdokumendid	65
1.6	Eesti kaevandamise seadus 2003..2016	70
1.6.1	Olulised kaevandamismõisted ja -terminid	71
	Kaevandamine	71
	Kaevandus	73
	Mäetööde vastutav spetsialist ja kutsenõuded	75
1.6.2	Kaevandamise seaduse alamaktid	76
1.6.3	Kaevandamise seaduse ja selle alamaktide ebakohad	77
1.7	Eesti maapõueseadus 2017	79
1.8	Kokkuvõtvalt maapõue õigusaktidest	79
	Eesti maapõueseadus kui mäeseadus	79
	Maapõueseadus võiks olla maapõueressursside seadus	80
1.8.1	Maapõueseaduse objektid	81
	Maavarad	81
	Maa(põue)tugi	81
	Maapõue ehitusruum	83
	Maamahutid	83
	Maapõue soojus(väli)	84

Põhjavesi	84
1.9 Maapõue kasutamise maksustamine	85
Maavaramaks.....	85
Mäerent	86
Maardla väärtus ja maavara väärtus	87
Maavara kaevandamisõiguse tasu.....	89
1.10 Teised maapõueõigusega haakuvad seadused	91
Veeseadus.....	91
Jäätmeseadus	92
Ja veel mõned maapõueseadust puudutavad seadused.....	93
2 MÄENDUSE KESKKONNAHOOLE	94
2.1 Kaevanduskeskkond.....	95
2.1.1 Kaevandusruum	95
Mäerõhk kaevanduses.....	95
Mäerõhk karjäärides	100
Mäerõhu ohjamine kaevanduses.....	101
Maa hoidmine tervikutel.....	103
Varingud ehk kollapsid.....	106
Toestamine	108
2.1.2 Kaevandusatmosfäär	113
Gaasid.....	113
Kaevandustolm.....	118
Allmaatulekahjud ja -põlengud.....	123
Temperatuur ja niiskus	125
Lõhketööde ohuala ja ohutud kaugused.....	129
2.1.3 Kaevandusvesi.....	130
Veekõrvaldus.....	130
Kaevandusvee päritolu	132
Kaevandusvee koostis	133
Kaevandusvee kvaliteedi tavalised indikaatorid:.....	135
2.2 Kaevandusala väliskeskkond	137
2.2.1 Mäetööde kohene mõju.....	137
Mõju maale ja maapõuele	137
Vajum	139
Langatus.....	139
Varingud ja augud	142
Mõju elukeskkonnale, eelkõige inimestele	146
Lõhketööde mitmekülgne mõju.....	146
Tolm ja gaasid	153
Müra.....	155
2.2.2 Mõju veekeskkonnale	157
Põhjavee taseme alanemine.....	157
Näide 2.1. Ehitusmaavara karjääri kuivendava mõju arvutamine.....	160
Vooluveekogude muutumine	166
Seisuveekogude muutumine	170
2.2.3 Kaevandamise mõju sotsiaalkeskkonnale	178
2.2.4 Mäetööde hiline mõju	179
Hilised varingud ja vajumid	179
Suletud kaevanduste vee kogumid	181
2.3 Keskkonnanahole maavarade kaevandamisel.....	184
2.3.1 Korrastamine	184
Kaevandamisala rehabiliteerimise võimalused	186
Kaasnevate loodusressursside säästmine.....	187

2.3.2	Korrastamine kui maavara kaevandamise tehnoloogia osa	190
	Korrastamistegevuse ajalooline areng.....	193
2.3.3	Põlevkivi- ja fosforiidikarjääride korrastamise erisused	199
	Korrastamise tehnoloogia.....	199
2.3.4	Turbaväljade korrastamise erisused	201
2.3.5	Allmaakaevandamisega mõjutatud maa korrastamine	201
2.3.6	Tööstusplatsi ja kaevandusehitiste korrastamine	206
2.3.7	Korrastamise tingimused ja nõuded.....	207
	Kokkuvõtvalt korrastamisest	210
2.3.8	Maa hoidmine	211
	Maa, hoonete ja rajatiste hoidmine allmaakaevanduse peal.....	211
	Altkaevandatud maa deformatsioonid.....	215
2.3.9	Vee hoidmine.....	216
2.3.10	Keskkonnanahooli kaevandamise lõpetamisel.....	220
	Kaevandamise peatamine	222
	Kaevandamise lõpetamine.....	223
	Kaevanduse sulgemine.....	224
	Kaevanduse hülgamine	224
	Kaeveõõne uuskasutus.....	225
2.4	Teise osa lisa. Kaevanduse ja välise keskkonna puutepunktid..	229
3	KAEVANDAMISE PROJEKTEERIMINE.....	232
3.1	Projekteerimise kontseptsioonid ja põhitõed	233
	Projekteerimine on looming.....	233
	Projektis on kõik kõigega seotud.....	234
	Projekt ja arvutused peavad olema multivariantsed	235
	Projekti vigadest tuleb õppida.....	235
	Projekt peab läbima ekspertiisi	236
	Projekteerimine lõpeb alles objekti valmides	236
3.2	Projekteerija riskid.....	237
	Geoloogiline risk	237
	Keskkonnarisk	240
	Sotsiaalne risk.....	240
	Tehnoloogiline risk	241
	Finantsrisk	243
3.3	Maardla hõlvamise põhiseisukohad ja metoodiline alus.....	243
3.3.1	Triviaalsed põhiseisukohad.....	243
	A. Maardla hõlvamine algab parimast kohast	243
	B. Mäendus on kahaneva efektiivsusega tööstusharu	243
	C. Pärast ammendamist maardla hüljatakse.....	244
3.3.2	Kaevandamise ressursid	245
	Tootmisfunktsioonid.....	245
	Tootmise kasvu funktsioonid	248
3.4	Maardla hõlvamine.....	254
	Hõlvamise eeldused.....	254
	Hõlvamise järgud	256
3.4.1	Maardla rajoneerimine	258
	Tehnoloogiline rajoneerimine.....	258
	Näide 3.1 Oudova põlevkivimaardla tehnoloogiline rajoneerimine	261
	Majanduslik rajoneerimine.....	264
	Keskkonnakaitseline rajoneerimine.....	266
3.4.2	Maardla evitamise.....	267
	Evitamise tingimused	267

Maavara varumine	268
Üldsuse reaktsiooni ohjamine	272
3.4.3 Tasuvusuuringud.....	277
3.5 Kaevanduse projekteerimise tegevused.....	281
3.5.1 Maavara varumise projekteerimine.....	281
3.5.2 Kaevanduse põhiparameetrite määramine	282
Kaevanduse mõistlik iga.....	282
Aastatoodang.....	284
Vajalik varu	285
Näide 3.2. Üks kaevandus maardlas	287
Näide 3.3. Mitu kaevandust maardlas	289
Näide 3.4. Ehitusmaavara mäeeraldise arvutamine.....	291
Näide 3.5. Kaevandusvälja koostamine mitmest varuplokist	292
3.6 Kaevanduste projekteerimise üldised juhised.....	301
Kivimite enamkasutatavad tugevustunnused	301
Kivimimassiivi hindamise Bieniawski süsteem	303
Kivimite põhiomaduste verbaalklassifikatsioon	304
3.7 Kaevandamise tehnoloogia valimine.....	311
3.7.1 Kaevandamise mooduse ja viisi valimine.....	312
3.7.2 Tehnoloogia valimise üldised juhiseid	321
Tehnoloogiate plussid ja miinused.....	333
3.8 Võimalikud kaevandamismoodused ja -viisid Eestis	337
3.8.1 Avakaevandamisviisid	337
Aukkaevandamine.....	338
Riba- ehk vaalkaevandamine	338
Väljakkaevandamine	340
Vees kaevandamine	341
3.8.2 Allmaa-kaevandamisviisid ja väljamise moodused	
kihtmaardltes	343
Lankkaevandamine.....	343
Umbkaevandamine.....	346
Kamber-lankkaevandamine	353
sammastervikutega kamberväljamise,	355
kamberlaavad.....	359
Puurkaevandamine	360
Kaevandamine täitmisega	364
Eesti maavarade kaevandamise moodused ja -viisid.....	369
3.9 Kaevanduse rajamine.....	376
Kaevanduse sidumine keskkonda	376
Savikivikaevanduse projekteerimise lähtetingimused.....	382
Näide 3.7. Ida-Kabala komplekskaevanduse sidumine keskkonda	
.....	382
Avamine ja lõigustamine.....	387
Näide 3.8. Ida-Kabala liitkaevanduse avamisskeemi valimine	390
3.10 Kaevandamise tehnoloogia projekteerimine Eesti	
lavamaardlates.....	392
3.10.1 Lähtekohad	392
Projekteerimise korraldus	392
Mäendus põhine versus masinapõhine projekteerimine	392
3.10.2 Kaevandamise tehnoloogia projekteerimine	396
Ettevalmistustööd.....	396
Näide 3.9. Keerulise katendi eemaldamine tõste-paljandusega..	397

Näide 3.10. Keerulise katendi eemaldamine vedu-paljandusega	398
Koristustööd.....	399
Lõhketöö	400
Vedu ja tõste.....	401
Kuivendus ja veeärastus.....	402
Tuulutus.....	403
Ohutushoid.....	405
Keskkonnanahole	405
3.10.3 Rikastamise projekteerimise alused	407
Rikastamise moodused ja viisid.....	407
Põlevkivi gravitatsioonilise rikastamise eeldused	410
Põlevkivi rikastamise tehnoloogia.....	415
Rikastamise matemaatiline modelleerimine.....	417
Näide 3.11. Fosforiidi vahtrikastamise bilansi hindamine	420
Näide 3.12. Estonia põlevkivikaevanduse rikastamisskeemi optimeerimine	425
3.11 Projektide koostamine	439
3.11.1 Maavara varumise projekt	439
3.11.2 Kaevanduse projekt	440
3.11.3 Kaevandamise peatamise või lõpetamise, sulgemise ning kaevandatud ala korrastamise projekteerimine	441
Peatamine ja/või sulgemine?	441
Sulgemine ja korrastamine.....	442
Kaevandamata jäänud maavara arvestus ja põhjendus	444
Väljatud kaevisse ja kaevandamisjääkide ladustamine ning ladestiste, rajatiste ja teenindusmaa korrastamise eriküsimused.....	445
3.11.4 Projektide vormistamise nõuded ja tavad	446
3.11.5 Tolerantsid projektides ja mäenduse praktikas	448
Näide 3.8 Tolerantsid	449
Näide 3.9. Soovitavad tolerantsid mäeprojektides	453
3.12 Kolmanda osa lisad	454
3.12.1 Allmaakaevandamisviiside ja -mooduste skeemid	454
3.12.2 Eesti suuremad kaevandusprojektid.....	460
Kuremäe põlevkivikaevanduse projekt 1979...89.....	460
Ojamaa põlevkivikaevanduse eskiisprojekt, 2002.....	463
Uus-Kiviõli põlevkivikaevanduse eskiislahendus, 2006.....	464
Ida-Kabala fosforiidi ja põlevkivikaevanduse eelprojekt, 2011.....	472
Maardu graniidikaevandus 1993...2009.....	474
Näide 3.13. Väljavõte Maardu II graniidikaevanduse tasuvusuuringust	477

1 MÄEÕIGUSE ALUSED

1.1 Sissejuhatus ja üldised mõisted

Õigus on kaitstud huvi¹

Mäeõigus on õpetus mäetööstuse huvide kaitsmisest, osa maapõueõigusest. Maapõueõigus käsitleb kõigi maapõue ressursside ja seisundi kaitset, mäeõigus piirdub mineraalressursside kasutamise ja kaitsega.

Õigus on sotsiaalne norm, mille vormiks on seadused, riiklikud juhised ehk määrused, tavaõiguslikud reeglid ning tunnustatud käitumiseeskirjad. Õigus määrab isiku tegevuse piirid oma soovide rahuldamisel ja annab voli nõuda seda teistelt.

Seaduse silmis ei ole isik mitte ainult inimene, üksikisik, (füüsiline isik). Seaduskuulekas peab olema iga ettevõtte, organisatsioon ja asutus (juriidiline isik). Ei tohi silmast lasta, et ka õigusruumi haldavate riigiasutuste ametnikud peavad olema seaduskuulekad.

Selle, maapõueinseneridele kirjutatud õpiku motiiviks ongi anda teadmisi, kuidas rakendada seadusandlust, et isikute õigused oleksid tasakaalus.

Aluseks olgu teadmine, et põhiseadusliku riigi õiguse ülim norm on põhiseadus

Kõik õigusaktid: seadused ja nende alamaktid (määrused, juhendid) peavad olema kooskõlas põhiseadusega.

¹ Rudolf von Jhering'i, saksa õigusteoreetiku tees.
https://de.wikipedia.org/wiki/Rudolf_von_Jhering

Tava

Tava on inimrühmale omane, eelnevatelt põlvedelt päritud käitumis- või tegutsemisviis, praktikas välja kujunenud sotsiaalne norm, komme. Tava on õigus, sotsiaalne norm, kuid ainult siis ja seni, kuni seadustega pole teisiti reglementeeritud või riigi sunniga piiratud.²

Maapõueõigus ei tunnista tavaõigust

Tava kohaselt on inimene võtnud kõiki loodussaadusi, ka kive ja kaevist, nii oma kui ühiskonna maalt. Veel möödunud sajandi esimesel poolel koguti ja murti ehituskivi mitte ainult oma, vaid ka riigi maal. Veel varem murti, võeti ja koguti põletuslubjakivi, klaasiliiva, pottsepasavi, kipsi, värvimulda ja muud mineraalainet tavaõiguslikult. On tavaks võtta ja viia kalmistule sobivat liiva sobivast kohast. Maapõueseadus seda ei luba. Lubavam ei ole ka keskkonnaseadustik, mille üldosa kätkeb tavaõigust ainult elusa looduse saaduste (marjad, seened, pähklid) või surnud loodusaaduse (maha langenud oksad ja muude sarnaste) suhtes.

Keskkonnaseadustik ei rakenda tavaõigust eluta looduse objektide (kivid, kivistised, liiv, savi) puhul. Erisus tuleneb ressursi olemusest – viljad ja seened on taastuvad, taimejäänused kõdunevad, kuid kivimid ja fossiilid on taastumatud loodusannid.

Tavaõigusega pörkub maapõueõigus, kui maavarade kaevandamine ja allmaaehitamine

² Edasises kohtab mõistet 'hea tava', mis on ühiskonna, kolleegide ja tööandja poolt positiivselt hinnatav komme, tegevusviis, ilma, et see oleks (veel) riiklik normatiiv.

võivad rikkuda tavandipaiku. Seejuures tavandipaikade hulka kuuluvad mitte ainult tunnustatud religioonide pühamud (kirikud, kabelid, palvelad, kloostrid, **mošeed**) ja nende teenindusmaa (kalmistud, pühad allikad jne) vaid ka rahvausundi mälestised, maa usu objektid: hiied, puud, kivid, allikad. Maailma mäenduse praktikas on palju näiteid, kuidas põlisasukad on tavandipaikade kaitsel vastu seisnud maavara geoloogilisele uuringule ja kaevandamisele ja saavutanud oma kultuse objektide tunnustamise. Eesti näited piirduvad esialgu ehituspiirangute nõudmise ja kehtestamisega.

Väärikate, tunnustatud kultusobjektide kui tõeliste muististe kaitse alla võtmine on tekitanud ootuse, et nii mõnigi lokaalne inimtegevuse objekt (põlistalu, puisniit, kaev või kiigeplats) võiks saada tavandipaiga staatuse kõige sellest tulenevaga maapõueõiguse silmis. Kuivõrd õigustatud on selline ootus, on mäeõigusliku analüüsi sage küsimus.

Õigluse printsiip

Õiglane käitumine võiks olla sõnastatud:³

Sa ei tohi teha oma olukorda paremaks teise (isiku) seisundit halvendamise arvel.

Ei tohi halvendada, tähendab, et kui teed enda jaoks midagi head ja kasulikku, siis teise isiku olukord ei tohi seeläbi halvemaks muutuda. Teise

³ Tuntud kui Pareto printsiip, itaalia teadlase Vilfredo Parteo (15.07.1848...19.08.1923) järgi.

isiku seisund ja olud peavad jääma vähemalt samaks või veelgi etem – muutuma paremaks.

Selle filosoofilise printsiibi rakendamisel tekib kriteeriumite probleem: kuidas mõõta, hinnata enda ja teise seisundit? Kui kaalukad on kellegi (isiku) või millegi (keskkonna) heaolu tunnused? Ja millised tunnused? Ja veelgi täpsemalt – kui lõhn (hais), heli (müra) ja vaade (maastik) on mõõdetavad/hinnatavad tunnused, siis milline on nende kaal üldsuse ja üksikisiku jaoks?

Nende kriteeriumite kaalumise on optimeerimise, otsustamise ja kompenseerimise tavaline protseduur. Eriti sage ja keeruline on see loodusmajanduses, kus alailma ja paratamatult rikutakse teiste isikute välja kujunenud seisundit, olmet, omandit.

Konflikt õigluse printsiibiga muutub teravaks, kui:

- a) Isik käsitleb oma välja kujunenud olukorda kui parimat võimalikku või
- b) Isik hindab oma olukorda ainult enda kriteeriumite alusel.

Juhul a) näeme, et tihti on tegu oma olukorda kõrgelt hindava ambitsioonika isiku piiratusena, kommunikatsioonihäiretega või kahju puuduliku kompenseerimisega. Üldjuhul on see lahendatav.

Juhul b) tuleb appi võtta üldistest huvidest lähtuvad kriteeriumid. See võib olla raske ja keerukas protseduur, mille drastiliseks lahendiks võib saada omandi sundvõõrandamine.

Seaduste hierarhia ja seadusloome

Põhiseadus, nagu eelnevas rõhutatud, on seadusloome alus. Seadused ja muud juriidilised aktid ei tohi olla vastuolus põhiseadusega. Meie juhul on oluline teada, et Eesti Vabariigis on maavara üldrahvalik vara, rahvuslik rikkus. Põhiseaduse § 5 kõlab "Eesti loodusvarad ja loodusressursid on rahvuslik rikkus, mida tuleb kasutada säästlikult".⁴

Loodusressursid ja loodusvarad võivad olla nii riigi kui ka üksikisiku valduses

Mets, järv ja jõgi, nagu ka liiva, kruusa, savi, turba jt maavara lasundid võivad olla nii riigi kui isiku maal. Kaljuse maapõue kivimid, mis Eestis on riigi valduses, ei pruugigi huvitada maaomanikku, on ikkagi olulised kui tema ehitise maapõuetugi.

Demokraatlikus ühiskonnas võib omandi kasutamist ahendada, piirata omaniku õigusi oma vara haldamisel ainult seaduse alusel. Nii sätestab Eesti Vabariigi Põhiseaduse § 32.

Raamseadus ehk koodeks on mingi õigusharu normide süstematiseeritud kogu. Seadusi terviklikuks seaduste koguks koondav tegevus on kodifitseerimine. Põhimõtteliselt võiks maapõueseadus kuulude keskkonnaseadustiku (-koodeksi) koosseisu.

Enne iseseisvumist korraldasid Eesti(maa) maavarade kasutamist koodeksid (raamseadused):

⁴ Mille poolest erinevad loodusvara ja loodusressurss, saab seletuse järgnevas. Enne seda olgu rõhutatud, et põhiseaduses on tähtis iga sõna ja mõiste. Tuleb aru saada, et 'säästlikult' ei ole sama, mis 'säästvalt'.

1. [Keiserliku Venemaa Mäekoodeks](#), kuni 1927.
2. [NSVL ja ENSV maapõuekoodeks](#), 1940...1994.

Iseseisva Eesti maapõue, maavarasid ja mäetööd reguleerisid ja reguleerivad:

3. [Mäeseadus](#), 1927...1940
4. [Maapõueseadus](#), alates 1995.
5. [Kaevandamiseadus](#), 2003...2016

Seadus on õiguse alus ja allikas, kõrgeima riigivõimu, seadusandliku organi kehtestatud õigusakt. Seaduse ülesanne on korra ja õiguse fikseerimine.

Rahvusliku rikkuse, maapõue loodusressursside kasutamist ohjab maapõueseadus vastavuses riigi põhiseadusliku õigusega vallata, kasutada ja käsutada maavara kui üldrahvalikku omandit. Et kaitsta maavara kui rahvuslikku rikkust, paneb maapõueseadus teiste varade, nagu ehitise, viljelusmaa jm omanikele kohustusi ning piiranguid, kuivõrd seda lubab Põhiseaduse § 32. Seadus võib üldistes huvides sätestada vara liigid, mida tohivad Eestis omandada ainult Eesti kodanikud, mõnda liiki juriidilised isikud, kohalikud omavalitsused või Eesti riik. Selliste varade hulka kuuluvad maavarad ja põhjavesi.

Seadusloome halb tava on pidev õigusruumi tühemike täitmine, "aukude lappimine". On juhtunud, et seadusandja üritab piirata tegevust, mille on esile kutsunud mõne kildkonna (elanikkonna, valijaskonna, kogukonna) pahameel. Mäenduse valdkonna tüüpnäited on kampaaniad karjääride vastu, mis sagenevad valimiskampaania ajal. Selline praktika on tavaline heitliku meelsusega riikides.

Demokraatliku riigikorra tingimustes tegeletakse seaduste parandamisega, enamasti siis, kui akt ei olnud piisava põhjalikkusega ette valmistatud. Ka meie maapõueõiguse ruumis on seda ette tulnud. Seadusloome erinähtus on nn renomeeseadused - aktid, mille eesmärk on millegi tähtsustamine. Seaduse objekti halvustamata võib näiteks tuua Eesti Rahvusraamatukogu seaduse. Maapõueõigust puudutav renomeeakt on säästva arengu seadus (1995), mis näiteks viimases maapõueseaduses üldse mainimist ei leia.

1.2 Keskkonnaõiguse põhiseisukohad, printsiibid ja prioriteedid

Tavaliselt defineeritakse õigust kui kindlal territooriumil, kindlas ruumis riigi poolt kehtestatud üldkohustuslike normide kogumit.⁵ Sellest lähtuvalt tuleks keskkonnaõigust võtta kui keskkonna ruumilise terviku käitlemist reguleerivate õigusaktide kogumit.

Keskkonnaõigust käsitledes tuleb pidevalt teadvustada, et

suurema osa keskkonnast moodustab maapõu, inimtegevuseks sobiv maakoore osa

Maapõu on maismaal, piiriveekogudes, territoriaal- ja sisemeres ning majandusvööndis inimtegevuseks kättesaadav maakoore osa [maapõueseaduse, § 2].⁶

Maapõueseadus, mis järgnevas käsitlusse tuleb, on keskkonnaõiguse oluline osa.

Keskkonnaõigus on õiguste pere üks nooremaid liikmeid, seepärast üsna tegusate väljendusvormidega. Kujukalt avaldub see keskkonnaõiguses deklareeritud printsiipidest, näiteks: „Keskkonnaõiguses on printsiipidel paljude teiste õigusvaldkondadega võrreldes oluliselt suurem roll.“

⁵ Õiguse defineerimine territooriumi (riigi, haldusüksuse) kui tasapinnalise objekti piires nõuab rakendusaktides täpsustamist: kui kõrgele õhuruumi, kui kaugemale rannajoonest, ja meie juhul - kui sügavale maapõue ulatuvad territooriumil kehtivad seadused? Selle probleemaatikaga puutume edasises korduvalt kokku.

⁶ Eesti [maapõueseadus](#)



Pilt 1.1 Maapõu on keskkonna alus ja looduse suurim osa

Maa maht on 10^{12} km³.

Sellest vaid üks tuhandik ehk 10^9 km³ on see osa, mida reguleerib maapõueseatus.

Indiviid tajub keskkonda suurusjärgus 1 km³, mis on miljardik maapõuest.

Kuid inimkonna, $<10^{10}$ inimese poolt tajutav ruum on juba samas suurusjärgus maapõuega.

Keskkonnaõiguse printsiibid

... on sõnastatud:

- Jätkusuutlik areng, mille kohaselt tuleb otsuste tegemisel võtta majanduskaalutluste kõrval samaväärsena arvesse sotsiaalseid ning keskkonnakaalutlusi.
- Integreerimisprintsiip – poliitiliste ja õiguslike otsuste langetamisel tuleb arvesse võtta keskkonnakaalutlusi.
- Vältimisprintsiip – kui tegevusega kaasneb keskkonnakahju, tuleb kahju vältida.
- Ettevaatusprintsiip – kui tegevuse ohtlikkus pole täiel määral tõestatud, ent see võib pädeva hüpoteesi kohaselt esineda, tuleb vältida keskkonnakahju ohu tekkimist.
- Saastaja maksab – keskkonnakahjudega seotud kulutused kannab kahju tekitaja.

Analüüsidest printsiipe peaks lugeja märkama, et:

keskkonnaõigus ei tõkesta, ainult ohjab majandus- ja arendustegevust

Tööstusringkondades tihti nii ei arvata.

Mäetöösturid, kes pörkuvad keskkonnapiirangutele, peavad neid tõketeks. Nad on selles ise süüdi. Täpsemalt, põhjus on loodusressursside kasutajate tavaliselt pidada keskkonda „ammendamatu allikaks.”⁷ Seda töösturite tava on ühiskond hakanud taunima, astudes vastu kõigele, mis häirib inimeste igapäeva- ja jõudeelu.

⁷ Lausung, mida omistatakse Hitlerile, kui ta käsitles saksa inimressurssi. Samaväärne oli "looduse suure ümberkujundaja", nõukogude aedniku Ivan Mitsurini loosung: "Me ei pea ootama looduselt armuande, me peame võtma neid ise". Teame, milleni see viis.

Tavaks on saanud ka keskkonnatundlike isikute korraldatud massiprotestid. Tihti minnakse seejuures üle seaduse piiri. Sagedamini teevad seda need, kes lähtuvad oma isiklikest huvidest. Just siis kerkivadki esile majandust tõkestavad tegurid.

Need kaks tava ilmestavad keskkonnaõiguse ruumi mitte ainult meil, vaid ka teistes heaoluühiskonnaga riikides.

Tavade suunamine seadusruumi on õigusloome tähtis tegevus

Jätkusuutlik areng ja integreerimisprintsii

...eeldavad, et otsuste tegemisel tuleb majanduskaalutluste kõrval võtta samaväärsena arvesse ka sotsiaalseid ning keskkonnakaalutlusi ja seda ka poliitiliste ning õiguslike otsuste langetamisel. Need on süsteemse lähenemise ammused põhitõed, mis maavarade kaevandamise alal kuuluvad mäemajanduse valdkonda.⁸

Vältimisprintsii

Kui tegevusega kaasneb keskkonnakahju, tuleb seda kahju vältida. Majandustegevuses ja praktikas kehtib veidi teine, kompromissi printsii — kui tegevusega kaasneb vältimatu keskkonnakahju, tuleb see kahju korvata. Just nii sätestab maapõueseadus.

⁸ Reinsalu, E., 1998. Mäemajandus, Tabel 1.11. [Digiteavik, 2008](http://digi.lib.ttu.ee/i/?164) :

Ettevaatusprintsiiip

Kui tegevuse ohtlikkus pole täiel määral tõestatud, ent see võib pädeva hüpoteesi kohaselt esineda, tuleb vältida keskkonnakahju ohu tekkimist.

See printsiiip on probleemide allikas, kui 'pädeva hüpoteesi' asemele paigutatakse "ebapädevuse printsiiip" mille tunnuseks on vastulaused: „me ei tea ...“, „ei ole kindel, et ...“, „pole piisavalt uuritud ...“ jne.

Paljudel juhtudel ilmestavad vastulaused nende esitajate ebapädevust: puudulikku haridust, erialast teadmatust, ignorantsust. Sõnakõlksu „pole piisavalt uuritud ...“ taga võib aimata soovi saada uuringutoetust, jätkata harjumuspärast teadustööd, hankida elatisraha.

Saastaja maksab

Keskkonnakahjudega seotud kulutused kannab kahju tekitaja. See printsiiip kehtib vähemalt kahel erineval moel:

- kui tegevusega kaasneb keskkonnakahju, tuleb see kahju korvata,
- kahju tekitajat koormatakse mitmesuguste maksudega, mis peaksid ohjama kahju tekitamist.

Mõlemad tegevused on sätestatud kehtivates seadustes.

Tõime keskkonnaõiguse seisukohad välja, et neile toetuda maapõueseadust käsitledes. Kuidas keskkonnaõiguse printsiipe tehniliselt teostada ja toetada, sellest tuleb juttu edasises, osas 2. [Mäenduse keskkonnanahool.](#)

Keskkonna prioriteet loodusvarade kasutamisel

Kaasajal on tähtsaima ressursi rolli saanud loodus kui kooslus. Kõige selgemalt on looduskoosluse olulisus tunnetatav piirangute kaudu, mida pannakse teiste loodusvarade: maavara, kalavaru, ürgmetsa, vee jt kasutamisele. Järjest enam saab ilmseks, kuidas

looduskoosluse hoidmine prevaleerib üksiku loodusvara kasutamise ees

Keskkonnaõiguse regulaator Eestis on keskkonnaseadustik. Loodusmajanduse paremaks mõistmiseks tuleb eristada, mis on mis. Näiteks:

loodusvara on mõõdetav looduskapital, riiklikult arvel olev „**looduse toode**“ – maavara ja põhjavesi

Maavarana arvele võtmata maapõue osis ei ole loodusvara. Valdavalt on ta loodusressurss: ehitiste, kõlvikute ja loodusobjektide alus, maatugi. Viljelusmaa ja selle muld, nagu ka suurem osa metsast ei ole loodusvara – ei ole looduse toode vaid inimeste töö tulem. Viljelusmaa ja -mets on viljelusmajanduse tootmisvahendid.

Loodusressurss on kogu looduskeskkond – võimalus kasutada õhku, vett, maastikku, ookeane jm

Loodusressurss on avalik hüve, seda on võimatu mõõta ja ta pole ametlikult arvel

Loodusressurss võib olla reglementeerimata tootmisvahend nende jaoks, kes heidavad õhku ja veekogudesse jäätmeid või tekitavad

(ehitavad, rajavad) midagi maastikku ja maapõue. Mida enam saastuvad õhk ja vesi ning risustub maastik ja maapõu, seda enam ammenduvad need ressursid ja seda vähem antakse võimalusi sinna midagi heita ja rajada.

Eelmise sajandi teisel poolel valiti kolme, Hageri, Jüri ja Kose kihelkonna vaheline Nabala piirkonna nime all tuntuks saanud kõnnumaa, üsna troostitu ja vähese viljelusväärtusega piirkond ehituslubjakivi varumiseks. Majanduse seisukohalt oli see maastik madala väärtusega loodusressurss. Seda enam, et hõreda asustuse tõttu oli eelmine riigikord sinna paigutanud raketibaasi. Nüüd, kui meie loodusmaastikud on risustatud uute elamurajoonidega ja asumitega, on see piirkond muutunud sealsete püsi- ja suveelanike silmis nii hinnaliseks, et nad korraldasid seal Nabala looduskaitseala loomise.

Loodusvarad ja loodusressursid, kuigi võivad olla nii eravalduses kui ka üldises kasutuses, jäävad igal juhul avalikuks hüveks. Nende kasutamisega seotud konfliktide põhjuseid on mitmeid, kuid selgemini joonistuvad välja kaks:

Esimest tüüpi kaasus — isik käsitleb tema kasutuses olevat loodusvara või tema lähikonnas olevat loodusressurssi kui isiklikku omandit või hüve.⁹

⁹ Üks suhteliselt värske kohtulahend lõi pretsedendi, mille kohaselt isiku valdusesse mittekuuluv asi (tema rannalt nähtav meremaardla), mille käitamine isikut häirib, ei ole alus protsessimiseks.

Teist tüüpi kaasus – loodusvara kasutaja rikub [õigluse printsiipi](#).

Mõlemat tüüpi kaasust illustreerib eeltoodud Nabala näide. Piirkonna looduskooslus on kohalike elanike ja suvekodude omanike ilmne hüve. Seda hüvet kaitstes rikkusid nad õigluse printsiipi sellega, et muutsid halvemaks nende isikute olukorra, kes lähtudes üldistest huvidest kavandasid maavara kui üldrahvaliku omandi kasutamist.

Järgnevas käsitleme konfliktide ning nendega seotud [riskide](#) vältimise ja lahendamise võimalusi.

1.3 Maapõueõiguse põhiseisukohad, prioriteedid ja probleemid

Ajaloolised põhiseisukohad

Mäeõiguse printsiibid on tunduvalt vanemad kui maapõueõigus, rääkimata keskkonnaõigusest. Esimesed teada olevad mäenduslikud õigusnormid kehtisid Muinas-Kreekas, kus maavarade leiukohad ja maavarad olid riigi omand.

Märkimist vääriv mäeõiguslik akt oli Kastilia kuninga Alfonso XI *Ordenamiento de Alcal, anno 1348*, millega sätestati kulla, tina ja “muude selliste kaeviste” kuulumine, samuti nende kaevandamisõiguse andmine kuninga pädevusse. Teadaolevalt on see vanim maavarade nimelist määrangut kasutav seadusakt, paljude hilisemate eeskuju.

Mineraaltoorme kasutamise õiguslikud alused on läbinud oluliste muutuste tee. Antiikajast kuni 20. saj keskpaigani oli mineraaltoore oluline rahvuslik

(*national*, **государственный**, riiklik) ressurss, üldrahvalik vara. Antiikajal olid tähtsaimad, valitsejate erilist tähelepanu pälvivad maavarad väärismetallid: kuld, hõbe ja tina. Hiljem lisandusid oluliste maavarade nimistusse argimetallid: vask, plii, raud ja elavhõbe. Keskajal sai tähtsaks strateegiliseks mineraaliks püssirohu koostisosa väävel. 19. sajandil kerkis nimistu etteotsa kivisüsi ja 20 saj õli, gaas ning uraan. Vastavalt toorme olulisusele sai mineraaltoorme hankija privileege, sest tema tegevus oli riigi ja rahvuse jaoks tähtis. Enamasti reguleeriti privileege seadusandlike aktidega, mis olid kas mäeseadused või -koodeksid.

Tava, mille kohaselt oluline maavara on nimeliselt määratud, kulub ajalukku.

Valitsejad, kes olid tekitanud maavarade nimistu, sattusid seda suurematesse raskustesse, mida rohkem lisandus kaevandamisväärseid mineraale ja kivimeid. Kuna mäeõigus reguleeris maagi töötlemist, sai esialgu juhinduda toote nimest. Näiteks, kui mingi mineraali töötlemisel saadi hõbedat, siis see oli hõbedakaevandamine. Keerulisemaks läks, kui maagist sai mitut metalli, näiteks vaske, tsinki ja tina. Siis lahendati probleem valitseja või halduri suva kohaselt. Enamasti, kui asja sisuks oli maksustamine ehk andam valitsejale, tehti seda kõige väärtuslikuma toote alusel. Suva kutsus esile töösturite apellatsioonid. Eriti keeruliseks läks olukord eelmisel sajandi keskel, kui kasvas vajadus haruldaste metallide järele, mida võidi toota mineraalidest, mida valitsejad ei tundnud ja

seadus ei nimetanud. Tulemuseks oli uute seaduste ja normatiivaktide loomine mäeseaduse kõrvale. Nii tekkisid mäetööstusega riikides „muude maavarade“, meremaardlate, õlimaardlate, radioaktiivsete maavarade jt eriseadused.

On ilmne, et maavarade nimeline määramine ei taga nende õiguspärast kasutamist.

Maavarade kaevandamise valdkonna seadusloome hoogustus seoses mäetööstuse keskkonnamõju kasvuga. Paljud kivimid ja setted, nagu ehituskivi, liiv ning kruus, samuti turvas ja savi, mis tavaõiguse järgi kuulusid maaomanikule või olid kogukonnal ühiselt võtta, muutusid paljude silmis varaks. Tekkis soov selliste „loodusandide“ kasutamist reguleerida. Mis oli seejuures peamine, kas kivimurdude ja liiva-, kruusa-, savi- ning turbaaukude häiriv välimus, naabrite kadedus või valitsejate soov saada andamit, polegi oluline. Algas „kohalike maavarade“ kaevandamise seadusandlik reguleerimine. Näiteks Soomes tehti „maainese kaevandamise seadus“. Selle seaduse põhimõtteid kasutati ka Eesti 1995. maapõueseaduse loomisel.

Kohaliku maavara kasutamine on ammust ajast olnud kaevandamisõiguse taotlemise ja lubamise teema. Pirita kloostri kohta teame, et kuigi ehitamisega alustati 1407. a, kulus siiski veel kümmekond aastat, sest alles 1417 saadi esimene pae murdmise luba. Kloostri keskne ehitus, kirik pühitseti seetõttu sisse alles 1436. Probleemi tekitas, et klooster ehitati Liivi Ordu maale, kuid

kaevandamisväärse Lاسnamäe pae murrud asusid Tallinna all-linna sarasel. Nii kulus kaevandamisloa saamiseks kümme aastat.¹⁰

Maapõueseaduste prioriteetidid

Seadusloomet raamistavad seaduse loojate prioriteetidid. Maapõueõiguse aktides, alates ajaloolistest mäeseadustest ja -koodeksitest kuni Eesti keskkonnaseadustikuni, on mineraaltoorme osas täheldatavad aspektid, mida võib nimetada riigi huviks või valitseja eelistuseks. Need on:

- rikkus väärismetallide (hõbeda, kulla) näol,
- sõjaline võimsus argimetallide (vase, tina, raua, plii, tsingi, alumiiniumi) hankimise abil,
- eksporditulu,
- materiaalne ja energeetiline sõltumatus,
- haldusvõimekus.

Riigi ja tema valitsejate rikkus oli esimeste mäeseaduste prioriteet — kuld, hõbe ja teised (väärismetallid kuulutati riigi (valitseja) omandiks.

Sõjalise võimsuse suurendamise soov kasvatas riigile kuuluvate maavarade nimistut raua, vase, plii ja teiste värviliste metallidega, nende maakidega. Metallitööstuse arenedes lisandus nimekirja kivisüsi kui terasetööstuse "leib". Teise maailmasõja ajal kuulutas saksa okupatsioonivõim Eestis peale fosforiidi ja põlevkivi riiklikuks toormeks ka Piusa klaasiliiva. Fosforiit oli fosfori ja põlevkivi õli toore. Piusa liiv oli vajalik metallivalu vormideks ning betoonpommide valmistamiseks.

¹⁰ Vaata Reinsalu, E. 2008. Püha Birgitta paemurd. Eesti mäekonverentsi kogumik.

Teise maailmasõja ajal lisandusid militaaringkondade huvialasse uraani maagid.

Eksporditulu silmas pidavalt kuulutati riigi omandiks paljud keemilised toormed, näiteks Eesti 1927. mäeseaduses fosforiit ja tehnolubjakivi.

Maaõli, oluline ekspordiartikkel on naftariikide riikliku tähtsusega maavara.

Sõltumatus on olnud prioriteediks paljudes riikides. Saksamaa toormesõltuvus viis mineraalvarade poolest rikaste naaberriikide: Poola, **Tšehhia** ning Prantsusmaa okupeerimisele teise maailmasõja eel ja ajal.

Energeetiline sõltumatus on olnud põlevkivi tähtsustav argument Eesti maapõueseaduses ja selle alamaktides.

Haldusvõimekuse tõstmine, teisisõnu — oma võimu kindlustamine maavarade kasutamise üle — on prioriteet, mida järgivad seadusi ette valmistavad ametkonnad.

Prioriteedid avalduvad mitmeti. Eelkõige väljendab neid riigi (= riikliku tähtsusega) maavarade nimistu, samuti maardlate jaotamises üleriigilisteks ja kohalikeks (NSVL ja ENSV mäekoodeks, Eesti maapõueseadus 1995 ja 2004). Prioriteedid võivad esineda klauslitena, mis on aluseks normatiivdokumentide, sh arengukavade koostamisele.

Haldusvõimuga üle pingutamise näide oli kohaliku tähtsusega ehitusmaavarade lülitamine riigi maavarade nimistusse Eesti 1995. maapõueseaduses.

Maapõue piiritlemise probleem

Maapõue, nagu ka õhuruumi ja kosmose kasutamisala jagamine on alati tekitanud probleeme. Seepärast on kokku lepitud, et sügav maapõu on üldine omand, samuti kui seda on maailmameri ja Antarktika. Samas - maakate ja maa(pind) ei ole avalik hüve — need võivad esineda era-, riigi või munitsipaalomandina.¹¹

Mulda, mis on maakatte alumine ja pinnase ülemine kiht, püütakse sageli käsitleda maapõue osana. Tavapäraselt siiski ei ole muld maapõueõiguse objekt, sest ta pole maavara. Eesti maapõueseaduse alamaktid, nagu ka teiste riikide sellekohased seadused käsitlevad ja kaitsevad mulda, kui see pinnasena või kaevisena looduslikust olekust irrutatakse, võõrandatakse või lastakse hävida, kuid kusagil ei käsitleta mulda maavarana, sest see viljelusmajanduse ressurss.

Riigile kuuluv maapõu on piiritletud naaberriikidega. Tavaõiguse kohaselt kulgeb piir ruumis püstiselt üles ja alla. Nii ülal kui all on riigi ruum määratud inimtegevuse mõjuväljaga, mis piirdub üleval atmosfääri ja all tahke maakoore ulatusega.

Maapõueõiguse oluliseks sätteks on maakoore tahke osa jaotamine üldises omandis oleva jaotamata maapõueks ja kinnistu valdaja käsutuses olevaks maatoeks. Seejuures:

¹¹ [MAAKATE](#) on maapinna elutust ja/või elusainest kate, k.a tehislikud pinnakatted, põllumajandustaimed, metsad, (pool)looduslikud alad, märgalad ning veekogud. Maakate väljendab suurel määral maakasutuse mõju maa pinna väljanägemisele; http://www.keskkonnainfo.ee/failid/ky/mullastik_maakasutus.pdf

- maatugi on kinnistu ja kinnisasja terviklikkust ning kasutamist tagav maapõue osa;
- maatugi ulatub maapõues vaid nii sügavale, kui kinnisasjale vajalik;
- mistahes kaitstav objekt peaks olema käsitletav kinnistuna.

Eesti 1995. maapõueseaduse üks vaimukamaid leide oli klausel, mille kohaselt kinnistu piirdub sügavuti kvaternaari- ehk pärast-jääaegsete setetega. Tavapruugiks sellest piisas, ent ülimat täpsust taga ajades ja [mõõtemääramatust](#) ignoreerides ei ole isegi sügavate geoloogiliste teadmiste abil võimalik tõmmata täpset piiri pärast- ja ennejäaaegsete setete vahele. Seepärast osutus mõistlikuks sellest lihtsustatud geoloogilisest kriteeriumist mitte väga kinni pidada ja eelistada maapõue piiritlemist kinnisasja kasutamise otstarbe alusel.

Asjaõigusseadus määrabki kinnisomandi ulatuse maapõues sügavuseni, milleni ulatub omaniku huvi kinnisasja kasutamisel. Kuid, kui kinnisasi vajab sügavat maatuge, mis ulatub aluspõhja maavarani, näiteks põlevkivisse või fosforiiti, tekib eelpool mainitud [esimest tüüpi kaasus](#), sest lastakse end eksitada maavara nomenklatuursest määratlusest. Selles ei aita asjaõigusseaduse § 130, mis ütleb, et kinnisomand ei ulatu maavaradele, mille loetelu sätestab seadus. Asjaõigusseadus ei arvesta, et loetelu ei ole piisav alus maavara sätestamiseks, mistõttu kivimid: fosforiit, põlevkivi ega teised kivimid ei ole maavarad, kui nad ei moodusta maardlat.

Maapõue piiritlemine on oluline mitte ainult kinnisomandi määratlemisel vaid ka keskkonna- ja looduskaitsepiirangute ulatuse mõtestamisel. Paljud keskkonnapiirangud käsitlevad ruumi kahemõõtmelisena, ei sätesta piirangute sügavust maapõues. Suuresti on see tingitud loodusobjektide kaitsmist sätestavate isikute piiratud ettekujutusest taeva kõrgusest ja maa sügavusest – „lameda maa“ kuvandist.

1.4 Mäeõiguse ajalugu

Mäeõigus ehk maavarade haldajate ja käitlejate tegevusnorm jaotub kaheks – laiapiiriliseks maapõueõiguseks ja kitsamaks kaevandamiseseadustikuks. Esimene reguleerib maavarade, maaomanike ja riigi vahelisi suhteid. Teine on mäetehnikat ja mäetööde ohutust korraldav regulatsioon. Ajaloolistes mäeseadustes on keskkonnahoiu nõuded vähe ja needki reguleerivad vaid mäetöösturi ja maaomaniku vahelisi suhteid. Keskkonnanõuded karmistusid alles 20. sajandil.

1.4.1 Keiserliku Venemaa mäekoodeks 1893

Koodeksi aktid kehtisid meil Eesti mäeseaduse kehtestamiseni 1927. aprillis.

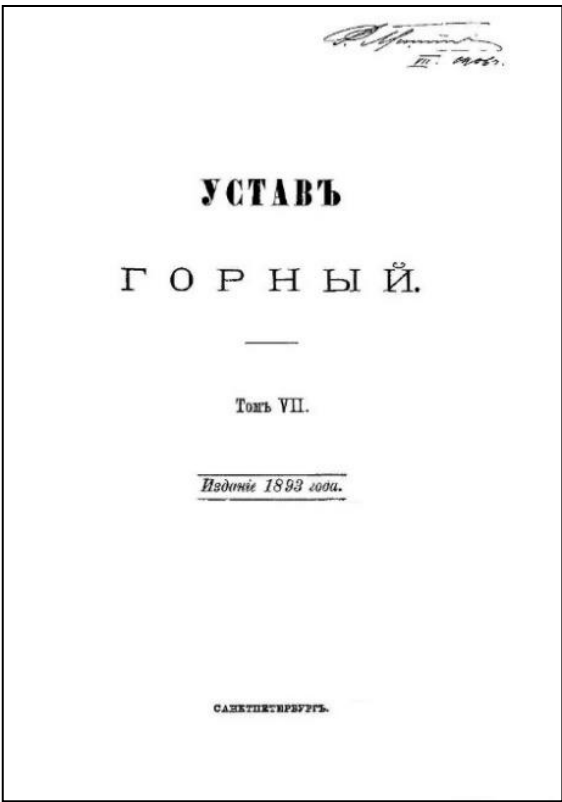
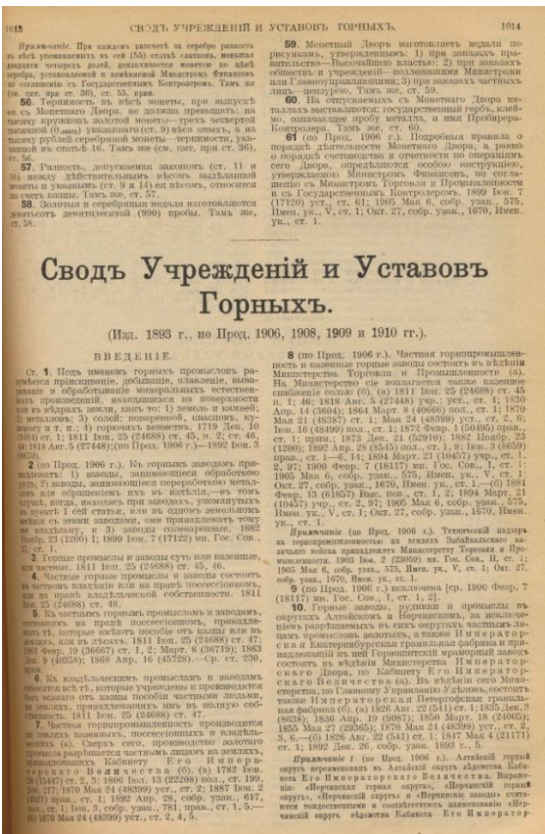
Venemaa mäekoodeks oli sajandite jooksul kujunenud mäeõiguse aktide kogum, mis reguleeris suurriigi laiahaardelist mäe- ja metallitööstust. Koodeksi objektid olid kõik, mis olid seotud mineraaltoorme hankimise ja käitlemisega – [maavara varumisest](#) lõpptoodangu turustamiseni.

Mäetööstus kuulus impeeriumi riigivarade ministeeriumi valdkonda. Koodeksi reguleerimisala oli lai – haaratud oli kogu mäendus toormeväljade otsingust kuni mäeõppe ja -teaduseni.¹² Põhirõhk oli järelevalvel. Erimäärusi oli isegi sotsiaalhoolde (haiglad, vanadekodud) ning mäetööstuspiirkondade kõlblusteenistuse (korravalve, religiooniteenindus, suguhaiguste tõrje) korraldamisest.

Koodeks käsitles kõiki kaeviseid: setteid ja kivimeid, metalle, soolasid ning põlevmaardeid. Seadusandja ei piiranud ennast maavarade nomenklatuurse määranguga. Nimetamisväärseks peeti vaid riigi ja valitsejate silmis olulisi maavarasid: kulda, soola, vääris- ja ilukive samuti mineraalvett.¹³ Maavarade uuringu ja kaevandamise õigust jagati lähtuvalt ärihuvist, eelistades riiklike (valitsejate) huve ja vajadusi.

¹² Mäeteadust nimetati toona „mäekunstiks“, mille alusel teravmeelitsejad nimetasid mäelaborit „mäeateljeeks“.

¹³ Sool kui liha ja toornahkade konservant oli Venemaal strateegilise tähtsusega kaup.



Pilt 1.2 [Keiserliku Venemaa mäekoodeksi tiitelleht.](#)

Raamat Moskva Ülikooli professori Nikolai Nikolajevi (1906...2002) autograafia.

TTÜR digikogu <http://digi.lib.ttu.ee/i/?480>

Venemaa mäekoodeks käsitles teemat eesmärgipõhiselt. Eesmärk, mis „pühendas abinõu“ oli mineraaltoorme kasumlik kasutamine. Suur osa tänapäeval kerkivatest vaidlusküsimustest, näiteks: mis on maavara, millised on kaevandamisväärseuse piiritingimused (konditsioonid, *cut-off-grades*), mida teha kaevandamisjäätmetega ja kuidas saada kaevandamiseks vajalikku maad, lahendati äärmiselt või administratiivselt. Peamine otsustamise teema oli – kellel, millisel ettevõtjal või institutsioonil on kaevandamise loa saamisel eesõigus. Seejuures oli klausleid, mis tõkestasid mõningate isikute osalemise mäetööstuses, sh rahvusliku kuuluvuse alusel.

Koodeksile allusid nii riigi- kui ka eraettevõtted, samuti päruettevõtted.¹⁴ Eristati keisri kabinetile, õukonna ministeeriumile ja Doni sõjaväeringkonnale kuuluvat mäetööstust. Seejuures mäetööstuse haldamine ja mäejärelevalve oli territooriumipõhine — riik oli jaotatud kaheksaks mäetööstuspiirkonnaks, kellel oli mäendusalane otsustus- ja järelevalveõigus.

Kogukonnal polnud mäetööstuse kui riikliku huviobjekti asjades sõnaõigust.

Esimene oli mäetööstuspiirkondade nimistus Vene mäetööstuse hääl Uural. Läänepoolseim oli Venemaa poolt hõivatud Poola mäetööstuspiirkond, kus kehtisid mitmed erisused olid tingitud annekteerimisel kaasa tulnud Kesk-Euroopa mäenduse tavadest. Doni sõjaväeringkonna mäetööstus allus otse sõjaministeeriumile, moodustamata eraldi mäetööstuspiirkonda. Doni piirkonna omaette käsitlemine võis olla seotud uue territooriumi (Novaja Rossija — Uus-Venemaa) rahva vaos hoidmisega. Kuid võib arvata ka, et põhjusi erihalduseks lisas kivisöe ning -soola maardlate avastamine Donimaal. Kivisüsi, eriti koksistuv, samuti sool olid riiklikult tähtsad maavarad.

Eesti- ja Liivimaa kubermangud, kus mäetööstust ei olnud, ei kuulunud ühegi piirkonna alla. Kui küsimuse alla tuli selline erandlik maavara nagu põlevkivi, käsitleti seda sobivas ametkonnas.

¹⁴ Päruettevõtte oli ajaloolise agraartootmisüksuse, pärusmõisa analoog mineraaltoormetööstuses. Sellise ettevõtte töölised ja teenistujad, steigerid, järelevalvatajad jt moodustasid pärustööjõu (*посессионный*, eesti keeles 'pärisori'). Mäekoodeks nägi muu hulgas ette, et tööstur ei tohtinud pärustööjõudu võõrandada, mis pidi tagama kvalifitseeritud tööjõu säilimise.

Eestimaal kubermangu põlevkivide (graptoliitargilliit kaasa arvatud) kasutamine muutus aktuaalseks esimese maailmasõja ajal, mistõttu kaevandamise alustamist käsitles sõjaolukorras moodustatud Kütuste erinõukogu Petrogradis.¹⁵

Mäeinseneride õpikus on kohane mainida ka toonast mäeõppe korraldust. Mäeõppeasutused, alludes riigivarade ministeeriumi mäeosakonnale, olid: Peterburi Mäeinstituut, Lissitšianski Steigerikool (*Лисичанськ*, Ida-Ukraina) ning mäekoolid Uuralis Jekaterinburgis, Irkutskis ja Dombrovas (*Пiotrków Trybunalski*, Poola). Peterburi Mäeinstituut õpetas välja mäeinseneri, Lissitšianski Steigerikool keskastme juhte, Uurali Mäekool mäejärelevalve töötajaid kutsenimetusega 'inspektor' (*уСТАВЩИК*), mäemeistreid ja tehasekoolide õpetajaid. Irkutski Mäekool õpetas steigereid ja inspektoreid, eelkõige kullakaevandustele, Dombrova Mäekool valmistas ette steigereid ja inspektoreid oma piirkonnale. Peterburi Mäeinstituudi lõpetanud said mäeinseneri kutse ja tsiviilaukraadi, steigerikoolide lõpetanuile anti steigeri kutse, Uurali Mäekooli lõpetanu sai urjadniku (= maakordniku) nimetuse.

¹⁵ Toona nimetati impeeriumi pealinna Petrogradiks, vältimaks Peterburi saksapärase nimetust. Saksamaaga oldi sõjas

Diplomeerimata insenerid ja isikud, kes olid saanud sobiva erihariduse välismaal, võisid saada mäeinseneri kutse sellekohaselt kutsekomisjonilt eksami kaudu. Kutse taotlejal pidi olema vähemalt kolmeaastane kaevandusetöö kogemus.

Venemaa maapõuekoodeks ei käsitlenud maavarade kaevandamisega mitteseotud maapõuetööd. Teisisõnu – allmaarajatiste ehitamine ja ehitusgeoloogiline uuring, samuti loodusteaduslik geoloogia ning mageda põhjavee kasutamine ei olnud mäekoodeksi asjad.

1.4.2 Eesti mäeseadus 1927

Esimese mäendust korraldava seaduse, Eesti mäeseaduse võttis Riigikogu vastu 17. märtsil 1927. Seadus jõustus 1. aprillil ja kehtis muutustega 1940. aastani. Seaduse aluseks oli 1919. maaseadus, mis oli kõik Eesti riigi maapõue loodusvarad kuulutanud riigi omaks. Maaseadus nägi ette, et loodusvarasid hakkavad käsitlema eriseadused, millest üheks sai mäeseadus ja teiseks hilisem Loodusvarade Instituudi seadus.

Riigi Teataja

Ilmub tarvidust mööda.

Toimetus ja tallus: Riigi trükkija, Niine tän. 11. Kontor on avatud kella 8—2. Seisimas lehe tellimiste vastu- võtmise. Käibetat: toimetus 445, kontor 232.	Tellimiste hind: 12 kuu peale 1200 mk. 6 „ „ „ 600 „ Üksik nr. kuni 32 lhk. 10 „ „ „ „ 48 „ 20 „ jne.	Kuulutuste ja teadaannete hind: Kohutakuulutused, suuruse peale vastamata — 100 marka; kaostatud isikunimistuste kuulutused — 50 marka; muud kuulutused iga min-rida 8 marka.
--	--	--

Nr. 30. Neljapäeval, 31. märtsil 1927 a. Nr. 30.

I.
 Sisu: Nr. 17. Mäeseadus.
 Nr. 18. Riigiteenijate ja -töölise ühekorise paigalisa seadus.

II.
 Tapaloomade hindade keskmised määrad ja nende järele võetav riigi %-maks 1927/1928 eelarve-aasta kohta.
 Eetkontrolli teostamise määrus.

III.
 Teadaanne metskondade ümbernimetamisest.
 Muudatused Põltsamaa linnavolikogu koosseisus.
 Turi linnavolinikkude ja nende kandidaatide nimekirj.
 Saure-Jaani alevivolinnikkude nimekirj.

I.
 Nr. 17. Riigikogu poolt 17. märtsil 1927. a. vastuõetud
Mäeseadus.
 Peatükk I.
 Üldmäärused.

§ 1. Maapõues peituvate mineraalvarade: marmor, dolomiidi, tulekindla savi, kipsi, metallide, metalli- ja värvimuldade, soolade, vosvoriidi, õlikivi, nafta ja loomulikud gaaside uurimine ning saavutamine sünnib käesoleva seaduse põhjal, kas otsekohe riigi poolt või antakse tema poolt igal üksikul juhtumisel eraettevõtjatele.

Käesoleva seaduse alla ei kuulu harilikus majapidamises tarvisminevate mineraalvarade saavutamine maomaniku poolt majapidamise otstarbel, küll aga võib kaubandus-tööstus-ministeerium välja anda tehnilisi määrusi tähendatud saavutamise kohta.

§ 2. Avamise ja tehnilise järelevalve suhtes kuuluvad käesoleva mäeseaduse alla peale kaevanduste juures asuvate mineraalvarasid ümbertöötavate tehaste ka tehased, mis ei asu kaevanduste juures, kuid on nende orgaanilisteks osadeks.

§ 3. Käesoleva seaduse § 1. nimetatud ettevõtete ja nende § 2. nimetatud ettevõtete ja tehaste kohta, mis asuvad kontsessiooni piirkonnas, on maksivad suur-, kesk- ja väiketööstuse seaduse („R. T.“ nr. 28 — 1920. a. seadus nr. 106) §§ 1 — 6, 25 — 42; väljaspool kontsessiooni piirkonda asuvate ettevõtete kohta on makses suur-, kesk- ja väiketööstuse seadus täies ulatuses.

Peatükk II.
 Mäeasjanduse juhtimine.

§ 4. Käesoleva seaduse § 1. nimetatud maapõuevarade ja mäeasjanduse valitsemine ning juhtimine kuulub kaubandus-tööstus-ministri võimkonda.

Kaubandus-tööstusminister juhatab mäeasjandust mäeosakonna kaudu.

§ 5. Kaubandus-tööstusministri õigused ja kohused mäetööstuse alal on järgmised:

- 1) tema korraldab geoloogilisi ja tehnilisi uurimisi Eesti vabariigi piirides olevate maapõuevarade ülesleidmiseks ja nende hulga kindlakstelemiseks;
- 2) hoolitseb selle eest, et need varandused ei läheks kaotsi ega jääks kasutamata;

Pilt 1.3 Eesti 1927. mäeseaduse tiitelleht 1927. Riigi Teatajas

Mäeseadus tugines Kesk- ja Ida-Euroopa klassikalisele mäeõigusele ning korraldas mäetöösturi, üldsuse ja maaomanike suhteid. Sätestatud olid kõik peamised õigused ja piirangud, sealhulgas kompenseerimiskohustus, nõude iganemine jne.

Kehtestati maavarade nomenklatuurne määrang. Maavarad olid (kirjaviis muutmata): „...marmor, dolomiit, tulekindel savi, kips, metallid, metalli- ja värvimullad, soolad, vosvoriit, õlikivi, nafta ja loomulikud gaasid.“ Seaduse alla ei kuulunud „harilikes majapidamistes tarvisminevate mineraalvarade saavutamine maaomaniku poolt majapidamise otstarbel...“¹⁶

¹⁶ saavutamine — *gewinnung, выемка, extraction*, väljamine

Siiski jättis mäeseadus valitsuse institutsioonidele õiguse sekkuda kohaliku kaevandamistegevusse. Näiteks Vabariigi valitsuse määrus (kirjaviis muutmata): "Avalikkude teede ja sildade ja nende päraldiste ehitamiseks ja parandamiseks kruusaukude avamise ja tarvitamise, samuti kivide, liiva, kruusa savi j.n.e. võtmise määrus", RT 33, 1928, alus - maanteede seadus, § 29, RT 48, 1928.

Hiljem, kui loodusressursside majandustähtsust hakati paremini mõistma, loodi Loodusvarade Instituut. Valitsus, täpsustades selle institutsiooni tegevusvaldkonda kehtestas loodusvarade ja toorainete nimistu (kirjaviis muutmata):

- põlevkivi, turvas, fosforiit ja dolomiit, diatomiit, kips, kriit, markasiit, rauamaak;
- põlevkivi tooted, metsa ja puidu ümbertöötamise tooted, superfosfaat, ja toomasjahu, telliskivi, lubi, diatomiitkivi, silikaatkivi, tuhakivi, tsement, samuti igasugused kunstmassid, nagu bakeliit, galaliit ja kunstsarv.¹⁷

See valitsuse otsus defineeris loodusvara, kuid ei muutnud maavara nomenklatuurset mõistet mäeseaduses.

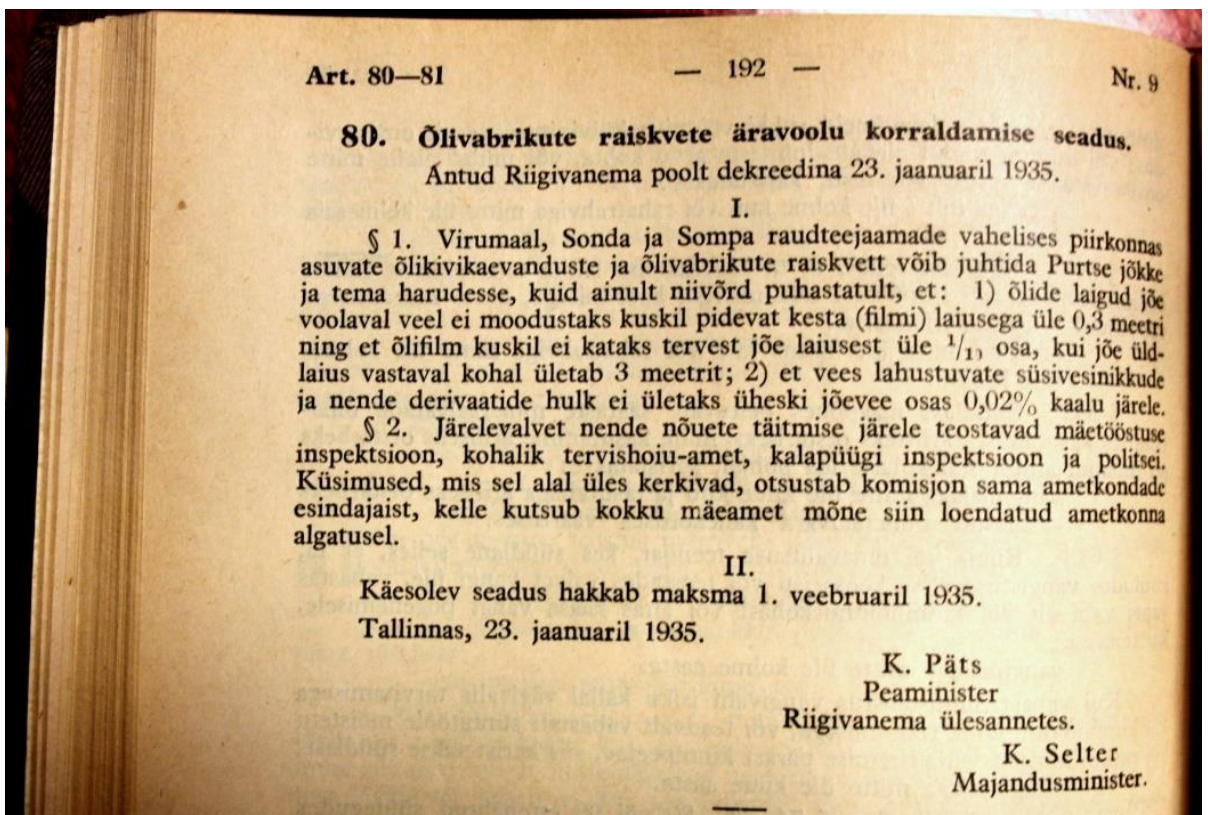
Haldus ja juhtimine. Samuti kui Venemaa maapõuekoodeks, ei käsitletud ka Eesti mäeseadus neid maapõuetöid, mis ei olnud seotud maavarade kaevandamisega. Kuid

¹⁷ Otsus kohustas ettevõtteid, kes kasutavad nimetatud loodusvarasid ja/või neist midagi toodavad, kasutama Loodusvarade Instituudi teenuseid kvaliteedikontrolliks. Instituut sai toetust maapõuevarade kontsessioonimaksudelt 25%. Huvitav teada, et toomasjahu (metallurgia kaasprodukt) ja piimavalgust valmistatavad galaliit ning kunstsarv ei olnud kuidagi seotud Eesti loodusvaradega.

„mineraalvarasid ümbertöötavad tehased“, kuulusid tööstuse rajamise ja järelevalve osas mäeseaduse alla isegi juhul, kui nad ei paiknenud kaevanduste juures. Seega:

fosforiidi, kipsi, raskelt sulava savi ja põlevkivi töötlev tööstus allus mäeseadusele

Sellest sättest lähtuvalt kuulus mäeseaduse õigusruumi ja mäeameti haldusalasse keskkonnahoid, mille näiteks olgu õlivabrikute raiskvete äravoolu korraldamise seadus 23. jaanuarist 1935. Toonase seadusloome ilmestamiseks on järgmine pilt.



Pilt 1.4 Näide seadusest Riigi Teatajas

Foto — Martin Saarnak

Kogu mäendus, alates maavarade geoloogilisest uuringust kuni mineraaltoorme väärindamiseni kuulus kaubandus-tööstusministeeriumi valdkonda.

Väga tähtsaks peeti haldusametnike kompetentsust. Ministeeriumi mäeosakonna

(alates 1932. mäeameti) juhataja ning tema abi pidid olema kõrgharidusega mäeinsenerid. Samuti pidi mäeinseneri kutse olema mäetööstuse inspektoril ja riigi markšneideril. Viimati mainitud olid riigi maamõõtja õigused. Ametnike haridusnõuded määras Vabariigi Valitsus kooskõlas kutseseadusega.

Seadus püüdis ohjeldada ka korrupsiooni. Ministeeriumi osakonna juhataja ja mäeosakonna ametnikud ei tohtinud juhtida mäettevõtteid, olla nende omanikud ega osanikud. Ettevõtte mäetööde eest vastutav isik pidi olema Eesti vabariigi kodanik, kuid ministril oli õigus teha kontsessioonilepingus sellest nõudest erandeid.

Kohaliku omavalitsuse (valla) roll ei olnud mäeseaduses otseselt välja toodud. Samuti ei sekkunud mäeseadus riigi hariduskorraldusse — mäeõppeasutuste tegevus allus kutsehariduse õppeasutuste seadusele.

Maavarade kaevandamine. Maavara kaevandamis-eesmärgiline uuring toimus loa alusel. Uuringuluba oli tasuline ja anti tavaliselt 18 kuuks. Tasumäärad kehtestati seadusega ja uuendati pidevalt seaduste ja määrustega, hiljem Presidendi dekreediga, kooskõlastatult põllumajandusministeeriumiga.¹⁸ Uuringuloa valdajal oli eelisõigus tegutsemiseks temale antud kontsessiooni maa-alal. Tal oli õigus langetada puid, teha teid, kraave jne, kuid loomulikult pidi ta kõik selle kinni maksma.

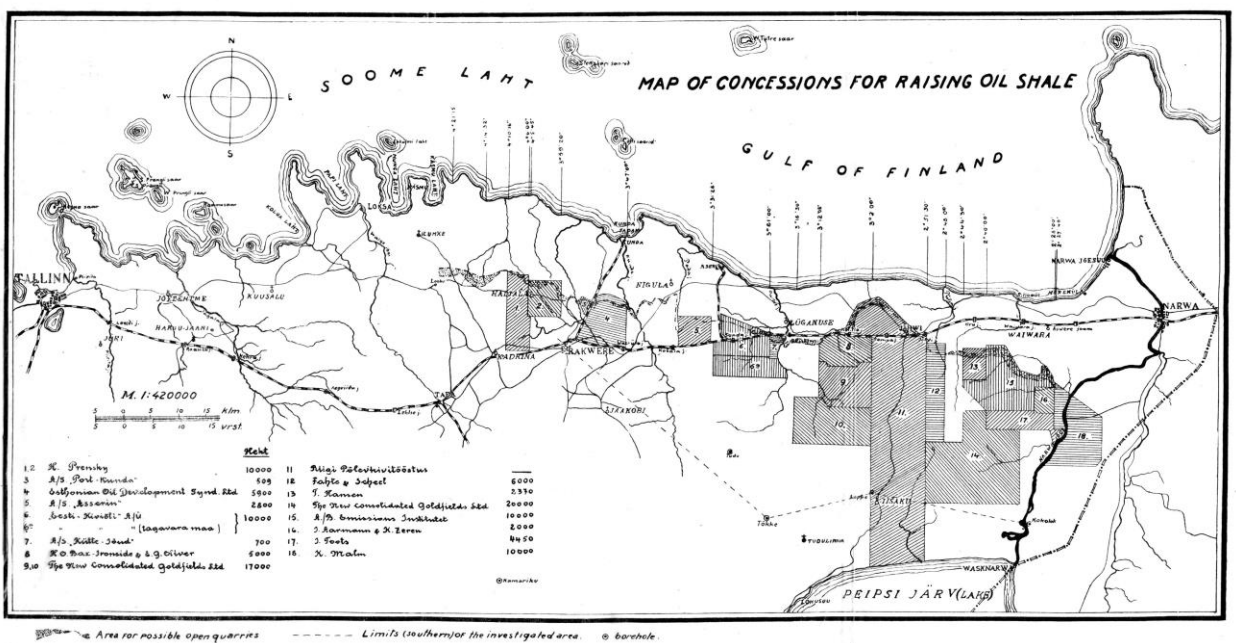
¹⁸ President kui seadusandlik institutsioon asendas Riigikogu (= parlamenti) alates 1934. oktoobrist.

Kontsessioon ehk kaevandamisõigus anti ühe maavara peale, oli seotud maaga, maksimaalne pindala oli 2000 ha. Kontsessioon ei andnud õigust maaviljeluse õigust ega loonud maa omamise eeltingimust.

Kontsessioonil paiknevaid kaasnevaid, seaduses nimetatud maavarasid võis kaevandada erilepingu alusel, kuid neile võis saada kontsessiooni ka teine tööstur. Muid kivimeid ja setteid, st lepingus määratlemata maavarasid, kaevist ja jääke, samuti katendi materjali tohtis tööstur kasutada oma tarbeks.

Eesti mäeseadus reguleeris mäetöö tegemist ja ohutust ning oli aluseks vastavatele määrustele. Seadus sätestas korra, mille kohaselt mäetööde plaanid kinnitas mäetööstuse inspektor.

Kaevanduse sulgemiseks anti aega kuus kuud.



Pilt 1.5. Eesti põlevkivikontsessioonid möödunud sajandi kaheksakümnendatel aastatel ¹⁹

¹⁹ Kogerman, P. 1927. *The oil-shale industry of Estonia*, Tartu, 40 lk.

Rahalised suhted olid Eesti mäeseaduses konkreetsed. Uuringutasu oli seaduspõhine, kaevandamistasu määrati kontsessioonilepingus, nagu ka kaevandatavate ja töödeldud saaduste koguse alammäär. Maksmata jäetud kaevandamistasu võeti maha tagatissummast, mis oli kontsessiooni andmisel töösturilt sisse nõutud. Tagatis oli võrdeline kontsessiooni pindalaga ja selle võis tagasi saada aastatoodangu minimaaltaseme saavutamisel. Kui tööstur kaevandamistasu ära ei maksnud, võidi kontsessioon tühistada.

Suhted maaomanikega. Kaevandamiseks vajaliku maa küsimused, sh kaevanduse sidumine teede ja veekogudega oli sätestatud nii, et need lahendataks mäetöösturi kasuks. Kaevandamiseks vajaliku maa saamiseks tohtis võõrandada eramaad. Seejuures nõuti ettemaksu maaomaniku kasuks nii maa, kui ka maa kahjustamise eest. Hooneid ja nende teenindusmaad (õuemaad) mäetöösturi kasuks võõrandada ei tohtinud. Mäetööstur ei vastutanud kahju eest, mis tekkis hoonele, kolmas isik oli **“ettevaatamatult”**, st teadlikult ehitatud kahjustatavale maale.

Mäetööstur oli kohustatud maapinna rikkumise ja teiste kaevandamise läbi tekkinud kahjud täielikult korvama (§ 64): **„vaatamata, kas mäetöid on tehtud otsekohe kahjusaanud maa-alal või selle naabruses ja kas mäetööstur kahjusaamises süüdi oli ning kas kahju ette võis näha või mitte.”** (Pilt 1.6)



Pilt 1.6 Põlevkivitööstuse tippjuht Märt Raud (keskel) ja Kukruse kaevanduse ülem mäeinsener Jaan Aarman taluniku kartulipõllule tehtud kahju hindamas.

TTÜ fotokogu

Kaevandamiseks vöörandatud maa tuli tagastada, kuid maaomanikul oli üsna lai sundostu seadmise õigus. Teisisõnu — maa omanik võis nõuda, et tööstur maa temalt ära ostaks. Mäetööstusest tingitud maa väärtuse suurenemist maa sundvöörandamisel arvesse ei võetud. Riigimaa anti mäetöösturile rendile kogu kaevandamise ajaks. Rendimäär võrdus maalt saadud kolme viimase aasta sissetulekuga.

Mäeseaduse esmased normatiivdokumendid olid (12.05.1927. Riigi Teataja (RT) nr 46. Pealkirjade kirjaviis on siin ja edaspidi jäetud muutmata):

- Kaevandustööde julgeoleku sundmäärused — kaasaegses mõistes ohutuseeskiri.
- Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise kord — seda muudeti ja täpsustati hiljem korduvalt nii

lõhkeainete lubamise, valmistamise kui ka allmaakaevanduses kasutamise osas.

- Mäetööstuse järelevalve instruksioon.
- **Markšneideri tööde taks** – tasumäärad.
- Juhatuskiri mäetöösturite poolt esitatavate jooniste kohta.
- Määrus tasu suuruse eest maapõuevarade uurimislubade eest – tasumäärasid täpsustati ja muudeti hiljem korduvalt.

Mäeseadust muudeti ja täiendati hiljem. Olid:

- Mäeseaduse täiendamise ja muutmise seadus (24.11.1932, RT nr 92), mis täpsustas maa võõrandamise ja maardlatele ehitamise korda; sama muudatusega sai mäeosakonnast mäeamet.
- Mäeseaduse muutmise ja täiendamise seadus (3.06.1937), millega loodi Geoloogiline Komitee ja sätestati selle töö sisu ning ülesanded; sama seadusemuudatus kehtestas **markšneiderite ja** maavarade uurijate töökorra, määratles neile soovitatud, lubatud ja keelatud tegevused.

Eesti mäeseadus kehtis kuni 1940. suveni. Edasisi tegevusi korraldasid okupatsioonivõimude seadusaktid. Saksa okupatsioonivõim möönis mõningal määral Eesti vabariigi mäeõigust. Hiljem kehtis NSVL maapõueseadusandlus, mille tuletist, ENSV maapõuekoodeksit refereerin järgmises punktis.

1.4.3 ENSV maapõukoodeks 1976

Kodifitseeritud maapõueseadustik

Nõukogude Venemaal kuulusid maa ning maapõu riigile, neid käsitleti kui tootmiseks

vajalikke fonde (= ressursse), mida jaotati tööstusharudele. Erinevate ressursside pruukimist reguleeris raamseadus (= koodeks), mille tekst oli üsna deklaratiivne. Tegelikke suhteid korraldasid koodeksi alamaktid: juhendid, instruksioonid ja määrused, mida koostasid vastavat ressursi kasutavad ametkonnad. Seega peamine korraldav roll kuulus tööstusharule, mitte valitsusele ega seadusandjale.

<p style="text-align: center;">I OSA ÜLD SÄTTED</p> <p style="text-align: center;">1. peatükk PÕHISÄTTED</p> <p>§ 1. Eesti NSV maapõueseadusandluse ülesanded</p> <p>Eesti NSV maapõueseadusandluse ülesandeks on mäesuhte reguleerimine, et tagada maapõue teaduslikult põhjendatud, ratsionaalne ja kompleksne kasutamine rahvamajanduse mineraaltoorainevajaduse ja muude tarviduste rahuldamiseks praeguse põlvkonna ja tulevaste põlvkondade huvides, kaitsta maapõue, tagada maapõue kasutamise seotud tööde ohutus, samuti ettevõtete, organisatsioonide, asutuste ja kodanike õiguste kaitsmine ning seaduslikkuse tugevnemine sel alal. (ENSV ÜNP 1980. a. 25. jaan. seadl. red. — ENSV ÜVT 1980, nr. 6, art. 72).</p> <p>§ 2. NSV Liidu ja Eesti NSV maapõueseadusandlus</p> <p>(1) Mäesuhteid Eesti NSV-s reguleeritakse «NSV Liidu ja liiduvabariikide maapõueseadusandluse alustega» ja nendega vastavuses antavate muude NSV Liidu maapõueseadusandluse akti-</p> <p style="text-align: left;">6</p>	<p>dega, käesoleva koodeksi ja Eesti NSV maapõueseadusandluse muude aktidega.</p> <p>(2) Maa-, vee- ja metsasuhteid reguleeritakse NSV Liidu ja Eesti NSV vastava seadusandlusega.</p> <p>§ 3. Maapõue riiklik (üldrahvalik) omandus</p> <p>(1) Vastavalt NSV Liidu konstitutsioonile ja Eesti NSV konstitutsioonile on maapõue riiklik omand — kogu nõukogude rahva ühisvara (ENSV ÜNP 1980. a. 25. jaan. seadl. red. — ENSV ÜVT 1980, nr. 6, art. 72).</p> <p>(2) Maapõue kuulub eranditult riigile ning antakse ainult kasutamiseks. Teod, mis otseselt või varjatud kujul rikuvad riiklikku omandiõigust maapõuele, on keelatud.</p> <p>§ 4. Ühtne riiklik maapõuefond</p> <p>Vastavalt «NSV Liidu ja liiduvabariikide maapõueseadusandluse alustele» kuulub kogu maapõue NSV Liidus ühtsesse riiklikku maapõuefondi, mis hõlmab nii kasutatavaid kui ka kasutamata maapõue osi.</p> <p>§ 5. NSV Liidu pädevus mäesuhte reguleerimisel</p> <p>Vastavalt «NSV Liidu ja liiduvabariikide maapõueseadusandluse alustele» kuulub NSV Liidu pädevusse mäesuhte reguleerimisel:</p> <p>1) ühtse riikliku maapõuefondi kasutamine ulatuses, mis on vajalik NSV Liidu volituste realiseerimiseks vastavalt NSV Liidu konstitutsioonile;</p> <p style="text-align: right;">7</p>
--	--

Pilt 1.7 ENSV maapõuekoodeks 1976

Maaressursside kasutamist korraldas maakoodeks, metsa jaoks oli metsakoodeks. Vett, ka põhjavett käsitles veekoodeks. Maavarade kaevandamise korraldas maapõuekoodeks (edasises koodeks). Nii oli nõukogude Venemaal maapõue seadusandlus kodifitseeritud samuti kui keiserlikul Venemaal. Toonase, sisuliselt riigikapitalistliku majanduse

juhtimise prioriteet oli tööstusel, maapõuekoodeksi toime oli pigem koordineeriv kui reguleeriv.

Maapõuekoodeksi alamakte koostasid üleliidulised geoloogia ministeerium, söetööstuse ministeerium, musta metallurgia ministeerium, tehnilise järelevalve komitee jt. Liiduvabariikidel, kus oli mäetööstus, lubati koostada oma koodeks, kuid see pidi kopeerima üleliidulist. Eesti mäendusspetsialistide katsed "oma" koodeksit täiendada, töökindlamaks ja keskkonnaolusid arvestavaks muuta, nulliti keskvõimu ja kohalike võimuorganite poolt. ENSV maapõuekoodeks, mis kinnitati 19. novembril 1976, kehtis ametlikult tühistamata 1994. detsembrini. Seejärel kehtestati Eesti maapõueseadus. Sama kaua, kuigi väheste eranditega, kehtisid ka koodeksi alamaktid.

Maapõuekoodeksi mõisted

Eesti mäeõiguse mõistestik rajaneb suuresti endiste koodeksite terminitest ja mõistetest.

Mõistetel, eriti neil, mis on kirjas seadusandlikes aktides, on suur mõju mõtlemisele. Seepärast on edasist lugedes kasulik juurelda, kuivõrd meie mõtteviis on mõjutatud teiste keelte verbalismist.

Maapõuekoodeks kasutas mõisteid 'maapõueseadusandlus' ja 'maapõuefond' (= maapõu). Maapõu oli riiklik (= üldrahvalik) omand, ühisvara, mille ressursse käsitleti tervikuna. Terminit 'maavara' ei defineeritud, see pidi olema iseenesest mõistetav. Eraldi mõistena olid kasutuses 'üldlevinud maavarad' ehk 'kasulikud kaevised'.

Neid üleliidulised tööstusharud ei hallanud. Kaasaegses mõistes on need ehitusmaavarad, eelkõige kruus ja ehitusliiv.

Turvast ei peetud mineraalressursiks, pigem üldlevinud maavarade erimiks.

Iseenesest mõistetavaks peeti sõnapaari 'maavara leiukoht'. Venekeelsetes alamaktides eristati mõisted 'leiukoht' ja 'tööstuslik leiukoht':

<p><i>'месторождение' — 'occurence' — 'Vorkommen'</i> = 'leiukoht' <i>'промышленное месторождение' — 'deposit'</i> — <i>'bauwürdige Lagerstätte'</i> = 'maardla'</p>
--

Koodeksi põhitekst neid mõisteid eraldi ei kasutanud, välja arvatud juhul, kui esines mõiste 'uuritud maavarade leiukohad'. Kuna seaduse kasutajad mõisteid 'leiukoht' ja 'tööstuslike leiukoht' selgelt ei eristanud, ei olnud toonases eesti mäekeeles 'tööstusliku leiukoha', head sünonüümi. Nüüd on selleks 'maardla'.

Nii mõnedki erialainimesed, rääkimata üldsusest, ei taju seniajani leiukoha ja maardla erisust, seda, et leiukoht on geoloogiline objekt, maardla aga tõestatud majandusväärtusega riiklik ressurss. Samasugust mõistmatust kohtab mõiste 'maavara' suhtes. Seda terminit kiputakse kasutama mistahes kivimi suhtes, mille kohta on teada, et keegi seda kuskil kasutab.

Olulised mõisted koodeksis olid 'mäeeraldis' ja selle vaste territooriumi osas 'maaeraldis'. 'Eraldis', tähendas, et vajalik osa maapõuest (maapõuefondist) eraldati kaevandamiseks ja

sellele vastav osa maast (maafondist) eraldati mäeettevõttele teenindusmaaks.²⁰

Halduskorraldus

Eesti tähtsamate maavarade – põlevkivi, fosforiidi ja tsemendilubjakivi maardlad olid üleliidulise tähtsusega. Maavarade kasutamist ja kaitset oli volitatud juhtima Tehnilise ja Mäejärelevalve Komitee ja Eesti NSV Geoloogia Valitsus.

Üldlevinud maavarade (kaasaegses mõistes ehitusmaavarade ja turba) maardlad pani paika eestimaine mäejärelevalve. Nende leiukohad jaotati vabariikliku (ENSV) ja kohaliku tähtsusega leiukohtadeks. Vastavalt sellele andsid mäeeraldisi kas mäejärelevalve Tallinnas või kohaliku haldusorgani (= rajooni) täitevvõim. Oma tarbeks kaevandamisel mäeeraldist ei vajatud. Nii tekkis kõikjal põllumajandusühistute (= kolhooside) ja riigimajandite (= sovhooside ehk riigimõisate ja metsamajandite) kruusa- ning liivakarjääre, kus teede ehitamiseks materjali hangiti.²¹

Majandussuhted

Maa- ja maapõuekasutus oli tasuta, formaalne õigus kaevandada oli igal NSVL kodanikul, kuid pidi olema luba. Kehtis nn maavara (maardla)

²⁰ 'Eraldamine' tähendas ressursi andmist riigilt ettevõttele. Nõukogude majanduses eraldati mitte üksi maad ja maapõue osi. Eraldati ka seadmeid ja masinaid, isegi raha (kululimiite, valuutat jne). Turumajanduses on eraldamise asemel ost-müük, välja arvatud riigi omandis olevate maapõueressursside puhul, mis meie õigusruumis ei ole tsiviilkäibes (Maapõueseadus, §4 (4)) St maavara sisuliselt 'eraldatakse' seniajani.

²¹ Kõigi nende „küla- ja metsakaevanduste“ arvele võtmine tekitas Eesti taasiseseisvuse perioodil maardlate ülekülluse.

esma-avastaja mõiste, mille eest oli määratud tasu.²² Maapõue kasutamise alla kuulus:

- geoloogiline uuring;
- maavarade tootmine, tänapäevases keelepruugis — kaevandamine;
- maavarade tootmisega mitteseotud allmaarajatiste ehitamine ja ekspuateerimine;
- muude vajaduste rahuldamine.

Maapõue kasutamise luba anti sihtotstarbeliselt: maavara geoloogiliseks uuringuks või kaevandamiseks, või siis allmaaehitamiseks. Maavara kaevandamiseks anti mäeeraldis, sisuliselt — kontsessioon. Turbale ja magedale põhjaveele mäeeraldist ei olnud vaja.

Koodeks deklareeris kasutajate üldised kohustused. Pidi olema tagatud:

- geoloogilise uuringu täielikkus ja komplekssus;
- maapõuetööde ohutus;
- looduskeskkonna objektide kaitse;
- kaitstavate objektide säilimine;
- rikitud maa taas kasutuselevõtmine.

Iga tegevust korraldas ametkondlik normatiivdokument, juhend, instruksioon. Peamiste tegevuste jaoks olid geoloogilise uuringu juhend (tänapäevaseks — 'kord'), ohutuseeskirjad all- ja pealmaakaevandamiseks, **markšneideritöö juhend, ametkondlikud juhendid karjäärade rekultiveerimiseks** (tänapäevaseks — 'korrastamiseks').

Koodeks sätestas, et maavara kaevandamisväärsus, varu piiritingimused,

²² See säte, kopeerituna NSVL maapõuekoodeksit, ei omanud Eesti tingimustes tähtsust, kuigi räägiti, et ühel kõrgel positsioonil töötanud geoloogil olevat õnnestunud end registreerida maardla esmaavastajaks.

toonases keelepruugis — "konditsioonid maavarade leiukohtade tööstusliku väärtuse määramiseks" kehtestatakse iga leiuks jaoks. Piirtingimuste kehtestamise kord lähtus üleliidulisest seadusandlusest, neid määrasid üleliiduliste ametkondade instituudid. Näiteks põlevkivi varu piirtingimused arvutas välja riiklik (söe)kaevanduste projekteerimise instituut **Giprošah** nüüdses Peterburis. Tingimused kinnitas üleliiduline maavaravarade komitee Moskvas ja juhinduma pidid neist kõik geoloogiateenistused ning kaevandajad. Maavara varu anti pärast varu kinnitamist vastava tööstusharu ettevõtte kasutusse. Kaevandavate ettevõtete projekteerimine oli lubatud alles pärast maavara varu kinnitamist.

Nii määras iga tööstusharu ise oma piirtingimused. Samuti projekteeris tööstusharu ise oma ettevõtteid. Ka projekteerimiseelseid uuringuid tegid tööstusharude institutsioonid. Tööstusharusid juhtis ja koordineeris Moskva keskvalitsus. Seetõttu ei tekkinud provintsslikus Eestis vastavat kompetentsi ega Tallinnas piisavat ettekujutust mäetööstusest. Sellest ajast on pärit tava, mille kohaselt tuleb kaevandamistasu maksta kaevise eest, mis kunagi vastas Moskvas määratud varu piirtingimustele. Sama tava kohaselt tõrjutakse tööstusharude ettepanekuid sätestada tänapäevastele tehnoloogiatele vastavaid maavarade sobivuse piirtingimusi.

Kaevandamine

Maavarasid kaevandasid Eesti territooriumil NSVL söe-, väetiste- ja ehitusmaterjalide tööstuse ettevõtted, mida juhtisid vastavad ministeeriumid Moskvas. Koodeksi normatiivdokumendid koordineerisid kaevandamist ja kaevandamisohutust, allmaaehitamist, maavara varu arvestust ning maapõue kaitset maavara kui ressursi kaitsmise seisukohalt. Valdavalt olid nõuded karmid, mis sest, et deklaratiivsed.²³

Samas tuleb tunnistada, et paljus olid nõukogude koodeksid edumeelsemad Euroopa klassikalise mäeõiguse kaanoneid järgivast Eesti 1927. mäeseadusest. Kasvõi selle poolest, et puudus maavara mõiste. Viimasel ajal on ka Euroopas jõutud seisukohale, et mäenduse peamine objekt ei ole mitte maavara (mineraal, kivim) vaid maardla, st maagikeha, lasund, soon.²⁴

²³ Nõuete deklaratiivsust, st üheselt mõistetavate ja numbriliselt väljendatud kriteeriumite vähesust kompenseeris mäejärelevalve isikute kutsepädevus ja autoriteet.

²⁴ Meie maapõuemõistestik liigub selle poole, nimetades maardlaks uuringuvälja ehk plakkide kogumit.

1.5 Eesti maapõueseadused

1.5.1 Eesti maapõueseadus 1995

Tekkelugu

1990. alustas Eesti Vabariigi keskkonnaministeriumi maavarade osakonna juhataja, mäeinsener Guido Paalme uue Eesti mäeseaduse koostamist. Erineval määral osalesid töös TTÜ mäeinstituudi (Enno Reinsalu), Tehnilise Järelevalve Ameti (Ülo Tambet, Vennis Järvet) ja Eesti Geoloogiakeskuse (Rein Raudsep), samuti maakondlike keskkonnatalituste, Eesti Teaduste Akadeemia, Eesti Mäeseltsi (toona – Eesti Mäekonna) ning Eesti Põlevkivi kaevanduskoondise spetsialistid.

Asjastu vaimu kohaselt ei peetud nõukogulikku maapõuekoodeksit sobivaks lähtekohaks. Esmalt üritati nii palju kui võimalik saada eeskujuna Euroopa riikide mäeseadusest. Tekkisid raskused. Vanades mäetööstusriikides oli seadusandlus kujunenud klassikalist mäeõigust järgivalt. Nõukogude mäeõigus oli tunduvalt kaasaegsem.

Peale selle kammitsevad seaduse koostamist mitmed ajakohased mõjurid:

- ebamäärane eraomandi, kinnisvara ning tootmisvahendite väärtushinnangutes; osa ühiskonnast üritas hõlvata tootmisressursse, eelkõige metsa ja maad, mis tundusid olevat hinnalised; seejuures maa kui tootmisvahendi reaalsel väärtust veel ei tunnetatud;
- suurtööstust tõrjuv ja keskkonnahoidlik meelsus, mis maavarade kaevandamise suhtes oli väärastunud fosforiidikampaania ajal;

- suuriigi võimu alt vabanenud inimeste soov võimu detsentraliseerida, tekitada toimivate kohalike omavalitsuste võrk.

Eeltoodud kolmest mõjurist jätsid tugeva jälje keskkonnahoidlik meelsus ja võimu detsentraliseerimise püüe. Ressursside väärtuse, turumajanduse kõige olulisema mõjuri, toime jäi nõrgaks riigi välja kujunemata majanduse ja töögrupi puudulike majandusteadmiste tõttu.

Keskkonnaministeeriumi haldusalas tegutsenud töögrupp suunati tõdemusele, et uus seadus peab tuginema maapõue-, mitte mäeõigusele. See tähendab, olema keskkonna-, mitte tööstusepõhine. Samal ajal oli restauratsiooni vaimsusest mõjutatud seadusekirjutajatel tugev tahe järgida Eesti 1927. mäeseadust Nii sündiski mäe- ja maapõueõiguse konglomeraat, nimega Eesti maapõueseadus.

Seadus käsitles samaaegselt nimistulisi (nomenklatuurseid) maavarasid ja nimistuvälist maavara, leppenimetusega — maa-ainest. Põhjalikult sätestati keskkonnaministeeriumi haldusala toimingud — maavarade ja maa-ainese geoloogiline uurimise, kaevandamislubade andmise ja lubadest keeldumise protseduurid. Allmaaehitiste rajamist käsitles seadus napilt ja üldsõnaliselt. Kaevandamise protsessid, mäe- ja ohutustehnika ning mäetööde keskkonnamõju ohjamine jäeti maapõueseadusest välja. Need pidi paika panema majandus- ja kommunikatsiooniministeerium oma mäeseaduses, millest kujunes [kaevandamiseseadus](#).

Maapõueseadus hakkas kehtima
1. jaanuaril 1995.

Põhiseisukohad ja -mõisted

Maavara, mäeõiguse oluline objekt, sai neljakordse määratluse:

1. Üldmõistena — „maavara on oma majandusliku tähtsuse tõttu riigi poolt arvele ja kaitse alla võetud kivimi, setendi, vedeliku või gaasi looduslik lasund“.²⁵
2. Loendiga: maavara on „... dolomiidi, fosforiidi, järvelubja, järvemuda, kristalliinse ehituskivi, kruusa, liiva, lubjakivi, meremuda, põlevkivi, savi ja turba lasund...“.
3. Klausli lisas sama lõigendiga — „... mis on arvele võetud riiklikus registris“.
4. Loendivälise kasuliku kaevisena — maa-aines on ... „kivim või setend, mis ei ole maavarana arvele võetud“.

Kommentaariid maavara definitsioonide kohta.

1. Looduslik lasund on maavara, st kui sellest eraldada kaevandamiseks mingi osa, näiteks kiht, mis on põhjavee tasemest kõrgemal, siis alla, põhjavette jääv mittekaevandatav osa läheb kaevandamisel kaduma, muutub kaoks. Samas säilitab kaduma läinud lasundi osa staatuse, jäädes maavaraks. Tehislasund, näiteks maakattesse kinnistunud aherainepuistang või tuhamägi ega ka allmaa-gaasihoidla ei ole maavara.

²⁵ Siin ja edaspidi tuleb teada, et maapõueseadus ja seda haldav koolkond nimetab setet (= setteline aine, puiste) setendiks, (= setete ja sette kivimite ühisnimetus).

2. Maavarade loend, mis traditsiooni järgivalt lisati, andis huvitatud isikutele võimaluse spekuloida iga loendis oleva kivimi või sette puhul, et tegu on maavaraga. See lõi võimaluse tekitada vaidlusi nende kivimite kasutamise poolt või vastu.

Üsna palju on olnud poleemikat teemal, et mõnedki kivimid ja mineraalid võiksid olla maavarad, kasvõi selleks, et neid uurida. Kuid kuna neid ei olnud nimistus, siis tähendab see, et nad ei saanud olla maavarade uuringu objektid. Näiteks ei ole nimistus graptoliitargilliiti, sest see ei ole põlevkivi. Nimistus ei olnud ka metalle, täpsemalt — maake, sest nõukogude geoloogiateenistused ei olnud tuvastanud nende kaevandamisväärseid lasundeid, maardlaid.

3. On arvele võetud. Maavara defineerimine registri kaudu tekitas varude liiasuse — kõik kunagi, kellelegi või millekski vajalikud olnud lasundid, mis olid maardlatena arvele võetud, said maavara staatuse, õiguse ja kaitse. Vaatamata sellele, et uued ettevõtted ja omanikud neid ei vajanud.

4. Ei ole maavarana arvele võetud. Defineerides maa-ainesena meelevaldse maapõue osise, mis ei ole maavarana arvele võetud, muudeti maavarale kaasnev kaevis (katend, aheraine, kõrvalkivim) maa-aineseks. Tähelepanelikumal lugemisel selgub, et vedelikud ja gaasid ei olnud maa-aines.

Maapõueseadus sätestas ja see kehtib seni, et maavarad võivad olla kas riigi või kinnistu

omaniku omand. Samas teame, et kõik loodusvarad on rahvuslik rikkus (Põhiseadus, p. 5). Seega tuleb mõista, et ka

eraomandis olev maavara on rahvuslik rikkus ja selle haldamine ning käitamine kuulub samuti avaliku huvi valdkonda²⁶

Teine maapõueseaduse kehtiv põhimõtteline säte oli ja on: riigi omandis olevad maavarad ei ole looduslikus seisundis tsiviilkäibes. See tähendab, et kinnistu omaniku maavarad (ei ole riigi omandis) on tsiviilkäibes. Neid võib võõrandada koos kinnistuga, mille osad nad on. Maavarad, mis ei ole enam looduslikus seisundis (kobestatud, lõhatud ja/või väljatud kaevis) võivad olla tsiviilkäibes, nad on võõrandatavad (müüdavad, müügi ootel või müüdetuna hoiul).²⁷ Looduslikust olekust välja viidud maavara (= kaevis) kogus peab kajastuma ettevõtte maavarabilansis.

Maardla on mäeõiguse põhimõiste

Mäemajanduse ja -tehnika seisukohalt on maardla isegi tähtsam mõiste kui maavara. Maapõueseadus defineeris maardla kui maavara lasundi, mis on:

- geoloogiliste töödega uuritud,
- piiritletud,
- riiklikus registris arvele võetud.

1995. a seadus jaotas maardlad kahte kategooriasse – üleriigilise ja kohaliku tähtsusega maardlad. See oli ENSV maapõuekoodeksi

²⁶ Sama kehtib ka erametsa kohta

²⁷ "... ei ole looduslikus seisundis..." on kohmakas sõnaühend. Mõeldakse kaevist, sest ei ole olemas maavara, mis „ei ole looduslikus seisundis“.

pärand. Üleriigilise tähtsusega maardlate nimekirja võtmise aluseks olid:

- suur majandusväärtus,
- paiknemine meres,
- levimine mitme maakonna piires,
- kaevandamise piiriülene mõju.

Sellise sammuga loodeti jaotada maardlate haldamine ministeeriumi ja kohalike omavalitsuste vahel. Üleriigiliste maardlate nimistu koostas keskkonnaministeeriumi juhtiv spetsialist ja kuna nende majandushindamise alus puudus, sai see üsna meelevaldne, eelmise riigikorra tava kohane. Nimistu kinnitas valitsus.

Lubade ja kontsessioonide (maavara kaevandamisloa) saamise tegevuste üldplaani jäi traditsiooniliseks, nagu see oli olnud juba Eesti 1927. mäeseaduses ja põhimõtetena ENSV maapõuekoodeksis. Mitmed nõuded võeti eeskujuks heas usus, süvenemata tagamaadesse.

Seaduse rakendudes hakkasid peagi ilmema vajakajäämised, [ebakohad](#), mille oli põhjustanud majanduskogenematus, omavalitsuste võimekuse ülehindamine, restauratsiooni vaim ja teised üleminekuajale iseloomulikud nähtused. 1995. maapõueseadust olen üksikasjalikult käsitlenud oma mäemajanduse õpikus.²⁸

1995. peamised normatiivdokumendid

Seadus sätestas vajalikud normatiivdokumendid (korrad), nimetas neid koostavad institutsioonid (ministeeriumid) ja seadustamise protseduuri. Korrad koostas sama ministeerium, kes tegi

²⁸ Reinsalu, E., 1998. Mäemajandus, Digiteavik, 2008 : <http://digi.lib.ttu.ee/i/2164>

seaduse. Normatiivdokument seadustati, vastavalt olulisusele, kas ministri või riigi valitsuse määrusega.

Peamised normatiivdokumendid olid:

- Maardlate uuringu valdkonnas:
 - Geoloogilise uuringu loa taotlemise ja väljaandmise kord,
 - Geoloogilise uuringu kehtivate lubade avaldamise kord,
 - Maavara geoloogilise uuringu läbiviimise ja maavaravarude kinnitamise kord,
 - Üldgeoloogiliste uurimistöode läbiviimise kord,
 - Järve- ja meremuda kaitse kord ning ravimudale ja tehnoloogilisele liivale esitatavad nõuded — koostati seepärast, et need maavarad võisid paikneda eramaal.
- Kaevandamise valdkonnas:
 - Maavarade kaevandamise kehtivate lubade avaldamise kord — oli vajalik, et seadustada juba kehtinud kaevandamisload,
 - Kaevandamisloa taotlemise ja väljaandmise kord,
 - Riigimaal paikneva ja riigi poolt uuritud maavara kaevandamise loa enampakkumise teel müügi kord,
 - Pealmaakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimise kord,
 - Turba tootmisalade rekultiveerimise kord.

Normatiivdokumentide paljusus tulenes üleminekuaja erisustest — mõni varasem

normatiiv veel kehtis ja selle muutmine polnuks juriidiliselt korrektne.

Rekultiveerimise kord käsitles peaaegu kõigi pealmaakaevandamisega rikutud maade korrastamist kuid ei käsitlenud turbaväljade korrastamist. See ilmus eraldi. Allmaakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimine, millele oli 1995. maapõueseaduses vihje, jäi tegemata. Toonases majandusministeeriumi juhend, mis korraldas allmaakaevanduste peal paiknevate ehitiste hoidmisest, viitas rekultiveerimise osas maapõueseadusele. See jäi asjaosalistel tähele panemata. Maa-ainese võtukoha rekultiveerimise vajaduse maapõueseaduse koostajad unustasid (vt Pilt 2.47). Maavarade geoloogilise uuringuga rikutud maa ja maapõue korrastamist oli käsitletud 1995. seaduse normatiivdokumendi "Maavara geoloogilise uuringu ja maavaravarude kinnitamise korra" lisas "Välitöödeks kasutatud maa-ala korrastamine. Aherainepuistangute korrastamine toimus ametkondlike juhendite alusel ja sedagi vaid põlevkivi kaevandamisel.²⁹

1995. maapõueseaduse ebakohad

Juhendipõhisus, ehk normatiivdokumentide ülimuslikkus tekkis ja juurdus eelmises majanduskorras. Nõukogude majandus oli sisuliselt riigikapitalism. Omand ei olnud tööstusjuhi oma. Nad vastutasid oma tegevuse vigade eest isikuliselt, mitte varaliselt.

²⁹ Парахонский, Э. и др, 1987. Инструкция по рекультивации породных отвалов сланцевых шахт, Таллинн, 9 с.

Majandustegevuse ohjamiseks koostati üksikasjalikke juhendeid. Juhendikohane tegevus vabastas isiku vastutusest, juhendi rikkumine tõi kaasa karistuse.

Juhendipõhisuse, bürokraatliku juhtimissüsteemi vastandiks on projektipõhisus, loominguline arendussüsteem

Reglementeeriv vaim tähendab, et tegevused ja normatiivid on rangelt ette nähtud ja ette antud. See on juhendipõhine majandamine, tegevus, millele arenenud demokraatiaga riikides oponeerib projektipõhine majandamine. Reglementeeriv vaim on tekitanud konflikte seetõttu, et kopeeriti nõukogude majanduse ja kunagiste tehnoloogiate nõudeid. Aeg on näidanud, et paljud parameetrid ja protseduurid, mida maardlat uurivale geoloogile omal ajal ette kirjutati, on aegunud. Nad ei vasta arenevale tehnoloogiale ega uute mõõteseadmete ning arvutitarkvara võimalustele. Reglementeeriva vaimule omaselt ei rakendanud juhendmaterjal inseneeria mõisteid: mõõtemääramatus, lubatavad hälbed (tolerants), risk jt, mis erinevate maavarade ja maardlate puhul vägagi erinevad. Seevastu...

...projektipõhine majandamine nõuaks geoloogilise uuringu projekti, milles maavara varumise protseduurid ja nõuded saaksid paremasse kooskõlla toorme kasutaja ja kaevandaja nõuete ning maardla oludega.

Reglementeerivat vaimu kultiveerisid mitte ainult dokumentide koostajad. Ka normatiivdokumentidega harjunud riigiettevõtete insenerid nõudsid „täpseid juhiseid“, et põhjendada maakatte korrastamise kulusid ja õigustada oma äpardusi, mis juhtusid ka siis, kui „kõik oli tehtud vastavalt juhendile“.

Eelmise sajandi üheksakümnendatel loodud maapõueõigus takerdus juhendipõhisusse. Tüüpnäide on maavarade uuringu kord. Selle koostajate tuumiku moodustasid geoloogid, kelle töökogemus pärines eelmisest majanduskorrast. Uuringu kord kompileeriti üleliiduliste tööstusharude ametkondlikest juhenditest ja sai seetõttu üsna ebaühtlane. Põhjalikumad olid need osad, mis tuginesid värskematele juhenditele (fosforiidi osa, autor Rein Raudsep) või olid koostatud asjatundjate poolt (põlevkivi osa, autor Vello Kattai). Suur osa geoloogilise uuringu korra põhimõtetest ja sätetest kehtib (2019³⁰), hoolimata, et paljud neist ei vasta uuenenud tehnika ja majanduse vajadustele. Maavara geoloogilise uuringu projekti koostamist see normatiivdokument ei nõudnud ega nõua ka seni.

Kaevandamisega seonduvatest normatiivdokumentidest omandasid määrava tähtsuse kaevandamisloa taotlemise ja

³⁰ [Üldgeoloogilise uurimistöo ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks: https://www.riigiteataja.ee/akt/119122018028](https://www.riigiteataja.ee/akt/119122018028)

väljaandmise korra nõuded seletuskirjale ja graafilisele osale. Need, projekteerimiskogemusega mäeinseneride koostatud reeglid kehtivad tänaseni. Mõned neist, mis pärinesid arvutieelsest ajast, eriti graafilise osa kujundamisel on praktikas mugandatud kaasaegseteks.

Mitmed vastuolud 1995. maapõueseaduses ja alamaktides kinnistusid otsuseid langetavate isikute tavades ning põhjustasid sofistikat. Mõneti on vastuolud märgatavad nüüdki (2019), mistõttu tundub otstarbekas neid õpetlikult rõhutada. Mõned näited:

Mäeeraldise suurus. 1995. seaduse § 25 (1) sätestas: Maavara kaevandamise õigus tekib maavara kaevandamise loa alusel ja kehtib nimetatud loaga maavara kaevandamiseks määratud maapõue osa (mäeeraldise) piirides.

See tekitas loa andjatel arvamuse, et kaevandada antud varu(keha) ongi mäeeraldis. Tekkisid konfliktid, sest kui mäeeraldis langes kokku varuga, siis igasugust kivimi ja sette käitlemist väljaspool varu kehandit peeti loata kaevandamiseks.

Tegelikult varukeha (lasund) ja mäeeraldis ei lange ruumiliselt kokku, need on eri asjad. Mäeeraldis võib olla suurem või väiksem kui varukeha. Näiteks põlevkivi allmaakaevandamisel on võimatu tegutseda ainult varu piires, sest varu koosneb põlevkivi kihtidest A, B, C, D, E ja F1. Lubjakivi vahekihid ei ole varu, kuigi on keha(ndi) sees. Pealegi, allmaa-mäetööl on kujuteldamatu, et kaeveõõsi ei tohi rajada väljapoole varu piire.

Seepärast peab allmaakaevandamise mäeeraldis moodustama üsna suure ruumi ümber varu. See tähendab, et mäeeraldises on nii maavara kui ka kaaskivimeid. Seda peeti silmas ja kaevandamisloa taotlemisel tuli põhjendada mäeeraldise suurus ja piirid. Peeti loomulikuks, et mäeeraldisse kuuluvad mitte ainult varu, vaid ka varu ümbritsevad ning varu sees olevad kivimeid. Praktikas tekkis vastuolu, sest kui kaaskivimeid väljatakse ja nad satuvad kauba sisse kui aheraine, siis ei ole see selle maavara kaevandamine, milleks kaevandamisluba anti. 1995. maapõueseaduse kohaselt oleks see olnud maa-aines. Põlevkivi allmaakaevandamisel oleks maa-ainese kategooriasse kuulunud mitte ainult kihindi alla rajatud kraavide ja veestrekkide lubjakivi vaid ka kogu vahekihtide materjal, sest need ei ole ju varu! Maa-ainese, antud juhul vahekihtide materjali kaubastamiseks tulnuks hankida eraldi kaevandamise luba. Eraldi, sest maa-ainese kaevandamine kuulus kohaliku omavalitsuse kompetentsi.

Sedalaadi arusaamade erinevusi mäeeraldise olemusest ja suurusest tuleb ette seni.

Mäetööde juhtimise õigus. 1995. maapõueseadus nõudis kaevandajalt mäetööde litsentsi. Hiljem, kaevandamisseaduse ilmudes (2003) litsentsi nõue kadus ja kaevandamise tehniline juhtimine allutati mäetööde vastutavale spetsialistile.

Kahemõõtmeline kuvand. Mitmed sätted käsitlesid objekti kahemõõtmelisena.³¹ Näiteks säte: kui mitu isikut on esitanud kaevandamisloa taotlused, mis täielikult või osaliselt puudutavad üht ja sama maa-ala, ja neid ei saa üheaegselt rahuldada, on kaevandamisloa saamise eelisõigus isikutel järgmises järjekorras:

1. isik, kellel on kehtiv uuringuluba taotletava maa-ala kohta,
2. kinnisasja omanik,
3. isik, kes on esitanud kaevandamisloa taotluse esimesena.

Isiku suhtes polnud selge, keda mõeldakse kinnisasja omaniku all. Kui tegemist oli allmaakaevandamisega ja mäeeraldise kohal (maa-alal) on kinnisasi, kas siis selle omanikul on eelisõigus? Hiljem tuli parandus: "...kaevandamiseks vajalik kinnisasi", millega jäi sisse võimalus vaielda, milline kinnisasi on kaevandamiseks (teenindusmaana) vajalik ja milline mitte.

Eriti teravalt tekkis ja püsib kahemõõtmelises seoses looduskaitsealadega. Näiteks säte: maa-alale, kus asub kaitstav loodusobjekt, võib kaevandamisloa välja anda kaitstavate loodusobjektide seadusega. Kuigi looduskaitsealad, nagu kinnistudki on kahemõõtmelised ja maa-ala on üheselt mõistetav maapealne territoorium, seatakse selle sätte alusel piiranguid ka sügavuti, allmaakaevandamisele.

³¹ Enamik inimestest on kaevandamise kuvandi saanud avakaevandamisest, näinud ehitusmaterjalide ja turba väljamist. Sellest arenenud kahemõõtmelist, tasapinnalist, „lamedat“ kuvandit võib nimetada „liivaugu sündroomiks“.

Kaitsealuste objektide maatoe käsitlemine
maapõue piiritletud osana ei ole aktuaalne

Allmaaehitamine. 1995. seadus, suuresti ENSV maapõuekoodeksi eeskujul, üritas korraldada ehitamist maapõues. Sätte sõnastus oli keeruline: „Maapõue kasutamine maavarade ja maa-ainese kaevandamisega mitteseotud allmaaehitiste rajamiseks“. Mõnda aega eksisteeris isegi keskkonnaministeriumi määrus „Allmaaehitise rajamiseks tehtavale uuringule loa taotlemise ja väljaandmise kord.“ Allmaaehitamist reguleeriv osa jäi üsna üldsõnaliseks ja vastuoluliseks.

Kokkuvõtvalt. 1995. maapõueseadus oli piisavalt konstruktiivne, et korraldada taasiseseisvunud riigi mineraaltoormemajandust. Siin esile toodud ebakohtade näidetel oli metoodiline eesmärk. Enamus neist kadus maapõueseaduse järgmistes versioonides.

1.5.2 Eesti maapõueseadus 2005

Põhimõttelisi muutusi võrreldes eelmise versiooniga, ei olnud. Mõneti rohkem võeti arvesse arenguid majanduses ja mäetööstuses. Kuid ikkagi selgus, et mäemajandus ja -tehnika olid arenenud kiiremini kui seaduse loojate mõtteviis.

Oluline oli termini 'maa aines' kaotamine, millega läheneti maapõue- ja mäeõiguse tunnustatud põhimõtetele. Suurim muutus tabas alamakte, mis ohjasid maapõuetöid.

2005. peamised normatiivdokumendid

Maapõueseaduse 2005. versiooni normatiivdokumendid olid, sisukuse järjekorras:

- Üleriigilise tähtsusega maardlate nimekiri.

- Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord ja sellega seonduvad:
 - [üldgeoloogilise uurimistöö loa ja uuringuloa taotluse vorm, üldgeoloogilise uurimistöö loa ning uuringuloa taotlusele, seletuskirjale ja graafilisele osale esitatavad täpsustatud nõuded, üldgeoloogilise uurimistöö loa ning uuringuloa andmise menetlustoimingute tähtajad ja üldgeoloogilise uurimistöö loa ning uuringuloa vorm,](#)
 - nõuded maavaravarude kategooriatele ja maavaradele ning maavaravarude kasutusala nimistu.
- Maavara kaevandamisloa taotluse vorm, kaevandamisloa taotlusele, seletuskirjale ja graafilisele lisale esitatavad täpsustatud nõuded, kaevandamisloa andmise, muutmise ja ümberregistreerimise menetlustoimingute tähtajad ja kaevandamisloa vorm.
- Riigile kuuluva maavaravaru kaevandamisõiguse tasu määrad (esialgu) aastateks 2005-2008 ja sellega seonduv maavaravaru kaevandamise mahu aruande esitamise ja kaevandamisõiguse tasu maksmise kord.
- Üldgeoloogilise uurimistööga, geoloogilise uuringuga ja kaevandamisega rikutud maa korrastamise kord.
- Ohtlike ainete sisalduseta kaevandamisjääkide ladestamiskohtadele ja ladestamisele esitatavad nõuded.

Üleriigilise tähtsusega maardlate nimekiri. Seoses mäemajandusliku mõtteviisi arenemisega uuendati üleriigilise tähtsusega maardlate nimistut. Välja jäeti perspektiivitu Tapa põlevkivileiupaik ja Maardu ammendatud fosforiidimaardla. Lisandusid Nabala ja Vão lubjakivimaardlad ning mõned suuremad liiva ja ravimuda meremaardlad. Nabala ja Vão puhul oli määrav keskkonnaministeriumi soov võtta need oma halduse alla, eriti Vão puhul, mis muidu oleks kuulunud Tallinna linnale.

Üldgeoloogilise uurimistöö ja geoloogilise uuringu läbiviimise kord. Aluseks võeti 1995. maapõueseaduse dokumendid: **“Üldgeoloogiliste uurimistööde läbiviimise kord”** ja **“Maavara geoloogilise uuringu läbiviimise ja maavaravarude kinnitamise kord”**. Kuna koostajad ei olnud piisavalt kohanenud uue majanduskorra reeglitega, jäid uude versiooni sisse mitmed ebakohad. Selle normatiivdokumendi ideoloogiline alus on jätkuvalt tekitanud konflikte oma jäikade nõuete ja reglementeeriva vaimu tõttu.

Maavara kaevandamisloa taotlemise kord sai uuenenud seaduseruumis pikema nime (vt eelnenut). Mis puudutab dokumentide vormistamist, siis säilitati 1995. seaduse põhimõtted ja reeglid. Nõuded graafilisele osale ja kartograafiale viidi küll paremasse, kuigi mitte parimasse vastavusse arvutigraafika võimalustega.

Üldgeoloogilise uurimistööga, geoloogilise uuringuga ja kaevandamisega rikitud maa

korrastamise kord polnud mitte ainult pika nimega vaid ka ajalooa juhend.³² Varem käsitleti kaevandamisega muudetud maakatte kasutamiseväärtuse taastamist rekultiveerimisena.

Korrastamist reglementeerivate dokumentide arenguloo leiab digiteavikust [EHITUSMAAVARADE UURINGU- JA KAEVANDAMISALADE KORRASTAMISE KÄSIRAAMAT](#) (OÜ Inseneribüroo Steiger, 2017)

2005. maapõueseaduse „...rikutud maa korrastamise kord“, oli tunduvalt kaasaegsem – käsitles kõigi maavarade kaevandamist, sõltumata rikkuva tegevuse liigist, kaevandamise moodusest (ava- või allmaakaevandamine) ja korrastamise objektist (maatükk, vajum, puistang, panila, hoone jne). Oluliseks uuenduseks oli korrastamise projektipõhine käsitus – tegevuse aluseks sai on korrastamisprojekt, mitte juhendi nõuded. Projekteerimisnõuded viidi vastavusse toonaste ehitusprojektide nõuetega. Traditsioonilise eriosana jäid sisse mullakäitluse tingimused, mis nagu hiljem näeme, jäid allmaakaevandamisega rikutud maa käitlemise alal üsna algeliseks (vt [Allmaakaevandamisega mõjutatud maa korrastamine](#)).

Normatiivdokument Ohtlike ainete sisalduseta kaevandamisjääkide ladestamiskohtadele ja ladestamisele esitatavad nõuded jäi episoodiliseks. Nõuded said kehtestatud selleks, et eristada jäätmeid, millel pole kasutusala nendest jääkidest, mida võib käsitleda kui

³² Sisulisemalt vt p [Keskkonnanõuete maavarade kaevandamisel](#)

realiseerimata toodet. Kuid, kuna jäätmete ladestamine on maksustatud, siis fiskaalhuvi lähtuvalt üritasid järelevalveorganid maksustada ja jääke. Kõnealuses normatiivdokumendis jaotati kasutamiskõlblikud jäägid kaheks: kohest käitlemist mittevajavateks ehk lühiealisteks jääkideks ning pikaealisteks jääkideks. Viimased on sellised, millel lähiajal ei ole turgu või mis vajavad lisatöötlemist. Ilmselgelt kasutamiskõlbmatud kaevandamisjäägid, nagu savikas peenliiv, settetiikide muda, kannukiht jt kuulusid jäätmete (mitte jääkide) kategooriasse.

Ohutute jääkide määrus sätestas kaevandamisjääkide ja -jäätmete erinevuse

See määrus pidi mõjutama mäeettevõtteid korrastama tehnoloogilist dokumentatsiooni ja viima maavarade kaevandamisel ning esmatöötlusel tekkivad tooted (kaup, jäägid, jäätmed, vaheproduktid jt) samuti rajatised (panilad, laod, ladestamispaigad, hoidlad, ehitised) vastavusse kaevandamise tehnoloogilise skeemiga ja parandama võimalust nende identifitseerimiseks. Tööstusjuhid ei kasutanud neile pakutud võimalust, määrust ignoreeriti, ning kogu jäätme- ja jäägimajandus tuli allutada jäätmeseadusele. Määrus kuulutati kehtetuks 2010.

Maapõueseadusesse on sisse kirjutatud mitmed trahvid maavarade ja maapõue väärkasutamise eest. Trahvide ja karistuste süsteemi on pidevalt täpsustatud. Endastmõistetavalt on seda tehtud vastusena väärtegevusele, milleks peamised on olnud:

- loata kaevandamine,

- ülemäärane kaevandamine — enam kui ajaliselt lubatud või mäeeraldise piire ületades,
- kahju keskkonnale, varale ja inimestele.

Paljudel juhtudel on mäetöösturite ebakohasele tegevusele järgnenud kriminaalmenetlus, et sisse nõuda väärtegude eest sätestatud rahatrahve. Praktikas on trahvid alanud mõnest tuhandest eurost, ulatudes juriidilise isiku puhul kuni mõnekümne tuhande euroni. On olnud suuremaid karistusi.

Maavarade ja maapõue õiguspärase kasutamise järelevalve on Eestis delegeeritud keskkonnajärelevalve asutustele, kes kahju suuruse ja sanktsioonide kehtestamisel lähtub kaevandamisõiguse tasumääradest.

1.6 Eesti kaevandamise seadus 2003...2016

Eesti maapõueseaduse varasemad versioonid ei käsitlenud kaevandamistehnikat ega mäeohutust, seda tegi [kaevandamise seadus](#).

Kaevandamise seadus, mis kehtis 2003...2016, reguleeris mäetöö ohutust, tehnoloogilisi protsesse, dokumenteerimist, kaevandamise valdkonnas tegutsevate isikute kompetentsust ja muud asjakohast. Mäetööstusriikides kuulub see kõik mäeseaduse alla. Alates 2017. kuulub kogu kaevandamise regulatsioon Eesti maapõueseaduse alla. Sellega tunnustati *de facto*, et

Eesti maapõueseadus on mäeseadus, mitte maapõue kui tervikut käsitlev õigusakt

Kaevandamise seadus ja selle alamaktid loodi majandus- ja kommunikatsiooniministeriumis. Kuigi seadus deklareeris maardlate säästliku

kasutamise (§ 1), ei andnud ta ise ega ka tema normatiivdokumendid selleks nii tugevat juriidilist alust kui see oli olnud eelmise riigikorra all, mil üritati igati piirata maavara varu kasutamist maatoena ehitiste ja objektide, sh kaitsealade all.

1.6.1 Olulised kaevandamismõisted ja -terminid

Kaevandamise ja kaevandusohutust silmas pidavalt on kasulik teada kehtinud kaevandamisseaduses kasutatud mõistestikku, kasvõi selleks, et mäendusvälistele isikutele kaevandusõnnetusel juhtunud selgitada.

Kaevandamine

Üldkeeles ja isegi seadustes võib see sõna olla mitmeti kasutatav ja erinevalt mõistetav. Seepärast tuleb igal konkreetsel juhul termin lähtestada, selgitada — mida see tähendab konkreetse seaduse või paradigma raames?

1. Mäemajandus defineerib kaevandamise kui maavara kaubastamise, mis on protsesside jada maavara varumisest kuni kaevisest valmistatud mineraalse toodangu võõrandamiseni.

Mineraaltööstuse harusid nimetatakse toodangu (maagi, kontsentraadi, ehitusmaterjali) alusel. Tuntakse terasetööstust ja raua, mitte hematidi, magnetiidi ega götiidi kaevandamist. Teame värvilist metallurgiat ja nikli, vase või kulla, mitte sulfiitsete või polümetalsete kivimite kaevandamist. Samamoodi tuleks tunnustada mõistet 'ehitusmaterjali kaevandamine', mitte

nimetada seda tööstust väljatava kivimi järgi.

2. Maapõueõiguse põhidokumendi, maapõueseaduse mõistes on kaevandamine „...maavara looduslikust seisundist eemaldamise ettevalmistamiseks tehtav töö, maavara looduslikust seisundist eemaldamine ning mäeeraldise ja mäeeraldise teenindusmaa piires kaevise vedu ja esmane töötlemine.“

*Eesti mäenduskeeles on kivimi ja sette looduslikust olekust eemaldamise (irrutamise) jaoks termin väljamine (excavating, **выемка**), mida maapõueseadust koostanud geoloogiline koolkond eriti ei kasuta.*

*Tuleb teadvustada, et kivim või sete, mis on kobestatud, vee alt välja pumbatud või mõnel muul moel lõhutud, ei ole „looduslikus seisundis“. Ta on kaevis, kaevandatud (mined, **добыта**). Kuigi kaevist võib käidelda ja müüa aastaid pärast irrutamist, tuleb maavara kaevandamisõiguse hind tema väljamise eest tasuda kohe.*

3. Kaevandamiseseadus määratles kaevandamise mõiste mäetöö protsesside kaudu: kaevandamine on maavara väljamisel, kaevanduse rajamisel, geoloogilisel uuringul või kaevanduse ehitamisel maapõues tehtav töö, samuti töö kaevise veol, rikastusel, ladustamisel ja kaevandatud ala ning puistangute korrastamisel.

Sellela sätestati klassikalise maapõueõiguse põhimõte, et maavara varumine mäetööstuse tarbeks on kaevandamise (mining) töö. Loodusteadusliku alusharidusega maavarageoloogidel tekitas see võõristust.

4. Kitsamas mõistes võib kaevandamine olla tehnoloogia ehk kaevandamisviis: kamberkaevandamine, lankkaevandamise või kaevandamise moodus: allmaakaevandamine, allveekaevandamine. Nii käsitletakse kaevandamist käesoleva õpiku osas [KAEVANDAMISE PROJEKTEERIMINE](#).

Punktides 3 ja 4 defineeritud 'kaevandamine' ei oma mäeõiguse põhidokumendi — maapõueseaduse tuge.

Et veelgi selgem oleks — kaevandamine ei ole:

5. ehitamisel, ükskõik, kas hoone, tunneli, kanali või kraavi rajamisel maapõuest väljatava kaevisel teisaldamine, vedu ega võõrandamine; sel juhul on tegu ehitusjäägi (tootmisjäägi) või -jääte käitlemisega;
6. maapõues tehtav ehitustöö, mis on allmaatöö ehk mäetöö.

Kaevandus

... on käitis, kus tehakse mäetööd. Seega kaevandus võib olla:

- mistahes maavara kaevandamiseks tehtud rajatis, karjäär, isegi kivimurd ja liivaauk, rääkimata turbaväljast;

- maavara kaevandamiseks rajatud allmaarajatiste kogum, allmaakaevandus;
- suur, rikastusvabriku ja mitmekülgse taristuga majandusüksus.

Kaevandus, näiteks Estonia põlevkivikaevandus on Eesti Energia mäetsehh.

Kaevandus ei ole mistahes ettevõtte, mis käitleb mineraaltooret. Maavara kaevandamisega seonduvad rikastusvabrikud ja -õlivabrikud, mis töötlevad mitme kaevanduse ja karjääri kaevist ei ole kaevandused. Nende töö reguleerimine ei kuulu maapõueseadustiku aktide alla nagu see oli [Eesti mäeseaduse](#) kehtivuse ajal 1927...40.

Kaevandused ei ole ka geoloogiettevõtted ja -kätised, isegi juhul kui nad maa(põue)vara uurivad.

Kaevandustöö ja tervise ohutuse konventsiooni (1995) [SAFETY AND HEALTH IN MINES CONVENTION](#) kohaselt on kaevandused (*mines*) kõik pealmaa- või allmaaväljad, kus leiab aset (ametliku tõlke keelevis muutmata):

- maavara, sealhulgas nafta ja gaasi, otsing, mis nõuab maapõue mehhaanilist rikkumist,
- maavara, välja arvatud nafta ja gaas, väljamine,
- kaevis rikastamine, kaasa arvatud purustamine, jahvatamine, kontsentreerimine või pesemine, samuti
- kõik mehhanismid, varustus, abivahendid, sisseseade, hooned ja rajatised, mida kasutatakse eelmises alapunktis osutatud tegevuses.

Mäetööde vastutav spetsialist ja kutsenõuded

Kaevandamisseaduse kohaselt tohtis mäetööd juhtida ja korraldada ettevõtja poolt määratud vastutav spetsialist ehk pädev isik. Kuni kaevandamisseaduse kehtestamiseni 2003. pidi ettevõtjal olema mäetööde või geoloogiliste tööde litsents. Kuna kaevandamise alla kuulus ka maavara varumine ehk geoloogiline uuring, pidi ka uuringu eest vastutava geoloogi (spetsialisti) pädevus olema tõendatud. Mäetööde juhi pädevus pidi olema tõendatud kaevandamisseaduse kohaselt või spetsialistil pidi olema kutsetunnistus [kutseseaduse](#) tähenduses.

Kaevandamisseadus määratles juhendipõhises stiilis enamohthlikud tegevusalad, mille juhtimine ja korraldamine nõuab erialast ettevalmistust, töökogemust ja teadmisi. Tegevusalad pandi paika piirarvudega nagu karjääriastangu kõrgus, vee alt ammutamise sügavus, toodangu maht jne. Piir-arvud olid tehniliselt põhjendamata „mugavad arvud“.

Igasuguste piir-arvude seadjal peaks olema ettekujutus looduskeskkonna mõõdistamise tolerantsidest, mäemõõtmete mõõtemääramatusest. Vt [Tolerantsid projektides ja mäenduse praktikas](#). Kaevandamisseadus tolerantse ei sätestanud. Samal ajal kontrollorganid nõudsid „null-tolerantsi“ – tõkestasid rangelt mistahes tegevuse piiri ületamise. Selline olukord tekitas kõnekäänu (lemma): mäeinseneril on vähemalt kaks teed mistahes keelust mööda minemiseks.

Ka enamohthlike tööde ja sellise tegevusalaga kaevanduse projekteerijal pidi olema vastav ettevalmistus ning vähemalt kolmeaastane erialane projekteerimistöö kogemus. Vastavalt kutseseadusele on mäetööd korraldaval ja juhital inseneril neli kutsetaset:

- mäetehnik — Euroopa kvalifikatsiooniraamistik (EKR) 5. tase — inseneri esimene aste,³³
- mäeinsener EKR 6. tase — käitusinsener,
- diplomeeritud mäeinsener EKR 7. tase — juht- ja/või projekteerimisinsener,
- volitatud mäeinsener EKR 8. tase — tippjuht ja -spetsialist.

Kui eelpool toodud kõnekäänu kohaselt on mäeinseneril vähemalt kaks teed tõkkest möödumiseks, siis diplomeeritud inseneril on neid vähemalt kolm. [Need paneb ta kaevandamise projekti.](#)

1.6.2 Kaevandamise seaduse alamaktid

2003. aasta välja rida kaevandamise seaduse alamakte, mis kõik olid leitavad [Riigi Teatajas](#):

- Kaevandamise ja kaeveõõne teisese kasutamise ohutusnõuded.
- Allmaarajatises päästetöö ja päästeasutustega tehtava koostöö kord ning allmaarajatises tehtava päästetöö kohta esitatavad nõuded.
- [KAEVANDAMISE PEATAMISE JA LÕPETAMISE KORD.](#)
- [KAEVANDAMISE JA KAEVEÕÕNE TEISESE KASUTAMISE PROJEKTILE ESITATAVAD NÕUDED.](#)
- **Markšneideritöö kord.**

³³ Mäeinseneride astmestik erineb teiste Eesti kutseliste inseneride skaalast, teistel 5. tase puudub.

- Kaevandamise ja kaeveõõne teise kasutamisega tegeleva ettevõtja kohustuslikule dokumentatsioonile esitatavad nõuded.
- Vastutava spetsialisti nõuetele vastavuse hindamise ja tõendamise kord.

Nende normatiivdokumentide mäenduse hea tava kohaseid sätteid on alati kasulik teada ning järgida [kaevandamise projektide koostamisel](#).

1.6.3 Kaevandamise seaduse ja selle alamaktide ebakohad

Kaevandamise seaduse koostamisel jäi normatiivdokumentide nimistust välja [allmaakaevandamisel maapinna ja ehitiste hoidmise kord](#), mis seaduse toeta on kasutusel põlevkivi allmaakaevandamisel.

Kaevandamise peatamise ja lõpetamise kord koostati juhitudes allmaakaevanduse kuvandist. Sätestati:

- peatamisest ja lõpetamisest teavitab kaevandaja Tehnilise Järelevalve Ametit ja keskkonnaministeriumi (st loa andnud asutust) kuus kuud ette, lisades teavitusele kaevandamisega rikutud maa korrastamise ajakava, õiendi varudest ja selgitava graafilise materjali,
- nii peatamiseks kui lõpetamiseks (sulgemiseks) tuleb koostada projekt, mis saadetakse vähemalt kuu aega enne vastava tegevuse alustamist Tehnilise Järelevalve Ametile,
- peatatud kaevandamist võib taas alustada teavitusega Tehnilise Järelevalve Ametile ja keskkonnaministeriumile.

Selline reglement on (allmaa)kaevanduse jaoks loomulik, kuid ehitusmaavarade, eriti puistmaterjalide karjäärides asjakohatu. Juhend eristas pika- ja lühiajalist peatamist – peatamiseks ei loetud kaevandamise (väljamise) mõningast seiskamist seadmete remondiks või objekti korrastamiseks. Kuid seejuures ei sätestatud, kui pikka ajavahemikku lugeda lühiajaliseks, st tootmispausiks, selliseks, mis ei vaja projekti ega luba. Nii loodi võimalus sujuvaks siirdeks kaevanduse hülgamisele.

Riikides, kus peatamiseks loetakse kaevandamise lakkamist mingiks leppeliseks ajaks, näiteks viieks aastaks, täheldatakse kaevise väljamise aktiveerumist just sellise perioodiga.

Markšneideritööde korda värskendati, lihtsustati ja viidi vastavusse kaasaegse mõõtmis- ja arvutustehnika ning arvutustehnika võimalustega. Mõnevõrra lihtsustati eeskirja allmaa-kaeveõõnte, sh tunnelite mõõdistamisel, jättes välja süvakaevanduste mõõdistamise olulised erisused.

Vastutava spetsialisti nõuetele vastavuse hindamise ja tõendamise kord kaotas aktuaalsuse seoses üleminekuga kutseliste mäeinseneride staatuse juurutamisega. ([Mäetööde vastutav spetsialist](#))

Nagu varem öeldud, kogu kaevandamise seaduse regulatsioon on alates 2017. aastast maapõueseaduse osa.

1.7 Eesti maapõueseadus 2017

... reguleerib otseselt:

- üldgeoloogilist uurimistööd — nii loodusteaduslikku, kui ka maavarade otsingut;
- geoloogilist uuringut, mis on maavara varumise töö;
- maavara kaevandamist;
- kinnisasja omaniku õigusi tema kinnisasja piirides asuva maavara kasutamisel;
- uuritud ja kaevandatud maa ³⁴ korrastamist — kuid mitte maapõue korrastamist.

Muuseas reguleerib maapõueseadus ka:

- maapõue kasutamist, mis ei ole seotud maavara kaevandamisega — eeldatavasti maapõues ehitamise ja maapõuetoe osas, kuid vaid niivõrd, kui võrd seda ei korralda teised seadused;
- maapõue, eelkõige maavara varu kaitset — kuid mitte siis, kui mängu tulevad maapealsed [keskkonna- ja omandikaitseelised prioriteedid](#).

1.8 Kokkuvõtvalt maapõue õigusaktidest

Eesti maapõueseadus kui mäeseadus

Eesti maapõueseadus on vähehaaval kaugenenud oma esmases keskkonnast, maapõuest. Üha enam on seadus hakanud käsitlema sekundaarseid objekte, sealhulgas kaevandamisjäätmete käitlemist ja mäettevõtte

³⁴ Kaevandatud maa all mõeldakse kaevandamisega muudetud maakatet.

tööd. Kes eelnenu põhjal on kursis maapõueõigusega, märkab, et tegelikult

Eesti maapõueseadus on sisuliselt mäeseadus,

juriidiline akt, mis reguleerib maavarade kaevandamist ja selle mõju maapealsele, sh sotsiaalsele keskkonnale.

Maapõueseadus võiks olla maapõueressursside seadus

Selleks peaks seadus käsitlema kõiki maapõueressursse ja nende kooslusi, tagama nende kaitse ning ohjama ressursside kasutamise sünergeetilist mõju keskkonnale. Seega peaks maapõueseaduse aineks olema:

- maavarad ja nende kasutamine — kaevandamine;
- ehitiste, kaitstavate loodusobjektide, mälestiste jt objektide hoidmiseks vajaliku maapõuetoe sätestamine ja kaitsmine;
- maapõu käsitlemine ehitusruumina, kuhu saab moodustada kivimite struktuuri muutvaid rajatisi, nagu tunneleid, panilaid, hoidlaid, varjendeid jne;
- maapõu kui keskkonda kuhu saab tekitada looduskohaseid rajatisi, mis ei riku maapõue struktuuri — maamahuteid, näiteks süsinikdioksiidi, põlevgaasi ja teiste gaaside säilitamiseks ja/või matmiseks;
- maapõuesoojus, mis on samuti loodusressurss;
- põhjavesi, eriti nn tõeline, süva-maapõuevesi, mitte põhjavee ülemistes kihtides migreeruvad sademed.

1.8.1 Maapõueseaduse objektid

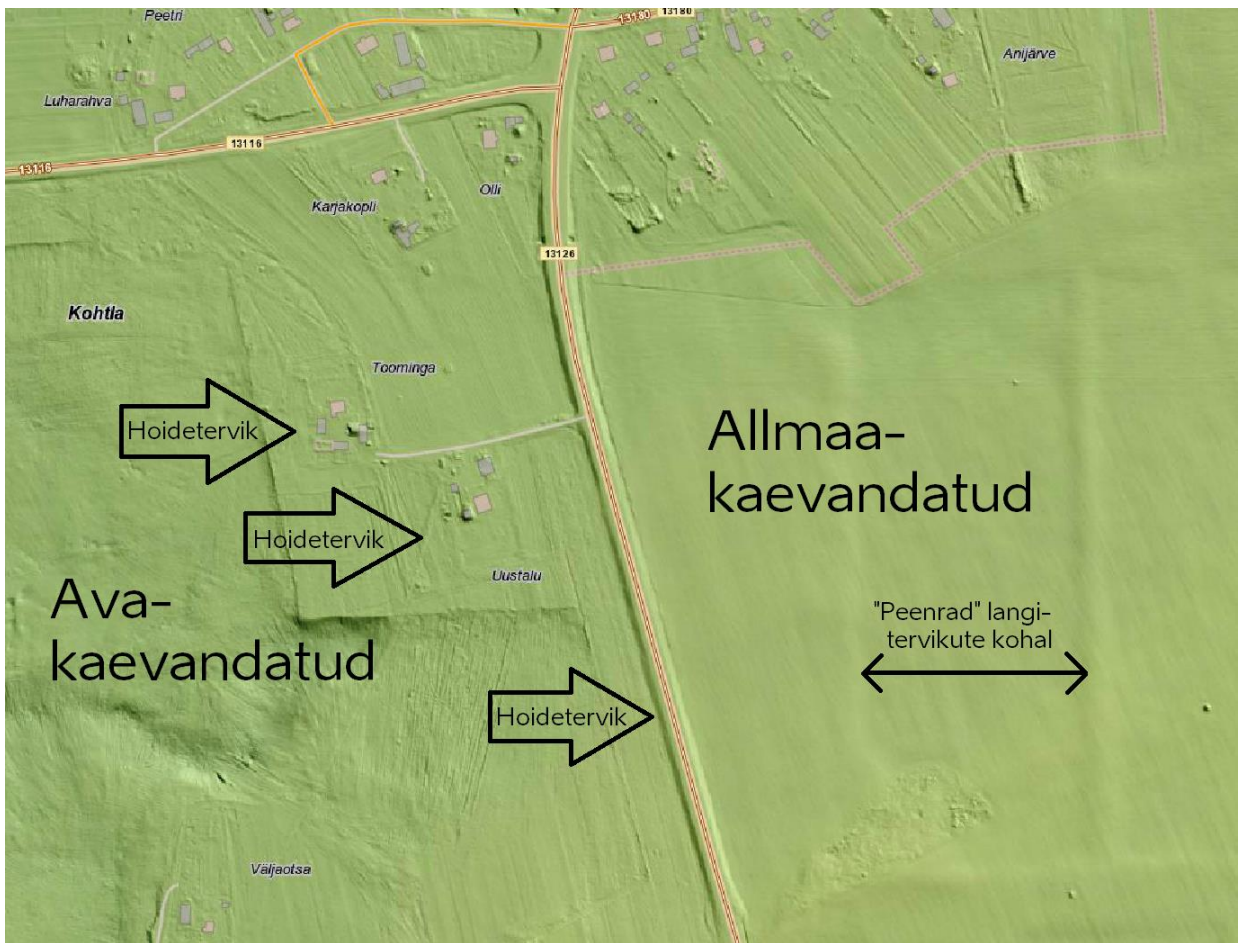
Maavarad

Maavarade kaevandamine: väljamine, kaitse ja kasutamine on kehtiva maapõueseadusega piisavalt korraldatud.

Maavarade varumise osas tuleks sammu pidada geoloogilise uuringu tehnika progressiga, mitte lähtuda aegunud nõuetest ja ajaloolise tehnika kasutamise kogemusest.

Maa(põue)tugi

... ei ole kehtivas maapõueseaduses kuigivõrd käsitletud. Eestis on ehitiste ja rajatiste toetamine täielikult ehitusinseneride ja ehitusseadustiku asi. Esialgu veel suuri ja sisulisi probleeme selles valdkonnas ei ole. Arusaamatusi tekib, kui mõne ehitise maatugi ulatub maardlasse ja vastupidi — kui on vaja maavara väljata maardlas, mis ulatub ehitise alla. Neil juhtudel jaotatakse maapõue kahemõõtmelisest kuvandist lähtuvalt vertikaalsete lõigetega. Kui sügavat tuge maapealne ehitis vajab, või kui paks lagi peab allmaarajatisel olema, tuleb projektipõhiselt lahendada. Näiteks põlevkivi allmaakaevandamisel on maapõuetoe probleem lahendatud nii, et ehitisele jäävad [hoidetervikud](#) ja osa maavarast saab väljatud (Pilt 2.44). Avakaevandamisel, kui võimalik, jäetakse maapõuetuge vajavate objektide alt maavara väljamata (Pilt 1.8).



Pilt 1.8 Mitmesugused hoidetervikud Maa-Ameti reljeefkaardil

Pildil vasakul on Kohtla-Vanaküla põlevkivikarjääri väli, paremal kaevanduse nr 4 väli. Kaevandusväljade vahel püsib hoidetervikul Kohtla-Järve – Mäetaguse maantee.

Kaardilt näeb, kui palju karjäärivälja varust jäeti erastatud maa ja hoonete hoidmiseks.

Allmaakaevandamisel, mis toimus endise majanduskorra ajal, väljati suurem osa varust. Kaevelankide vahele jäi tühine osa põlevkivist varuväljapääsude (külgstrekide) hoidmiseks.

Pilt illustreerib praeguse ja endise majanduskorra suhtumist loodusvaradesse – maavarasse ja viljelusmaasse.

Ühes fosforiidimaardlas anti elektrituulikutele vajalik maatugi seeläbi, et tuulikuid käsitleti kui ajutisi objekte, mis igavikulise maapõue seisukohalt ongi nii. ahendamata on ka

kaitstavate loodusobjekte maatoe küsimused — ei ole piisava selgusega juriidiliselt sätestatud. Annab tunda, et kaitstavate loodusobjektide haldajatel ja eestkõnelejal puudub piisav ettekujutus maapõuest. Tuleks siiski seadustada protseduur, et lahendada küsimus — kui maakatte loodusobjekt on keskkonna osa, siis millise sügavuseni? Vt Pilt 1.1.

Maapõue ehitusruum

... on teema neis riikides, kus maapõue ehitatakse rohkem kui Eestis. Seal toimivad erineva taseme ja jõuga regulatsioonid, mis jaotavad maapõue ehitusruumi ning dimensioonivad rajatiste mõju ulatust maapõues. Reglemendid on kujunenud kogemuse, projektide ja kaasuste varal. Eestis pole (2019) selles valdkonnas midagi, mis vääriks märkimist. On mõningaid allmaarajatise eelprojekte, tunnelite ehitamine on ideekavandite tasemel. Projekteerimisele asudes hakkab tekkima arusaam, et maapõue ehitusruumi probleematikat tuleb käsitleda kooskõlas maatoe küsimustega.

Maamahutid

... on rajatised, mis ei muuda märgatavalt maapõue tahket struktuuri, ent sellest hoolimata kuuluvad ehitiste kategooriasse. Mitte ainult seetõttu, et nad on maapealsega seotud käikude ja kaevude (puuraukude) kaudu, vaid pigem, et nad mõjutavad keskkonda maapõue vedelikke ja gaase liigutades. Maamahutid on allmaagaasihoidlad ja -panilad maapõue looduslikes struktuurides.

Maamahutite probleemid muutuvad järjest tõsisemaks, sest on teada projekte ja rajatisi, kus

maapõue kasutatakse heit- ja jäätvee ärajuhtimiseks, otse või salaja (Pilt 2.50). Maapõueseaduse ainult mainib maapõue kaitset, kuid ei sisalda sätteid, mis oleks aluseks maapõue reostamise vältimiseks.

Maapõue soojus(väli)

... on ressurss, sõltumata, kas energiakanduriks on looduslik või tehnogeenne vesi. Maapõueseadus seda ei käsitle, sest seni on seadusloome olnud retrospektiivne, innovatsioonile vaevu järele jõudev.

Põhjavesi

... on olemuselt maapõueressurss, kuid Eestis on maapõuevesi koos pinnaveega jäetud veeseaduse alla. Osaliselt seetõttu, et ajaloolistes maapõueõiguse aktides (koodeksites) magevett ei käsitletud, küll aga loeti ressursiks mineraal- ja soolavett. Alles viimasel ajal on hakatud märkama ja väärtustama meie paleovett, maapõue tõelist ressursi.

On kasutusel ka mõiste 'pinnasevesi', (groundwater in active zone, active layer, почвенная вода). See termin tähendab vett, mis täidab tahkete setete pealmisi kihte: mulda, liiva, muda, turvast, kasvukihti. Pinnasevett veeseadus ei maini, hüdrogeoloogid ei tunnista ja keskkonnasõnastik soovib seda vältida. Kuid tehnogeoloogias (= teadus tehnogeensest maapõuest) on sellel, sademete, aurumise ja põhjavette imbumise intensiivsusest sõltuval, pinnavee ja põhjavee siirdeformatsioonil sedavõrd oluline osa, et

vajadusel kasutame mõistet 'pinnasevesi' edaspidigi.



Pilt 1.9 Pinnasevesi

14.08.2011. 58°57'26,0"; 22°31'35,5".

1.9 Maapõue kasutamise maksustamine

Maavaramaks

Enamikus riikidest tasub mäetööstur maavara kaevandamise mingit või mitut maksu. Maks on andam maavara omanikule tema ressursi kasutamise eest. Maavara omanik võib olla kas riik või maaomanik.

Tavaliselt makstakse väljatud koguse eest. Maksumäär ehk tasu maavara arvestusühiku (tonni, kuupmeetri) või toodangu mahu (sh isegi grammi või karaadi) ühiku eest on kas ühetaoline või progresseeruv.³⁵ Üldjuhul on maksumäära aluseks maavara väärtus – suurema väärtusega tooteid andva kaevis maavaramaks on kõrgem.

Kaua kujunenud ärisüsteemiga riikides juhindutakse tulu suurusest. Kaevandamine maksustatakse kas toodangu rahalise mahu, turuväärtuse või ettevõtte tulu (kasumi) alusel. Tulu arvutamiseks on mitmeid süsteeme.

³⁵ Reinsalu, E., 2008. [Mäemajandus](#), p. 1.1.9, lk 34. <http://digi.lib.ttu.ee/i/?164>

Enamasti hinnatakse müügi tulemi ja kaevandamiskulu vahet. Kaevandamiskulu hulka kuulub kindlasti kapitalikulu ja selle mäemajanduslik vorm – investering maavara varumiseks, geoloogilisteks töödeks. Müügitulu kalkuleerimisel lähtutakse, nii palju kui võimalik, toodete turuhinnast. Kuna mäetööstuse toodete turg on üsna muutlik, võib maksustaja nn kriisiaastail piirduda ainult käibe (müügi) maksustamisega.

Maavaramaksu ajalooline eelkäija oli *royalty*, valitseja poolt määratud andam kulla, hõbeda või muu metalli ühiku eest.

Mäerent

Renditasu on *royalty'ga* konkureeriv maksustamisviis. Selle kohaselt on mäetööstur maardla rentnik, kes maksab iga-aastast renti. Kui ei ole kokku lepitud teisiti, maksab ka väljamistasu toodangu pealt.³⁶ Väljamistasu on sisuliselt kaevandamistasu.

Mäerent on Eesti maapõueõiguse ruumis uus mõiste, mille kontseptsioon vajab täpsemat selgitust. Enamasti on rendil kaks maksumäära, mille alusel arvutatakse:

1. iga-aastane püsitasu kaevandajale antud maardla (varu) mahu eest, mis on võrdeline maardla väärtusega

ja
2. toodangu (väljamise) mahust sõltuv kaevandamismaks.

³⁶ Mäerendi arvutamise näide: Reinsalu, E. jt 2010. Ehitusmaavara maardlate mäerendi võimalikud rendimäärad. Kogumik Maapõue kasutamise arengud, Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, lk 17...20.

Püsitasu võidakse mäetöösturilt nõuda ka neil aastail, kui toodangut ei ole. Rendimäära arvutamise aluseks on tulundusväärtus.³⁷

Renditasu on seda suurem, mida väärtuslikum on objekt — maardla või mäeeraldis. Sellest tekib maavara väärtuse küsimus. Eesti maapõueõiguse kohaselt ei ole riigi omandis olevad maavarad tsiviilkäibes.³⁸ Pole käibes, pole turgu. Nii ei ole ei maardla ega maavara ostetav/müüdav ja neil ei ole (turu)hinda. Rahalise väärtuse puudumise tõttu on püütud maardlat ja maavara hinnata subjektiivselt, verbaalselt, adjektiivselt: "väärtuslik", "kvaliteetne", "kõrgemargiline", "tugevuslikud omadused".

Kui Eesti mäeõigus sätestab kontsessioonid, aktualiseerub majandushinnangute teema

Maardla väärtus ja maavara väärtus

Väärtust läheb vaja kontsessioonitasu määramisel. Riigikapitalistlikus Nõukogude Liidus sellist protseduuri ei tuntud, sest maapõuevarad ja tööstus olid riigi ainuomandis. Ka taasiseseisvunud Eestis ei võetud maavarade väärtushinnanguid kasutusele. Põhjus oli lihtne — möödunud sajandi üheksakümnendatel ei olnud piisavaid teadmisi turumajandusele siirduvate riigiettevõtete kulude ja tulude struktuurist. Kindlasti raskendas maardlatele ja maavaradele põhjendatud väärtushinnangute andmist

³⁷ Üksikasjalikumalt Reinsalu, E., 2008. [Mäemajandus](#), lk 32

³⁸ See oli sisuline põhjus, miks ei olnud võimalik fosforiidi varu panna Eesti krooni kattevaraks (1991) ega poolt miljardit tonni põlevkivivaru elektriijaamade rekonstrueerimislauu tagatiseks (2001).

toonaseid otsuseid langetanud isikute puudulikud teadmised mäemajandusest.³⁹

Maardla väärtus on maardla varu ja maavara väärtuse korrutis

Maavara väärtus määratakse toodetava kauba koguse ja selle turuväärtuse (-hinna) alusel. Seejuures arvatakse müügitulust maha kaevandamis- ja veokulu ning maksud.

Paljudes riikides loetakse maavara varumiseks tehtud laenude tagasimaksed ja intress kuluks, nagu seda tehakse investeringutega rajatiste ja seadmete soetamiseks.

Maavara varu arvestatakse vaid kaevandatavas koguses, sest tulu andva varu hulka ei kuulu ei üld-, kaevandamis- ega rikastuskadu. Lisaks kõigele arvestatakse aherdumist ja muid tegureid, mis muudavad mineraaltoorme väärtust protsessis enne kui sellest saab lõpp-produkt, müügikõlbulik kaup.

Kauba kogus ja hind ei ole stabiilsed ning maardla kasutamine kestab aastaid. Seepärast peab väärtushinnangute aluseks olema pikaajaline äriplaan. Riikides, kus kaevandamisõigus antakse kontsessioonidena, on mäendusäri plaanimine taotleja tavaline tegevus ja äriplaani hindamine loa andja loomulik tegevus. Kuid...

³⁹ Drastilise demagoogia näide oli 2001. augustikuus toimunud poliitilise debati käigus välja pakutud põlevkivimaardla väärtus, mis oli saadud geoloogilise varu ja kaubapõlevkivi turuhinna korrutamise teel. Kuna sellega tuli välja tuntud akadeemiline isik, kes ei peaks tegema vigu, mis on lubamatud isegi maapõueteaduste bakalaureusele, siis on alust arvata, et tegemist oli provokatsiooniga. Kahjuks esineb mäendusvõhikutel taolisi kalkulatsioone kogu aeg ja meedia tiražeerib neid meelsasti.

maardla ja maavara väärtuse määramine on keerukas.

Keerukus ja arvutuste mahukus on peamine, miks meie seadusandjad on võtnud maavara kasutamise maksustamise aluseks verbaalkriteeriumid ega suuda neist loobuda.

Maavara kaevandamisõiguse tasu

Eesti kehtestatud maavaramaksu nimeks on kaevandamisõiguse tasu. Maavara kui loodusvara kasutamise eest tasu seadmise delegeerib maapõueseadus [keskkonnatasude seadusele](#).

Kaevandamisõiguse hinna eelkäijaks oli ressursimaks, mida vähese eduga juurutati eelmise riigikorra lõpul ja mis kehtis veel üleminekuajal. Kuna taasiseseisvunud Eesti maksuseaduses sellist maksu ei nimetatud, sai ressursimaksust kaevandamisõiguse hind, hiljem kaevandamisõiguse tasu.

Ressursimaksu määrad töötati välja eelmise sajandi üheksakümnendatel kahe erineva metoodika alusel. Ehitusmaavarade maksumäärad olid kulupõhised. Nende aluseks olid müügi- ja kaevandamishinnad. Põlevkivi ressursimaksumäärat töötas välja käesoleva õpiku autor. Aluseks oli tootmisfaktorite: tööjõu, tootmiskapitali (põhivahendite) ja looduskapitali (maavara) elastsus [tootmisfunktsioonis](#). Hüpotees oli:

ressursimaks peab põlevkivi varu kasutamise kulu tõstma samale tasemele maavara kadu elimineeriva seadmestiku hankimise kuluga

Töö baseerus põlevkivi kaevandava süsteemi matemaatilisel modelleerimisel.⁴⁰

Üleminekuajal 1989...98. muutus maavarasid kaevandavate ja kasutatavate ettevõtete struktuur ning inflatsiooni ja rahareformi tõttu kadus seos maksumäärade ning majandusnäitajate vahel. Ressursimaks kaotas reguleeriva toime ja muutus fiskaalseks. Sellest ajast peale on maksumäärad ja nende proportsioonid pidevalt muutnud. Objektivse majandusteabe ja majandusteadmise nappuses tehakse seda „ekspertmeetodil“.

Seega:

Eestis kehtib nn *royalty*-süsteem – lõivu makstakse igalt kasutatud maavara ühikult,

mille määrasid kehtestatakse ja reguleeritakse subjektiivselt, verbaalsete kriteeriumite alusel:

- Vastavalt [keskkonnatasude seadusele](#) võetakse kaevandamisõiguse tasu riigile kuuluva maavaravaru kaevandamise, kasutamise või kasutuskõlbmatuks muutmise eest. Tasumäärad kõigile nimeliselt määratletud (nomenklatuursete) maavaradele kehtestab ja uuendab valitsus oma määrusega.
- Keskkonnatasude seadus sätestab, et "Tasumäärade kehtestamisel arvestatakse loodusvaravarude seisundit, kasutuskohta, kvaliteeti, defitsiitsust, kasutusviisi keskkonnaohtlikkust, muude loodusvarade kaitse vajadust ning käesolevas seaduses sätestatud juhul ka tasustatavast loodusvarast

⁴⁰ Reinsalu, E., 2008. [Mäemajandus](#),

loodavat väärtust. Maavara kaevandamisõiguse tasumäära kehtestamisel ... lähtutakse riigi tulu teenimise eesmärgist.

- Energeetilise maavara puhul lähtutakse lisaks tulu teenimise eesmärgile energeetilisest maavarast toodetavast lisandväärtusest.

Viimane klausel on esimene samm tulupõhisuse suunas. Energeetilised maavarad on teatavasti põlevkivi ja turvas.

1.10 Teised maapõueõigusega haakuvad seadused

Veeseadus

Maapõueseadusega puutub veeseadus kokku põhjavee kasutamise ja kaitse alal. Kuigi veeseadus ei maini põhjavett kui maaret, on selles kasutusel mõiste 'põhjaveemaardla', mille veeressurss saab maavara staatuse. Veeseaduse üks objektidest, põhjaveekiht, on defineeritud nii maapõue elemendina kui ka loodusressursina — "põhjaveekiht on üks või mitu maa-alust kivimikihti või muud geoloogilist kihti, mis on piisavalt poorsed ja läbilaskvad, et põhjavesi saaks seal märkimisväärselt voolata, või millest saab olulises koguses põhjavett võtta."

Kui Keiserliku Venemaa mäekoodeks käsitles mineraalvett eraldi maavarana ja ENSV veekoodeks seda vältis, siis veeseaduses on mineraalvesi põhjavee alaliik ja nii on tal maavaraga võrdne staatus.

Maapõuekasutuse alal reglementeerib veeseadus põhjavee varumist, kasutamist ja rikkumist. Tahkete maavarade kaevandamise

puhul sätestab veeseadus heitvee (kaevandusest välja pumbatava vee), kaevandamise mõjusfääris oleva põhja- ja pinnavee käitlemist. Heitvee tahtliku või tahtmatu allmaarajatistesse siirdamise küsimustes on veeseadus abitu.

Maapõuekasutuse seisukohalt lähtuvalt näeb veeseaduses ebakohta veekaitsevööndi määratluses. Kaitsevöönd on defineeritud kui (veekogu) kaldaala, millel on keelatud kaevandamine ja geoloogiline uuring. Sisulisel lähenemisel võib mõista, et mõeldud on avakaevandamist ja maapealset geoloogilist uuringut. Praktikas aga käsitletakse veekaitsevööndit kolmemõõtmeliselt ja süvendatakse veekaitseala mõtteliselt kuni Maa tsentrini, kõiki veekihte ja veepidemeid läbivalt. Analoogiliselt käsitletakse veehaarde sanitaarkaitseala.

Veeseaduse viimased versioonid, võrreldes varasematega, on oluliselt lähenenud maapõuekasutuse praktikale, eemaldunud pinnapealsest loodushoidlikust kuvandist. Nii mõõndakse, et kaevandamisel tekkinud tehisveekogude, eelkõige nn karjäärijärvede suhtes ei rakendata kõiki veekaitse-eeskirju (kaitsevööndit, sh maavara kaevandamisekeeldu) seni, kuni kaevandatud ala pole korrastatud. Kõigest hoolimata on veeseadus ja selle alamaktid üsna „kahemõõtmelised“ – ei hooma maapõue kui tervikut.

Jäätmeseadus

Maavarade kaevandamine, nagu mistahes tootmistegevus tekitab jäätmeid.

Jäätmeseaduses on paragrahv, mille kohaselt kaevandamisjätmed on "... jätmed, mis on tekkinud maavarade uuringute, maavarade kaevandamise, rikastamise ja ladustamise ning kaevandamise töö tulemusena." Seadus peab vajalikuks anda oma seletuse, mis on maavara ja mis on maavara uuring. Õnneks jäätmeseaduse ja maapõueseaduse definitsioonid põhimõtteliselt ei erine.

Ja veel mõned maapõueseadust puudutavad seadused

Peale veeseaduse ja jäätmeseaduse on maapõueseaduses mainitud (viidete järjekorras):

- ehitusseadustik,
- maareformi seadus,
- planeerimisseadus,
- keskkonnaregistri seadus,
- looduskaitse seadus,
- muinsuskaitse seadus,
- haldusmenetluse seadus,
- keskkonnaseadustiku üldosa seadus,
- kutseseadus,
- maakatastriseadus,
- tsiviilseadustiku üldosa seadus,
- asjaõiguse seadus,
- keskkonnatasude seadus,
- väikesaarte seadus,
- atmosfääriõhu kaitse seadus,
- korrakaitse seadus,
- asendustäitmise ja sunniraha seadus.

Säästva arengu seadust maapõueseadus ei maini ja selle kultusliku akti märgilise tähendusega mõisteid "taastuv loodusvara" ja "taastumatu loodusvara" maapõueõiguses ei ole.

2 MÄENDUSE KESKKONNAHOOLE

Igasugune inimtegevus mõjutab keskkonda. Mäetööstus, maapõue loodusressursse kasutav inimtegevus, mõjutab seda vägagi ja mitte ainult laiuti vaid ka sügavuti. Hoolitsus keskkonna eest ehk keskkonnanahool on mistahes kaasaegse tehnoloogia lahutamatu osa, ka mäetööstuses.

Mäetööstuse keskkonnamõju on tugev, seetõttu on ta avalikkuse tähelepanu all. Kuid tavainimene näeb ja aistib ainult osa keskkonnamõjust, seda, mida ta meeltega tunnetab — seda, mis toimub maa peal ja tema lähiümbruses. Suurem osa keskkonnamõjust, see mis toimub, tekib ja säilib maapõues, jääb üldsusele nähtamatuks ning ainult asjaosaliste ja -tundjate teada. Seda ei tohi unustada, sest ka silmale varjatud keskkond vajab hoolet. Nii seni, kuni seal töötavad inimesed, kui hiljem, kui ettevõtte on oma tegevuse lõpetanud.

Keskkonnanahool mäenduses on mäetehnika tarvilik ja oluline osa.⁴¹ Käsitlemegi seda kahelt poolt — esmalt kaevanduskeskkonna ja seejärel väliskeskkonna aspektist.

Kaevanduskeskkond on maapõue rajatud kaeveõõnte sisu ja lähiümbrus, ükskõik, kas tegu on allmaakaevanduse, karjääri või allmaaehitise.

Väliskeskkond kaevandamise mõistes on mäetöö poolt mõjutatud loodus- ja

⁴¹ 'Mäetehnika' on mäenduse sihipärase tegevuse võtete ja meetodite kogum, mitte 'mäemasinad'.

kultuurkooslus, kõik, milles toimuvaid muutusi üldsus tajub ja taunib.

Kaevanduspiirkonna väliskeskkonna seisund sõltub kaevandamiskeskkonnast. Et üldsus paremini mõistaks, kuidas ja kuidas, alustame keskkonnahoolde käsitlemist maapõue sisemusest, väliskeskkonda mõjutavast kaevanduskeskkonnast.

2.1 Kaevanduskeskkond

Ka kaevanduse sees ja karjääri territooriumil on keskkond — seal töötavate inimeste töökeskkond. Kaevanduskeskkonda iseloomustavad looduskiivimitest ümbritsetud kaevandusruum ning maapõue gaasidest, mäemasinatest ja mäetöö vahenditest mõjutatud atmosfäär.

2.1.1 Kaevandusruum⁴²

Kaevurite ja kõigi teiste mäetöölise töökeskkond on kaevandusruum, mille seisundit kujundavad looduslikud ja tehnilised mõjurid. Kõige spetsiifilisem mõjur on mäerõhk.

Mäerõhk kaevanduses

Mäerõhk on maapõue rajatud kaeveõõsi ümbritseva pingeseisundi üldmõiste

Rõhub kivimite mass. Allamaa-kaeveõõnte kohal olevate kivimite rõhku iseloomustatakse mooduliga H , kus, on lasumi kivimite keskmine tihedus ja H lasumi tusedus,

⁴² Kuigi mõiste 'kaevandus' täpne vaste on 'allmaakaevandus', laiendame siin mõistet 'kaevandusruum' kõigile kaeveõõntele, kus toimub mäetöö, seega nii allmaarajatistele ja uuskasutatavatele allmaa-kaeveõõntele kui ka karjääridele.

lasumissügavus. H on mäerõhu vertikaalkomponent. Väga sügavas kaevanduses võib rõhk olla kuni 100 MPa. Eesti põlevkivikaevandustes, 40...60 m sügavusel on mäerõhk vaid 1...1,5 MPa, mis on suurusjärgu võrra väiksem kui põlevkivi survetaluvus.⁴³

Kaeveõõnte kogumis, eelkõige kamberväljamisel, käsitletakse mäerõhu vertikaalkomponenti ka väljamata ja väljatud ala pindalade suhte kaudu:⁴⁴

$$C_k = S_1 / S_2,$$

kus: C_k — kandetegur,

S_1 — väljamata ala, tavaliselt tugiterviku pindala,

S_2 — selle ala pindala, mida väljamata massiivi osa (tervik) kannab.

Kandetegur on olemuselt tugitervikule taandatud maavara pindalakadu (= väljamata ja kaevandatud ala pindalade suhe). Kambriteploki tugitervikute kandetegurit ükshaaval arvutades saab uurida mäerõhu jaotumist ploki sees ja nii prognoosida varingukoldeid.

Süvakaevandustes liituvad mäerõhule maakoore erisuunalised sisepinged (= tektoonilised pinged), mis muudavad kaeveõõnte pingeolukorra keerukaks, ruumiliseks, kutsudes esile mäelööke ja gaasipurskeid.⁴⁵ Pingeolukord on seda komplitseeritum, mida keerukamad on kivimite

⁴³ Eesti kaevanduste kivimite tugevused vt Reinsalu, E. jt, 2014. Nõrkade kihiliste kivimite tugevusomadused; XIII mäekonverentsi kogumik: Mäenduse strateegiline planeerimine; Eesti Mäeselts; 36...65.

https://www.researchgate.net/publication/262677053_NÖRKADE_KIHILISTE_KIVIMITE_TUGEVIKUMADUSED

⁴⁴ Pastarus, J.-R., 1998. Analysis of the roof and pillar design in Estonia-s oil shale mines. Oil Shale, vol 15, No 2 Special. pp 147... 156.

⁴⁵ Süvakaevanduseks nimetame kilomeetrite sügavusel töötavat kaevandust.

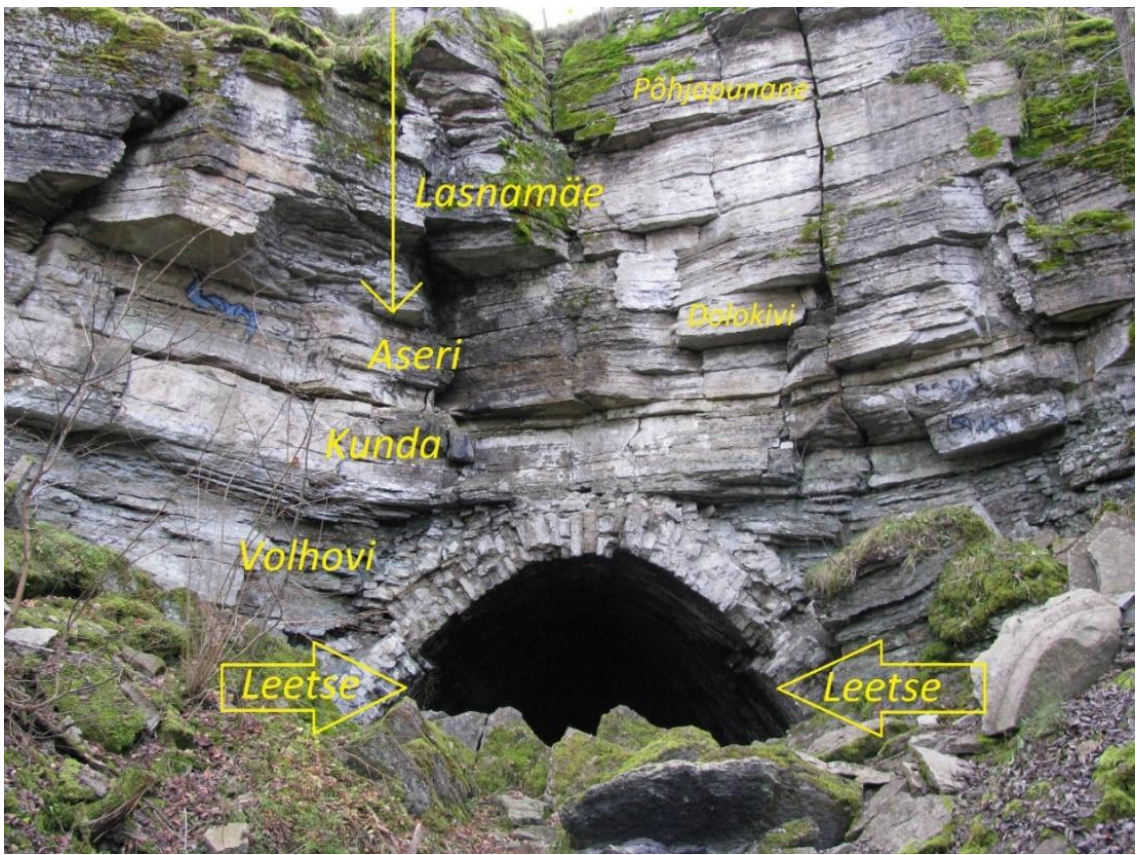
lasumistingimused: kalded, murrutused, häiritus (lõhelisus) jne. Klassikalise mäenduse kaanonite kohaselt tuleks pingeolukorra keerukusega arvestada kohe pinnalähedaste setete all ([Tabel 3.16 Lasumi olud, mis mõjutavad katendi käitlemist](#)) kuid praktika näitab, et lihtsa lasumusega madalates maardlates ei ole see kriitiline. Eestis süvakaevandusi ei ole ja mäerõhu ruumilisust selles õpikus ei käsitleta.

Mäerõhk muutub. Kivimid, nii uskumatu, kui see ei näi, deformeeruvad aegamisi. Seda, jääliustike ilmutist, nimetatakse roomamiseks. Kõik kaeveõõsi ümbritsevad kivimid käikude seintes, laes ja põrandas deformeeruvad aja jooksul, annavad vähehaaval järgi — roomavad. Lagi vajub, seinad tungivad sisse (Pilt 2.1) ja murenevad (Pilt 2.2) ning põrand kerkib (Pilt 2.5).

Roomamise lõppfaasis kivimite liikumine kiireneb ja lõpeb kandvate tervikute ning lae kiire purunemisega, varinguga. Aeg, mille jooksul kivimite liikumine jõuab lõppfaasi, on ebamäärane, ent praktika seisukohalt lõpmatult pikk. Enamik Eesti allmaa-kaeveõõntest on määramatuse faasis.⁴⁶

⁴⁶ Üksikasjalikumalt:

- a) Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I., 2002. Kaevandatud maa. Vt [Digiteavik](#)
- b) Reinsalu, E., 2013. [Eesti mäendus II](#), lk 96, neli mudelit kambriplakkide varingu ennustamiseks.



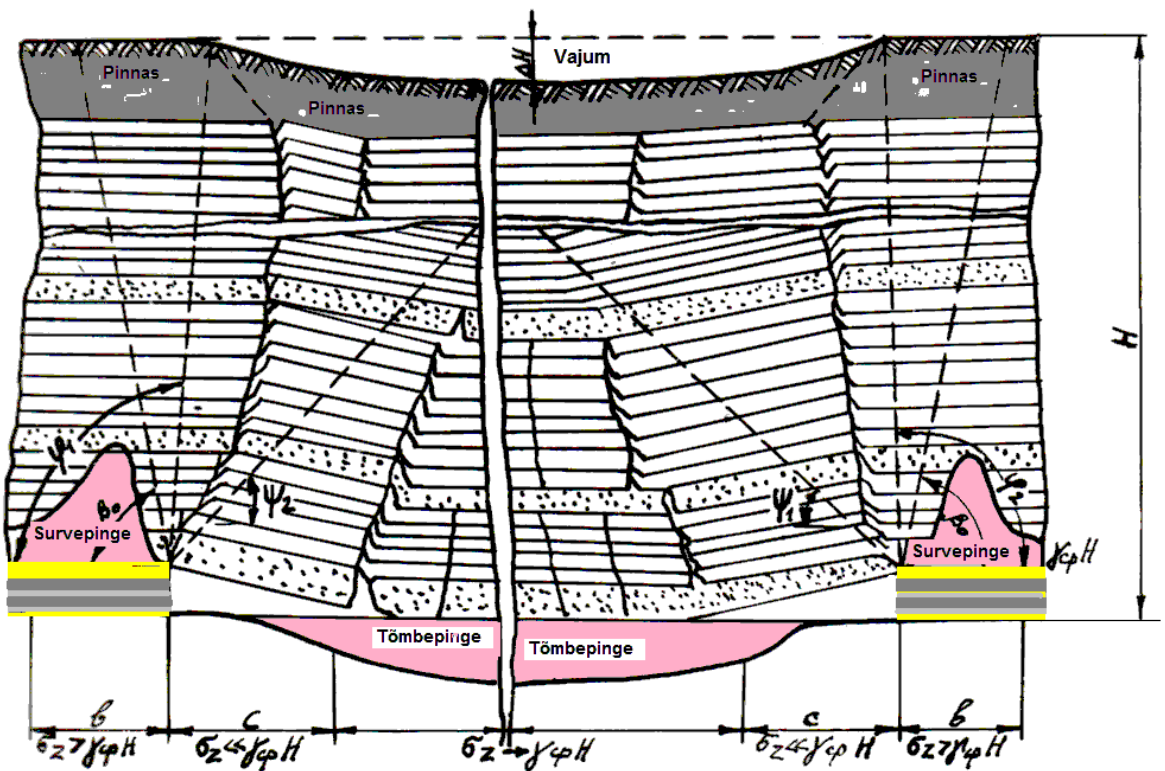
Pilt 2.1 Mäerõhu ilming tunnelis

6.11.2008. $59^{\circ}23'50,3''$; $24^{\circ}37'31,4''$. Külgsurve Astangu militaartunneli portaalis — Leetse lademe nõrgalt tsementeerunud glaukoniitliivakivis tekkis rõhtsuunaline mäerõhu komponent, mis surus sisse võlvtoestiku jalami.



Pilt 2.2 Mäerõhu ilming fosforiidikaevanduses

12.06.2004. $59^{\circ}29'25''$; $25^{\circ}05'17''$; abs 30 m; lae paksus $H = 15$ m. Ülgase fosforiidikaevanduse peakäigu lagunened seinad 90 aastat pärast rajamist



Pilt 2.3 Mäerõhu arvutusskeem

Skeem on võetud eelmise sajandi seitsmekümnendate aastate tudengitööst, näitamaks, kuidas klassikalise kivimimehhanika kohaselt arvutati kaeveõõne piirlaiust. Roosad alad on surve- ja tõmbepingete graafilised esitused (= epüürid). Indeksid, mis tähistavad kivimite mehhanika parameetreid (nurki, piire, kivimite tihedust, lasumissügavust) võivad kaasaegsematel skeemidel olla erinevad (vt: Pilt 2.43 ja Pilt 2.44 kus rebenemisnurka tähistab ϕ). Skeemil kujutatud laekivimite plokked ja lõhesid ei tasu võtta toimuva ideaalse peegeldusena. Tähised pildil:

β_0 – nihkenurk, mida edasises tähistab tavaliselt alaindeksita δ ;

ψ_1 ja ψ_2 – rebenemisnurga maksimaalväärtus (vahetus laes) ja

$\phi_1 = 180^\circ - \psi_1$ ning $\phi_2 = 180^\circ - \psi_2$ on rebenemisnurga (ψ) minimaalväärtuse täiendnurgad (kogu katendi paksuses), $^\circ$;

H — kogu lae paksus, m;

γ_{cp} — laekivimite keskmine mahumass, t/m³;

σ_z — mäerõhu komponendid, MPa.

Varing võib olla lokaalne — ainult kaeveõõne ühe osa purunemine. Nähtava ilminguna tekib maa peale [vajum](#) (Pilt 2.16), varinguava (Pilt 2.18) või -auk (-kraater) (Pilt 2.19).

Mäerõhk karjäärides

Mäerõhu mõiste on levinud allmaakaevanduste kaljumehhaaniliste protsesside kirjeldamisel. Kuid ka sügavate karjääride veered ning astangud deformeeruvad kivimimassiivi survele. Eelkõige avaldub see astangu jalami murenemises. Meie madalates karjäärides ei ole astangu surve eriti suur ja jalam on tavaliselt kaetud varisenud kivimiga. Enamasti seepärast ei näe nii ilmset külgsurvet, nagu Astangu tunnelisuudmes (Pilt 2.1). Küll aga võib külgsurve deformeerida sügavate savikarjääride külgi. Mäerõhu horisontaalkomponendi pildina võib näidata savi lihkumist ja rusukalde roomamist Põhja-Eesti paekalda jalamil (Pilt 2.4).

Savikarjääride külgede ja mäeeraldise piiride projekteerimisel tuleb jälgida, et nende nõlvnurk oleks väiksem kui savi loomulik püsivusnurk.



Pilt 2.4 Sinisavi lasund roomab panga kivimite raskuse all mere poole

4.06.2006. 59°30'21,8"; 25°00'46,06".

Mäerõhu ohjamine kaevanduses

Mäerõhu ohjamine on mäekunsti oluline osa, mäeinseneri põhioskus ⁴⁷

Maapõues saab töötada vaid nii, et:

- mäerõhk juhitakse töökohast mööda, suunates pinged külgekivimitesse või
- summutatakse lae langetamisega, kaeveõõne täitmisega ja/või kiire tegutsemisega.

Mäerõhu ohjamist nimetatakse lae käitlemiseks ja selle tööd on allmaa-kaeveõõne lae (lasumi) hoidmine, langetamine (varistamine) või toestamine. Sellest, kas lage hoitakse, langetatakse või toestatakse, sõltub keskkonna olek mitte ainult kaevanduses vaid kaevanduspiirkonnas tervikuna.

⁴⁷ Mäekunst, ajalooline mõiste, mis sellesse õpikusse ilmus allmärgusena, kui käsitluses oli [Keiserliku Venemaa mäekoodeks 1893](#), on mäeinseneri praktiliste oskuste ja teadmiste kogum, ilma milleta ei ole mõistlik allmaakaevandamise erialakutset taotlelda ega anda.

Lage ja maad [hoitakse](#) üleval väljamata maavaraga — tugitervikutega, mis säilitavad põhilae (= lasumi, lasundit katva massiivi) ja maapinna seisundi. Nii toimitakse, kui väljamisviisiks on [kamber-lankkaevandamine](#). Kui kaua lagi ja maapind püsivad, sõltub tehnoloogiast. Põhilagi püsib mõnest kuust kuni määramatul pika ajani. Vahetu lagi (= kaeveõõne laekiht) langeb pärast toestiku eemaldamist (Pilt 2.8).

Lagi langetatakse, maapinnani ulatuvalt, kui kasutatakse [lankkaevandamist](#) (Pilt 2.10).

Vahetu lagi toestatakse kas lühemaks või pikemaks ajaks:

- koristuskaeveõõne lagi — ainult töö ajaks;
- pika kasutusajaga kaeveõõned, vajadusel isegi avakaeveõõnte seinad, toestatakse käitamise ajaks püsitoestikuga, mida aeg-ajalt korrastatakse ja vajadusel uuendatakse.

Püsikaeveõõnte vahetu lagi ja seinad võidakse katta prits- või vörkbetooni kihiga, mis hoiab ära kildude varisemise ja annab märku mäerõhu ilmingutest (kivimite liikumisest). Sellist toestamismoodust võib näha üldkasutavates allmaarajatistes, näiteks mitmes Helsingi parklas ja meil Piusa kaevandusmuuseumis (Pilt 2.6). Maailma mäetööstuse esinduslikumates ettevõtetes võib kohata pritsbetooniga kindlustatud karjääri seinu.

Maa hoidmine tervikutel

Tervik on väljamata jäetud maavara (Pilt 2.5, Pilt 2.6).⁴⁸

Mida massiivsemad on tervikud maa all, seda kauem nad mäerõhku taluvad. Eristatakse hoide-, jääk-, tugi- ja tõkketervikuid.

Hoidetervik jäetakse, et midagi hoida, näiteks ehitisi ja kaitse all olevaid objekte kaevanduse kohal. Karjääri ümber jäetakse hoidetervik, et nõlvade ja pervede erosioon ei väljuks mäeeraldise teenindusmaalt. Karjääriväljale võidakse jätta ka hoidetervikuid hoonete, rajatist ja kõlvikute alla (Pilt 1.8). Tervikute pindala ja väljamata jääva maavara kogus sõltuvad maapealsest infrastruktuurist. Kadu hoidetervikutes võib küündida kuni viiendikuni mäeeraldise varust.

Jääktervik on pruukimata maavara ammendatud alas. Enamasti jäävad õigel ajal väljamata need kaevevälja alad või lasundi osad, mille kvaliteet osutus madalaks. Võimalik ka, et majandusolud olid kaevisse müümiseks ebasoodsad või mäetöö seal liialt ohtlik. Põlevkivi kaevandamisel võib jääktervikutesse jääda kuni 15% maavara varu, eelkõige geoloogiliste häirete läheduses.

Tugitervik on sammas ehk piilar, mis toetab koristuskambri lage. Kamberväljamisel jääb neisse kuni 25% kambriteploki (langi) varust.

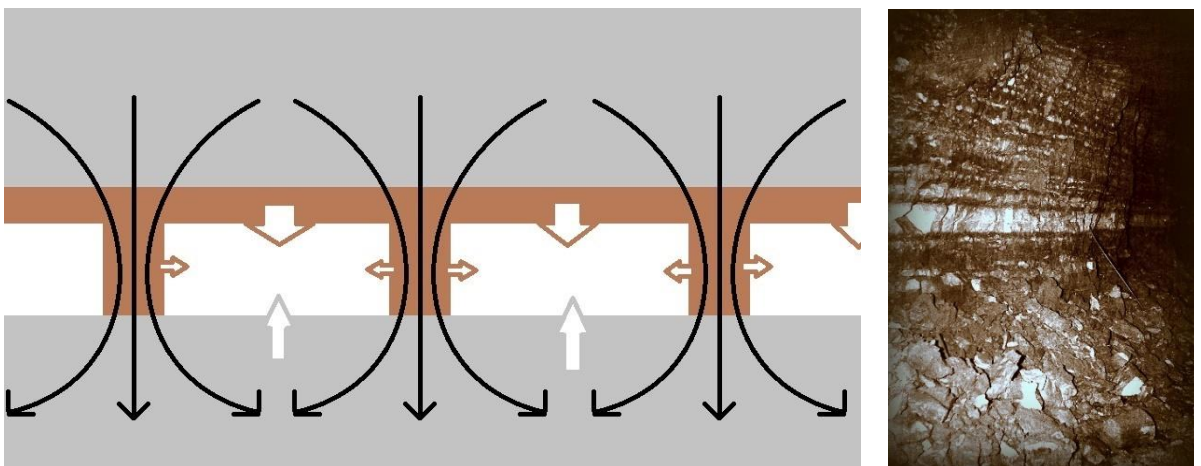
⁴⁸ Vene mäekeeles mõiste 'целик' = 'tervik' tähendab pruukimata (целостные, virgine) maapõue. Väärad on siirdeterminid 'kunsttervik', 'tehistervik'. Neid tuleks nimetada kas sammasteks ehk piilariteks või seinteks, nagu: betoonpiilarid, -seinad, kivisambad. Võimalikud on pneumo- ehk õhkseinad – täispuhutud balloonid jne, mis ei ole "tehistervikud".

Tugitervik ei pruugi olla pikaealine – tihti on tema arvutuslik iga vaid kaks aastat, sest nii on maavara kadu väiksem. Aegamisi väiksemad sambad mäetöö eemaldudes purunevad ja kaeveõõned vajuvad kokku.

Tõkketervik jäetakse kaeveväljade vahele vee sissevoolu (= veepuhanduse) ja õhu, ka põlemis- ning lõhkegaaside, isegi võimaliku kahjutule tõkestamiseks. Kaevevälja sisse jäetakse tõkketervikuid varingu või üleujutuse piiramiseks.

Praktikas kogeme, et kõigi tervikute maavara kadu kumuleerub ja võib moodustada kuni 45...50% mäeeraldise algsest varust.

Tervikute suurusest sõltub mäetöö ohutus ja altkaevandatud maa ning maakatte seisund.



Pilt 2.5 Tugitervikud põlevkivikaevanduse koristuskambris

Skeem vasakul näitab, kuidas tugitervikud juhivad mäerõhu kaeveõõnest mööda ja kuidas mäerõhu surve vahetu lagi vajub, kambri seinad, murenevad ning põrand kerkib. Parempoolne foto näitab sammasterviku murenemist.

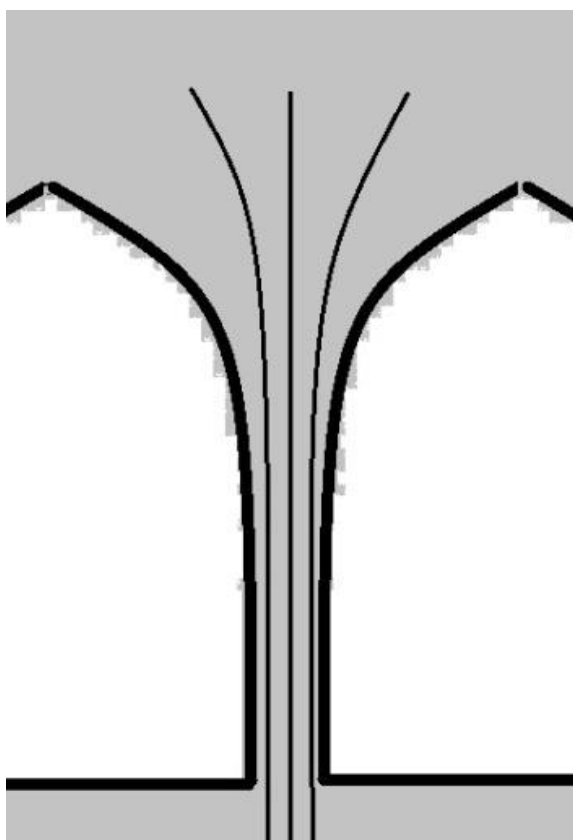


Pilt 2.6 Piilarid kunagises Piusa
klaasiliivakaevanduses, nüüdses
Muuseumikoopas

22.02.2011. 57°50'29,8"; 27°28'2,8".

Muuseumikoopa vaatajatele avatud osas on piilarid murenemise pidurdamiseks kaetud pritsbetooniga ja nende üleminek põrandaks on kujundatud sujuvaks, et mäerõhk neist hõlpsalt "läbi voolaks".

Piusa galeriide sammastervikud sarnanevad klassikalistele piilaritele



Pilt 2.7 Klassikalised piilarid

Pingete skeem piilaris ja võrdlemiseks foto Tallinna Ajaloomuuseumi Suurgildi hoonest, Pikk tn 17).

Varingud ehk kollapsid

Mäerõhk lagundab kivimeid vähehaaval. Lõppfaasis deformatsioon kiireneb ja protsess lõpeb tugitervikute ning lae kiire purunemisega, varinguga. Varing võib olla lokaalne — puruneb ainult osa kaeveõõnest. Suurema varingu, kambriploki kollapsi tulemusel tekib maa peal märgatav [vajum](#).

Kollaps toimub, kui hetkega purunevad sajad tugitervikud ja maapind kaeveõõnte kohal vajub, põlevkivikaevanduste kohal kuni poolteist meetrit. On tähele pandud, et see nähtus võib esineda, kui tugitervikute suhteline pindala (%) on arvuliselt väiksem kui pool kihindi

lasumissügavust ($\frac{1}{2} \times H$).⁴⁹ Seetõttu Jõhvi lähedaste, suletud Tammiku ja nr 2 (Jõhvi) põlevkivikaevanduse kambriplokid ei varise.⁵⁰ Neis moodustab sisse jäänud maavara pindalaliselt <20% ja sügavus on kuni 30 m. Küll aga võivad variseda kambriplokid Ahtme ja Estonia kaevanduses, kus sügavus on 50...60 m ja tugitervikute suhteline pindala 25...30%.

Kamberploki kollaps on oluline ohutegur kaevanduskeskkonnas. Langev lagi surub õhu kokku ja käikudes levib surveaine. Õhuline on kahjustanud kaevandusrajalisi, loopinud asju ning seadmeid ja surmanud inimesi. Oht on eriti suur kaevanduse esimestel tööaastatel kui maa all on õhuruumi vähe. Hiljem, kui on moodustunud suur tühi ammendatud ala (= kambristik), mis toimib kui sumbuti võib õhuline jääda märkamatuks.⁵¹

Põlevkivikaevanduste kambriplokkide suuremaid kollapseid on registreerinud Eesti ja Soome seismojaamad kui pisikesi maavärinaid.

Kõige drastilisem mäerõhu ilming on mäelöök, mis võib esineda süvakaevandustes. Pingestunud kivim puruneb, purskub ja täidab voolates kaeveõõsi.

Tänapäevastes Eesti kaevandustes ei ole eeldusi mäelöögiks

⁴⁹ Tuntud ka kui RRR — Reinsalu rusikareegel. Seotud kandeteguriga ([Mäerõhk](#).)

⁵⁰ Korrektssem oleks eeldada, et nende olek on ebamäärane

⁵¹ Mittemärkamist soosib kaevanduse juhtkonna soov varjata varingut, sest selle koht maa peal tuleks korrastada.

Toestamine

Kaeveõõne töökindlus, püsivus ja ohutus tagatakse ümbriskivimite toestamisega (= kindlustamisega). Selleks tehakse toestik, mis moodustab kivimite massiviga koos töötava süsteemi.⁵² Toestik pidurdab kivimite liikumist (= roomamist), väldib nende varisemist ja kaeveõõnde tõusmist ning tagab kaeveõõne mõõtmete nõuetekohasuse. Veokaeveõõnte põrand kindlustatakse betoonsilluse või rööbastee ballastiga, mis hoiavad tagasi nii põranda pundumist kui veovahendite vajumist. Erijuhtudel peab toestik tõkestama vee, gaasi ja püdelate setete sissevoolu, või vastupidi – kaevandusvee ja -õhu lekkimist maapõue ning kaevandatud alasse. Süvakaevandustes võib toestiku ülesannete hulka kuuluda kaeveõõnte õhutakistuse vähendamine ja maa soojuse isoleerimine.

Toestik jaotub ajutiseks toestikuks, püsitoestikuks ning töötoestikuks.

Ajutine toestik on kaevuri töökoha hoidmiseks ja ohutuse tagamiseks, kuni paigaldatakse püsitoestik. Varasemal ajal kasutati puitposte ja -raame, nüüd metalltugesid, -ankruid ja -tarindeid.

Ajutise toestikuga kindlustatud töökeskkond on ohutu kuni toestiku töövõime kestab

Ohutu aeg võib kesta mõnest tunnist (töötoestik ankurtoestiku eemaldamise ajal) kuni mõne aastani (ankrud koristuskambris).

⁵² Kivimite massiiv (kivimimassiiv) on maapõue käideldava osa tehniline sünonüüm.



Pilt 2.8 Koristus kambri lagi langes kuu aega pärast ajutise ankrute eemaldamist.

1960. 59°18'10"; 27°30'11" (ligikaudu).

Foto on eelmise sajandi kuuekümnendatest, kui katse-eksituse meetodil valisime Ahtme kaevanduses kamberkaevandamise elemente.

Püsitoestik paigaldatakse avamis- ja käituskäiveõõntesse ja jääb sinna kauemaks. Sõltuvalt ümbriskivimitest ja mäendusoludest võib püsitoestik olla mitmesugune: alates lihtsast ja odavast ankurtoestikust põlevkivikaevanduste avamiskäikudes kuni monoliit-sarrusbetoonini **põhjaveekihte läbivates šahtides ja tunnelites**. Levinud on raudbetoonielementidest monteeritav toestik: toed, raamid ja plaadid kandilise, ning tüübing (*tubbing*) ümara põiklõikega kaeveõõntes ning tunnelites.

Püsitoestikuga kindlustatud kaeveõõne keskkond on varinguohutu aastakümneid



Pilt 2.9 Veejuhtme püsitoestik — paepinnasesse raiutud kuivenduskraavi võlvlagi

14.11.2008. 59°23'06,2"; 27°21'34,5".

Sellised veejuhtmed, mis Aasia riikides kannavad nime *qanat*, *karez*, ehitas Kukruse mõisnik enam kui sada aastat tagasi oma põldude vee kogumiseks pargi tiiki. Ka Tallinnas leitakse aegajalt selliste tunnelite jäänuseid. Neid oli puhta vee juhtimiseks Ülemistest linna ja reovee suunamiseks linnast välja. d

Töötoestik kindlustab mäetöö tegutsemisruumi ja töökoha ohutuse. Kaevurite töökoht ehk esi liigub maapõues sedavõrd, kuivõrd maavara saab väljatud. Seepärast on töötoestik ajutise töökoha ajutine toestik.

Kamberkaevandamise töötoestik on lage hoidev ankur- ehk sarrustoestik. Ankrud on kaeveõõne lakke ja vajadusel seintesse puuritud aukudesse kinnitatud terasvardad või -trossid. Sarrus, konstruktsiooni tugevdav materjalisene varrastik, tasakaalustab mäerõhu tõmbepingeid. Teatavasti [kivimite tõmbetaluvus on kordi väikesem kui survetugevus](#). Kihtmaardlates seob

ankurtoestik laekivimite lahti kihistuvad kihid ühtseks plaadiks. Enamasti on ankruvarda seesmine ots puurauku lukustatud muhviga ja välimine ots pingutatud mutriga. Sellist ankrut saab korduvalt kasutada – töörinde eemaldudes võetakse ankrud sellekohase ajutise toestiku varjus välja. Ankrud, mis on kivimiga lauskontaktis – puurauku kruvitud, betoneeritud või liimitud ei ole eemaldatavad.

Eesti põlevkivikaevandustes on laeankrute tavaline samm 1,5 × 1,5 m ehk üks ankur 2...2,5 m² kohta. Nõrgapoolse lae puhul sammu lühendatakse. Rikkelse lae puhul täiendatakse toestikku poolpalk-ülemikega, mis lae praod servad "kokku õmblevad".

Lankkaevandamise töötoestik on lae vajumist ja varisemist juhtiv mehhaanilistest (varasemal ajal) ja/või hüdrauilistest (kaasajal) tungraudadest mehhaaniline sammastik (Pilt 2.10). Selline toestik hoiab ajutiselt üleval kitsast tööala, ett. Ee liikudes nihutatakse toestikku edasi ja lae kivimid varisevad.



Pilt 2.10 Töötoestik Jõhvi põlevkivikaevanduse katselaavas

Jaanuar 1960. 59°21'43"; 27°21'59" (ligikaudu).

Siin pildil on esi tühjaks koristatud. Lage kindlustavad hõredad metalloed (ajutine toestik). Vasakult paremale: mehhaaniline murdetoestik OKU, laetaladega terastoed ja kraapkonveier, millel istub käesoleva õpiku autor oma viimasel tudengipraktikal.

Lankaevandamise töötoestiku konstruktsioon sõltub lae tüübist. Lagi, mis koosneb pudedatest ning poolkaljustest kivimitest ja mis variseb otsekohe, on hõlpus lagi. Hõlpsas laes kustub mäerõhk kiiresti. Kauaks konsoolina tugedele toetuma jääv lagi on raske lagi. Sellise lae surve kustutamine nõuab tugevat toestikku ja pikemat aega. Balti põlevkivilevila kaevanduste lagi on raske ja jääb toestikku koormama 10...30 m pikkuste konsoolidena. Laekonsooli pikkus on seda suurem, mida sügavam on kaevandus. Kivimid on roomavad, mistõttu lagi vajub aeglaselt. Konsooli pidev vajumine tõstab survet toestikule. Seetõttu on oluline eega edasi liikuda sedavõrd kiirelt, et surve toestikule ei ületaks kriitilist piiri.

Tabel 2.1 Mõningate langetustoestike survetaluvus (= toestiku reaktsioon)

Murdetoestiku tüüp	Ühe toe piir-taluvus, MN	Toestiku piirtaluvus	
		ee piki-suunas, MN/m	ee pindala-ühikule, MPa
Sputnik, Eestis kasutatud	1	0,7	
Eestis konstrueeritud ning katsetatud KGP380 ja KGP420,	0,3...1,3 [*]	3,5...4,1	1...1,2 ^{**}
Parim tase maailmas	2,6	Sõltub tugeude arvust komplektis	

* katsetööl mõõdetud

** võrdle mäesurvega kohas [mäerõhk](#)

Kaeveõõs on ohutu kuni on toestatud:
 kui ajutiselt siis ajutiselt;
 kui püsivalt siis püsivalt;
 kui töö ajaks, siis seniks, kuni seal töötatakse.

2.1.2 Kaevandusatmosfäär

Gaasid

Allmaakaevanduse õhk pole sama mis avamaaõhk. Allmaaõhk sisaldab vähesel määral kivimite tolmu, maapõuegaase, samuti vöõrgaase ja aerosoolseid lisandeid. Kahest viimasest on Eesti kaevandustes tavalised diiselmootorite õhuheitmed ehk heitgaasid ja plahvatusgaasid, mis tegelikult on ka heitgaasid. Põlengu puhul võib levida suits ja ving.

Maapõuegaas, kivimitest eralduv kaevandusgaas, mida esineb sügavates kaevandustes, ei ole meil ohutegur.

Ohutuse seisukohalt on gaasid ja nende komponendid kas tavalised, ohustavad või mürgised (Tabel 2.2).

Heitgaas (= emissiooniooniaas) ja selle osakesed on põlemise jääksaadus. Peamised gaasiallikad on diiselmootoritega seadmed. Bensiinimootoriga seadmeid (allmaa)kaevanduses reeglina ei kasutata nende heitgaaside liigse toksilisuse pärast. Heitgaasi komponendid on valdavalt ohustavad, halbadel asjaoludel ka mürgised.

Plahvatusgaas koosneb paljudest komponentidest. Tasakaalustatud hapnikubilansiga lõhkeaine tekitab gaasi, mis koosneb veeaurust ja ohustavatest komponentidest – süsihappegaasist ning lämmastikust.⁵³ Kuid mitte täielikult ega alati. Lõhkeaine puudulikul detoneerimisel ja ebakvaliteetse lõhkeaine kasutamisel, ning juhul, kui mingil põhjusel plahvatuses osaleb kõrvaline põlev komponent, näiteks põlevkivitolm, on plahvatusgaasides vingugaasi ja sellest veelgi mürgisemaid komponente, nagu lämmastikoksiide ja vesiniksulfiidi. Kasutamiskõlblikuks peetakse lõhkeainet, mille gaasis on vingugaasi taandatud osalus <4%.⁵⁴

⁵³ Mis on lõhkeaine hapnikubilanss ja milliseid lõhkegaase plahvatusel tekib, saab teada vastavatest erialaõpikutest, näiteks Tomberg, T. 1998, Lõhketööd, TTÜ mäeinstituut, Tallinn, 113 lk.

⁵⁴ Taandamisel kasutatakse erinevate plahvatusgaaside toksilisuse koefitsiente. Vingugaasi kogus kaevandusõhus ei tohi ületada 0,0016% (Tabel 2.2).

Pärast lõhkamisi töökoht tuulutatakse — plahvatusgaaside kontsentratsiooni õhus vähendatakse ja rikutud õhk suunatakse atmosfääri.

Kaevandusgaas, mis pärineb maapõuest, on eelkõige kivimitega seotud gaas (= tiivisgaas). Kaevandusgaas on kaeveõõntesse imbunud põleva (metaani), inertse (lämmastiku, heeliumi) ja radioaktiivsete (radooni) ohustavate gaaside üldnimetus. Nende eritumine Eesti kaevandustesse on olnud allpool tuvastamispiiri. Siiski võib arvata, et mõningad tööõnnetused põlevkivikaevandustes võisid olla tingitud viibimises ebanormaalses õhus.⁵⁵ Kindlasti ei tohi ignoreerida radioaktiivsete gaaside eritumist tulevastesse fosforiidi- ja graniidikaevandustesse.

Keskkonda tugevalt ohustav gaas on põlev, peamiselt metaanist koosnev kaevandusgaas, mis esineb kivisöe, kaalisoola ja mõningates metallikaevandustes. Gaas võib erituda kaeveõõntesse märkamatult või märgatavalt (kuuldavalt, nähtavalt). Kui põleva gaasi sisaldus õhus on 5...16% initsieerib mistahes säde või leek gaasiplahvatuse. Põleva gaasi eritumuse absoluutne mõõt on kaeveõõntesse imbuva gaasi maht minutis. Allmaakaevanduse ohutusmeetmete rakendamisel lähtutakse suhtelisest määrast — eritunud gaasi mahust väljatud kaevisse tonni kohta. Eriti kõrge

Plahvatusgaaside kogus määratakse iga allmaatöökse lubatud lõhkeaine kohta laboratoorselt.

⁵⁵ Episood Ahtme kaevanduses, vt Reinsalu, E., 2011. [Eesti mäendus](#), lk 112. Midagi taolist juhtus Estonia kaevanduses 29.01.2015.

ohtlikkusega kaevandustes võib metaani eritumus olla kuni 150 m³/t. Süvakaevandustes esineb gaasipurskeid.⁵⁶ Eesti põlevkivikaevandustes on eritumuse määr null, seega...

Eesti põlevkivikaevanduste keskkond on gaasiohutu.

Kõigest hoolimata ei saa looduslike gaaside eritumust ignoreerida, sest Põhja-Eestis on teada maagaasi ilminguid. Harju maakonna rannalähedasel alal Paldiskist Kaberneemeni koosneb maagaas enamasti lämmastikust. Kirdes, Prangli saarest kuni Letipeani on maagaasi peamine komponent metaan. Gaasi andvate puurkaevude vee suhteline gaasieritumus (m³/m³ ehk liitrit liitris), on erandjuhtumel olnud kuni 3, keskmiselt siiski alla 0,01. Ka radooni on puurkaevudesse imbunud ja seda on mõõdetud kuni 100 Bq/l.

Märkamatu ohustavad kaevandustöölisi lämmatavad süsihappegaas ja lämmastik ning radioaktiivne radoon. Süsihappegaasi ja/või lämmastiku kõrge kontsentratsioon õhus halvab hapniku omastamise. Pikaajaline radooni sissehingamine ohustab kopse.

Osa gaase on mürgised. Nad võivad olla märgatavad, näiteks põlengul tekkiv süsinikoksiid (= vingugaas, CO), sest sellele kaasneb suits ja põlemislõhn. Märgatav on ka väga ohtlik, mädamuna lõhnaga vesiniksulfiid

⁵⁶ Eriti ohtlikes kiviõdekaevandustes, näiteks Donbassis võib tiivisgaasi rõhk olla >10MPa. Selline surve põhjustab üliohtlikke gaasi- ja kivimi sissipurskeid, -tulva, millele võib järgneda gaasi- ja tolmuplahvatus.

(= väävelvesinik). Eesti põhjavees on olnud reostusest tingitud vesiniksulfiidi ilminguid. See ülimalt ohtlik gaas tekib sulfiidsetest mineraalidest, sh püriidist, mis on meie maavarade tavaline lisand. Maapõuetööd võivad aktiveerida vesiniksulfiidi teket. Vesiniksulfiidi ilminguid täheldasime Ahtme kaevanduse idatiivas, kus mäetöö toimus üsna õhukese lae all Vasavere mattunud ürgoru naabruses.⁵⁷ Kuna see gaas on õhust raskem, võib ta koguneda madalamatesse käikudesse, sumpadesse, veekoguritesse. Kõrge vesiniksulfiidi kontsentratsiooniga (1000 ppm = 0,1%) keskkonda sattunud inimesel kaovad teadvus ja lõhnataju otsekohe ning ta sureb hetkega. Vesiniksulfiidi oht varitseb inimest reoainetega saastunud hüljatud allmaa- ja maa-alustes rajatistes. Õnneks on väävelvesinik oma iseloomuliku, mädamuna lõhna järgi märgatav juba väga madala kontsentratsiooni puhul (0,005 ppm). Tervistkahjustav kontsentratsioon on >10 ppm.

Suletud põlevkivi- ja fosforiidikaevanduste õhus võib olla vesiniksulfiidi, eriti, kui nendesse on sattunud olmevett.

⁵⁷ Arvi Toomiku tähelepanek katsetööde ajast eelmise sajandi kuuekümnendatel aastatel.

Tabel 2.2 Kaevandusõhu komponentide piirsisaldused

Gaasid	Sümbol	Nõutavad ja tinglikud piirid, %			
			Tavaline	Nõutav	
Tavalised					
Hapnik	O ₂		21	>20	
Lämmastik	N ₂		78		
Argoon	Ar		1		
Ohustavad					
Süsihappegaas	CO ₂		<0,5	>0,75 mürgitav	>1 surmav
Metaan ja teised	CH ₄		<0,5	>1 lämmatav	>2 plahvatav
Vesinik	H ₂		<0,5	süttiv	
Radoon	Rn		Tava kohaselt nõutav <1000 Bq/m ³		
Mürgised		EL Direktiiv 2017/164	Talutav	Ohtlik	Surmav
Lämmastikdioksiid	NO ₂	0,0002			
Lämmastikmonooksiid	NO	0,0022			
Lämmastikoksiidid	N _x O _x		<0,0001	>0,00026	
Vääveldioksiid	SO ₂		<0,00038		
Vesiniksulfiid	H ₂ S		<0,00071	0,01...0,05	>0,1
Süsinikoksiid	CO	0,0020	<0,0016	0,05...0,1	>0,4

Kõik piirsisaldused on näitlikud. Eri maade ja kaevanduste normid võivad erineda.

Kaevandustolm

Kivimite purustamisel tekib tolmu, mis koosneb mineraalsetest osakestest mõõdus 10^{-10} ... 10^{-4} m, tavamõistes <0,1 mm. Tolmu on ohustav. Mitmete mineraalide, kõige enam siiski kvartsi (SiO₂), tolmu kahjustab kopse, tekitab pneumokonioosi, „kaevuritiisikust”.⁵⁸ Eristatakse tõesid: kvartsitolmu tekib silikoos, kivisöe (antratsiidi) tolmu — antrakoos, põlevkivitolmu — põlevkivi-pneumokonioos. Analoogiline on

⁵⁸ Sõja ajal ja nõukogude vanglakaevandustes töötanud kaevurite haiguste ning surma põhjuseks on peetud radioaktiivset kiirgust. Pigem oli tegu tolmukahjustusega, silikoosiga.

ehitustöölisel esinev sisse hingatud asbestist tekkiv asbestoos.

Silikoosioht on suur liivakivi väljamisel, eriti puurimisel. Võib arvata, et Ülgase ja Maardu fosforiidikaevanduste ning Piusa klaaskoobaste mäetöölised põdesid silikoosi, mis enamasti muutus ja diagnoositi tuberkuloosiks. Kanoonilistes allikates toodud kaevandustolmu piirnormid on järgmises tabelis.⁵⁹

Tabel 2.3 Ohtliku tolmu piirsisaldused

Tolmu allikas	Vaba SiO ₂ ,%	Lubata- v tolmu sisaldus, mg/m ³
Ränidioksiidivabad kivimid, sh kukersiit	≈0	<10
asbest, asbotsement, tsement, apatiit, savid	≈0	<6
tsement, tehiskäiade materjal	≈0	<5
Silikaatsed mineraalid: talk, vilgud	<10	<4
ka lubjakivi	1...4	<4
Klaas ja mineraalkiud	<10	<3
Vaba ränidioksiidi sisaldavad tolmuallikad	10...70	<2
sh graniit	25...40	<2
Kvarts, liivakivi	>70	<1

Kõik piirsisaldused on näitlikud. Eri maade ja kaevanduste normid võivad erineda.

Tolmu vastu võideldakse töökohtade niisutamise ja kivimi märgpuurimise ning -

⁵⁹ Peamiseks kanooniliseks allikaks on siin ja edaspidi vene mäeentsüklopeedia *Горная энциклопедия* I...V, 1984...91.

lõikamisega, samuti veoteede kastmisega. Tolmuohtlikul tööl tuleb kanda maski.

Eelmise majanduskorra ajal, kui kaevurite töökeskkonna ja -ohutuse taset hoiti kõrgel, kehtestati nõue, et tule- ja tolmutõrjevesi kaevanduse allmaa-veetorustikus pidi olema joogivee kvaliteediga. Eelkõige selleks, et torustikuvee joomisel ei tekiks kaevuritel tervisehäireid. Nõue on õigustatud kivisöe ja sulfiitse maagi kaevanduses, kus maapõuevesi on nii tugevalt mineraliseerunud, et rikub tolmu- ja tuletõrjeseadmeid. Mõnes kaevanduses on vesi nii happeline, et sellega ei saa loputada isegi käsi ega nägu, suust rääkimata. Põlevkivikaevandused, mis töötavad põhjaveekihi ja kus mäetöö on hajali, oleks sellise nõude täitmine olnud väga kulukas. Osaliselt lahendati see lokaalsete allmaa-veevõrkude abil, kuhu vett pumbati kaevandusest alla, Lasnamäe veekihti puuritud kaevudest.

Põleva aine tolmu võib õhus süttida ja plahvatada. Mineraalkütuste — kivisöe ja põlevkivi tolmu- ja plahvatusohtlikkust hinnatakse lenduvate komponentide, st kuumutamisel gaasistuvate ainete sisalduse alusel.⁶⁰ Tolmu- ja plahvatusohtlikeks loetakse kütuseid, lenduvate komponentide sisaldusega >15%. Kukersiidi orgaaniline aine kerogeen gaasistub kuumutamisel peaaegu täielikult, millest järeldub, et põlevkivi, orgaanikasisaldusega >15% on plahvatusohtlik. Plahvatusohtlikkuse piirile

⁶⁰ *Volatile matter* — laboratoorselt määratav kütuse tahke ainese kadu kuumutamisel 900°C juures 7 minuti vältel. Suurem osa põlevkivi 'lenduvatest' tekib kerogeenist.

vastab kuivaine kütvus 5,3 MJ/kg. Kivisöe, ja analoogiliselt ka põlevkivi tolmu, niiskusega >12% ei loeta plahvatusohtlikuks, sest õhuline sellist ei lennuta. Enamasti on allmaa-kaeveõõntes seintele ja seadmetele langenud tolm märg ning kleepunud, mistõttu lendumisohtu ei ole. **Seevastu kuivades käikudes, kaldšahtis ja maapealsetes hoonetes, eelkõige konveierigaleriides on seintele ja seadmetele settinud tolm kuiv ning plahvatusohtlik.** Kui õhk hakkab käigus või galeriis millegipärast kiiremini voolama, tõuseb kuiv tolm õhku ja tekib süttimisohtlik keskkond. Kriitiliseks õhu liikumise kiiruseks loetakse 3 m/s. Teadaolevalt plahvatas eelmise sajandi kesk-aastail Käva-2 kaevanduse sorteerimistsehhi tolm konveierigaleriis.

Tolmu süttimise vastu niisutatakse töö-ett. Käikudes ja galeriides settinud tolmu koristatakse ning ohustatakse mitmetel muul mäeinseneridele teadaoleval moel. Tuntumate mineraalsete kütuste ja sulfiidsete maakide plahvatusohtlikud kontsentratsioonid, g/m³ on järgmises tabelis.

Tabel 2.4 Kütuste ja sulfiidsete maakide plahvatusohtlikud sisaldused, g/m³

Kütus, maak	Plahvatusohtlik	Eriti ohtlik	Eriti ohtlikuks teeb tolmu
Kivisüsi	10...600 (3000)	300...400	Metaan õhus
Väävel, sulfiidid	5...1000		
Põlevkivi		50...? ⁽⁶¹⁾	Kütvus (kihid B ja E) ja vähene niiskus

Sõltuvalt tolmu kontsentratsioonist, kütvusest, niiskusest ja kogusest võib süttimine piirduda pihtleegiga, kaevurite keeles „tulekeraga“. Neid kogesid põlevkivikaevurid enne eelmise sajandi seitsmekümnendaid sageli. Kuid põlevkivitolmu süttimine võib üle minna katastroofiks. Inimohvritega plahvatus toimus Sompa kaevanduses 14.08.1973. Õnnetuse põhjustas kõrgema juhtkonna korraldus lubada ajutiselt kasutada kõrgema plahvatustemperatuuriga lõhkeainet, mis varem oli tavakasutuses. See oli viga – jäeti tähelepanuta, et kaevandus oli üle viidud elektrisüütamisele. Plahvatas hetklõhkamisega initsieeritud B-kihti paigutatud laengutest tekitatud tolmu. Raskelt sai viga 22 kaevurit, kellest kaks surid.

⁶¹ Autori avaldamata jäetud uuringu- ja katsetulemused aastatest 1973...4.

Karjääris, vabas õhus süttinud põlevkivi tolm annab ettekujutuse plahvatusse põrgulikust toimest (Pilt 2.11).

Teistes Eesti kütusetööstuse tootmishoonetes on samuti tolm süttinud. Teadaolevalt on olnud suuremaid, kuid ohvriteta plahvatusi eelmise sajandi viiekümnendate lõpus Tootsi ja üheksakümnendate alguses Oru turbatööstuses.



Pilt 2.11 Karjääri tootmisastangu lõhkamisel süttis üles paiskunud põlevkivitolm

Foto — Andre Lüüde kog. Nähtus esines kuivadel suvedel.

Allmaatulekahjud ja -põlengud

Igasugune kahjutuli on tugev keskkonna reostaja, eriti maapõues. Enamasti ei ulatu kaevanduspõleng maapinnale, mistõttu suurem reostus jääb varjatuks. Kuid põlemissaadused, eriti põlevate maavarade kaevanduses, tekitavad maapõues ja põhjavees suuremahulise, migreeruva saaste. Põlevkivi, mis mineraalkütuste seas paistab silma lenduvate komponentide kõrge sisalduse poolest, on eriti saastav, sest termilisel lagunemisel mitte levitab

ainult gaase, vaid ka destillaate: tōrva, õli ja fenooli. Põlevkivi termiline lagunemine, mis maa all ja puistangutes toimub hapniku vaeguses, pole seetõttu põlemine sõna otseses mõttes, kuid on siiski käsitletav allmaapõlenguna.

Enamasti tekib allmaatulekahju töörežiimi rikkumise tagajärjel. Suletud ja hüljatud kaevanduses võib põleng tekkida kaevandamise lõpetamisel tehtud vigade – isesüttivate materjalide, sh kaevise koristamata jätmise, kaeveõõnte ebapiisava sulgemise ja muu lohakuse tõttu. Eesti suurim allmaatulekahju tekkis Estonia kaevanduses 1988. 3. novembri öösel ja vältas 48 päeva (Pilt 2.12).⁶² Kustutamisel osalesid sajad erivahendite ja -seadmetega varustatud Vene ning Ukraina mäepäästjad (allmaatuletõrjujad). Inimohvleid ei olnud.



Pilt 2.12 Allmaapõlengu koht Estonia kaevandusvälja peal.

⁶² Surva, J., 2008. Sompka kaevandus – lõpetamata ajalugu, 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis, 134...161

Koha koordinaadid: 59°13'40"; 27°20'41". Pildi alus Maa-Ameti kaardiportaalist.

Väiksemaid tulekahjusid on olnud Jõhvi kaevanduses nr 2 ja ka teistes, mis kõik kustutati. Tuntumad allmaapõlengu kohad on Küttjõu põlevkivikaevandus, kuhu tuli levis karjääripuistangust, mis omakorda süttis hulguste lõkkest. Põleng kustutati. Teadaolev põlengukoht on Kukruse rikastusjääkide puistang (= terrikon), mille lahtine põleng oli eriti aktiivne 1968.⁶³ Kümmeaastat pärast süttimist levis protsess maa alla, kus tõenäoliselt põlesid kaevandusse voolanud utteproduktid, mis süütasid täiteriitade sisu ja käikudesse varisenud põlevkivi. Asukoht maa peal vt Pilt 2.16.

Temperatuur ja niiskus

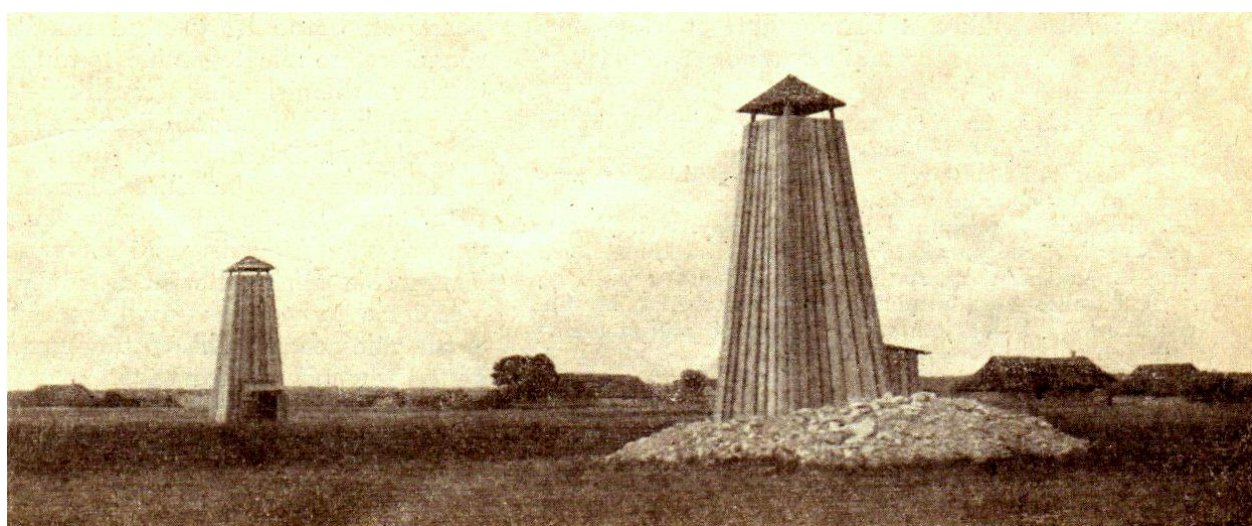
Karjäärides st avakaevandamisel õhk üsna looduslik. Probleeme võib tekkida suurtes sügavates karjäärides, mida Eestis ei ole.

Kaevandustes sõltub õhu olek mäetööde sügavusest. Varasemates kaevandustes: Ülgase fosforiidikaevanduses, Kukruse, Kohtla ja Kiviõli põlevkivikaevandustes ning Piusa liivkivikoobastes, kus õhutamine käis loomuliku tuulutusega, sõltusid temperatuur ja niiskus välisõhust.

Loomulik tuulutus toimus talvel nagu koldes – kaevanduse soojem õhk tõusis õhukaevude kaudu üles ja stollidest voolas sisse külm välisõhk. Suvel, kui õhu temperatuur oli kaevanduses madalam kui väljas, pikendati

⁶³ Terrikon' – rikastusjäägi kooniline puistang, mugand sõnast 'terrikoonik', prantsuse algupärane *terri conique*, tulnud läbi vene keele **террикон(ик)**.

õhukaevu ülespoole puidust korstnaga ja mõnikord isegi süüdati maa all lõke tõmbe parandamiseks Pilt 2.13. Hoolimata põlevkivikaevanduste veerohkusest ja kivimi suurest niiskusest oli see tegevus ohtlik, sest tõmbe suuna muutudes võisid suits ja kuumus pöörduda kaeveõõnde. Siis oleks kaevandus muutunud millekski selliseks nagu ahiküttega maja soemüür ja seal oleks võinud mitte ainult õhk mürgistuda vaid tulekahju tekkida.



Pilt 2.13 Kunagiste põlevkivikaevanduste korstnad⁶⁴

Meie kaevandused paiknevad veekihtides, mistõttu maa all on õhu suhteline niiskus 100% ja üle selle, mis ei mahu mugavuspiiride (40...60%) vahele.

Kaevandusõhu keskmine temperatuur vastab kivimite stabiilsele temperatuurile, mis Eesti maapõue 15...150 m sügavuses vöös on 6...8° C. Kui kaevandusse antavat õhku ei soojendata, võib tuulutuskäevudest kaevandusse tulev

⁶⁴ Jaan Aarmann, 1938. Maapõuevarade tootmisest, Tehnika Kõigile nr 6 ja 7 (28 ja 28).

värske õhk olla talvel pakaseline ja suvel meeldivalt soe. Kaevandusest välja puhutatav „märg“ õhk moodustab külmal talvel šurfi kohal ja ümbruses fantastilisi jääskulptuure (Pilt 2.14).

Õhku kui töökeskkonna peamist komponenti iseloomustab peale temperatuuri ja niiskuse veel tuule kiirus. Kaeveõõsi tuulutatakse – neis puhub tuul.

Tabel 2.5 Tuule-külma indeks Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi andmeil

Tuule kiirus, m/s	+7° C on tajutav kui:	Koht, kus põlevkivikaevanduses võib olla selline tuul
0...1	+7	Koristuskaeveõõned
2	+6	Mitmesugused käigud
3	+5	
4	+4	Suurim lubatud õhu kiirus koristusees
6	+3	Pea-, tuulutus- ja veokaeveõõntes
8	+3	Suurim kiirus šahtis ja šurfis kuhu inimesed võivad eriolukorras sattuda
10	+2	Šahtid, õhukaevud
16	<+1	

Indeks <+8 tähendab madalat alajahtumise riski, st selline risk on põlevkivikaevandustes kõikjal.

Vene mäenduse tavade kohaselt loetakse käikude läbimis-etes õhu liikumise optimaalseks kiiruseks 0,4...0,6 m/s ja koristuskaeveõõntes 1,5...3 m/s. Õhu liikumise kiirus peakäikudes ei tohiks ületada 8 m/s, muudes käikudes 6 m/s. Oht on selles, et suur õhu kiirus võib kuivade

kaeveõõnte seintelt tõsta tolmu. Samuti on tuule suur kiirus inimesele ebamugav, väiksem kiirus aga ei taga õhuvahetust. Klassikalised kaevandusõhu temperatuurinormid:

niiskusel $<90\%$ $< 26^{\circ}\text{C}$ ja

niiskusel $>90\%$ $< 25^{\circ}\text{C}$

ei ole põlevkivikaevandustes aktuaalsed. Neid tuleb silmas pidada süvakaevanduste projekteerijal, vt [Tuulutus](#).

Lõhkemüra ja vibratsioon

Kaljuste kivimite raimamiseks kasutatakse lõhkamist, mille tulemusel kivimid irduvad ja paiskuvad. Õhus on müra ehk helilained, kivimites liiguvad maavõnked (vibratsioon ehk seismilised lained) ja vees levivad surveained. [Lõhketöö projekteeritakse](#) nii, et see ei ohustaks inimesi, seadmeid, kaeveõõsi ega rajatisi. Valitakse kaitse- ja hoidemeetmed, mille peamised mõisted on ohuala ja ohutu kaugus.



Pilt 2.14 Kaevandusest välja puhutud niiske õhk moodustab pakaselisel talvel "õhuvulkaani"

Foto — Karel Kravik,

http://www.karelkravik.eu/Environmental/i-nMdKcZs/O/XL/IMG_1294_c-XL.jpg Märts 2011. 59°12'12,08", 27°25'40,26".

Lõhketööde ohuala ja ohutud kaugused

Ohuala on ruum, kus lõhketöö ohustav mõju on tõenäoline. Kuid oluline on teada ja teistele teada anda, et lõhketööde oht on paljuski määramatu, juhusliku iseloomuga, tõenäosuslik.

Ohualas on kahjustuste tõenäosus suur, väljaspool ohuala väike, kuid mitte olematu

Ohutu kaugus. Mõningase vahemaa taga on lõhketöö mõju talutav, st otsest ohtu ei ole. Selline kaugus on ohutu, täpsemalt — sellest eemal on ohu tõenäosus väga väikene.

Ohuala ja ohutu kaugus on ruumimõõtmed. Neid ei tohi käsitleda tasapinnaliselt, s.o maad mööda. Mõju levib igas suunas, kaevandusest välja.

Kaevandusruumis on müra ja vibratsioon tehnoloogiliselt ohjatud ning kontrolli all

Müra ja vibratsiooni levi ning mõju väliskeskkonnas käsitletakse edasises ([Mõju elukeskkonnale, eelkõige inimestele](#)).

2.1.3 Kaevandusvesi

Kaevandused ja karjäärid väljutavad vett. Selle, põhja-, pinnase-, pinna- ja sadeveest koosneva tehnogeense vee üldnimetus on kaevandusvesi. Kaevandusvesi selitatakse loodusliku vee puhtuse tasemele, kuid jääb siiski karedaks, mineraalirikkaks.

Veekõrvaldus

Kaevandusvee väljutamine – veekõrvaldus, (= veeärastus) on mäetöö vältimatu osa. Veega tegelemine on pikk ja pidev protsess, mis algab kaevevälja (eel)kuivendamisest (kraavitamisest). Kaevandamise ajal toimub vee kaevandist (karjäärist või kaevandusest) välja juhtimine või pumpamine ning vee puhastamine enne, kui see looduslikku veekogusse heidetakse.

Kaevevälja kuivendamise ja kaevanduse veeärastuse tagajärjel alaneb ümber kaevanduse, 0,05...5 km raadiuses põhjavee tase. Vee taseme alanemine sõltub kaevanduse sügavusest, kivimite veejuhtivusest ja veekihist, milles väljatakse.

Kaevandamisest mõjutatud kohalik veevarustus taastatakse või korrastatakse kaevandaja kulul

Kaevandusvee kogus sõltub mäetöö sügavusest, kaevandamiskoha paiknemisest pinnavormide ja veekihtide suhtes, aastaajast, sademete hulgast, nende aurumise ja maasse imbumise (infiltratsiooni) intensiivsusest. Kaevandamis-keskkonda iseloomustav mäendusolude mõõdik on veerohkus, mis on kaevandusest pumbatud vee ja toodangu suhe (m^3/t)

Teine iseloomustav mõõdik on vee sissevoolu sesoonne ebaühtlus, suurima ja vähima ajaühikus pumbatud vee hulga suhe, mis sademetest sõltuvana võib erineda kuni sada korda.

Veerohkus ja ebaühtlus sõltuvad kaevandamise moodusest (ava- või allmaa) ja kaevanduse sügavusest ning kaevevälja suurusel. Vanad kaevandused, mille toodang väheneb, kuid tööala laieneb, muutusid üha veerohkemaleks, sest välja pumbatav vesi koosnes enamasti sademete veest.⁶⁵

Kõige raskemad veeolud on karjäärides ja madalates kaevandustes, kuna nad töötavad sademetest toitavas veekihtis. Mida sügavam kaevandus, seda suurem osa veest tuleb põhjaveekihtidest. Suurel kaevandusel on laialdane kaevandatud ala, mis sademeid kogub, samuti suur ümbermõõt, piki mida põhjavesi

⁶⁵ Põlevkivikaevanduste veeärastuse kohta leiab teoreetilise seletuse ja praktilisi juhiseid monograafiast Парахонский, Э. 1983. Условия образования и выпуска сточных вод сланцевых шахт и разрезов, Таллинн, Валгус, 143 с.

sisse tuleb. Kuid suure kaevanduse käigud akumuleerivad vett rohkem, mistõttu pumpamise ebaühtlus on väiksem. Väga sügav kaevandus, mis töötab vettpidavate kihtide all, ja kus põhjavesi puudub, on kuiv.

Kaevanduse veerohkust suurendab oluliselt suletud naaberkaevandusest sisse voolav vesi, mis peaaegu kõik tuleb sademetest.

Kaevandusvee päritolu

Üldlevinud arvamus, et kaevandus kuivendab põhjaveekihte, ei ole asjatundlik. Tegelikult pärineb suurem osa kaevandusveest sademetest, väiksem osa tuleb kas põhjaveekihtidest või juba välja pumbatud veest, mis kaevanduse veeärastussüsteemist maapõue tagasi imbub (= retsirkuleerib). Põlevkivi kaevandamisel välja pumbatav vesi moodustub allmaakaevandustes poolenisti ja karjäärides kuni 80% ulatuses sademete veest. Algupärase põhjavee osalus on tavaliselt alla 40%, sest suur osa võib tagasi tulla veejuhtmetest: kraavidest, kanalitest, jõgedest kaevandusse tagasi voolavast (retsirkuleerivast, ringlevast) veest. Halvasti korraldatud veeärastuse puhul on see olnud kuni 70%.^{66 67}

⁶⁶ Reinsalu, E. Changes in Mine Dewatering After the Closure of Exhausted Oil Shale Mines, Oil Shale Vol 22 No 3, Tallinn, TA kirjastus, 2005. , lk 261...273

⁶⁷ Тоомик, А., 1979. Временное руководство по проведению дренажных работ на шахтах треста Эстонсланец. Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.

Tabel 2.6 Kaevanduste veerohkus, veeärastuse ebaühtlus ja sademete osalus





Kaevanduse veeolu	Veerohkus, m ³ /t	Ebaühtlus, kordades	Sademe osalus, %	Näiteks
Väga veerohke	25...50	10...100	90	Ubja ja Põhja-Kiviõli karjäär
Veerohke	10...25	5...10	60	Ojamaa kaevandus
			50	Narva karjäär
		1...5	20	Estonia kaevandus
Keskmine	5...10	1	5...10	Slantsõ kaevandused
Veevaene	2...5		<5	Venemaal
Kuiv	alla 1		0	Maardu graniidikaevandus

Isegi sügavamates põlevkivikaevandustes moodustab suurema osa sisse tungivast põhjaveest nn liikuv põhjavee (dünaamiline) komponent, mis saab täiendust sademetest. Vaid mõne protsendi ulatuses toitub kaevandus staatilisest põhjaveest, vähendades selle varu. Liikuvast põhjaveest tungib kaevandusse >90% laest, 5...7% seintest ja <2% pörandast.

Kaevandusvee koostis

Kaevandusvesi tekib põhjavee ja pinnavee segunemisel mäetööst mõjutatud maapõues. Mistahes looduslik vesi sisaldab erineval määral lisandeid, nii ka kaevandusvesi.

Tabel 2.7 Kaevandusvee ja joogivete kvaliteeditunnuste võrdlustabel

Reostustunnus	Sümbol vastavalt viiteallika kirjele	Ühik	Piir-sisaldus joogivees ⁶⁸						
				Töötav Estonia põlevkivi-kaevandus *	Suletud põlevkivi-kaevandus **	Suletud Maardu fosforiidi-kaevandus***	Varska originaal	Häädemeeste	San Pellergino
Elektrijuhtivus		µS cm ⁻¹	2500		650...2320	1360...3720			
Kaalium	K ⁺	mg/l		6,2...9,5	1,9...34,4		19,5...21,7		
Kaltsium	Ca ²⁺ (Ca ⁴⁺)	mg/l		6,2...9,5	95...464		116...129		174
Kloriid	Cl	mg/l	250	5...30	5...110		1280...1410	2449...3000	52
Kuivjääk		mg/l		720...850	374...2540	5,3...13,8			
Magneesium	Mg ²⁺	mg/l			13...140		40...44,5	82	51,4
Naatrium	Na ⁺	mg/l	200		2,5...83		605...670	1340...1640	33,3
Naftasaadused		mg/l		0...0,015	0,1...0,28				
Oksüdeeritavus	BHT	mg/l O ₂	5,0	<2,2		3,7...4,8			
	KHT			<45		4,2...3,9			
Raud		µg/l	200		30...1200				
Sulfaat	SO ₄	mg/l	250	300...400	74...1500	450...2050	16...21	67...72	430
Vesinik-eksponent	pH		6,5...9,5	7,8...8,2	7,7...8,3	7...9			
Üldfosfor	PO ₄	mg/l		<0,06	0,03...0,05	0,045			
Üldlämmastik		mg/l		0,4...0,9		0,64...0,97			

* Eesti Põlevkivi AS andmed, jaanuar 2008; ** Eesti Põlevkivi AS andmed, 2001...3; *** Seisev vesi, TTÜ mäeinstituudi mõõdetud 2011...13.

Paksus punases kirjas on mineraalkomponentide sisaldused, mis ei vasta joogivee nõuetele. Üldiselt teeb kaevandusvee joogikõlbmatuks bakteriaalne saastus ja lõhn, mille kohta siin tabelis andmeid ei ole toodud.

⁶⁸ Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid, <https://www.riigiteataja.ee/akt/111012013002>

Joogivett loetakse tervislikuks ja puhtaks, kui see ei sisalda mikroorganisme, parasiite ega mistahes aineid sellisel arvul ega sellises koguses, mis kujutab potentsiaalset ohtu inimeste tervisele ning kui mikrobioloogilised ja keemilised kvaliteedinäitajad ei ületa piirsisaldusi.⁶⁹ Jätame käsitlusest kõrvale mikroorganismid ja parasiidid – need esinevad kaevandusvees samuti kui mistahes muus olme- ja tehnogeenses reovees. Samuti naftasaadused, mis tekivad masinate kasutamisest ja fenoolid, mille sattumine kaevandusvette on ekstreemne.

Avariijuhtumitel, näiteks puistangute kuumenemise, põlengute ja kaevandustulekahjude ajal võib kaevandusvette sattuda üsna palju õlitaolisi aineid (õliprodukte) ja fenooli. Muidu on fenoolide sisaldus põlevkivikaevanduste vees stabiilselt $0,003 \pm 0,002$ mg/l. Edasises käsitleme ainult kaevandamisveele eriomaseid keemilisi kvaliteedinäitajaid, mis tekivad ja muutuvad kivimite väljamise käigus ja tulemusel.

Kaevandusvee kvaliteedi tavalised indikaatorid:

Sulfaadid ehk väävelhappe soolad on meie kaevandusvee tavaline lisand, sisuliselt marker. Sulfaation ilmub vette kõikjal leiduva püriidi lagunemisel vee ja õhu hapniku toimel. Kivimite lõhkumisel pääsevad vesi ja õhk ligi peenestatud püriidile ligi. Tuleb selgitada, et tegu ei ole mürgise soolaga, nagu arvavad keskkonnatundlikud isikud. Ohutust kinnitab

⁶⁹ [Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid, https://www.riigiteataja.ee/akt/111012013002](https://www.riigiteataja.ee/akt/111012013002)

kasvõi seegi, et sulfaat on joogiks müüdavate soolasemate mineraalvete tavaline lisand.

Kuna termin 'sulfaadid' on meelde jääv, on keskkonnamurelikud inimesed selle **fetišeerinud**.

Fosforiühendid said meedias arutluste objektiks fosforiidisõja ajal. Tegelikult ei eritu fosforiühendid kivimitest isegi mitte raimamisel, nagu see juhtub sulfaatidega. Kaevandusvee fosforiühendid pärinevad pinnase- ja põhjavette imbunud olmeveest, eelkõige sinna jõudnud pesuvahenditest, samuti põllumajandusmaade fosforväetistest. Väetistes on fosforiühendid lahustuval kujul, muidu taimed neid ei omastaks, mineraalide fosfor vees ei lahustu.

Kahjuks assotsieerub fosforireostus verbaalselt sõnaga 'fosforiit'.

Nitraadid (lämmastikuühendid) kaevandusvees, mis samuti on tekitanud keskkonnamuresid, tulid kaljuste kivimite karjääride vette plahvatamata jäänud lõhkeainest. Kaasajal on täielikult loobutud ebakindlate veetundlike lõhkeainete kasutamisest. Kuigi veekindlate lõhkeainete plahvatusgaasid neelduvad kaevandusvees, jääb nende osa lämmastikureostuses tühiseks, sest kaevandusvee peamine nitraatide fooni tekitab olme- ja põllumajandusreostus, orgaanilised ja mineraalsed väetised. Viimasel ajal on olmest ning põllumajandusest pärinevate lämmastikuühendite osalus kaevandusvees vähenenud.

Põlevkivikaevandusest välja pumbatav vesi võiks olla kasutatav mineraalveena⁷⁰

Selle eelduseks oleks, et:

- kaevanduste õli-, ja kütusemajandus ning sanitaarteenistus oleksid korras,
- lõhkeaine ei lahustuks vees,
- vett pumbatakse võimalikult ühtlaselt, et vool ei pulseeriks,
- vesi selitatakse,
- kaevandusse ei leki asumite olmevett.

Kõige raskem on täita viimast nõuet.

2.2 Kaevandusala väliskeskkond

2.2.1 Mäetööde kohene mõju

*Mõju maale ja maapõuele*⁷¹

Maavarade kaevandamine muudab maapõue ja maakatet. Maapõue tekib uus, tehnogeoloogiline struktuur – kihid ja lasundid on purustatud, kobestatud, paigast liigutatud. Nii on maapõu muutunud poorsemaks, vett ja gaase paremini juhtivaks. Kivimimassi vajumine ja/või kobestamine loob muudab maakatte tingimusi.

Muutused kivimite ja pinnase veejuhtivuses nagu ka kaevanduste veeärastus mõjutavad maasisest ja -pealset veekeskkonda. Veerohkus kohati suureneb, kohati väheneb ja see muutub ka ajaliselt. Üldiselt vee koostis halveneb.

Muutused on eriti nähtavad avakaevandamisel kui tekivad uus pinnamood, pinnas, taimestik ja

⁷⁰ <https://erikpuura.wordpress.com/2010/09/13/mineraalvesi-estonia-kaevandusest/> . Mäetehniliselt ei ole keeruline puhast, kaevanduse reostusest puutumata mineraalvett tarbimiseks välja pumbata.

⁷¹ Kaevandamise kohesest ja hilisest mõjust maakattele on kirjutatud raamat Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I., 2002. Kaevandatud maa. [Digiteavik](#) .

levib uus loomastik. Madalamast karjäärist jääb alles laugete veertega häil, sügavamast — järskude või tasandatud servadega auk. Kui avakaevandamine toimub põhjavee püsitasemest allpool, tekib kaevandamiskohta veekogu. Eesti põlevkivi- ja fosforiidikarjäärides, kus oli ja on kasutusel [vaalkaevandamine](#), (= ribakaevandamine) jääb maa pärast kaevandamist laineliseks (Pilt 2.39). Ala lõigustavad järskude veertega kanjonilaadsed kaevikud (= tranšeed). Sügavamates karjäärides töötatakse veeärastusega, seepärast täituvad madalamad alad ja kanjonid pärast karjääri sulgemist veega. Tekivad karjäärijärved, mis mäenduse hea tava kohaselt korrastatakse veekogudeks (Pilt 2.30). Nii tekib avakaevandamisega käideldud alal tehnogeenne maakate, mille ilme muutub aegamisi looduslähedamaks — loodustub. Ammune loodustunud karjäär või karjäär võib jääda vilumata silmale märkamatuks (Pilt 2.37).

Kui kaevandatakse maa all, ei tarvitse maakatte muutumine olla alati märgatav. Siiski on Eestis kohti, kus allmaatööd maapinna lähedal, mitte sügavamal kui 15...20 m. Seal võib märgata altkaevandatud alale omast mikroreljeefi (Pilt 2.15, Pilt 2.16). Maavara madala lasumuse puhul võib allmaakaevandite kohal ette tulla järsuseinalisi, mõnes kohas isegi maa alla avanevaid varingauke (Pilt 2.18). Mida sügavamal kaevandatakse seda vähem muutub maakate. Kui siiski midagi ilmneb, siis enamasti mäetöösturite hoolimatuse või ettenägematuse tõttu, mõnikord ka maapõue häiringute (karsti) tõttu.

Allmaamäetöödest tingitud kivimite liikumise tulemused ilmnevad maa peal mitmel moel.

Eristame vajumeid, langatusi ja varinguavasid.

Vajum

Vajum on tehnogeense maakatte negatiivne pinnavorm (Pilt 2.16). Need tekivad kaevanduste peal, kui maad ei hoita üleval (vt 2.3.8), samuti karjäärides, kui tasandatud ja silutud pinnas vajub tihenemise, sulamise või maasisese ärakande tõttu. Vajumid ilmnevad maapõueprotsesside puhul ka mujal, mitte ainult kaevanduspiirkondades. Neid võib näha karstialadel, kus koobas on sisse kukkunud või linnades elamumaal, kui allmaakommunikatsioonidest lekkiv ja rentslist valguv vesi täidise ära uhub.

Langatus

Langatus (= häil, sulglohk) on vajumi eriliik. Need tekivad altkaevandatud maal, kui kasutada [lankkaevandamist](#) lae langetamisega.⁷²

Langatused on riskülikukujulise plaaniga, nende vahel on allmaakäike ääristavate tervikute kohale jäänud vallid. Sellist maastikku nimetatakse vahvelmaa(stiku)ks (Pilt 2.15, Pilt 2.16).

Langatused on deformeeritud maa kogu Jõhvi valla lääne- ja lõunaosas, Kohtla valla lõunaosas, Mäetaguse valla põhja- ja kirdeosas ning osa Maidla ja Sonda vallast, samuti Kohtla-Järve linna maast. Langatuse sügavus on 60...65% väljatud kihindi tusedusest, seega kuni 1,3...1,4 m.

⁷² Kus ja millal põlevkivikaevandustes lage langetati, vt Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I., 2002. [Kaevandatud maa](#), TTÜ mäeinstituut, 97 lk. [Digiteavik](#) aastast 2015.

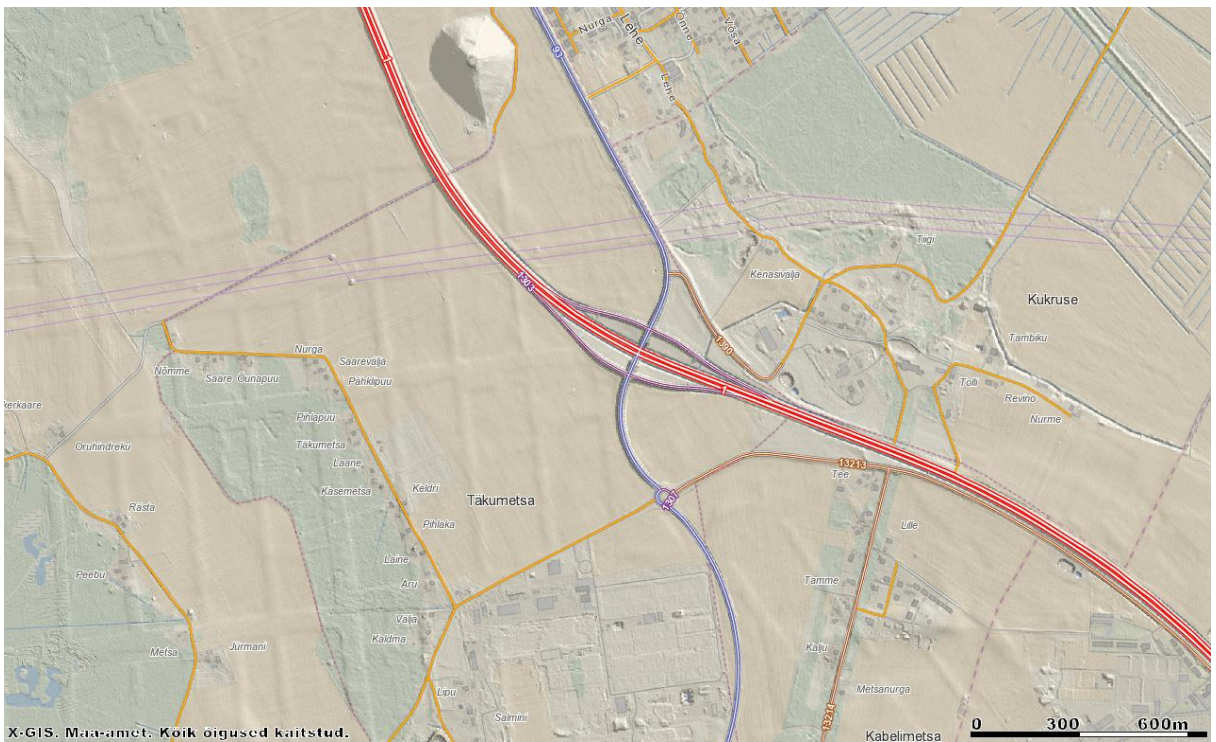
Drastiliseks erandiks on Mäetaguse valla põhjaosa, kus Kohtla kaevandus rakendas lausväljamist ja langatused on kuni 2 m sügavused.

Langatatud maad on veidi alles uraanikaevanduse kohal Sillamäe linnast läänes. Suurem osa sellest on sadama raudtee tarbeks lahti kaevatud, seega korrastatud. Maardu fosforiidikaevanduse peal Maardu linnas ning Jõelähtme vallas Võerdlas on langetatud maa tunnustega alal aiandusasum.

Langatused, eriti põlevkivimaardla kaevandatud ala lõunaosas, kus mäetöö toimus sügaval, ei mõjunud eriti maa- ja metsaviljelusele.⁷³ Liustikusetetega viljelusmaadel on langatused isegi parandanud maa niiskusrežiimi. Liigniisketel maadel ja märgaladel, peamiselt jääjärve- ja soosetel, on tekkinud lokaalseid pinnaveekogusid, lompe. Siiski, sügavamate häilude veertel on haritava maa muld erodeerunud ja põllutöömashinate tööolud halvenenud. Tuleb teada, et langatuste vahelised vallid ja veered võivad deformeeruda veel mitukümmend aastat pärast mäetöö lõppu, mistõttu enne ehitamist langatuskahtlusega maale tuleb teha ehitusplatsi geotehniline ekspertiis.

Huvitava faktina võib lisada, et soosetete alal vesised langatused mitte ainult ei laienda märgalaid ja veelembeliste liikide elupaiku, vaid vähendavad ka orgaaniliste muldade ning turba CO₂ emissiooni.

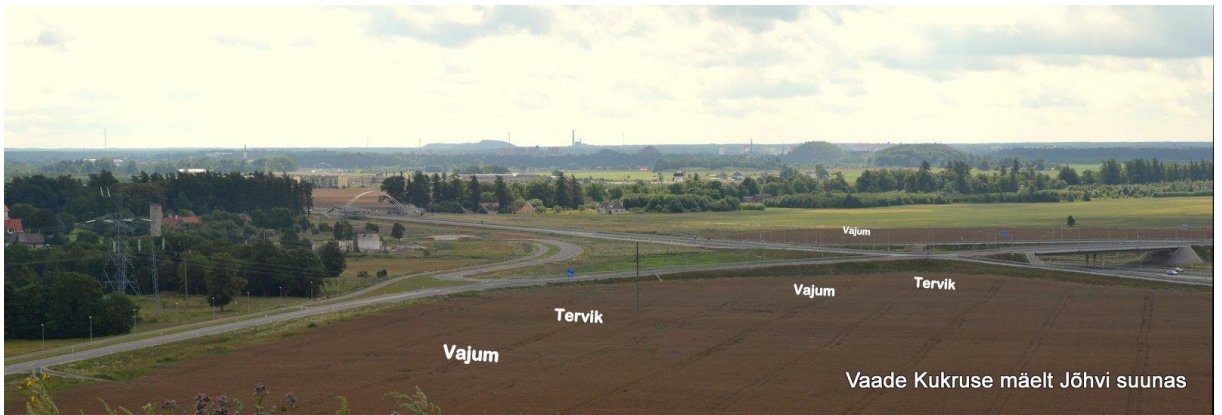
⁷³ Üksikuid lanke, kus 1982...86 katsetati kihindi lausväljamist ja/või kahekihilist kombainkaevandamist suuremas sügavuses, leidub Estonia ja Ahtme kaevanduse väljadel. Vajumid, sügavusega kuni 2 m on loodustunud.



Pilt 2.15 "Vahvelmaastik" Jõhvist läänes
2014. Maa-Ameti geoportaal

Maapinna lähedal toimunud põlevkivi allmaa-kaevandamise jäljed on näha mikroreljeefis. Kukruse kaevanduses (pildil vasakul) väljati põhja-lõunasuunaliste lankidega. Kaevanduses nr 2 (Jõhvi kaevanduses, pildil all paremal) olid langid orienteeritud risti geoloogiliste riketega — kagust loodesse. Millest oli tingitud selline lõigustus suund, käsitleme kolmandas osas punktis [Avamine ja lõigustamine](#). Tehnogeneenne mikroreljeef maaviljelust eriti ei takistanud, pigem isegi soodustas endiste liigniiskete kõlvikute kultiveerimist.

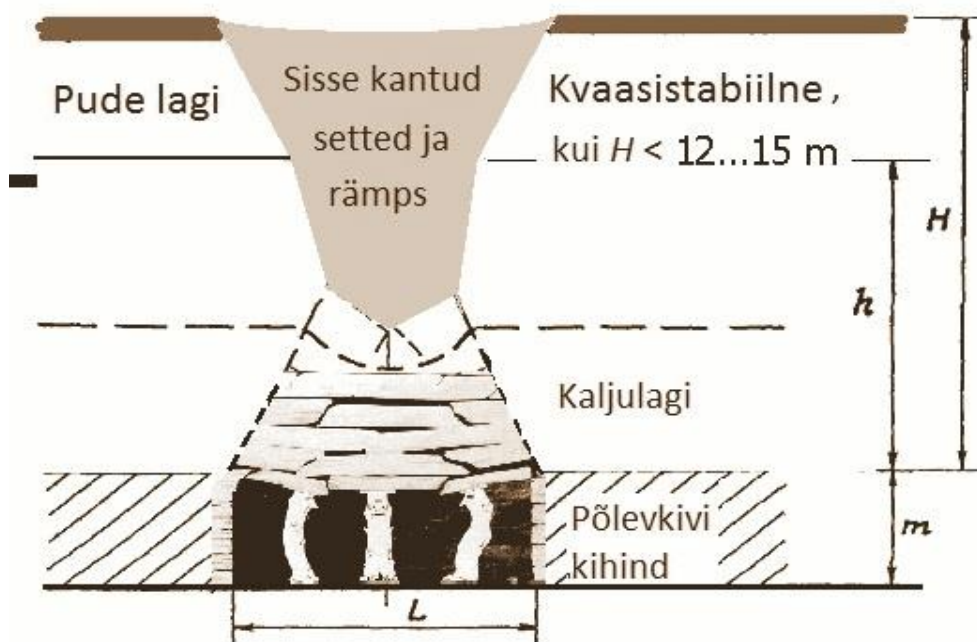
Häilude nõlva nurk on vahvelmaa lõunaosas 8° ja põhjaosas, kus mäetöö toimus madalamal, kuni 12°.



Pilt 2.16 Vajunud alad Kukruse kaevanduse peal
16.07.2011. 59°23'38,4"; 27°20'24,3"; abs 109 m;
vaade terrikonilt kagu suunas.

Varingud ja augud

... tekivad altkaevandatud alal, kui kaeveõõne kõrgus ehk kihindi väljatud osa suhe on $<1/5$. Teisisõnu, kui kaeveõõne kõrgus on kolm meetrit, võivad varingud avaneda kõikjal, kus kaevandamise sügavus oli alla 15 m, (Pilt 2.17, Pilt 2.18, Pilt 2.19). Sellised varinguavad ei tarvitse tekkida kaevandamise ajal, enamasti on need posttehnoloogiliste protsesside ilmingud, hilisnähud, mille juurde tuleme tagasi hiljem (vt [Hilised varingud ja vajumid](#)).



Pilt 2.17 Murenenud laekivimite varingu skeem vanades kaeveõõntes.⁷⁴

Skeemil: h – varingu kõrgus, m – kihindi väljatava osa paksus, β - laekivimite rebenemisenurk, H – kaevandamissügavus, L – streki laius.



Pilt 2.18 Varinguava metsas Kohtla põlevkivikaevanduse kohal
8.06.2005. 59°19'47,2"; 27°10'54,2".

⁷⁴ Skeemi alus: Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I., 2002. Kaevandatud maa. Vt [Digiteavik](#). Kompileeritud kaadriga Eesti Põlevkivi filmistuudio kunagisest multifilmist.

Eelmise pildi varinguavad tekkisid Kohtla mäeeraldise edelaosas, kus pika ee kombainidega väljati kihindise kuni 2,2 m ja maa vajus kuni 2 m.



Pilt 2.19 Kraatritaoline varinguauk Piusa liivakaevanduse kohal

23.09 2010. $57^{\circ}50'31,11''$; $27^{\circ}28'3,45''$;
sisenemine on ohtlik (vt Tabel 2.11).

Kõik see, mis toimub kaevandamise ajal, on kontrolli all, sest:

- maapinna reljeefi muutumine ja suletud kaeveõõntesse jääva vee tase on arvutatav,
- mäetööde mõju on prognoositav, kuni kaevandav ettevõtte oma tegevuse eest vastutab,
- mäeinseneridel on ettekujutus mäetöö tagajärgedest, samuti piisavad tehnilised ja tehnoloogilised vahendid nende juhtimiseks,
- mäetööstur teab kohustusi, mis tal lasuvad seoses maavarade kaevandamise mõjuga ja tema oskused tagavad asjakohase ohjamise.

Kuidas see toimub põlevkivikaevanduses, sellest edasises. ⁷⁵

Allmaakaevandamise mõju ei sõltu ainult kaevandamisviisist, vaid ka pinnakattest. Määrav on pinnase settetüüp. Kui kasutati lankkaevandamist, siis kogunes vajumitesse vesi just seal, kus pinnase moodustasid soosetted või savikad jääjärvesetted. Teiste settetüüpide, eelkõige liustikujõesetete alal maa pigem kuivenes ja künklikul maal vajumeid isegi ei märgatud.

Üldjuhul ei ole alust väita, et altkaevandatud ala maa viljelusväärtus langeb. Korduvalt tehtud erialased uuringud on näidanud, et kaevanduste peal on põllumajandusmaa kasutusomadused ja metsa kvaliteet muutnud kohati paremaks, harva halvemaks.

⁷⁵Lisaks lugemist: Liblik, V., Toomik, A., Rätsep, A. Kogumik: Suletud ja suletavate kaevanduste keskkonnamõju,

<http://www.keo.eco.edu.ee/failid/kogumik9/3ptk.pdf> .

Negatiivne mõju on ilmnenu:

- vajumite servaaladel, mis moodustab tühise osa kogu vajunud alast,
- kõlvikute ja asumite kuivendusvõrgu deformeerimisel,
- soo- ja jäärvesetete puhul, kuna need ummistavad sademevett kaevandusse viivaid lõhesid.

Kaudsete hinnangute, näiteks maatulundusmaa väärtuse alusel võib altkaevandatud maa olla isegi hinnalisem kui seal, kus ei kaevandatud. Seda tänu mitte ainult liigniiske maa kuivendamisele, vaid ka maaviljelust soodustavale teede võrgule mäetööstuspiirkonnas. Sellest hoolimata on müüt allmaakaevandamise suurest ja ohtlikust mõjust visa kaduma ja müüdi kummutamist peetakse ametiteadmiste kuritarvitamiseks.

Mõju elukeskkonnale, eelkõige inimestele

Inimeste jaoks on mäetööstuses palju häirivat. Peamiselt tajutakse häiringuid kuulmise, haistmise ja nägemise kaudu. Samas osa mõjudest, nagu mõned gaasiheitmed ja mikroosakesed võivad jääda inimesele tajumatuks.

Elu ja olmet segavad asjaolud ei ole omased ainult mäetööstusele — ebameeldivat müra, lõhna ja korratust tekitavad kõik tööstusettevõtted, transport, liiklus, militaarsed toimingud jne. Siin piirdume vaid mäetööstuse eriomaste mõjuritega.

Lõhketööde mitmekülgne mõju

Lõhketöö on eriomane mäetööstusele, kuigi seda tehakse ka teistes eluvaldkondades, sh

sõjanduses. Mingil määral on ka ilutulestik lõhketöö, kuid mäendusväliseid asju me siin ei käsitle. Igasuguse lõhketöö, nii kivimite lõhkamise kui ka hoonete ja rajatiste õhkimisega kaasneb keskkonnamõju.⁷⁶ Ometi tuleb seda tööd teha ja lubada ning selle eelduseks on mõju hoidmine talutavates piirides (Pilt 2.20).



Pilt 2.20 Maja õhkimine Tapal Üleviste tänaval 10.09.2010, 15:00. 59°15' 7"; 25°57'9,2".⁷⁷

Pildil nähtava maja varistamine ebaõnnestus, hoone varises vaid osaliselt. Tundus, et projekteerijad hindasid üle linnakodanike hirmu ja neile tehtavat kommunaalkahju. Laengud võisid olla liiga väikesed. Seda kinnitab ka asjaolu, et lähimatest laengutest 30 m kaugusel asuva elumaja tundlikku kohta kinnitatud vibromeeter tuvastas vaid nõrga, ohutust tasemest palju

⁷⁶ Õhkima, mitte "õhkama" — "lõhkeaine abil rajatist, looduslikku tõket vm. purustama, midagi (v. kedagi) õhku laskma", nii sätestab eesti keele seletav sõnaraamat.

⁷⁷ Lõhkamiste ja õhkimiste aja ning koordinaatide fikseerimine ning nende edastamine Eesti Geoloogiakeskuse seismoloogiateenistusele on hea tava, millest kõik lõhkajad peaksid kinni pidama. See on vajalik, et paremini eristada maavärinaid ja maa tehnogeneenseid võnkumisi.

madalama võnkekiiruse. Naabermajades ei purunenud mitte ükski aken.

Lõhketööde mõju sõltub sellest, kui kaugel plahvatustest ollakse. Vastavalt sellele projekteeritaksegi kaitse- ja hoidemeetmed, mille peamised mõisted on [ohuala](#) ja [ohutu kaugus](#).

Lõhketööde, nagu muudegi keskkonnamõjurite toimet, võib iseloomustada kuueastmelise skaalaga järgnevas tabelis. Skaala ei ole lineaarne, pigem logaritmiline ning maavõnkumiste osas sarnaneb ta maavärinate hindamisskaalaga.

Tabel 2.8 Lõhketööde mõju, alad ja ilmingud

As- te, pall	Mõju on	Inimese seisu- kohalt	Ala	Lõhketööde efekt ja ilmingud
0	Olematu	Ei mõju	Ohutu	Puudub
1	Nõrk	Tajutav		Müra, võbisemine
2	Talutav	Häiriv		Vibratsioon
3	Kesk- mine	Kahjus- tav	Ohuala	Võnkumine ehk "seismiline efekt", pragunemine
4	Tugev	Ohtlik		Vappumine, lagunemine, õhulaine, killud
5	Purustav	Surmav		Purunemine, paiskumine, õhulöök

Ohuala, ohutu kauguse ja ohutu laengu arvutamine on ohutusarvutus. Arvutamise meetoodika valik sõltub eelkõige ohtu kartva objekti tundlikkusest. Seepärast täpsustataksegi mõisteid tunnussõnadega – näiteks: inimesele

ohtlik ala, seismiliselt ohutu kaugus, kaladele ohutu laeng jne. Arvutused tehakse objekti olukorda ja tingimusi arvestades. Lähtutakse kas:

- talutava (2 palli),
- keskmise (3 palli), või
- tugeva (4 palli) mõju ohjamisest.

Lõhketöö ise on purustav (5 palli) Kivimit irrutatava või kobestava mõju määramine ei ole ohutusarvutus.

Ohutusarvutuste tegija peab arvestama kolme asja:

1. Tuleb endale aru anda ja teistele selgitada, et ohuala ja ohutu kaugus on ruumimõõtmed. Ei ole piisav mõõta mõju ainult tasapinnaliselt, st mööda maad. Mõju levib ka maa alla, pinnavette ning õhku.
2. Ohuarvutuste oluline aspekt on keskkonnamõju määramatus, juhuslik iseloom, toime tõenäosus. Ohuala sees on kahjustuste tõenäosus suur, väljaspool ohuala ja ohutust kaugusest eemal aga väike.⁷⁸
3. Lõhketöö tegija peab teadma, et ohuala ja ohutu kaugus, neist kinni pidamine ja nende piires tegutsemine ei vabasta teda vastutusest, nende ohtlike sündmuste eest, mida tema tegevus põhjustab väljaspool ohuala ja ohutuid kaugusi.

Viimase, tihti vaidlusi tekitanud väite mõistmiseks olgu toodud paralleel: jalakäija jaoks on kõnnitee ohutu ning sõidutee ohtlik

⁷⁸ Vaikimisi loetakse inimesele ohtliku sündmuse esinemise tõenäosuseks 1:10 000, mis on ligilähedane tänavaliikluse ohutusmääraga. Lennukiga reisisid on ohtliku sündmuse tõenäosus tänavaliiklusest sada korda väiksem ($< 10^{-6}$).

ala. Kui auto halbade asjaolude sunnil sööstab sõiduteelt (ohualalt) kõnniteele (ohutule alale) ja kahjustab jalakäijat, ei võta see auto juhilt vastutust.

Kui ohuala ja ohutud kaugused on teada, lahendab lõhketööde tegija pöördülesande — arvutab, kui suur võib olla ohutu laeng, mis ei tekita kahjustusi väljaspool ohuala ega ohutuid kaugusi.

Inimese reaktsioon lõhketööde mõjule võib olla erinev. See, mida inimene peaks taluma, on kirjeldatav sõnadega: mürts, tärin, võbin. Esimene on kaugelt kostev plahvatus, teine lühiviitlõhkamisele iseloomulik plahvatusesjada, kolmas plahvatus nõrk seismiline toime. Selliste nähtuste suhtes ohutusarvutusi ei tehta, kuid hea tava kohaselt tegutsev lõhkaja annab alati teada oma tööde aja ja koha. Nõudlikuma keskkonna puhul arvestab lõhketöö tegija tuule suunda ja muidki lainelevi mõjutavaid atmosfäärinähtusi ning teeb oma tööd sobiva ilmaga.

Keskmise ja tugeva mõju kõige sagedasem ilming on maa võnkumine ehk seismiline efekt. Kui maa hoonete all võngub, võivad vundamenti, seinu, korstnasse, ahju, soemüüri ja teistesse tõmbe- ning nihkeõrnadesse tarinditesse tekkida praod. Enamasti on neis lõhed juba varem olnud ja lõhkelainete toimel nad avanevad silmnähtavalt — muutuvad pragudeks.

Tugevama võnkumise puhul võivad ehitiste osad laguneda ja kui hoonetes on vibratsioonitundlikke seadmeid, võivad need kahjustuda.

Veekeskkonnas leviv surveaine võib ohustada veefaunat (kalu, vähke), vees olevaid inimesi

(suplejaid, tuukreid, dessantväelasi) ning vee peal ja all olevaid veesõidukeid.

Õhus leviv surveaine on inimesele ohtlik ning võib purustada aknaid ja muid ehitise õrnemaid osi, nagu uksi ja seinu.

Omaette nähtus on ahtasse ruumi (lindlasse, kalasumpa, loomafarmi) suletud elusolendite paanika, mida põhjustab mööda maad ja vett leviv plahvatusmüra.

Ohutusarvutuse põhimõtted on lihtsad: üksikud laengud ja kogu lõhataav materjal võetakse seda väiksem, mida tundlikumad on mõjutatavad objektid ja mida lähemal on nad lõhkamispaigale.⁷⁹

Objektide ja olendite tundlikkuse hindamiseks on maailma lõhketööde praktikast võtta mitmesuguseid meetoodilisi juhendeid, kuid keskkonna suure määramatuse tõttu on nad suuremal või väiksemal määral subjektiivsed.⁸⁰

Lõhketöö projekteerimise hea tava hulka kuulub kõigi ohustatavate ja häiritavate objektide oleku ja seisundi eelnev hindamine. Vaatluse ja mõõdistamise abil määratakse ehitisele lubatav võnkekiirus ja -sagedus. Hinnatakse ehitise väärtus, aluspinnase (maatoe) olek, loomade (veeorganismide, puurilindude) ja taimede tundlikkus. Kogutud andmete alusel projekteeritakse lõhketöö nii, et objektidele tekitatav kahjustus oleks olematu või

⁷⁹ Ohuala, ohutu kauguse ja ohutu laengu arvutamine kuulub lõhketööde projekteerimise valdkonda:

Tomberg, T., 1998. Lõhketööd, TTÜ mäeinstituut, 113 lk.

Reinsalu, E., 2012. Ohuala suuruse ja ohutute kauguste määramine lõhketööl, Keskkonnatehnika, 1, 34...37.

⁸⁰ Piisavalt esinduslik meetoodiline juhend on raamatus: Vuolio, R. Räjätystyöt. Suomen Maanrakentäjien Keskusliitto r.y. 1991. 318 s.

minimaalsete kuludega korvatav. Kuna lõhketööde mõju tugevusele ja ulatusele on omane suur mõõtemääramatus, teeb hea tava kohaselt tegutsev projekteerija optimeerimis- ja modelleerimisarvutusi, eelkõige selleks et siduda kahjustuse või häiringu suurus selle tõenäosusliku ootusega, mis tugineb maa võnkumise, müra ja tolmu mõõtmisele ning plahvatuste modelleerimisele. Modelleerimine peaks hõlmama kõike – maa võnkumist, müra ning tolmu levi ja muud häirivat. Ootuspärane on seegi, et vähegi keerukate projektide puhul ja tundlike objektide jaoks tehtaks ekspertiis, mis tugineb maa võnkumise, müra ja tolmu mõõtmisele ning plahvatuste modelleerimisele. Enamgi – soovitatav oleks teha katselõhkamisi.

2008. toimunud sõjalis-sportliku Erna retke ajal imiteeriti Salmistu rannas tõkketuld lõhkelaengutega madalas rannavees. Järgmisel päeval leiti rannast kahe kilomeetri kaugusel meres asuvast kalasumbast surnud kalu. Järgnes kalakasvataja nõue kahju korvata ja algas kohtulik menetlus. Kaitseliidu (kostja) tellitud lõhkamise projekti arvutused olid juhendipõhised, kuid ei veennud kalade omanikku (hagejat) ega tema eksperte. Kohtuekspertiisi raames tehtud matemaatiline modelleerimine näitas, et tõenäosus, nagu oleks kalu tapnud laengutest sumbani jõudnud surveaine, oli tühine. Märksa suurema tõenäosusega võis kalu tappa paanika, mille võis tekitada vees levinud plahvatusmüra. Hageja taotlust ei rahuldatud, kasvõi seepärast, et ei saanud välistada, et kalad võis tappa sump või selle

*lähedusse vette kuritahtlikult heidetud lõhkekeha, näiteks käsigranaat.*⁸¹

Tolm ja gaasid

Kaevandustolm on ülipeened kivimosakesed, mida käsitleti kaevandusatmosfääri all (p 2.1.2.) Tolm levib karjääridest ja kaevanduste tehnikomplekside rajatistest. Kõikjal, kus tolmab, näeb hea tava ette tolmu tõrjumise.

Eriomane gaasiallikas on kaevandusjäätmete ja ladustatud kaevisse põlemine ning seda mitte ainult õhu vaid ka vee reostajana. Gaase ja veesaastet on levitanud mitmed põlevkivi rikastusjääkide kuumenenud puistangud, nn aherainemäed, ehk terrikonid. Tuntuim on Kukruse terrikon, mille põleng oli eriti aktiivne 1968. ja kus termiline lagunemine kestab. Soojemaid kohti märkab vilunud vaateleja ka põlevkivikarjääride katendi vaaludes (Pilt 2.21). Maardu fosforiidikarjääri katendi vaaludes kuumenes kobestatud graptoliitargilliit. Peaaegu kõigil turbaväljadel on esinenud vaaludesse koristatud turba kuumenemist. Põhjus on kõikjal sama – õhule valla jäänud kobestatud kaevisse orgaanilise aine isesüttimine. Põlevkivis ja graptoliitargilliidis toetab kuumenemist kaeviste püriidi lagunemine.

Kaevisse isesüttimine on mäenduse teadaolev oht

⁸¹ Reinsalu, E. 2009. Lõhkelainete levi kihilises keskkonnas. Keskkonnatehnika, nr 7, lk,17.19. http://www.keskkonnatehnika.ee/client/common-docs/2009_pdf/KKT_2009_07.pdf



Küttejõu karjääri katendi puistang, eelmise sajandi üheksakümnendad. 59°21'07"; 26°58'44".



Soojenev koht Aidu karjääri katendi puistangus; 7.03.2005, karjääri lääneosa keskpaik.

Pilt 2.21 Termilise lagunemise kolded karjääripuistangutes

Ilesüütimise kõrval ohustab kaevandusjäätmete kogumeid süütamine, kas (kuri)tahtlik või tahtmatu, sh jaanituli kõrge aheraine mäe harjal või piknikulõke varjulises vōsas.

Müra

Müra saadab meid kõikjal, kuid olenevalt spektrist ja inimeste harjumusest võib mõni müra liik olla häiriv või isegi ohustav.⁸² Kõik tööstusseadmed ja rajatised mürisevas suuremal või vähemal. Mäetööstusele on eriomased kaevandusventilaatorid. Lasnamäe elumajades on kurdetud kivimite piikvasaraga raimamise (= piikamise) ja kaevisse purustisse kaadamise müra üle.

Inimeste hirm tolmu ja müra ees on pannud mäetööstureid otsima vahendeid oma tegevuse varjamiseks. Üks näide on järgmisel pildil (Pilt 2.22).



Pilt 2.22 Müratõke AS Kiviõli Keemiatööstuse Põhja-Kiviõli põlevkivikarjääri lõunapiiril

⁸² Harjumuspärase spektri ja valjusega müra on 'müha' (meremüha, tuulemüha) või kohin (tuulekohin, metsakohin). Müha ei peeta müraks

16.07.2011. 59°21'50"; 26°51'41,5". Pildil on katendikivimeist kuhjatud vall, mis varjab vaadet karjääri, tõkestab tolmu ja summutab müra.

Vall rajati põlevkivi varu peale, mis muudab osa ressursist kaevandamiskõlbmatuks. Nii ohverdas keskkonna-ametkond suure osa rahva rikkusest (maavarast) ühiskonna üsna väikese osa hüvanguks.

Kaevanduse tuularite (= ventilaatorite) ebameeldiva müra pärast süvistatakse nad maasse või paigaldatakse lausa maa alla. Allmaaventilaatoreid tuleb eelistada ka seepärast, et siis pole maa peale ehitada kommunikatsioonirajatisi: teid, elektriliine, soojatrasse. Vt ka [Tuulutus](#).

Paljudel juhtudel tuuakse müra ja lõhkamise kaasnähud põhjuseks, miks tuleb piirata mäetööd lindude ja loomade elupaikades ning meelisaladel – metsiste ja tetrede mängumaadel, mustade toonekurgede pesapaikades jne. See on loodushoidliku mõtteviisiga inimeste mõtteviis – loomade samastamine inimesega. Loomad ja linnud kardavad inimest rohkem kui müra ja plahvatusi. Nad küll tajuvad müra, ehmuvad, kui selle spekter ja valjus erineb tavalisest, kuid ei seosta seda inimesega. Seepärast harjuvad nad müra ja plahvatustega. Loom ei ole inimene, kes seostab müra, eriti lõhkeaine plahvatusi millegi kurjaga, näiteks sõja ja tapmisega.

2.2.2 Mõju veekeskonnale

Mäetööstus mõjutab veekeskonda mitmel moel. Teada olevad nähud on:

- põhjavee, st maa-aluse vee taseme alanemine, mille indikaatornähuks on kaevude kuivamine,
- vooluveekogude, jõgede, ojade, ka kraavide ning kanalite oleku (vee koguse ja koostise) muutumine sõltuvalt sellest, kas nende vesi imbub kaevandusse või saab lisa kaevandusveest,
- seisuveekogudega (järved ja lombid, laukad, tiigid ning allikad) kuivamine, kuid neid tekib mäetööde arenedes ka juurde,
- allmaa-veekogumite ehk tehnogeense põhjaveekihi teke.

Põhjavee taseme alanemine

Mõju põhjaveele ei ole maavarade kaevandamise eriomane nähtus. Ka maaviljelus ja ehitustegevus alandavad põhjavee looduslikku taset. Kuid kuna kaevandused ulatuvad maapõue sügavamale, on nende mõju põhjaveele suurem.

Üldsus on kaevanduste põhjavee taset alandava mõju suhtes vägagi tundlik. Sellel on alust, sest kaevandamispiirkondade kaevud on alati rohkem või vähem kuivanud. Pahatihti on kaevandajad heastamisega hiljaks jäänud. Nüüd, kui ettevõtjate teadlikkus ja seaduskuulekus on paranenud, esineb puudulikku korvamist siis, kui karjääri või kaevanduse mõju on osutunud projekteeritust suuremaks (vt [Näide 2.1. Ehitusmaavara karjääri kuivendava mõju arvutamine](#)) või kui sademete hulk on tavalisest väiksem.

Maapõuetöö kuivendav mõju allub lihtsale loogikale. Mõju ulatus on seda suurem, mida:

- paremini kivimid vett juhivad,
- sügavamal maapõues on kaeveõõned ja
- mida paksem ning surveisem on kiht, millest vesi tuleb.

Järgnevas saab näha, kuidas selle loogika alusel arvutatakse mõju ulatus ([Näide 2.1. Ehitusmaavara karjääri kuivendava mõju arvutamine](#))

Põlevkivikaevandused, mis on võrdlemisi sügavad mõjutavad veeolusid alal, pindalaga 100...200 km². Sellise territooriumi moodustavad mitte ainult kaevanduse või karjääri enda väli vaid ka varem töötanud, suure veejuhtivusega suletud naaberkaevanduste ala. Valdavalt on kuni 60 m sügavuste põlevkivikaevanduste mõju ulatus (taseme alanduse kaugus) <5 km. Piki rikkevööndeid ("veesooni") võib mõju märgata kümnekonna kilomeetri kaugusel. Kui kivimite ja setete veejuhtivus on väike, näiteks Narva põlevkivikarjääri lõunaosas, kus katendi ülaosa koosneb vettpidavatest merglist, savist ja turbast, ei ulatu kuivendav mõju, vaatamata karjääri sügavusele (25...30 m) mõnesajast meetrist kaugemale. Ootuspäraselt mõjutab Rakvere fosforiidi allmaakaevandamine mahukas ja surveisese veekihise veeolusid tugevalt, kuid tänu vettpidavatele laekivimitele võib kaevandamise toime jääda suhteliselt lokaalseks.

Peab teadma, et meie allmaakaevandused mõjutavad vähemalt kolme põhjaveekihti ja seda

väga erineval määral. Selle teema üksikasjalik käsitus väljub käesoleva õpiku raamest.⁸³

Mõju ulatust ei tohi käsitleda lihtsustatult. Ulatuses on olulisem mõju intensiivsus (vee taseme alandus), mis samuti on tuntavam piki geoloogiliste häiringute suunda ja väiksem ristsuundades.⁸⁴

Nagu lõhketööde mõju hindamisel, nii ka põhjavee taseme ulatuse ja intensiivsuse arvutamisel ei tohi ignoreerida keskkonna määramatust. Seepärast kuulub veekõrvalduse projekteerimise hea tava hulka põhjavee seisundi ja seda kandvate kivimite ning setete oleku põhjalik uurimine. Vaatluse ja mõõdistamise abil määratakse ohustatavate veekogude ja kaevude seisund ning väärtus. Väärtus, see on tootlikkus, tarbitava vee kogus ajaühikus ja vee kvaliteet. Ootuspärane on, et vähegi keerukate projektide puhul ja tundlike objektide jaoks tehtaks proovipumpamisi, et hinnata kivimite veejuhtivust. Seejärel projekteeritakse veekogude ja kaevude hoidemeetmed nii, et tekitatav kahjustus (mõju intensiivsus) oleks võimalikult väikene või korvata minimaalsete kuludega. Kuna mõõtemääramatus on suur, teeb hea tava kohaselt tegutsev projekteerija optimeerimis- ja modelleerimisarvutusi.

⁸³ Täpsema teabe põlevkivikaevanduste mõjust põhjaveele ja veekogudele leiab teadusartiklitest, näiteks:

- Liblik, V., Toomik, A., Rätsep, A. Kogumik Suletud ja suletavate kaevanduste keskkonnamõju, <http://www.keo.eco.edu.ee/failid/kogumik9/3ptk.pdf>.
- Reinsalu, E. 2005. Changes in Mine Dewatering After the Closure of Exhausted Oil Shale Mines. Oil Shale, Vol 22, No 3, Tallinn, TA kirjastus. 261...273
- Тоомик, А., 1979. Временное руководство по проведению дренажных работ на шахтах треста Эстонсланец. Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.

⁸⁴ Mõju intensiivsust kirjeldab kolmemõõtmeline gradient — rõhttasandil kujutataval pikisuunal on kaks ristsuunda: üks tasandil, teine sügavuti.

Modelleerimine peaks hõlmama kõike — põhja- ja pinnavee vooluhulka ja kvaliteeti ning nende seost sademetega.⁸⁵

Modelleerimise eesmärk on väljendada kuivendav mõju tõenäosuse kaudu

Näide 2.1. Ehitusmaavara karjääri kuivendava mõju arvutamine

Nagu eelpool kirjas, sõltub mäetööde kuivendav mõju kolmest peamisest faktorist: kivimite veejuhtivusest, mäetööde sügavusest ja veekihi paksusest (vee survest), mis kõik on üsna juhuslikud suurused.

Kivimite veejuhtivus ehk filtratsioonimoodul on kivimite ja setete omadus lasta vett läbi.⁸⁶ Juhtivus seda suurem, mida poorsem, sõredam, lõhelisem, pragulisem ja kihilisem on kalju- või purdpinnas (Tabel 2.9). Oluline on arvesse võtta, et kivimid ja setted lasuvad kihtidena ja igal kihil on oma veejuhtivus. Teisisõnu — vett juhtiv kivimimassiiv on anisotroopne, ka vertikaalsuunas. Näiteks 10...15 m sügavusel on hoopis teistsugused hüdrogeoloogilised tingimused kui maalähedases pinnases. Anisotroopia on ka see, et vett juhtivad lõhed, praod ja karstirikked on maapõues enam-vähem kindla suunaga, Põhja-Eestis valdavalt kirde-edelasuunalised.

⁸⁵ Sellise, nn stohhastilise modelleerimise kohta loe [Eesti mäendus II](#), lk 103. Näide 18 Suletud naaberkaevandusest sisse tungiva vee koguse hindamine Monte-Carlo meetodiga.

⁸⁶ Käsitleme vee juhtivust, mis on ainult üks kivimite läbitavuse (*permeability*) tunnustest. Tunnuseid on rohkem, sest erineva viskoossuse ja temperatuuriga vedelike, gaaside, suspensioonide ning emulsioonide võime läbida kivimeid on erinev. Sellekohased arvutused kuuluvad pigem nafta- ja gaasi-, mitte hüdrogeoloogia valdkonda.

Tabel 2.9 Meie kivimite ja setete veejuhtivuse rajad

Kivim, sete	Veeand	Filtratsiooni -moodul, m/d
Jäme kruus, klibu, karstitühemikega paepõhi, jäme tehnogeen, karjääripuistang jne	Väga suur	100...1000
Liivasegune kruus, jäme liiv, tehnogeen	Suur	10...100
Liivakas ja savikas kruus, kesk- ja peeneteraline liiv, lõheline lubja- ja dolokivi, tihe ja tambitud puiste	Keskmine	1...10
Peenliiv, saviliiv, monoliitne paas	Mõõdukas	0,1...1
Liivsavi, mergel, savikas dolokivi	Tühine	0,001...0,1
Savi, tihe mergel ja teised teolised	Olematu	<0,001

Arvud on illustratiivsed ja kivimite määratlused verbaalsed. Usaldusväärsete arvutuste aluseks peavad olema mõõtmiste: maapõue sondeerimise, kivimite teimimise, põhjavee proovipumpamiste jne tulemused, mis võimaldab veejuhtivust statistiliselt täpsemalt määratleda.

Nagu näha, on kivimite veejuhtivus väga muutlik suurus ja selle mõõtariiv, filtratsioonimoodul võib erineda miljon korda. Kuid, kui rakendatakse

stohhastilist modelleerimist – veejuhtivus ei saa olla negatiivne arv.⁸⁷

Ei tohi lasta end eksitada käibetõest, et karst juhib vett. Madalas maapõues on see nii, kuid juba mõne meetri sügavuses on osa karstilõhedest täis savi ja savikaid setteid, mis tõkestava vett. Olgu ka teada, et kui karsti otsitakse maapealse mõõteseadmega (georadariga), pole kindel, mida vähese kogemusega operaator ekraanil näeb, kas tühje või hoopis täitunud maapõuerikkeid.

Karjääri sügavus näib esmapilgul vähem juhuslik kui filtratsioonimoodul, aga ei ole seda siiski. Tavaliselt lähtutakse karjääri projektsügavusest, milleni ta lõpuks jõuab. Kuid mõned rajatised, nagu veekogurid ja -kraavid karjääri põhjas ulatuvad sügavamale. Kui kaevandamise ajal laotatakse karjääri ammendatud alale ja külgedele katendit, kaevandamisjääke ja muud täidet, siis karjääri põhjavett dreneeriv sügavus hoopis väheneb.

Paradoksaalselt võib karjääri sügavus olla isegi negatiivne. See on siis, kui sisepuistang kõrgub üle serva. Siis võib karjääri sadanud vesi mõningase tõenäosusega voolata hoidmise objektiks peetava kaevu poole, kus vee tase tõuseb. Sellist võimalust ei tohi arvutusmudel välistada.

Veekihi paksus ehk põhjavee tase on muutlik. Suurvee ajal tõuseb põhjavesi maapinnani, veevaesel ajal võib mäeeraldise naabri kaev

⁸⁷ Stohhastiline modelleerimine, ka Monte-Carlo meetod, põhineb lähteandmete tõenäoliste suuruste juhuslikul kasutamisel, jaotusseaduse alusel. Normaaljaotus, mis lubab tunnuste negatiivseid väärtusi, filtratsioonimooduli jaoks ei sobi. Lähemalt Eesti mäendus II (<http://digi.lib.ttu.ee/i/7163> p. 3.5.2.)

kuivada enne, kui karjääri rajama hakatakse. Veevaesel ajal peaks veekihi paksust valemis iseloomustama negatiivne arv, sest kui karjääri sajab vett, hakkab see toitma veekihti ja selle kaudu kaevu. Ka seda ei saa modelleerimisel välistada.

Lihtsaim valem karjääri kuivendava mõju ulatuse arvutamiseks on: ⁸⁸

$$R = 2 S (k H)^{0,5}$$

Valemit illustreerib lihtne skeem järgmisel pildil, kus:

R — veetaseme alanemise raadius, m, ehk mõju ulatus, samalaadne nagu ohutu kaugus lõhketööde ohutusarvutustes;

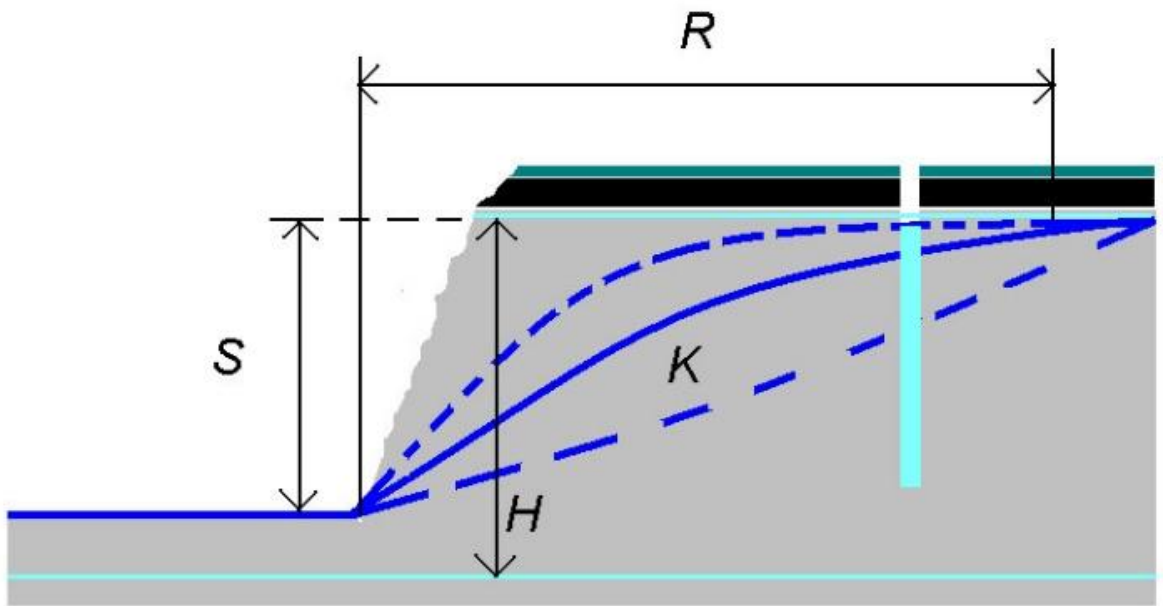
S — veetaseme alanemine, m, ehk mõju intensiivsus;

k , filtratsiooni moodul, m/d;

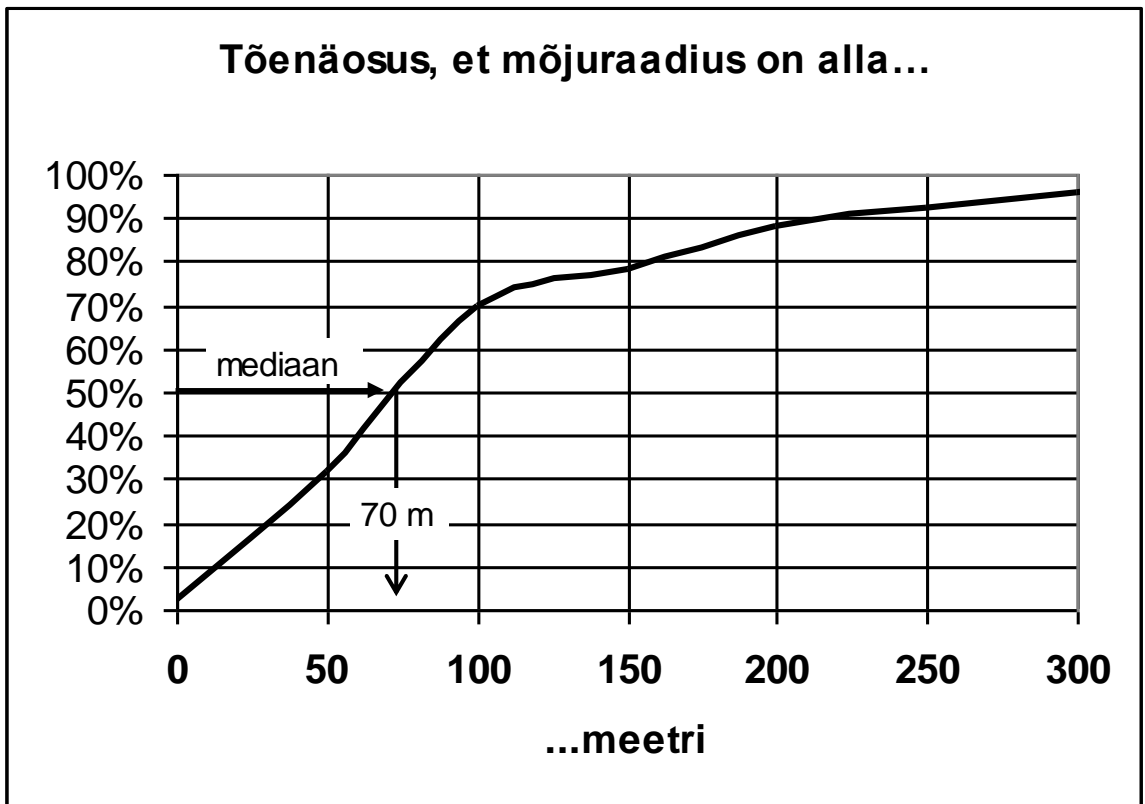
H , veekihi paksus, m.

Kuivendamise mõju intensiivsuse määrab astendaja 0,5 (ruutjuur), mis tugineb geomeetriaal, sest ümber karjääri leviv mõjuring pikeneb võrdeliselt raadiuse ruuduga. Valem oli mugav ammusel ajal, kui juurimine oli arvutajate aritmeetiliste võimete piir. Kaasajal võiks kasutada astendaja muid positiivseid väärtusi, mida illustreerivad katkendjooned skeemil, kuid maapõue omaduste suur määramatus teeb selle primitiivse valemi liigse täpsustamise mõttetuks.

⁸⁸ Vene koolkonna geoloogiainsenerid nimetavad seda Kussakini valemiks.



Pilt 2.23 Skeem karjääri kuivendava mõju arvutamiseks



Pilt 2.24 Põhjavee alandava mõju modelleerimise näide

Projekteerimise halva tava järgijad võtavad Kussakini valemi, valivad "oskuslikult" filtratsioonimooduli väärtuse ja väidavad, et kuna kaugus kaevuni on suurem kui R m, siis mõju ei ole.⁸⁹

Eeltoodud skeemi tähelepanelikul vaatamisel näeb, et kaugusel R on veetaseme alanemine ehk mõju intensiivsus ebamäärane. Igal juhul oleks mõistlik enne arvutamist keskkonnahaldurite ja/või kaevu omanikuga kokku leppida, et mõju intensiivsus ehk veetaseme muutumine veekogus või kaevus poleks suurem kui vee taseme määramise määramatus (möötemääramatus, vt [Tolerantsid projektides ja mäenduse praktikas](#)).

Samuti oleks mõistlik kasutada muid arvutusmeetodeid, mudeleid, et anda kaevanduse kuivendavale mõjule tõenäosuslik hinnang (Pilt 2.24). Diagrammil on stohhastilise modelleerimise tulem, graafik, arvutatud Monte-Carlo meetodil, tingimusel, et $H = S = 9 \pm 1$ m ja filtratsioonimoodul k on lognormaalse jaotusega arv vahemikus 1...20 m/d. On näha, et tõenäosusega <5% ulatub arvutuslik kuivendav mõju 250 m kaugusele. Või vastupidi: 95% kindlusega saab väita, et kuivendav mõju ei ulatu kaugemale kui 250 m. Kui need arvutused oleks tehtud, nagu tavaliselt, S , k ja H keskväärtustega, saaks väiksemad tulemused.

Pilt 2.24 näitlikustab noolte abil, et kuivendava mõju statistiline keskväärtus ehk mediaan oleks hoopis 70 m. Kui see aluseks võtta, siis

⁸⁹ Inseneriarvutuste lähteandmete "oskuslik valik" seisneb selles, et võetakse arv, antud juhul filtratsioonimoodul tabelist nii, et arvutustulem vastaks arvutaja ootusele. Veel oskuslikumad arvutajad kasutavad Exceli protseduuri 'sihiotsing'.

arvutustulemusel on vaid 50% tagatis – sama suur, kui mündiga kulli-kirja visates.

Tavaline hüdrokeoloogiline modelleerimine kasutab põhimõtteliselt samalaadi seoseid, ent käsitleb maapõue palju põhjalikumalt kui siin näiteks toodud. Mudelites käsitletakse maapõue ruumiliselt, anisotroopsena, keerukamatel juhtudel ajaliselt muutuvana. Kuid tavalise modelleerimise tavaline viga on, et lähteandmed võetakse kogemuse alusel, nad ei ole juhuslikud. Seepärast võib öelda, et tavalised hüdrokeoloogilised mudelid ei lähene probleemile tõenäosuslikult. Selleks, et näha seost ruumilise hüdrokeoloogilise mudeli arvutustulemi ja mingi kaevu kuivenemise riski vahel, tuleb modelleerida mitmel moel, kasvõi iga kaev eelpoolkirjeldatud meetodil üksikult läbi arvutada.

Vooluveekogude muutumine

Pinnavee tuntumate vormide: jõgede, ojade ja kraavide vooluhulga muutumine on kaevanduste ja maardlate eksploateerimisel tavaline. Ilmekas näide on Jõhvi kihelkonna Pühajõe moondumine põlevkivi kaevandamise ajaloo jooksul.⁹⁰ See Toilas merre suubuv kaunis jõgi sai algselt oma vee Jõhvi kõrgustiku kirde- ja idanõlva allikatest. Jõhvi kõrgustikul oli enne kaevandustegevuse **alustamist veetase 56..57 m.**⁹¹ Pühajõe lõunapoolsed lätted olid kõrgustiku idanõlval Vasavere küla taga.⁹² Allikaid toitsid

⁹⁰ Edasise paremaks jälgimiseks tuleks siseneda [Maa-Ameti geoportaali](#) ja lugeda kõnealuse ala eri aegade kaarte.

⁹¹ Vee tase märgitakse kõrgusega merepinnast.

⁹² Arvata võib, et enne Vasavere-Voka kanali kaevamist toitsid Pühajõe ka Vasavere mattunud ürgoru allikad.

karstivööndite kirdesuunaliste veesooned, mis, arvata võib, said alguse juba Pagarilt. Kui ehitati Ahtme kaevandus, lõigati veesooned läbi ja idanõlva allikad kuivasid. Pühajõe lõunaharu veehulk vähenes.

Jõhvi kõrgustiku põhjanõlva vee tõi Pühajõkke lääne-idasuunaline Kotinuka oja. Sinna hakkas Kukruse kaevandus vett laskma kohe pärast avamist eelmise sajandi kahekümnendail. Hiljem lisandus oja Jõhvi kaevanduse (tuntud ka kui kaevandus nr 2) põhjatiiva vesi. Selle kaevanduse mäetööd olid läbi lõiganud Jõhvist edelas asuva Kahula küla alt kirdesse kulgenud karstivööndi veesooned, mis kunagi olid toitnud Jõhvi kindluskiriku vallikraavi ja käitanud linna veski.⁹³ Jõhvi maa kuivenes, ehitusmaa paranes.

Suurenenud veehulga tõttu hakati Kotinuka oja pidama lähedal asunud asumi järgi Edise jõeks. Hiljem nimetasid geograafid ta Pühajõeks. Ajaloolise, Jõhvi kõrgustiku idatiival voolanud Pühajõe ahtraks jäänud lõunaharust sai Sanniku oja, mis oli suubunud kunagisse Kose jõkke Jõhvist lõunas. Aga kui Kose jõe veesooned lõikas läbi Tammiku kaevandus, sai jõest oja. Kui sinna hakati laskma Ahtme kaevandusvett ning rikastusvabriku ja elektrijaama jäätvett, nimetati oja Rausvere jõeks. Eelkõige just Rausverest tuli Pühajõkke mitmesugust reostust, mis hävitas jõe vee-elustiku.

Pärast kaevanduste sulgemist ja veega täitumist hakkas põhjavee tase tõusma. Põhja pool Tallinn-Narva raudteed olnud Kukruse, Käva ja Jõhvi

⁹³ Kurioosse faktina võib teada, et kaevandusse sissevoolu vähendamiseks üritasid omaaegsed mäeinsenerid Sompa ja Jõhvi vahelisel ala karstavasid täita betooniga (mäeinsener Leo Tornu suuline teade)

kaevandustes tõusis vesi 51 ± 1 m kõrgusele. Kukruse ja Käva kaeveõõned olid omavahel ühendatud ning neist hakkas vesi välja voolama lääne poole, Vahtsepa ja edasi Kohtla jõkke. Raudtee alt läbitud Jõhvi ja Käva kaevanduse käigud olid pärast ettevõtete sulgemist enam-vähem veekindlad ja nende kaudu vesi lõuna poole ei pääsenud.

Jõhvi kaevandus ei olnud oma läänepoolse naabriga, Kukrusega eriti seotud, sestap ei saanud vesi sealt vabalt välja ja vee tase hakkas sademetest sõltuvalt pulseerima. 2004. suve mälestusväärse paduvihma ajal tõusis vesi 56 meetrini ja hakkas otsima endisi väljapääsusi Jõhvi linna maadel, jõudes paljudesse keldritesse. Linna maa liigniiskumise vastu tuli hakata kaevandusest vett välja laskma. See õnnestus 51 m kõrgusele rajatud ava ja kraavi kaudu, mis lasid liigvee Kotinuka ojja, uue nimega Pühajõkke.

Lõuna pool Tallinn-Narva raudteed tõusis Tammiku kaevanduse vesi 47 ± 2 m tasemele ja leidis väljapääsu varinguavast metsas ida pool Jõhvit. Kui kaevandusettevõtte oli väljavoolu korrastanud, hakkas Tammiku kaevanduse allmaa-veekogum selle kaudu toitma Pühajõe tema uuenimelise haru, Rausvere jõe kaudu. Samale kõrgusele (47 ± 2 m) tõusis vesi suletud Ahtme kaevanduses, mis oli kõrgem, kui maapind ajaloolise Pühajõe lätete alal Vasavere heinamaadel. Suletud kaevanduse vesi jõudis maa peale. Maade liigniiskumise ärahoidmiseks puuriti suletud kaevandusse kolm 40 cm läbimõõduga vertikaalset auku ja välja purskav vesi suunati Sanniku ojja.

Selle peale võiks Pühajõeale ajaloolise nime tagasi anda
--

Muutused toimusid ka teiste jõgedega. Kõige tüüpilisemaks kaevandusjõeks kujunes Kohtla jõgi, mis kunagi sai alguse Kalina soost. Jõkke pumbati Käva, Kohtla, 4. ja Sompa (nr 6) kaevanduse vett. Suur osa sellest imbus tagasi kaevandustesse, mille kohal jõe säng oli. Lõpuks koosnes Kohtla jõe vesi ainult kaevandusveest, suures osas ringlevast. Kui kaevandusi hakati sulgema, vähenes jõe vooluhulk. Kõige viimaks lõpetati vee laskmine Kohtla-Vanaküla karjäärist ja juba ammu loodusliku toite kaotanud Kohtla jõgi kuivas (Pilt 2.25).



Pilt 2.25 Kuivanud Kohtla jõgi, kaevandusjõgi.

11.08.2004. 59°21'17,5"; 27°11'59". Sama juhtub Hirmuse jõega, kui rajatakse Uus-Kiviõli kaevandus.

Vähem drastilised muutused on toimunud Vasavere ja Rannapungerja jõega. Nende vooluhulk suurenes ja vesi mineraliseerus. Kui tulevikus väheneb neisse lastava kaevandusvee hulk, taastub jõgede looduslikkus. Halvem saatus tabas neid jõgesid, kuhu kaevandusveele lisaks lasti töötleva tööstuse jäätvett. Kaevandusvesi, üsna puhas, oli lahjendanud töötleva tööstuse saastet. Kui kaevanduste vee kogus vähenes,

kasvas jõgedes saastainete kontsentratsioon. Kõige enam kannatas põlevkivi töötleva tööstuse reoveejuhtmeks muudetud Purtse jõgi, kuhu ida poolt tõi saastet Kohtla ja läänest Erra jõgi.

Seisuveekogude muutumine

Mäetööstuse mõju järvedele on märgatav ja mitmene. Muutuda võib järve vee kogus (tase), vee kvaliteet (kooslus) ja neist sõltuv elustik. Mõju intensiivsus sõltub järve tüübist, teda ümbritsevate setetest ja eelkõige sellest, kas tööstus kasutab järve, näiteks juhib sinna vett.

Põlevkivi kaevandamise piirkonnas on enim mõjutatud Kurtna maastikukaitseala järved, Uljaste järv ja mõned soojärved nagu Kalina ja Ratva. Suurima mõju all on olnud Kurtna järved, kuid mitte niivõrd põlevkivi, kui just turba kaevandamise ja Vasavere põhjavee linnade tarbeveeks pumpamise tõttu.

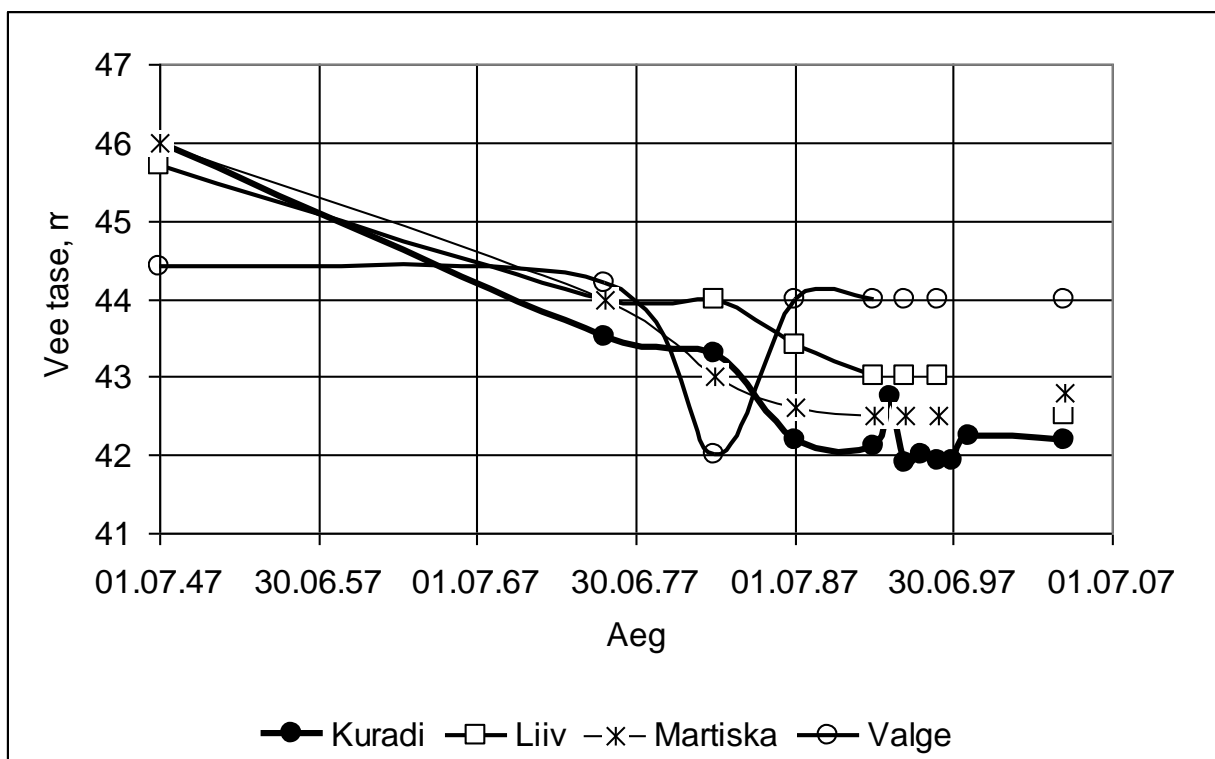
Suurim veetaseme langus tabas Jõhvi ja Kohtla-Järve linna(osade) veega varustamiseks rajatud Vasavere veehaarde lähedusse jäänud Kuradijärve ja Martiska järve (Pilt 2.26). Kinnitamata andmeil hinnati geoloogilisel uuringul Vasavere veeressurss tegelikult suuremaks.⁹⁴

Mõjukuselt teine oli turba kaevandamine, mille tulemusel eelmise sajandi keskel alanes maastikuala põhjaosa järvede, eelkõige Liivjärve vee tase kuni 2 m. Põhjuse, miks tase alanes, võib välja lugeda nimest — järv on liiva sees avanenud

⁹⁴ Nii mõnigi kord oli sedalaadi vea ajend, ja mitte ainult vee-uuringul, ülesandega ette antud (plaanitud) varu maht. Plaanimajanduses tuli ülesanne täita. Kas Vasavere veeressursi hindamisel oli tegu kutsetika rikkumisega või alahinnati liiva tihedust, sademete osalust või Ahtme mäetööde mõju, pole enam teema.

põhjavesi. Samal põhjusel alanes vesi Vasavere veehaarde lähedastes järvedes — neil pole samuti vettpidavat põhja ja nad on otseselt seotud põhjaveega

Kaheksakümnendate lõpul ammutati peaaegu tühjaks kaitsealuse looduskooslusega Valgejärv Kurtna maastikukaitseala idapiiril — sealt võeti vett Puhatu turbavälja põlengu kustutamiseks. Napilt kilomeetri kaugusel toimunud turba kaevandamine ja kolm kilomeetrit eemal toimunud põlevkivi väljamine ei olnud varem selle järve vee mahtu mõjutanud, sest põhjavee suhtes on tegu "riippuva järvega". Nii nimetatakse kaitsealases žargoonis veekogu, mis tänu oma vettpidavale põhjale ei sõltu põhjavee tasemest. Järve vee kogus taastus (Pilt 2.26).



Pilt 2.26 Mõne Kurtna maastikukaitseala järve vee taseme muutumine ajas

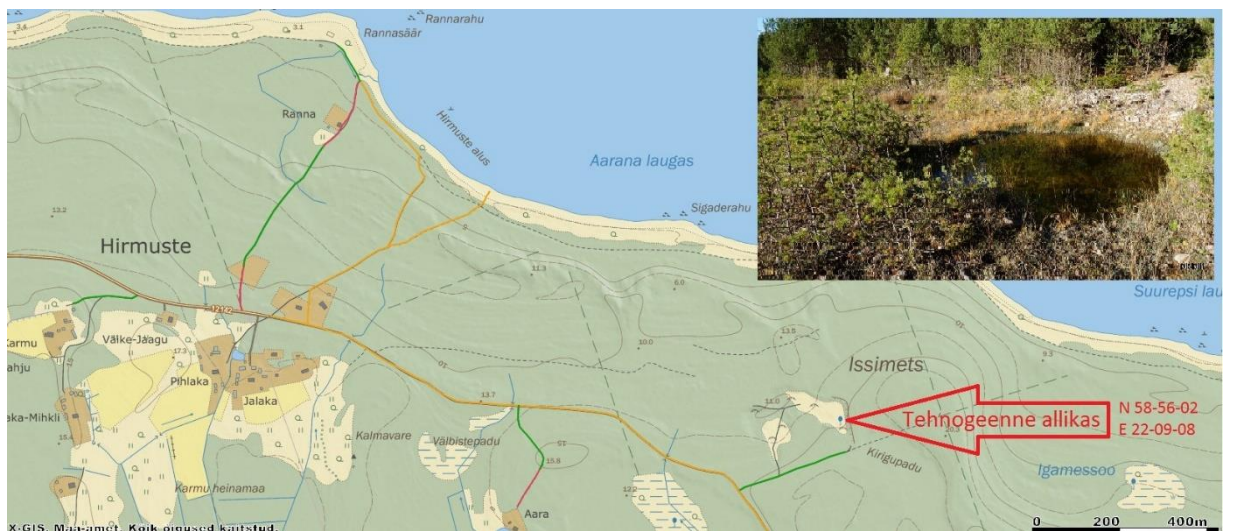
Lähteandmete vähese esinduslikkuse tõttu on järvede veetaseme graafikud näitlikud.

Kiviõlist kümnekonna kilomeetri kaugusel, Põhja-Kiviõli põlevkivikarjäärist paar kilomeetrit läänes asuv populaarne Uljaste järv on väljaspool kaevanduste mõju. Muret tunti, kui sai teatavaks Põhja-Kiviõli karjääri arengukava, mis nägi ette mäetöö liikumise järve suunas. Uuringute ja mõõtmistega sai tõestatud, et tänu järve soodsale asendile geoloogilises keskkonnas on karjääri kuivendav mõju olematu. Täpsemalt, veebilanss — järve toitvate sademete ja allikavee ning aurustuva, välja voolava ning karjääri filtreeruva vee kogused jäävad tasakaalu.

Jõhvist 9 kilomeetrit edelas asuv Kalina rabajärv on Viru põlevkivikaevanduse mäeeraldise peal, kõige otsesemas mõjupiirkonnas. Põlevkivi on järve alt väljatud ja maa on jäetud hoidetervikutele. Kalina järv "ripub"

Kalina järv oleks jäänud rippuma kaks meetrit sügavamana isegi siis, kui kambriplokid tema all oleks tugitervikute õhkimise abil purustatud. Kahjuks ei julgenud mäetööde juhid õigel ajal sellist otsust langetada. Kui see oleks tehtud, oleks ehk olnud võimalik tõrjuda maavara väljamata jätmist Estonia mäeeraldisel Selisoo all.

Allikad võivad tekkida veekihte lõikavatesse karjääridesse. Suletud karjääri põhjast tõusvad allikad on tekitanud väikeseid allikajärvekesi. Näiteks Hiiumaal on registreeritud [Hirmuste karjääri allikas](#) tehnogeense tõusuallikana (Registrikood VEE46O33O4, Pilt 2.27).



Pilt 2.27 Hirmuste tehnogeenne allikas

Foto - Kalli Sein; 31.10.2014.
 58°56'02"; 22°09'08".

Isetekkelised karjäärijärved ilmuvad kõikjale, kus põhjavee tasemest allpool toimunud maavara väljamine kas lakkas või lõpetati. Lähim näide on suured karjäärijärved, mis moodustusid Maardu hüljatud fosforiidikarjääri (Pilt 2.28). Need, hea veevahetusega veekogud on vastuvõetavad nii silmale kui ka loodusekasutajatele. Vee kvaliteet vastab üldjoontes joogivee normidele (Tabel 2.10, rida 3).

Pilt 2.28 Maardu karjäärijärved:



Lõunajärv, 3.08.2004; 59° 26'41,3"; 25°03'17,2".

Lõunakarjääri järv on puhas ja vee-elustik on taastunud — püütakse kalu. Pildistatud kohta kasutavad kohalikud elanikud ja matkajad ujumiskohana. Vaevalt on neil seejuures teada, et suplemiskoha vastas, pildistamise kohas ja ajal oli tavalisest veidi soojema veega allikas, mida ilmselt küttis katendivaaludes termiliselt lagunev graptoliitargilliid.



Põhjarjääri järv 3.08.2004; 59°27'32,3"; 25°03'38,9".

Samal ajal Maardu põhjakarjääri väikseid, häiludesse tekkinud järvekesi ei saa nimetada muuks kui saastalompideks (järgmine pilt).



Pilt 2.29 Sulglohk Maardu fosforiidikarjääri põhjaosas

4.09.2004. 59°27'36,7"; 25°03'35,4".

Selliste lompide ja teiste nõrga veevahetusega karjäärijärvede (uppunud kaevikute) vee kvaliteeti iseloomustab Tabel 2.10, read 7 ja 8).

Viidatud tabeli andmeid vaadates näeb, et Maardu tehnogeense veekogumi kõige reostunud osad on need, kuhu tuleb (lastakse, juhitakse, heidetakse) lähikonna asumite vett (read 1, 2 ja 9). See tähendab, et kaevandusvesi (read 4...8) on vaid mineraalselt koormatud (saastatud). Olmevee ja jäätmetega reostamata Lõunakarjääri vesi (rida 3) on isegi puhtam, kui Maardu järve ametliku supluskooha vesi. Karjäärijärvede puhtus loob soodsad võimalused puhkemaastike rajamiseks (Pilt 2.30, Pilt 2.36).



Pilt 2.30
Puhkealaks
korrastatud
Lasnamäe
paemurd
Tallinnas

19.10.2015.
59°25'51,1";
24°48'14,8".

Tabel 2.10 Maardu mäetööstuspiirkonna tehnogeense vee kvaliteet

Tabeli sisu paremaks jälgimiseks tuleks siseneda [MAA-AMETI GEOPORTAALI](#) ja vaadata kõnealuse ala kaarti.

Rea nr	Vesi, mis liigub...	See on:	Voolu- hulk l/s	Vee kvaliteeditunnused									
				Tempe- ratuur, °C	pH	elektri- juhtivu s, μS/cm	P _{üld} , mg/l	N _{üld} (TN _b), mg/l	NH ₄ , mg/l	SO ₄ , mg/l	Hõljuv- aine, mg/l	BHT ₇ , mgO ₂ /l	KHT _{mn} , mgO/l
1	järve ümbritsevalt valgalalt Maardu järve	Kõlvikute ja asumite vesi	33,6	9	7,0	688	0,10	4,4	0,44	81	5,3	3,1	10,5
2	Maardu järvest Kroodi oja	Maardu järve suplusvesi	4	16	7,7	606	0,04	1,7	0,01	149	8,7	5,2	9,6
3	Lõunakarjäärist Maardu järve	Lõunakarjääri vesi	45,7	14	7,0	1410	0,05	0,6	0,01	378	3,0	2,5	4,4
4	Maardu	Allmaakaeve- õonte vesi – tehnogeenne põhjavesi	119,8	11	6,5	2987	0,04	1,2	0,06	1208	6,0	1,3	1,7
5	kaevandusest Kroodi oja		0	11	6,4	3033	0,04	0,9	0,04	497	6,0	1,2	2,1
6	Ülgase suletud kaevanduse veestollist		0,5	6	6,6	1364	0,03	0,5	0,12	402	3,0	1,6	2,5
7	karjääri põhjaosas	Karjäärijärvede pinnavesi	0	17	6,9	2116	0,04	0,3	0,05	1086	10,3	3,1	4,7
8	karjääri lõunaosas			18	7,2	1018	0,04	0,5	0,03	590	10,3	2,5	4,2
9	Kroodi ojust Muuga lahte	Kroodi oja summaarne vesi	445,8	11	7,3	2020	0,05	2,9	0,45	497	11,3	4,5	5,1
10	Võrdluseks piirsaldused joogivees *					6,5...9,5	<2500			<250			<5,0

Punased arvud ei mahu joogivee kvaliteedinõuete piiridesse. Keskmised andmed perioodist detsember 2011 kuni juuli 2012. Allikas - TTÜ mäeinstituudi uuring⁹⁵. * Joogivee kvaliteedi-
ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid, <https://www.riigiteataja.ee/akt/111012013002>

⁹⁵ Uuringu avaldatud kokkuvõte: Kolats, M.; Valgma, I.; Väizene, V.; Reinsalu, E.; Otsmaa, M.; Orru, M., 2012. Maardu vee dünaamika, Kaevandamine ja keskkond, lk 135 - 142. Tallinn.

2.2.3 Kaevandamise mõju sotsiaalkeskonnale ⁹⁶

Kaevandamisel on tugev mõju inimestele, eelkõige kohalikele elanikele ja asukatele. Kõige tundlikum mäetööstuse mõjude suhtes ongi sotsiaalkeskond.

Eelmise majanduskorra ajal, kui mäetööstust arendati süsteemselt, rakendati olulisi meetmeid töötajaskonna olme ja kultuuritingimuste parandamiseks. Mäetööstuse arengukavad ja kaevanduste projektid nägid ette investeeringuid koolide, kultuuriasutuste, haiglate, puhkekodude ja teiste olmerajatiste ehitamiseks ning parandamiseks. Seda muidugi töötajaskonna loomiseks ja hoidmiseks, kuid oma osa sai ka kohalik elanikkond. Selline hüvitussüsteem on üks põhjus, miks eelmist majandussüsteemi võis sotsialistlikuks nimetada. Praegune majandussüsteem ei nõua investoritelt otsest panust kohaliku sotsiaalsfääri. Mäetööstusest laekuvad maksud suunab valitsus suures osas kohalikust omavalitsusest eemale ja elanikkond teab vaid negatiivset mõju. Sotsiaalsed reaktsiooni ei pehmenda seegi, kui mäetööstus seab eesmärgiks ja võtab parandada sotsiaalselt taristut – see ei muuda nende isikute hoiakut, kelle elujärg ega tervis sellest enam ei parane. Seepärast tuleb eriti arvestada vanema põlvkonna ja suveelanike hoiakut, kelle vajadused on piisavalt rahuldatud ja kelle enamik

⁹⁶ Põlevkivitööstuse, sh kaevanduste mõjust sotsiaal- ja kultuurkeskkonnale: Reinsalu, E. 2011, [Eesti mäendus, digiteavik 2016](#): 3.5.3. Põlevkivitööstuse taustmõju.

naudib sotsiaal- ning kultuuriteenuseid mäetööstuspiirkonnast eemal.

Suurim mõjutegur on varakate arendajate ja kohalike elanike vaesema kihi varanduslik ebavõrdsus. Peamiselt just vanema elanikkonna vastuseisu tõttu on suurte mäeprojektide rakendusaeg vastavuses põlvkondade vahetumisega, mis vältab 20...25 aastat. Ühiskonna käitumisest ja käitlemisest vt [Üldsuse reaktsiooni ohjamine](#).

Sotsiaalsfääri mäetööstust pidurdav mõju esineb kõigis arenenud majandusega riikides

2.2.4 Mäetööde hiline mõju

Hilised varingud ja vajumid

Hilismõju ehk posttehnoloogilised protsessid maapõues ja kaevandusaladel on mäetööstuse keskkonnakoormuse "hiljaks jäänud" nähud. Mäetööde hiline mõju ilmneb mõnikord alles poole sajandi pärast. Eelkõige väljendub see kaevandatud ala pinnase, kivimite, maapõuevee ja -gaasi oleku muutumises. Negatiivsed posttehnoloogilised protsessid on tavalised kaevanduse hülgamisel, ent toimuvad ka siis, kui ettevõtte suleti ning kaevandamisega muudetud maad korrastati ebapiisava ettenägelikkusega.

Probleem tekib sellest, et mäeettevõtte sulgemisel ja/või hülgamisel lakkab geotehniliste protsesside juhtimine ning hiljem muutub see võimatuks. Mõne aja jooksul kaob mäetöösturil ka vastutus tagajärgede eest ja võimalus kahju korvata. Samal ajal isikud, keda tulevikus kaevandamise mõju võib puudutada, ei oma

kaevanduse sulgemise ajal piisavat ettekujutust mäetööde võimalikest tagajärgedest.

Tüüpilised hilisnähud kaevandatud maal on ootamatud vajumid ja varinguavad. Võib esineda põlenguid, näiteks turbarabades, tekkida allikaid, immitseda gaasi jne. Nähtus on üleilmne. Hilisvaringuid ja -vajumeid tuleb ette kõigis mäetööstuspiirkondades. Austraaliast on teada juhtum, et süttis jõgi – vesi eritas põlevat gaasi ja see süttis või süüdati. Uurimisel selgus, et see gaas tuli lähikonnas suletud kivisöökaevandusest.

Eestis on ammuste mäetööde sagedaseks ilminguks ootamatult tekkivad augud. Pahatihti on need valesti või lohakalt suletud tuulutuskäevud. Juhul kui auk tekib intensiivse inimtegevuse alal, jõuab teave üldsuseni, eriti siis, kui varinguavva kukub kariloom, nagu see toimus Jõhvi lähistel 2009. juunis.

Nii mõnigi kord ei ole hiline mõju mäetehniliselt ette nähtav ega ka ennustatav

Hilisnähtusid põhjustavad kivimite ja toestiku aeglane lagunemine, nõrgenemine, lahustumine, roomamine (= pikaldane deformeerumine). Posttehnoloogiliste protsesside kulgu mõjutavad põhjavee liikumine ja taseme muutumine, aga ka maapealse koormuse (hooned, rajatised) lisandumine. Vee ja gaasi kogunemist allmaatühikutesse ning välja tungimist soodustab puistete vajumine karjääris, altkaevandatud maal, aga ka lõhede ja tühemike täitumine setetega.

Erinevad posttehnoloogilised nähud esinevad kõikjal Maardu fosforiidimaardla ja Eesti põlevkivimaardla kaevandatud alal, eelkõige seal,

kus allmaakaevandus ei olnud sügaval. „Murelasteks“ on suletud Maardu fosforiidikaevandus Võerdla küla aiandusasumi all, Kukruse põlevkivikaevandus mõlemal pool Tallinn-Narva maanteed, Käva kaevandus Kohtla-Järve linnast lõunas ja kaevandus nr 2 Jõhvist läänes.

Varingunähud (augud, urud, koopad) võivad tekkida, kui mäetööde käigus üritati lage (lasumit) hoida ja säilitada. Neid tekib mitte ainult hüljatud ja suletud kaevanduste vaid allmaaehtiste kohal. Tüüpilised ohtlikud varinguaugud tekkisid Tallinnas Astangu pangapealsele Peeter Suure Merekindluse hüljatud miinistollide kohal (Pilt 2.1) ja Piusa liivakaevanduse (koobaste) peal, kus kaeveõõnte suhteline sügavus on alla 5 m (Pilt 2.19). Hilismõjude käsitlemine siinkohal lõpeb. See on põhjalikult kirjas vastavas monograafias Kaevandatud Maa.⁹⁷

"Tehnoloogilisel" ajal on kaevanduskeskkond ohutu, posttehnoloogilisel mitte

Suletud kaevanduste vee kogumid

Põhjavees töötanud kaevandusse tuleb vesi pärast mäetöö lõpetamist tagasi. Tekib tehnogeenne põhjaveekogum. Eri aegadel suletud kaevanduste veekogumid on suuremal või vähemal määral seotud, mõned neist, nagu Kukruse ja Käva põlevkivikaevandus lausa otseselt. Suletud kaevandused saavad oma vee

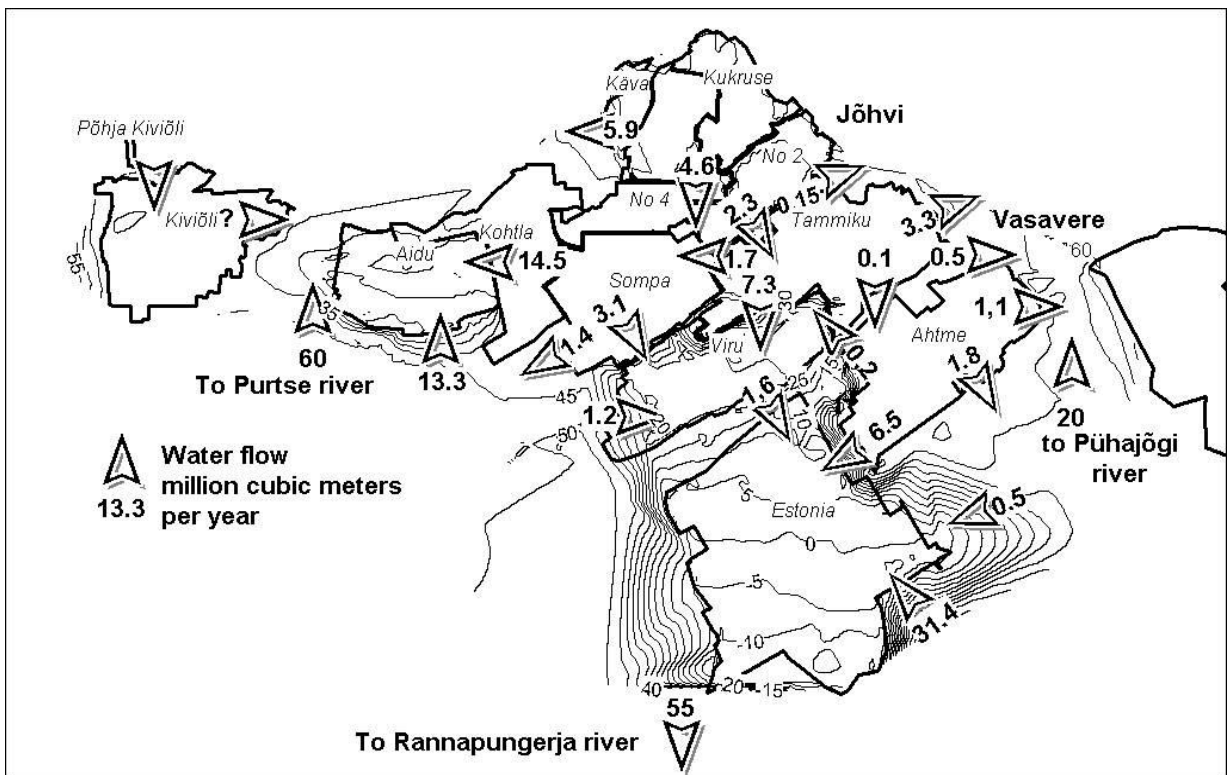
⁹⁷ Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I., 2002. Kaevandatud maa, TTÜ mäeinstituut, 97 lk. vt [Digiteavik](#)

peamiselt sademetest ja nad "joodavad" töötavaid kaevandusi.

Veevahetuse intensiivsuse suletud ja töötavate kaevanduse vahel määravad:

- vee taseme vahe eri kaevandustes,
- tõkketervikute filtratsioonimoodul,
- tõkketervikute pikkus,
- tõkketervikute paksus.

Nende parameetrite alusel on arvutatud põlevkivikaevanduste veevahetuse skeem järgneval pildil. Seejuures on kasutatud eelpool kirjeldatud arvutamismõtteid (vt [Mõju veekeskonnale](#) ja samuti [Näide 2.1. Ehitusmaavara karjääri kuivendava mõju arvutamine](#)).



Pilt 2.31 Veevahetuse skeem suletud põlevkivikaevanduste veekogumis⁹⁸

⁹⁸ Reinsalu, E., 2005. Vesi suletud põlevkivikaevanduses, Keskkonnatehnika nr 4. lk 20...22. <http://www.ene.ttu.ee/Maeinstituut/mgis/ere.pdf>
Samuti - Erg, K., Lind, H., Reinsalu, E., Valgma, I. 2006. *Tecnogenic water body closed oil shale mines, Oil shale, Vol 23, No 1.* pp 15...28 <http://www.kirj.ee/public/oilshale/oil-2006-1-2.pdf>

Suletud kaevanduste veekogumid skeemil on:

- loomuliku väljavooluga: Ubja, Kiviõli+Küttejõu, Käva ja Kukruse (läbi Käva) endistes põlevkivikaevandustes ning Maardu fosforiidikarjäärdes ja -kaevanduses (Tabel 2.10),
- rajatud väljavooluga: Ahtme, Tammiku ja nr 2 ehk Jõhvi kaevanduses,
- otsese väljavooluta: Kohtla, Sompa, Viru ja nr 4 ja põlevkivikaevanduses ning Ülgase fosforiidikaevanduses.

Tehnogeensete põhjaveekogumite summaarne maht on ligikaudu 200 mln m³.

Noolepead (kolmnurgad) pildil näitavad veekogumi sisemisi voolusuundi ja väljavoolusid – tehnogeenseid allikaid ja pumbajaamu. Numbrid nende juures näitavad vee hinnangulisi koguseid, mln m³/a. Samuti on skeemil kaevandustest mõjutatud põhjavee samakõrgusjooned kõrgusarvudega.

See 2004. pilt on üksikasjade poolest vananenud. Näiteks pärast Aidu karjääri sulgemist tõusis seales karjäärijärvestikus ja sõudekanalis vee tase, mistõttu vähenes sissevool nii Kohtlast kui põhjaveekihist lõuna poolt. Skeemil puudub vahepeal rajatud Ojamaa kaevandus, mis on hakanud välja pumbatavat vett saama nii Aidu, Kohtla kui Sompa tehnogeensest veekogumist. Suletud Viru kaevanduse veekogum on hakanud lisama kaevandusvett Ojamaa ja Estonia kaevandusele.

2.3 Keskkonnahoole maavarade kaevandamisel

2.3.1 Korrastamine

Mäenduse üks tähtsamaid ja tuntumaid keskkonnahoolde tegevusi on kaevandamisega mõjutatud maa korrastamine – taaskasutusse võtmine, mille sisu on lai ja mitmekülgne:

1. Rekultiveerimine (*reclaiming*) – kultuurmaastiku taastamine, sh viljelusmaa taastamine, nagu metsastamine, põllu- ja kultuurheinamaa tegemine, jõhvikaistanduste rajamine jne.
2. Uue maa- või maastikutüübi loomine, kaevandatud ala kujundamine veekoguks, ehitusmaaks, pargiks (Pilt 2.30, Pilt 2.36).
3. Maa uuskasutusse võtmine, näiteks jäätmeoidlaks korrastamine.
4. Kaevandusehitiste, nagu hoonete, teede, kraavide, tiikide ja puistangute, mis on tehtud maavara kaevandamise tarbeks ja/või selle käigus, lammutamine ja kohandamine asupaiga keskkonnaga (Pilt 2.35).⁹⁹

Ka muud mäenduse hea tava kohased tegevused:

5. Maapõue uuringu käigus tehtud kaevandite ja puuraukude sulgemine ning uuringu tarbeks tehtud rajatiste lammutamine või kohandamine asupaiga keskkonnaga (mitte nagu Pilt 2.33);
6. Maapõue tekitatud moodustiste: kaeveõõnte, tunnelite, varjendite, keldrite,

⁹⁹ Eesti mäeõiguse reglement näeb ette ainult mäeeraldise teenindusmaa ehitiste korrastamise. Muude kaevandamisega seotud hoonete, nagu elamute, administratiivhoonete jne lammutamine ja korrastamine on mäenduse hea tava.

kaevude ja teiste taoliste moodustiste koristamine ning ohutustamine – sissepääsu tõkestamine, avade sulgemine ja peitmine (Pilt 3.40).

Viimati mainitud tegevused (p 5 ja 6) on samuti korrastamine, täpsemalt – maapõue korrastamine.

Põhimõtteliselt ja tehnoloogiliselt samasugune korrastustegevus toimub ka teistes head tava järgivates tööstusharudes, kus maad ja maastikku on muutnud tootmisjätmete (tuha, poolkoksi) puistangud ja/või ammendatud tööstusmaa, raiesmik, jäätmaa jt.

Korrastamine ei ole kaevandamisega, sh lõhkamistega, kaevise veoga ja muu tegevusega kahjustatud ehitiste: hoonete, teede, kraavide, juhtmete remont. See on seaduspärane tegevus ja kuulub kaevandamiskahjude korvamise alla.

Korrastamine peaks olema iseenesest mõistetav mistahes maakatet rikkuva tegevuse puhul. On täiesti loomulik oodata, et korrastatakse arheoloogilised kaevandid ja ehitusuuringute prooviaugud (šurfid), veevarustuse renoveerimisel kasutuks jäänud kaevud jne. Kuid kuna nende tööde jaoks ei ole olemas "seaduslikku" korrastamise nõuet ega juhendit ja vastavas järelevalves on lünki, siis pahatihti näeme nendes valdkondades lohakust (Pilt 2.32, Pilt 2.33). Samal ajal võib positiivse näitena esile tuua kaitseväge, kus õppuste käigus tehtud kaevandite, tuleasemete ja laagripaikade korrastamine on loomulik nõue.



Pilt 2.32 Arheoloogide korrastamata kaevand Rebalas

4.08.2006. 59°28'13,9"; 25°05'50,4"; enam kui aasta pärast töö lõppu.



31.07.2008.

Sama koht

59°27'50,2"; 24°56'35,9" 19.07.2015.

Pilt 2.33 Ehitusuuringu korrastamata kaevand

Kuidas tegelikult oleks tulnud toimida, vt [Maapõue hoole maapõue uurimisel](#)

Korrastamine mäenduse mõistes on maavara kasutamisega rikunud keskkonna, eelkõige teiste loodusvarade rehabiliteerimine

Kaevandamisala rehabiliteerimise võimalused

Sihtotstarbeline korrastamine — kaevandamisega muudetud maa tehakse projekti kohaselt korda. Milliseks, sõltub korrastatud maa kasutamise (siht)otstarbest, (van rekultiveerimise suunast). Sihtotstarbe

määrab kaevandamisloa andja, korrastamine toimub järelevalve all.

Loodustumine on kaevandamisega, nagu ka mistahes majandus- ja militaartegevusega rikutud maakatte iseeneslik kohandumine uue olukorraga, ilma inimese kaasabit. Loodustunud maa mikroreljeef ning taime- ja loomakooslus erinevad ümbritsevast keskkonnast märgatavalt (Pilt 2.28) Majanduse seisukohalt on see jäätmaa.

Saneerimine on tehnogeense maakatte loodustumist soodustav tegevus, rikutud maa keskkonda sulandumise ohjamine parima tulemuse nimel.¹⁰⁰ Hüljatud karjäärides, kus kaevandusrajatisi oli vähe ja kuhu pole toodud jäätmeid, võib õigeaegselt saneeritud maakate osutada väärtuslikumaks kui see oli enne kaevandamist (Pilt 2.37).

Kaasnevate loodusressursside säästmine

Maa hoidmine on allmaakaevandamisele omane maakatte käitlemine nii, et maavara, kas jäetakse väljamata, tervikuks, või väljatakse osaliselt. Seda selleks, et muud ressursid — maakate ja maapealsed objektid (kõlvikud, rajatised jm) saaksid võimalikult vähe kahjustatud. Sellega hõlbustatakse korrastamistegevust. Igal juhul läheb nii osa maavarast kaotsi. Maa hoidmisest allmaakaevandamisel oli juttu punktis [Maa hoidmine tervikutel](#). Üksikasjalikumalt sellest

¹⁰⁰ Sisuliselt on tegu kaevandusala koristamisega puhastamise mõttes, kuid kuna mäenduses tähendab 'koristamine' ja 'koristustöö' raimatud kaevisse kogumist, veokisse laadimist ning lähivedu (tarimist), siis kasutame kaevevälja puhastava koristamise, olukorra parandamise puhul terminit 'saneerimine'.

tehnoloogias ning projekteerimisest tuleb juttu punktis 2.3.8 [Maa hoidmine](#) .

Vee hoidmine seondub kaevanduse veekõrvaldusega. Siia kuuluvad kaevanditesse sissevoolu vähendamine, kaevandusest välja suunatava vee puhastamine ning põhjavee taastumiseks ette võetavad meetmed. Kaevandusveest ja selle käitlemisest oli juttu punktis [Kaevandusvesi](#). Üksikasjalikumalt kaevandusvee käitlemisest on punktis [Vee hoidmine](#).

Mulla hoidmine ja kaitse ehk mullakäitlus võetakse ette viljaka pinnase, peamise viljelusressursi säilitamiseks. Maapõueseaduse § 44 sätestab ühemõtteliselt: „kaevandamine ei tohi põhjustada mulla hävimist“.

Kaevandamisega rikutud [MAA KORRASTAMISE JUHENDIS](#) on eriosa, mis üsna üksikasjalikult sätestab mullakäitluse peamised tööd. Näiteks: mulla koorimisel lähtutakse ala jaotusest kõlvikuteks ja korrastamistingimustega seatud mulla kasutamise viisist. Haritavalt maalt ja looduslikult rohumaalt tuleb koorida „**koos või** valikuliselt orgaanilise aine akumulatsioonihorisonit ning välja- ja sisseuhtehorisonit.“ Metsamaa haritavaks maaks korrastamisel kooritakse ainult „**metsamuldade** orgaanilise aine akumulatsioonihorisonit või selle ja sellele järgneva horisonidi segu.“ Kruusalt ja liivalt kooritakse ainult orgaanilise aine akumulatsioonihorisonit või metsakõduhorisonit. Mulla koorimine ja käitlemine ning korrastatud ala mullatamine peab toimuma vahelaota, kuival aastaajal.

Põhjendatud vajadusel, kui puudub võimalus värskelt kooritud mulda kohe kasutada või võõrandada, võib seda ladustada tingimusel, et korrastamisprojekti kavandatud meetmed tagavad mulla põhiomaduste säilimise.

Mullakäitluse nõuetes tunnetame maaviljelusspetsialistide muret viljaka maa kadumise üle ja soovi kehtestada ranged reeglid, et seda poollooduslikku substraati säilitada. Varasemad juhendid olid mulla osas agrotehniliselt pedantsed, jätmata mingit võimalust majanduslikeks, insenerlikeks ega agrotehnilisteks arenguteks. Toona tingis selle maarahva mõtteviisile omane mulla kui toitja fetišeerimine.

Seadust lugedes saab aru, et mullakaitse põhinõuded tuginevad avakaevandamise kuvandile. Allmaakaevandamise üksikasjadesse seaduse kirjutajad ei süvenenud. Kuid ka allmaakaevandamine võib põhjustada mulla hävimist kaevandatud alal – mäeeraldise kohal. Õiguse mõistmisel võib tekitada arusaamatust, kuidas mõtestada MPS § 44 (3) sätet: „mäeeraldise ... piirest eemaldatud mulda tohib kaevandamisloa omaja ... 1) ... ladustada mäeeraldise teenindusmaa piires; 2) kasutada talle ... kaevandatud maa korrastamiseks; 3) võõrandada või kasutada väljaspool mäeeraldise teenindusmaad.“

Vaidluste võtmeküsimuseks võib saada – kus on allmaakaevandamiseks määratud maapõue osa ülemine piir, kui kaevandatud ala laekivimid on vajunud maapinnani? Teatavasti on laekivimid mäekonstruktsiooni osa, mis peaks olema mäeeraldise sees.

2.3.2 Korrastamine kui maavara kaevandamise tehnoloogia osa

Kaevandamisega rikunud maa, maakate ja maastik muudetakse taaskasutuskõlblikuks. Selline on kaasaegse mäetööstuse hea tava ja kaevandamise lõpetamise vältimatu töö.¹⁰¹

Korrastatakse kõik kaevandamise käigus tekitatud olulised keskkonnakahjustused: suletakse ja täidetakse maavara uuringu käigus tehtud kaevandid ja puuraugud, tasandatakse kaevandamise ajal teisaldatud katend ja allmaakaevandamisel tekkinud varinguavad ning suuremad vajumid.

Korrastamise alla kuulub maapõuevee ja maapealsete veekogude taastamine või, kui see pole tehniliselt võimalik ega majanduslikult otstarbekas, siis vete seisundi parandamine, **taaskasutuskõlblikuks muutmine. Veerežiimi** korrastamise võtete hulka kuulub tehnogeense vee liikumise suunamine maakatte ja maapõue loodustumise edendamiseks, vee puhastamine, veekogude saneerimine ja muu soodustav tegevus.

Kvaliteetse korrastamise alus on maakatte ja maapõue võimalikult looduslähedase struktuuri taasloomine: kivimite ja setete paigutamine, vete suunamine ning neis kujunevate protsesside juhtimine tasakaalustumise suunas. Tüüpnäidetena olgu toodud nõue, et geoloogilise uuringu ja kaevanduse elektrikaabli puuraugu sulgemisel tuleb sinna paigutada looduslähedane täidis: vettpidava kihi lõikes betoon, vett juhtivas

¹⁰¹ Reinsalu, E., 2011. Eesti mäendus, p 1.7.4.

kihis puiste. Sama põhimõtte kohaselt tuleb kaljusse rajatud õhukaevud (šufid) sulgemisel betoneerida, mitte lihtsalt täis puistata, või mis veelgi halvem – osaliselt täita ehk puistega maskeerida.

Kahjuks ei ole allmaa-kaeveõõnte korralik sulgemine meil osutunud maapõue korrastamise heaks tavaks. Kõigi allmaakaevanduste alal tuleb ette, et eelmisel sajandil suletud õhukaevude "korgid" lagunevad, kukuvad alla ja maasse tekivad ohtlikud augud (Pilt 2.34). Omapärane näide on Ahtmest, kus metallivargad kaevasid lahti aherkivimit täis puistatud õhukaevu ($59^{\circ}19'16,4''$; $27^{\circ}31'17,7''$) ja laskusid käikudesse, mis selles kohas olid ainult 15...20 m sügavuses. Küllap olid need endised kaevurid, kes teadsid, mida sealt võtta enne, kui kaevanduses tõusev vesi sinna ulatub. Samuti on tõenäoline, et see õhukaev ei olnudki täis puistatud vaid lihtsalt "kergelt korgitud".



Pilt 2.34 Varisenud õhukaev. Koopia Karel Kraviku fotost.

Korrastatakse mitte ainult kaevandatud ala, vaid ka kogu mäeeraldise teenindusmaa. Lammutatakse või kohaldatakse uueks otstarbeks kaevandusehitised: hooned, teed, kraavid, tiigid, puistangud (Pilt 2.35).



Pilt 2.35 Kaevurilinnaku korrastamine ehitusjätmeteks

14.12.2012. 59°20'23,7"; 27°17'27,2".

Võidakse arvata, et korrastada on mõistlik vahetult enne või pärast maavara väljamise (tavakeeles — kaevandamise) lõpetamist.

Tegelikult tuleb maakate ja maapõu korrastada niipea kui võimalik. Hilisemaks jätmine võib küll näida äriiliselt mõttekas, kuid on tegelikult halb, sest:

- kaevandamise lõppstaadiumis on maavara soodsa varu ammendumise tõttu ettevõtte tulukus langenud ja majandusvõimekus madal; pahatihti kaasneb sellele ettevõtte pankrott ja kaevanduse hülgamine;
- tehnogeenses keskkonnas võib tekkida uus elukooslus, mis häviks kaevandamisloas ette nähtud maa sihtotstarbelise kujundamise käigus; tavalised on kaldapääsukeste pesakolooniad karjääri seintes ja vesilike (triiitonite) ning kõrede (juttself-kärnkonn) elupaigad karjäärیده iganenud soppides.

Korrastamistegevuse ajalooline areng

Eestis alustati põlevkivi kaevandamisalade sihipärase korrastamisega möödunud sajandi kolmekümnendatel. Juhinduti tööstuse loomulikust vajadusest ja soovist parandada ettevõtte mainet. Riigipoolsed nõuded olid lõdvad, otsesed suunised puudusid, kuid korrastamine toimus.

AS Eesti Esimene Põlevkivitööstus rajas ammendatud Pavandu põlevkivikarjääri esmalt tööliste aedlinnaku ja 1939. Anton Soansi projekteeritud gümnaasiumihoone. Kooli juurde kuulus veega täitunud karjääri rajatud ujumisbassein. Ümbritsevale alale istutati puid ja sellest metsatukast sai pärast teist maailmasõda suure tiigiga park (Pilt 2.36).



Pilt 2.36 Pargiks kujundatud Pavandu põlevkivikarjäär Kohtla-Järvel

18.11.2015. 59°23' 56,1"; 27°16'6,4".

Ehitusmaavarade karjääride sihipärane korrastamine, tegelikult küll saneerimine, algas enne teist maailmasõda eelkõige Tallinnas Lasnamäe kivimurdudes. Metsamees Arnold Meriheina [Eesti Elulood, EE 14, lk 289, I] eestvedamisel rajatud tavalise ja mägimänni puistute lapikesi on säilinud Narva maantee ja Saaremaa puiestee ristumiskohas.

Suurem osa kaevandamisaladest jäi eelmise sajandi keskpaiga olude sunnil korrastamata. Suur osa Lasnamäe elamurajoonidest, eelkõige Sikupilli, Kuristiku, Priisle ja Seli mikrorajoonid on ehitatud hüljatud ja loodustunud kivimurdudesse, turbarabale ning militaaraladele (Pilt 2.38).



Pilt 2.37 Saneeritud kivimurd — lasteaia mängumaa Meriheina männikus Lasnamäel
25.10 2013. 59°27' 9,6"; 24°51'58,6"



Pilt 2.38 Tööstuspark hüljatud Tondiraba turbaväljal Lasnamäel
15.03.2007. 59°26'25,5"; 24°51'32,3". Nüüd on siin hoone.

Pärast teist maailmasõda hakati kaevandatud alade korrastamist rangemalt nõudma. Muutunud maakatte tarbimisväärtuse taastamist käsitleti rekultiveerimisena. Koostati tööstusharude juhendid, mida nõudis [ENSV maapõuekoodeks](#).

Põlevkivitööstusel olid eelmisel sajandil:

- seitsmekümnendatel aastatel koostatud venekeelne karjääride metsastamise juhend;
- Aidu karjääri kogemuse alusel koostatud põllumaaks rekultiveerimise venekeelne juhend, 1981;
- 1985. välja antud ühine põlevkivikarjääride rekultiveerimise juhend, esmalt vene, siis eesti keeles.

Samal ajal korrastati ka Maardu fosforiidikarjääri kaevandatud alasid ning koostati sellekohane ametkondlik instruksioon. Koostati ka juhendid ehitusmaavarade karjääride (1972) ja turbaväljade (1977) korrastamiseks. Geoloogiliste töödega rikutud maa ja häiritud maapõue korrastamise juhised, näiteks nõuded puuraukude sulgemiseks, olid olemas geoloogilistes amet- ja töökondades.

Eelmise sajandi 70..80 aastatel Eestis oli jõutud avakaevandamisega rikutud maa korrastamisega silmapaistvale tasemele. Seejärel toimus tagasimine. 1990..98 lakkas majanduspõhjustel põlevkivi- ja fosforiidikarjääride metsastamine. Soikus ka metsastatud alade hooldamine. Mõõnaperioodil lõpetati kaevandatud maast põllumajandusmaa tootmine. Üsna palju Maardu karjääri uuest metsast tagastati maa õigusjärgsetele omanikele ja osa metsanoorendikust võeti Jõelähtme

prügila alla. Põlevkiviõlitööstuse poolkoksimägede metsanoorendikud likvideeriti puistangute ohutustamise käigus.

Põlevkivikarjääride metsastamine algas uuesti sajandivahetusel ja jätkus ennaktempos. Seejärel algas ka põlevkivielektriijaamade tuhaväljade metsastamiseelne korrastamine.

Taasiseseisvumisel kehtestati 1995. maapõueseaduse alusel väga üksikasjalik, kõiki tootmisharusid hõlmav pealmaakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimise kord (1996) ja seda sisuliselt kopeeriv turba tootmisalade rekultiveerimise kord.¹⁰² Allmaakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimise korraldamine jäi maapõueõigust haldaval ametkonnal unarusse.

2005. koostati järjekordne juhend, mis käsitles kõigi eelmainitud tootmisharude ja kõigi tehnoloogiate poolt kahjustatud maa korrastamist. See juhend kehtis 2017. aastani, kui kehtestati [UURITUD NING KAEVANDATUD MAA KORRASTAMISE TÄPSUSTATUD NÕUDED JA KORD, KAEVANDATUD MAA KORRASTAMISE PROJEKTI SISU KOHTA ESITATAVAD NÕUDED, KAEVANDATUD MAA NING SELLE KORRASTAMISE KOHTA ARUANDE ESITAMISE KORD JA ARUANDE VORM NING MAA KORRASTAMISE AKTI SISU JA VORM.](#)

Koletu pealkirja vältimiseks kannab see dokument edasises nimetust Korrastamise Kord (KK) vajadusel lisaks ka kehtestamise aasta 2017.

¹⁰² Need juhendid on leitavad kogumikus Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid, 1996, keskkonnaministeerium, Tallinn, 227 lk.

Korrastamise korra toeks koostati 2017. a [Ehitusmaavarade uuringu- ja kaevandamisalade korrastamise käsiraamat](#) mille lühinimeks on edasises Käsiraamat.¹⁰³
Käsiraamatu osad on:

1. Eesti geoloogiline ehitus. Ehitusmaavarade omadused, levik ja uurimine
2. Mäetööd, kaevandamine ja kaevandamise lõpetamine
3. Korrastamise õiguslik regulatsioon, planeerimine ja projekteerimine
4. Uuringualade korrastamine
5. Karjäärade korrastamine
6. Liiva- ja kruusakarjäärade korrastamine
7. Savikarjäärade korrastamine
8. Paekarjäärade korrastamine
9. Eriotstarbeline maakasutus
10. Korrastamise hindamine
11. Korrastamise keskkonnamõju
12. Projekteerimisvead ja -soovitused

Kuigi Käsiraamatus ei ole põlevkivi ja turba kaevandusalade erisusi, on ta asendamatu allikas mistahes maavara uuringu- ja kaevandamisalade korrastamise kavandamisel, projekteerimisel ja teostamisel.¹⁰⁴

¹⁰³ EHITUSMAAVARADE UURINGU- JA KAEVANDAMISALADE KORRASTAMISE KÄSIRAAMAT. OÜ Steiger, 2017, 399 lk.

¹⁰⁴ Tänu Käsiraamatu kättesaadavusele on edasises oluliselt kärbitud korrastamise ainekku võrreldes esitatute õpiku eelmises (2016) versioonis..

2.3.3 Põlevkivi- ja fosforiidikarjääride korrastamise erisused

Korrastamise tehnoloogia

Tehniline korrastamine riba- ehk vaalkaevandamisel on keerukas.

Maavara kihindi paljandamisel katend lõhutakse ja vaaludesse tõstmisel kaevis seguneb nii, et uus pinnas on:

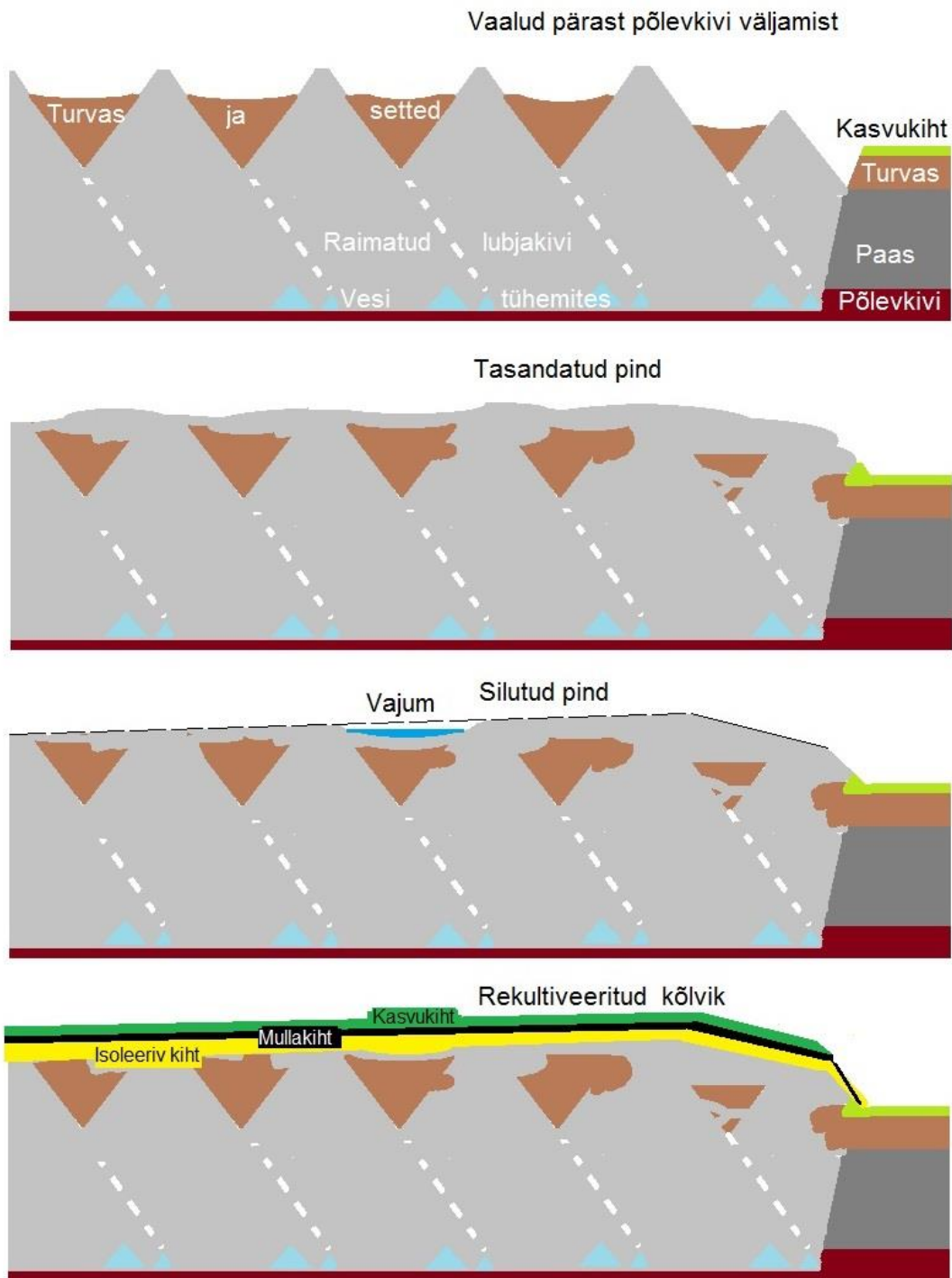
- anisotroopne, mille kohta on teada, et vaalude veejuhtivus ja mehaanilised omadused sõltuvad suunast,
- heterogeenne, sest suured kaljutükid ja peeneteralised puistesetted ning turvas, paiknevad vaaludes läbisegi,
- ebasobiv maaviljeluseks, ehitamiseks ning edasisel käitlemisel mitte eriti ohutu,
- ebatasane, mis tähendab suurt korrastamistöö mahtu.

Seepärast nõuab mäetöö hea tava korrastamise edukuse huvides:

- katendi tõstmist samas järjekorras, nagu nad lasusid — kaljuse katendi tükid alla ja peenes peale,
- katendi potentsiaalselt ohtlike komponentide, näiteks graptoliitargilliidi eraldi matmist,
- järjestikust ja mitmekordset tasandamist ning silumist tehnilise korrastamise järgus,
- viljelusmaa loomisel vahepealset ja mitmekordset silumist ning tasandamist, et kõrvaldada pinnase pidevast vajumisest tekkinud vajumeid ja lohke,
- põllustamisel isoleerivate kihtide (ekraani) puistamist ja tihendamist, näiteks mullaaluse kihi moodustamine saviliivast,

- korrastatud ala vee taseme hoidmist.

Mõned meetmed, nagu katendi selektiivne tõstmine ja puistamine on tehnoloogiliselt ebamugav ja seetõttu operaatorile vastumeelne. Ka järjestikune tasandamine on kulukas, sest tehispinnase vajumisprotsess võib kesta aastaid aastat. Põlevkivikarjääride tehnilise korrastamise etapid on kujutatud järgmisel skeemil (Pilt 2.39).



Pilt 2.39 Tehnilise korrastamise etapid

Esimestes korrastamisjuhendites olid need operatsioonid ja isegi mõned seadmed ette kirjutatud. Kaasajal, kui korrastamine on projektipõhine, valitakse tegevused, nende järjekord ja töömasinad vastavalt majanduslikele, tehnoloogilistele, keskkonnakaitselistele ja sotsiaalsfäärist lähtuvatele võimalustele ning nõuetele.

2.3.4 Turbaväljade korrastamise erisused

Väljakkaevandamise ehk turba tootmisalade korrastamisel ei ole üheseid seisukohti välja kujunenud. Seda eelkõige võimaluste paljususe ja kogemuse vähese tõttu. Vanadel hüljatud turba tootmisaladel näeme valdavalt loodustuvaid jääksoid. Mõningaid edusamme, vaatamata kulukusele, on saavutatud turbasamblakatte taastamisel jääksoodes. Tegutsevate ja suletavate väljakute korrastamise huvides on tehtud palju ja põhjalikke uuringud, mille ülevaated, soovitused ja mõned tulemused on leitavad nii trükistes kui ka digiteavikus.¹⁰⁵

2.3.5 Allmaakaevandamisega mõjutatud maa korrastamine

Mäenduse hea tava nõuab mäetöösturilt ka allmaakaevandamisega mõjutatud maa korrastamist. Korrastamine sõltub kaevandamisviisist.

Kamberkaevandamisel maa hoidmisega maa vajumist tavaliselt ei märgata — see väga väikene, mulla külmumispaisumise suurusjärgus.

¹⁰⁵ Paal, J. (koostaja), 2011. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Tartu, 167 lk. <http://www.envir.ee/sites/default/files/jaaksood-trykis.pdf>

Maapõue häiringutest või ettenägematutest asjaoludest põhjustatud varingud ja vajumid tekivad erandjuhtudel. Kamberkaevandamise puhul tuleb varingutekkelise vajumi ilmnmisel rakendada allmaakaevandamisega rikunud maa korrastamise tüüpprojekti ja kohaldada see vajumi mäendus- ja maakasutustingimustega (§ 17, korrastamise [2017. TÄPSUSTATUD JUHEND](#)). Seda eeldusel, et ettevõttel on tüüpprojekt varuks võtta.

Praktikas korrastamist vajav vajum sageli „ei ilmne“. Seda eriti, kui kambriploki [kollapsit](#), mille tulemusel maapinnal tekib ulatuslik vajum, ei fikseerita. Maa all varingut kas ei märgata või ignoreeritakse. Enamasti jääb kollapsilohk ka maa peal, eriti metsa- või rabamaastikus märkamata. Kui juhtub, et seismojaamad registreerivadki kollapsi, siis selle kohta piisava täpsusega fikseerida ei õnnestu.

Lahendust pakub altkaevandatud ala laserskaneerimine lennuvahendiga.

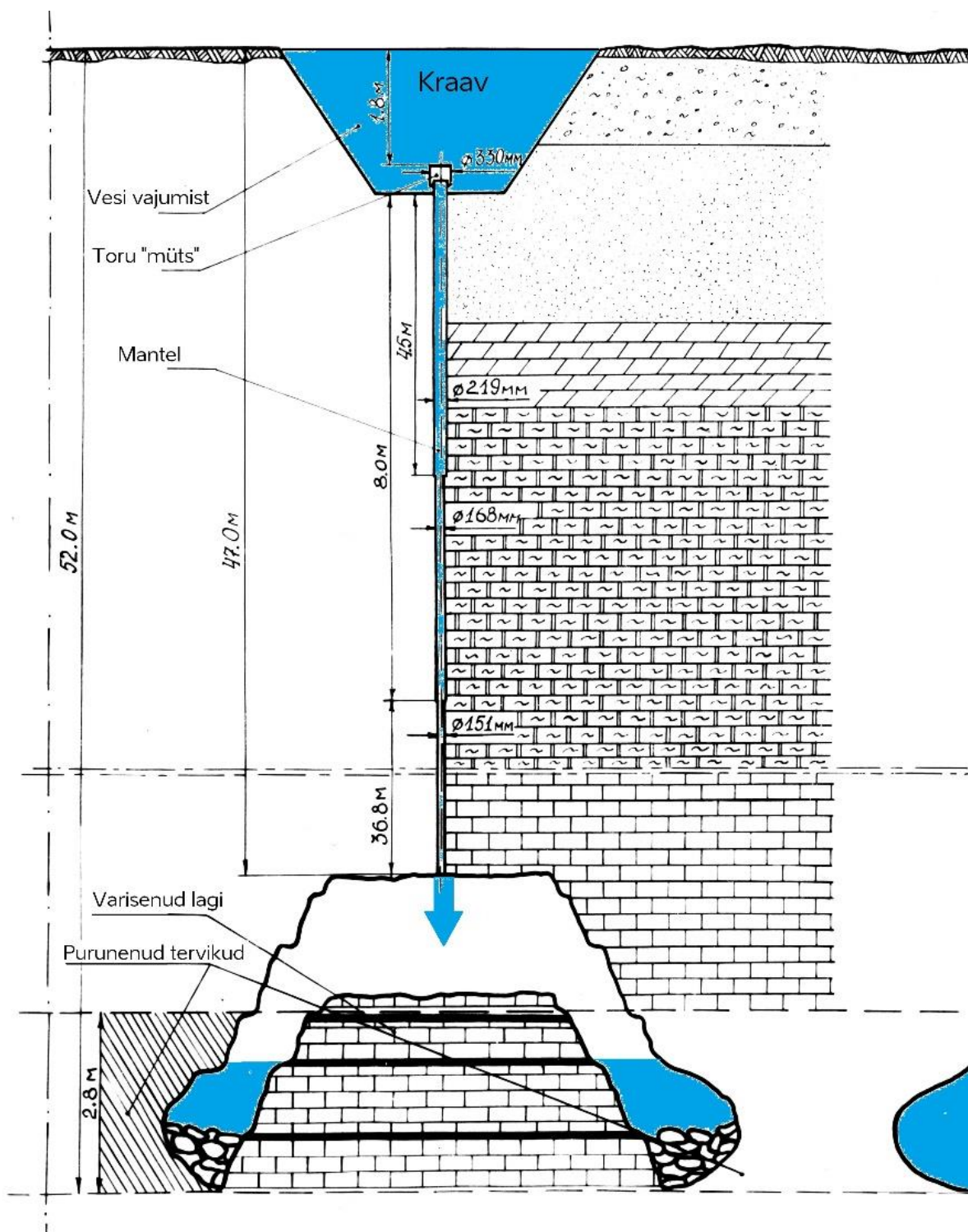
Kui vajum tekib alal, kus maakatte moodustavad vett pidavad ja vesised setted, koguneb vajumisse vesi. Kui vajub metsamaa, hukuvad puud (Pilt 2.40). Viljelusmaal hävivad kultuurid ja melioratsioonisüsteem.

Vajum tuleks saneerida ja selle esimeseks tööks oleks kogunenud vee ära juhtimine. Enamasti ei ole vajumi läheduses sobivat suublat. See teeb kraavitamise tehniliselt keerukaks, kui mitte võimatuks. Lahendus oleks vee puuraugu kaudu kaevandusse laskmine. Sellekohase tehnilise lahenduse (kurisu) töötas välja ja katsetas

eelmise sajandi kuuekümnendatel Ahtme kaevanduses tarbeks mäeinsener Arvi Toomik. Vee kaevandusse laskmiseks tuli puurida vajumi lähedusse kaevanduskäiku suubuv puurauk. (Pilt 2.41). Vee juhtimiseks puuraugu (kurisu) juurde tuli kaevata kraav. Puurauk tuli põhjaveekihtide hoidmiseks manteldada ja pealt varjestada — katta „mütsiga“.



Pilt 2.40 Lae langetamisest tekkinud vajumisse kogunenud vesi tapab puud.



Pilt 2.41 Vajumisse kogunenud vee laskmine kaevandusse – Arvi Toomiku tehniline kurisu

Tehnilist kurisut tohib rajada ainult keskkonnateenistuse, maaomaniku ja kaevandusega kooskõlastatud (tüüp)projekti alusel. Projekt peab olema läbinud keskkonnamõju hinnangu. Probleem võib tekkida, kui vajumisse kogunenud vesi on happelise reaktsiooniga, mis võib kaevanduses, saades kokku purunenud kivimite püriidiga, tekitada vesiniksulfiidi.

Probleemi võivad tekitada ka koprad, kes peavad vajumit oma tiigiks.

Lankkaevandamine lae langetamisega eristub kamberkaevandamisest selle poolest, et maapinnal ilmnevad kohe vajumid, mille sügavus, kuju ja nõlva nurk sõltuvad tehnoloogilistest parameetritest, eelkõige väljatava lasundi paksusest, aga samuti kaevandamiskoha mäendusoludest. Lankkaevandamisel kuulub tehnoloogilise skeemi juurde eriosa nimetusega "Kaevandamisega rikutud maa korrastamise projekt".

2004. aastal koostatud korrastamise juhend nägi ette altkaevandatud maa korrastamise. Toona jäi koostajatel, eesotsas käesoleva õpiku autoriga, unarusse allmaakaevandamisega mõjutatud maa kuuluvuse küsimus. Korrastamisnõudeid sätestades lähtuti riigimaa kuvandist. Ei arvestatud, et kaevandamisega muudetud maa omanikel ja valdajatel võivad olla erinevad huvid ja nõuded. Kahjuks jäi see asjaolu ka [2017. TÄPSUSTATUD JUHENDIS](#) tähelepanuta. Jäeti täpsustamata, et eravalduses oleva maa korrastamine eeldab maaomaniku kaasamist. Loodeti, et seda saab teha rikutud maa korrastamise projekteerimise ja keskkonnamõju hindamise protseduuridega.

Praktika on näidanud, et see eeldus ei ole konstruktiivne.

2.3.6 Tööstusplatsi ja kaevandusehitiste korrastamine

Kaevandusehitised on karjääride veokaevikud ja nendes paiknevad teed, kraavid, settetiigid, hooned ja muud ehitised. Siia kuuluvad kõik kaevandusi maapinnaga ühendavad rajatised nagu õhukaevud, tehnilised puuraugud jne. [2017. KORRASTAMISE KORD](#) ei reguleeri allmaakaevandusest väljuvate kaeveõõnte korrastamist nii täpselt, kui seda nägi ette majandus- ja kommunikatsiooniministri 14. novembri 2003. määruse nr 244 [KAEVANDAMISE PEATAMISE JA LÕPETAMISE KORD](#) kohaselt koostatud projekt. Tehnoloogiliste puuraukude korrastamisel tuleb lähtuda geoloogiliste puuraukude korrastamise nõuetest.

Omaette probleemi tekitavad kaevanduse ja karjääri põhja ning põhja alla rajatud, alumisi veepidemeid läbivad kaeveõõned: kraavid, veekäigud ja -kogurid, sumbad, ka süvistatud punkrid ja muud allmaarajatised, mille kaudu kaevanduse vesi mõjutab alumisi veekihte. Kaevanduse sulgemisel vee tase ja rõhk suletud kaevanduses tõuseb ning põhjavee vertikaalne migratsioon intensiivistub. Seda ignoreeritakse, sest lahendust ei ole leitud, pigem – ei ole otsitud.

Kaevandusehitiste lammutamine toimub ehitusseadustiku nõuetele kohaselt. Lammutatava ehitise jäätmete kasutamine peaks toimuma kaevandamisega rikutud maa korrastamisprojekti kohaselt, teisisõnu jäätmepuistang tuleks korrastada vastavalt

karjääri sisepuistangute korrastamise tavale. Tähelepanu teravdamiseks on Pilt 2.42.



Pilt 2.42 Sillamäe uraanikaevanduse lammutamata jäetud tuulutushoone varemed

Foto — Erki Niitlaan; 2003. 59°24'17,6"; 27°43'42,2"

Kontrollimata andmeil olid Sillamäe uraanikaevanduse käigud ja tuulutussüsteem eelmise riigikorra ajal konserveeritud juhuks, kui neid olnuks vaja tuumarünnaku eest varjumiseks. Rajatised lammutati ja tuulutuskaevud likvideeriti alles Sillamäe sadama ehitamise käigus.

2.3.7 Korrastamise tingimused ja nõuded

2017. KORRASTAMISE KORD ei ole mõistete 'tingimus', 'tingimused' ja 'nõue', 'nõuded' kasutamisel järjekindel. Kuna osa sellest süüst langeb käesoleva õpiku autorile, kes oli juhendi esimene koostaja, siis täpsustan nüüd:

- tingimus (eeldus) on asjaolu, millest oleneb mingi muu asjaolu või nähtuse tekkimine, olemasolu, eripära või muutumine;
- nõue (eeltingimus) on määratud tingimus, ettekirjutus.

Tingimustega tuleb arvestada, nõudeid tuleb täita

Edasises on need mõisteid keeleliselt õige tähendusega, millest võib tekkida erinevus korrastamisjuhendi ametliku tekstiga. Mõisted on õige tähendusega ka 2017. a [Ehitusmaavarade uuringu- ja kaevandamisalade korrastamise käsiraamatus](#).

Korrastamise tingimused ehk asjaolud, mille foonil töötades tuleb maa korda teha, võivad olla:

- Looduslikud, näiteks kaevandamisega mõjutatud maa ja maapõue geoloogilised ja hüdrogeoloogilised olud. On arusaadav, et karjääri nõlvade vormimine sõltub katendi kivimite ja setete mehhaanilistest omadustest ning karjäärijärve kujundamine põhjavee tasemest.
- Olmelised, mis lähtuvad elanikkonna arvamusel ja suundumusel.
- Majanduslikud, eelkõige muudetud maa kui viljelusressursi kaevandamiseelsest olekust — oli see enne kaevandamist põllu-, metsa- või jäätmaa.
- Mäenduslikud, mis lähtuvad näiteks sellest, kas maad korrastatakse ja antakse tagasi ühes või mitmes jaos.
- Taastatava maa ehitus- ja hüdrogeoloogilised omadused ning geokeemiline seisund: tehnogeense pinnase geokeemilised indikaatorid nagu happesus, lõimimine, mikroelementide jaotus. Hüljatud asumite, tuha- ja poolkoksipuistangute ning militaaralade geokeemiline uuring hõlmab sihipäraselt palju rohkem pinnasesaaste indikaatoreid.

Neid tingimusi mõistlikult arvestades formuleerib Keskkonnaamet korrastamise nõuded. On loomulik, et seejuures lähtutakse kaevandamise keskkonnamõju hindamise soovitustest, arvestatakse maaomaniku poolt pakutud tingimusi ja kohaliku omavalitsuse arvamust. Nõuete koostamise aluseks on [2017. KORRASTAMISE KORD](#) milles nimetatakse nõudeid tingimusteks.

Hea tava kohaselt koostatakse korrastamise nõuded, pidades silmas:

- korrastatava maa kasutamise sihtotstarvet, mis peaks olema kirjas maavara kaevandamisloas;
- korrastatava maa jaotust ootuspärase kasutamise alusel: kui palju või millise suhtega tekitada põllumaad, metsamaad, veekogusid; seda kõike katendi kooslust arvestavalt;
- karjääri külgede kujundamist — näiteks teha nad laugeks ja metsastada, tõkestada või toestada järsud nõlvad;
- mulla kasutamist ja käitlemist — kas korrastamiseks kohalikus karjääris või mõne muu platsi mullatamiseks;
- **veerežiimi kujundamist kaevandamisega** muudetud maal ja selle mõjualal;
- bioloogilist korrastamist, kui see on nõuetes ette nähtud: milline taimekooslus ja väetised, külvikord, taastumisaeg jne;
- vajadusel muud olulist.

Sobivad korrastamise nõuded kehtestab kaevandamisloa andja, tavaliselt keskkonnateenistuste kaudu ja maaomanike ning üldsuse huvisid arvestavalt. Keskkonnateenistuste seisukohtadest sõltumatult kehtivad kõikehõlmavad nõuded:

- Korrastamine on projektipõhine tegevus, mille aluseks on kas korrastamisprojekt, sulgemisprojekt või selle osa. Korrastamisprojekti koosseis on ette nähtud korrastamise korras. Allmaakaevandamisega muudetud maa korrastamisel kasutatakse tüüpprojekti, mis kohaldatakse igale ilmnenud nähule – varinguavale, vajumile, üleujutusele.
- Korrastamisele kuulub kogu kaevandamistegevusega muudetud maa – karjääri mäeeraldise teenindusmaa (mitte ainult karjäärialala või turbaväli), samuti allmaakaevandamise tagajärjel rikutud maatükid ja melioratsioonisüsteemid kaevanduse peal.

Kaevandamine on lõppenud, kaevandamisõigus (-luba) ammendunud ja mäetööstur kohustustest vaba siis, kui mäetööstusmaa ja tootmismaa on maakatastrisse uue sihtotstarbega tagastatud.

Uus sihtotstarve võib olla metsamaa, looduslik rohumaa, põllumaa, ehitusmaa jne.

Kokkuvõtvalt korrastamisest

- Korrastamist on mõistlik alustada varakult, kaevandamise käigus, samaaegselt koristustööga, sest uus maa valmib kaua.
- Kavandades korrastamist, eriti ettevõtte sulgemisel, tuleb arvestada, et pikaldase kaevandamise ajal võib korrastatud maa kasutamise sihtotstarve olla aegunud. Seepärast on mõistlik hankida uus korrastamise ja/või sulgemise keskkonnamõju

hinnang, et saada ettekujutus kaevandatud maa kasutamise parimast viisist.

- Korrastamine ei välista kaevandamisest põhjustatud ettenägematuid, hiliseid, mitmekümne aasta pärast ilmnevaid nähtusid, mida põhjustavad nn posttehnoloogilised protsessid maapõues, kuid hoolika, projektipõhise korrastamise ja sulgemisega on võimalik negatiivne hilismõju elimineerida.

2.3.8 Maa hoidmine

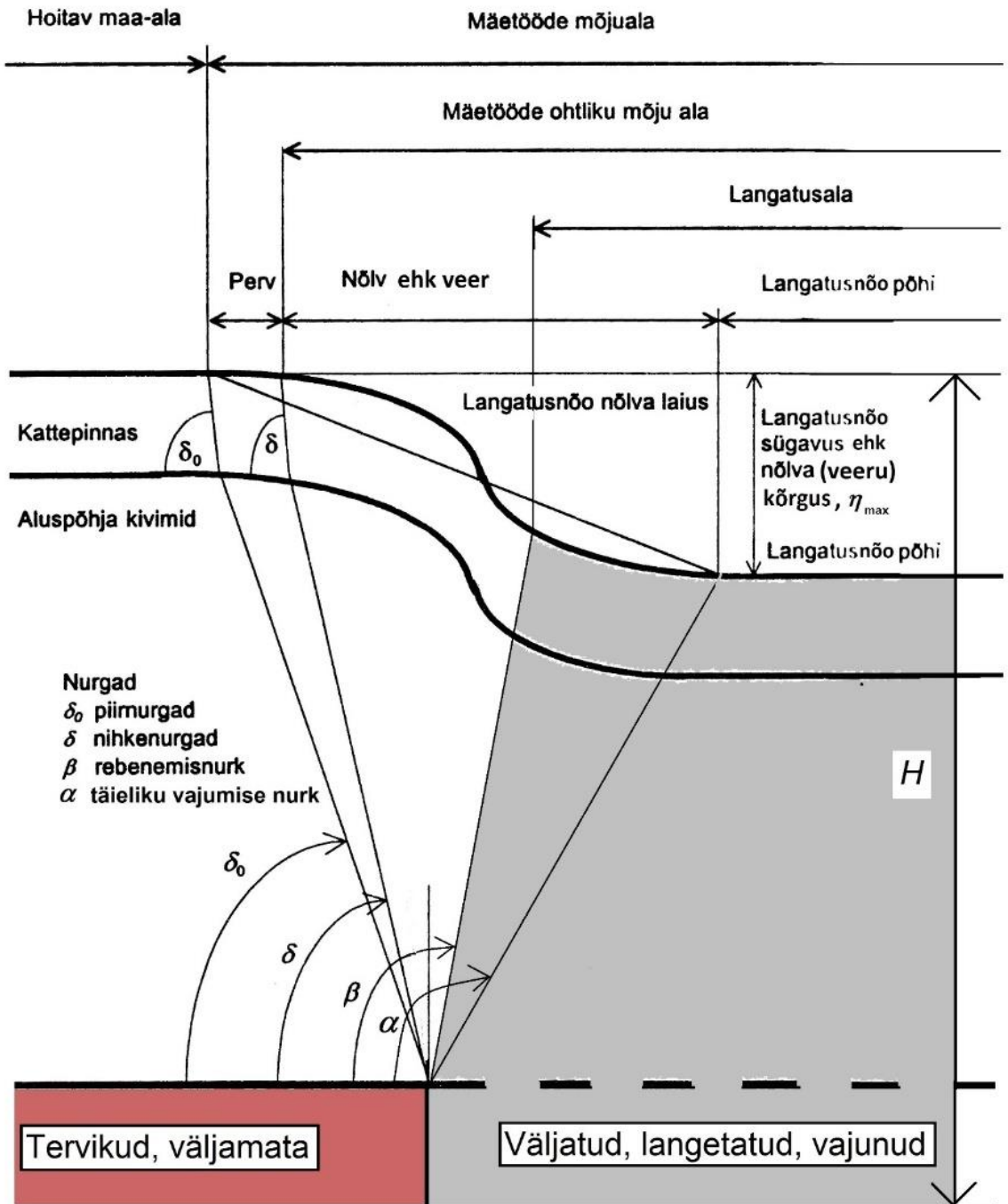
Maa, hoonete ja rajatiste hoidmine allmaakaevanduse peal

Altkaevandatava maa hoidemeetmete projekteerimise metoodika Eesti põlevkivikaevanduste jaoks töötas välja mäeinsener Viktor Undusk, tehes seda Peterburi markšneideriinstituudi uuringute ja oma mõõtmistulemuste ning katsete alusel. 1997. jõustas majandusministeerium metoodika 1995. maapõueseaduse normatiivdokumendina [ALLMAAKAEVANDAMISEL MAAPINNA JA EHTISTE HOIDMISE KORD](#).¹⁰⁶ Seaduspõhise dokumendi staatus oli metoodikal 2003. aastani, kuni kehtestati kaevandamise seadus, mille normatiivdokumentide hulgast kõnealune dokument välja unustati. Sellest ajast on hoidetervikute projekteerimise metoodika põlevkivi kaevandavate ettevõtete sisemine normatiivjuhend.

¹⁰⁶ Allmaakaevandamisel maapinne ja ehitiste hoidmise kord, 1998. Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid, keskkonnaministeerium, majandusministeerium, lk 177...205.

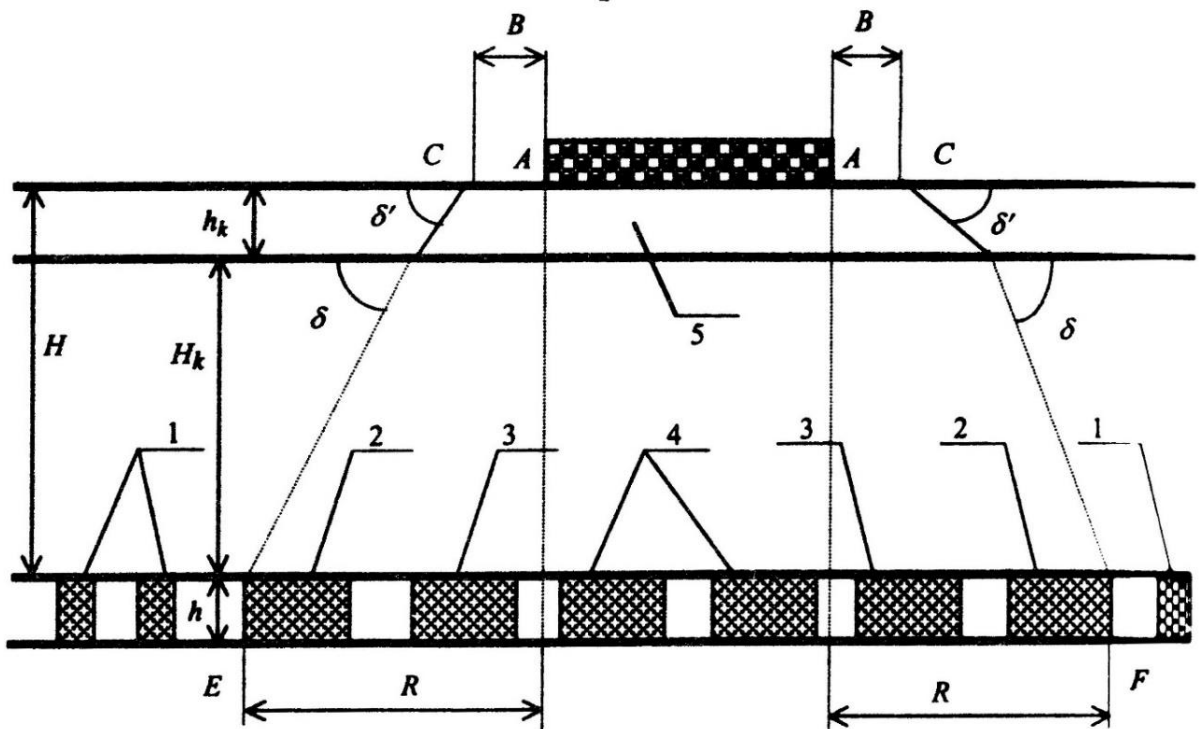
Maa hoidmise projekteerimist selgitav skeem kõnealusel metoodikast vt Pilt 2.43 ja Pilt 2.44. Skeemi, mis pärineb eelmainitud metoodikast, on parandatud ja täiendatud uuema teabega.

Allmaa kaevandamise mõju maapinnale



Pilt 2.43 Hoitava maa piiride arvutamise metoodikat toetav skeem

Hoidetsooni piiride määramine



- AA – hoitav objekt; B – perve laius, m; CC – hoitav maa-ala; EF – hoidetsoon; h_k – kattepinna paksus, m; δ' – kattepinna nihkenurk, °; H_k – karbonaatsete kivimite paksus, m; h – põlevkivikihi väljatav paksus, m; δ – aluspõhjakivimite nihkenurk, °; R – minimaalne lubatud vahemaa objekti piirist kuni hoidetsooni piirini; H – kattekihtide paksus, m.
- 1 – kambritevahelised tervikud, mis asuvad väljaspool hoidetsooni;
 2 ja 3 – tõkketervikud (2 – välimised, 3 – sisemised read); 4 – hoidetsooni piirides olevad kambritevahelised tervikud; 5 – kattepinna.

Pilt 2.44 Hoidetervikutest koosneva hoidetsooni arvusskeem

Üldiselt on hoitava maatüki (hoidetsooni) projekteerimisel kasutusel mõisted:

- Mäetööde mõjuala – allmaa mäetööde kohal asuv maa-ala, mille maapealseks piiriks on joon, mis on määratud piirnurgaga (δ_0).
- Mäetööde ohtliku mõju ala – allmaa mäetööde kohal asuv maa-ala, mille maapealseks piiriks on joon, mis on määratud nihkenurgaga (δ).
- Langatusala – allmaa mäetööde tulemusel maapinnale tekkinud silmaga nähtav nõgu (vajum, lohk), mille maapealse välispiiri määrab kivimite rebenemisnurk (β).

- Tervik — väljamata jääv maavara ja kaaskivimid massiivi osa, mida ümbritsevad kaeveõõned.
- Hoidetervik — hoitava objekti kaitseks väljamata jäetud maavara.
- Tõkketervik — millegi, nagu vee, tulekahju või muu kahjuliku leviku tõkestamiseks väljamata jäetud osa maavarast.
- Hoidetsoon — maa-alune ala, kus väljatakse maavara (kaevist) või tehakse muid mäetöid ja mille piires jäetakse hoitava objekti kahjustuste vältimiseks tavaliselt suuremad tervikud või langatusala levikut piiravad tõkketervikud, või täidetakse maa-alune ala (kaeveõõned) keskkonda mittekahjustava materjaliga.
- Perv — mäetööde mõju eest kaitstava objekti piirjoonega külgnev maariba.
- Piirnurk δ_0 — nurk, mis määrab allmaamäetööde mõju leviku kattekihtides maapinnani. Piirnurga suuruseks põlevkivimaardla aluspõhjakivimites on 60° ja kattepinna sees 50° .
- Nihkenurk δ — nurk, mis määrab allmaamäetööde ohtliku mõjuala leviku kattekihtides maapinnani. Nihkenurga suuruseks põlevkivimaardla aluspõhjakivimites on 70° ja kattepinna sees 50° .
- Rebenemisnurk β — nurk, mis määrab kattekihtide lahti rebenenud koguse, massi. Rebenemisnurk on põlevkivimaardla aluspõhjakivimites ja kattepinna sees vahemikus $100^\circ \dots 105^\circ$. Viidatavas allikas ja paljudes allikates määratakse rebenemisnurk piir- ja nihkenurkadele suhtes vastassuunas, "vastupäeva", väärtusega $70^\circ \dots 75^\circ$. Sellisel juhul

on tegemist rebenemisnurga täiendnurgaga (Pilt 2.3).

- Täieliku vajumise nurk α – nurk, mis määrab langatusnõo (-lohu, vajumi, häilu) suuruse. Ka see nurk määratakse tavaliselt vastupäeva.

Altkaevandatud maa deformatsioonid

Langatusnõo ehk vajumi sügavus (nõlva kõrgus, maapinna suurim vajumine, (Pilt 2.43) on arvutatav valemiga: ¹⁰⁷

$$\eta_{\max} = a \times m$$

ning vajunud ala veere nõlvanurk valemiga

$$i = \arcsin(a \times m / (0,15 \times H + 5))$$

kus:

a – vajumistegur, mis kamberväljamisel on 0,65 ja teiste väljamisviiside puhul 0,6;

m – kihindi väljatud osa paksus ja

H – kaevandamissügavus, m.

Nagu eelpool toodust näha (Pilt 2.15, Pilt 2.16) ei 'maa vajumine' ega ka 'suurim vajumine' ei ole maa lausvajumine, millest keskkonnatundlikud isikud ja meedia kõnelevad.

Küsimus, mis oleks majanduslikel ja muudel aktsepteeritavatel põhjustel õigem, kas maapealse objekti (hoone, rajatise, kõlviku või looduskaitseala) hoidmine maavara kao arvel või maavara kui ressursi väljamine objekti kahjustades või likvideerides, on mäemajanduse probleem. Seda küsimust saab ja tuleb käsitleda objektipõhiselt,

¹⁰⁷ Toomik, A., Stembach, V., 1984. Maapinnakahjustuste hindamine lae langetamise kasutamisel põlevkivikaevandustes; Gorjučie slancy; 1/3; 234...249; vene k

reegleid ei ole. Praktika näitab, et kaasajal lahendatakse need lähtuvalt kehtivatest prioriteetidest ([Keskkonna prioriteet loodusvarade kasutamisel](#)).

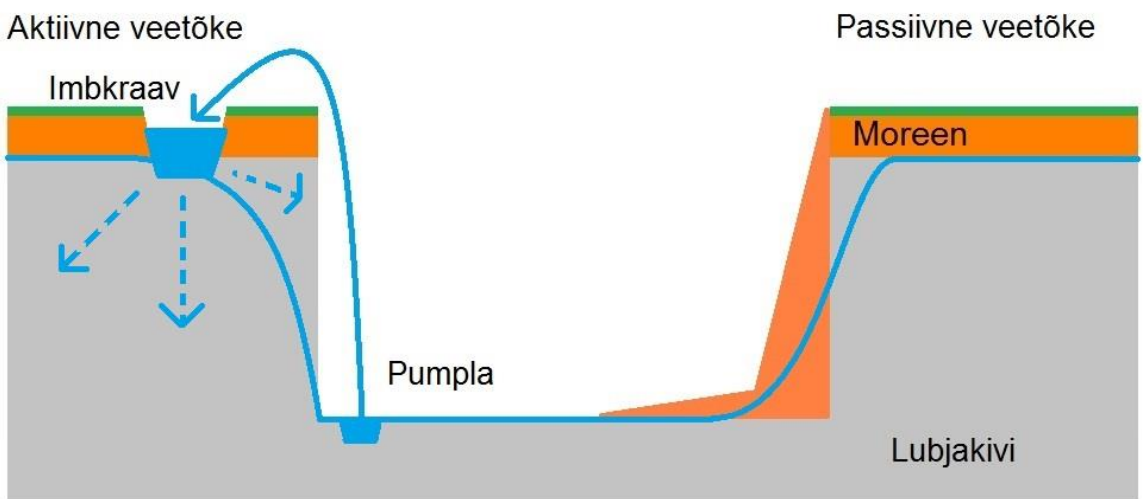
2.3.9 Vee hoidmine

Nii maapealse kui allmaaehituse praktikas on põhjavee sissevoolu vähendamiseks välja töötatud ja kasutuses palju vahendeid ja võtteid. Maapealses ehituses, vundamendisüvendite ja kaevanduste avamiskaeveõõnte ehitamisel on levinum veetõke sulundsein, mis kujutab endast pinnasesse rammitud puit-, raudbetoon- või terasvaiadest veetihedat ekraani. Allmaaehitusel ja kaevanduse rajamisel vähendatakse kivimite veejuhtivust kas mitmesuguste lahuste, püdelike või tarduvate segude abil või põhjavett külmutades (näiteks [Maardu graniidikaevandus 1993...2009](#) ja Pilt 3.44). Savi või tsementeerivat püdelikku surutakse (süstitakse, = injekteeeritakse) kivimisse puuraukude kaudu. Veerohkeid kivimeid külmutatakse samuti puuraukude kaudu, neisse jahutusvedelikku pumbates. Need, üldnimetusega erimeetodid on üsna kallid ja seetõttu suurte kaevandusalade kuivana hoidmiseks kõlbmatud. Lavamaardlate karjäärides ja kaevandustes kasutatakse lihtsamaid, kuid piisavalt tõhusaid aktiivseid ja/või passiivseid veetõkkeid.

A



B



Pilt 2.45 Karjääri veetõkete skeem

A — karjäär ilma veetõkketa,

B — veetõketega karjäär: vasakul pervel — imbkraav piki karjääri perimeetrit, paremal — katendist moodustatud madala filtratsioonivõimega sein.

Aktiivne veetõke rajati eelmise sajandi viimasel veerandil Kurtna maastikukaitseala järvede kaitseks Viivikonna põlevkivikarjääri kuivendava mõju eest. See kujutas endast liivapinnasese lõigatud kilomeetrite pikkust, mitmest lõigust koosnevat suure põiklõikega (imb)kraavi, kuhu pumbati karjääri vett. Kraav juhtis karjääri vee Narva jõkke kuid toitis ka põhjaveekihti.

Aktiivseid veetõkkeid kavatseti rajada ka ümber Nabala lubjakivikarjääride.

Aktiivne veetõke eeldab tootlikku pumplat, sest suur osa välja pumbatud veest jõuab karjääri tagasi (= retsirkuleerib). Suurem pumpla ja energiakulu tõstab kaevandamiskulu. Aktiivse veetõkke põhja tuleb pidevalt puhastava sinna settivast hiivast, mis samuti lisab kulu.

Passiivne veetõke on kasutusel paljudes ehitusmaavarade karjäärides. Mõnikord tekib see iseenesest, kui katendi moreenmaterjali pervaalt alla lükatakse ja tihendatakse.

Mahukas passiivne veetõke tehti Kurtna järvede vee hoidmiseks Narva karjääri lääneosas, Viivikonna jaoskonnas. Kui aktiivne veetõke, eelmainitud imbkraav karjääri veeärastuse rekonstrueerimisel kuivaks jäi, muudeti paljandamise tehnoloogiat.¹⁰⁸ Uue tehnoloogia kohaselt puistas draglain karjääri seina vastu madala filtratsioonivõimega peenliiva, mida

¹⁰⁸ Muudetud paljandamise tehnoloogiast vt Vesiloo, P., 1987. Põlevkivikaevandamise edasisest mõjust Kurtna järvestiku veerežiimile. Kogumik Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng, Tallinn, Valgus, 85...90.

katendis oli piisavalt. Tõkkeseina tihedus tagati liiva kõrgelt puistamisega.

Vee hoidmiseks võib pidada kunagist, kaevandus nr 4 inseneride korraldatud karstiavade betoneerimist Sompa ja Jõhvi vahel. Seda tehti, et vähendada vee sissevoolu kaevandusse, kuid kindlasti aitas selline, kaasajal loodusvaenulikuks peetav tegevus veidikenegi hoida põhjavee taset.

Kaevandusvee suublate vee hoidmise alla kuulub välja pumbatud vee selitamine (= heljumi vähendamine) ja õlijääkidest puhastamine (Pilt 2.46). Tehnogeensete mineraalkomponentide, eelkõige sulfaatide sisalduse vähendamine ei ole sellekohaste puhastamisprotsesside madala tõhususe ja suure kulukuse tõttu mõttekas.

Kõik kaasaegse tehnoloogiaga mäeettevõtted suudavad hoida suublatesse suunatava vee kvaliteedi rahuldaval tasemel. Häireid esineb, kui kõrvalised isikud kuritarvitavad kaevanduse veeärastussüsteemi, lastes sinna põllumajandusreostust, väetisi ja isegi fekaale ning olmevett. Omaette ilminguna võib esineda kaevandusvee hälbimist läbi geoloogiliste karsti ja pragude ning sattumist ümbruskonna asumite pinnasevee-kaevudesse.¹⁰⁹

¹⁰⁹ 'Pinnasevesi', kunagine termin on hüdrogeoloogide mõistestikust kadunud (Pilt 1.9 Pinnasevesi). Siin ja edasises on meie käsitluses pinnasevesi pealmisi settekihte (mulda, liiva, muda) täitev sademete, aurumise ja maasse imbumise intensiivsusest sõltuv pinnavesi, selle maa sisse ulatuv põhjakiht. Kaasaegsete hüdrogeoloogide mõistestikus on pinnasevesi põhjavee ülemine, kaitsmata veekiht.



Pilt 2.46 Ojamaa põlevkivikaevanduse settetiik
9.05.2013. 59°17'32,3"; 27°09'53,3"

Vasakul veelask (suurendatud vaade kaevanduse poolt), pildi keskel hiiva setitamise ja taga paremal vee selitamise sektsioon, nende vahel ülevooluga pais.

2.3.10 Keskkonnanahoolde kaevandamise lõpetamisel

Kaevandamise viimases faasis muutub keskkonnanahoolde eriti oluliseks. Põhjusi selleks on mitmeid:

- Mäeeraldise ressursi lõppemisel on võtta vaid madala kvaliteediga varu, mille kaevandamise tasuvus on madal. Sellest tulenevalt on ettevõtja varaline ja moraalne võimekus keskkonnanahooldega tegelemiseks nõrk.
- Üldsus on kaevandusega harjunud, reaktsioon keskkonnamõju ilmingutele on nürinenud. Kohalike elanike mugandumine võib viia nii kaugele, et kaevandatud ala käsitletakse olmealana.
- Iganenud karjäär loodustub, mistõttu ammused korrastamiskavad ja -nõuded ning kunagine korrastamisprojekt ei pruugi sobida.
- Puuduliku tehnilise ja keskkonnajärelevalve puhul võib mäetööde soikumine vähehaaval

muutuda pausidega kaevandamiseks kuni avastatakse, et kaevandus on hüljatud.

Ohtude vältimiseks ja ettevõtjate sobimatu tegevuse märkamiseks käsitleme keskkonnahoolde erisusi kaevandamise peatamisel, kaevandamise lõpetamisel, kaevanduse sulgemisel ja kaeveõõnte uuskasutusel.

Aastail 2003...2016 kehtinud kaevandamiseseadus, mille oluline aspekt oli igakülgne mäeohutus, sätestas need tegevused väga põhjalikult.¹¹⁰ Selle seaduse ja tema alamaktide ideoloogiline alus oli allmaakaevandamise ohutus. Maapõueseadus mis 2017. kaevandamise regulatsiooni üle võttis, on lõpetamise ja peatamise osas vähem tehniline, pigem keskkonna-ametkondlik (= keskkondlik). Vastavad kaevandamisõiguslikud protseduurid on sätestatud 3. jaos: [Kaevandamisloa muutmine, kehtivuse peatamine, kehtetuks tunnistamine ja ümberregistreerimine](#). Kuid kuna maapõueseaduse vaim on tugevalt mõjutatud avakaevandamise kuvandist, võib kehtiv seadusandlus mäetehniliste protsesside sünergia ohjamisel osutada abituks.

Nii kaevandamise peatamisel kui ka lõpetamisel tuleb tagada inimeste, vara ja keskkonna ohutus ning väljamata jäänud maavara varu hilisem kaevandamine. Viimati mainitud nõue kehtib

¹¹⁰ Rääkides kõigekülgsest ohutusest peame silmas kolme objekti: inimest, vara ja keskkonda.

selle varu suhtes, mis on jäänud registrist maha kandmata.

Kaevandamise peatamine

Kaevandamise peatamine toimub majanduspõhjustel, eelkõige, kui mõneks ajaks kaob võimalus maavaratooteid müüa. Kaevandamiskohta ei suleta, et jääks võimalus olude paranemisel maavara väljamist jätkata ja kaevandusala korrastada.

Peatamine võib olla ajutine või pikaajaline. Peatamiseks ei loeta lühiajalist seisakut seadmete remondiks või objekti tehniliseks korrastamiseks.

Kahjuks on võimatu kindlaks teha, kas ettevõtja kava ja/või lootus kaevandamist jätkata on põhjendatud ning siiras. Üldiselt on mäetöösturid optimistid ja loodavad majandusolude paranemisel tegevust jätkata. Kuid nagu on näidanud mäenduse ajalugu, majanduskriisi ajal annab optimism halva tulemi. Pole sätestatud, kui pikka katkestamist (ajavahemikku) pidada peatamiseks. Kuna ehitusmaavarade, eriti tee-ehitusmaterjalide kaevandamisel võib maavara väljamine katkeda aastateks, on kujunenud tavaks, et pealmaakaevandamise seisakut peatamisena ei käsitleta. Seetõttu, ja eriti regulatsiooni puudumise tõttu, ei nõuta ettevõtjalt ka kaevandamiskoha sulgemisele kaasnevaid ohutust tagavaid tehnilisi protseduure.

Peatamisel ei nõuta lõplikku korrastamist, sest see võib takistada kaevandamise taasalustamist ja jääkvaru väljamist. Peatamise puhul ei kujundata veekogusid, ei lammutata ehitisi ega

haljastata teeninduspuistanguid, ammugi ei korrastata kogu teenindusmaad, sest eeldatakse, et kaevandamine jätkub.

Kuid teame ja kogeme, et peatamise ning taasalustamise vahel võivad kaevandatud alal toimuda mitmed keskkonnamõjulised protsessid. Tavaline on ajutiste veekogude ja karjäärinõlvade elustumine – oma elu alustavad kahepaiksed, veelinnud, kaldapääsukesed, rebased jt. Ribakaevandamisel on võimalik puistangute soojenemine ja isegi isesüttimine, eriti põlevkivikarjääris, kus katendis on orgaanilise aine sisaldusega põlevkivikihte (Pilt 2.21).

Kui kaevandamine on peatatud, ei tohiks keskkonnahoiu seisukohalt viivitada otsusega, kas maavara varu edasine kasutamine selles kohas on üldse otstarbekas. Kui ei, tuleb ette võtta ja kaevandus sulgeda.

Kaevandamise lõpetamine

...on heakorrastatud mäeeraldisega ja teenindusmaaga kaevanduse sulgemine, mille juurde kuulub ka kaevandusrajatiste lammutamine või kohandamine. Lõpetamine on kaevandamise viimane kohustuslik tegevus – rida mäetehnilisi toiminguid, mis peavad tagama jäänuk-kaeveõõnte ohutuse, soodustama rikutud keskkonna taastumist ning vajadusel võimaldama maavara jääkvaru hilisemat väljamist.

Lõpetamine on projektipõhine tegevus. Vt [Kaevanduse peatamise ja sulgemine projekterimine](#). Kaevandamise lõpetamisel

kaotab kaevandamisluba kehtivuse
(= kuulutatakse kehtetuks).

Kui kaevandamist ei lõpetata heaperemehelikult ja seadusi järgivalt, on see taunitav

Kaevanduse sulgemine

... on kaevandamise lõpetamise mahukas ja kallis protseduur. Tuleb korraldada keskkonnamõju hindamine, koostada sulgemise projekt ja lõpuks korrastada kogu kaevandamisega rikutud maa, kaasa arvatud teenindusmaa ja -rajatised. Kui siis selgub, et kaevandav ettevõtte ei ole enam maksujõuline, tuleb kogu töö rahastada riiklike keskkonnainvesteeringute arvel. Suur osa sellest süüst langeb ebapädevale keskkonnajärelevalvele.

Kui kaevandamisväärne maavara on väljatud jäägitult, loetakse suletud kaevandus ammendatuks, kui mitte, kuulub kaevanduse sulgemise tööde alla jääkvaru hindamine ja tagastamine.

Kui kaevandust ei suleta, on see hülgamine.

Kaevanduse hülgamine

Üsna sageli esineb maavara kaevandamise süüdimatut lõpetamist – jäetakse tegemata sulgemise projekt ja muud vajalike töid.

Hülgamise puhul tehakse vahet, kas mäeeraldise maavara on ammendatud või mitte. Kui on jäänud kaevandamisväärset maavara, loetakse mäetöö peatatuks. Sellist kaevandamiskohta saab hülgatuks pidada alles siis, kui kaevandamisloa valdaja on minetanud vastutusvõime, näiteks pankrotistunud ja tema

mäeeraldise jääkvaru ei ole võimalik võõrandada (Pilt 2.47).



Pilt 2.47 Vastutusvõimetu isiku hüljatud kruusaauk

11.06.2011. 58°19' 59,09"; 25°41' 59.08". Seda võtukohta ei hallanud mäeharidusega isik.

Foto — Ole Sein

Tavaliselt hüljatakse kaevandus majanduspõhjustel. Kuid kaevandus jäetakse maha ka suurema avarii (varingu, uputuse, tulekahju) tõttu või olulise maapõuehäiringu ootamatul ilmnmisel. Kui seejuures leitakse, et kaevanduse jääkvaru on minetanud kaevandamisväärsuse, tuleb vastavate protseduuride abil taotleda, et hüljatav kaevandus kuulutataks ammendatuks.

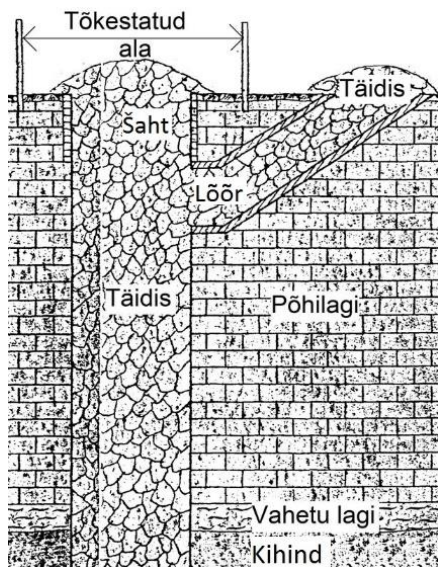
Eesti tuntumad hüljatud karjäärid on Maardu fosforiidikarjäär ning arvukad endiste kolhooside ja sovhooside turbaväljad ning metsamajandite kruusa- ja liivaaugud.

Kaeveõõne uuskasutus

Vajadusel saab mõningaid kaevandamiseks rajatud kaeveõõsi kohaldada muuks otstarbeks, teiseselt kasutada. Et vältida ohtu inimestele ja keskkonnale, peab see olema projektipõhine.

Kaevandamiseseadus (2003...2016) reguleeris siiski ainult allmaa-kaeveõõne uuskasutust (= teisest kasutamist). Kuid ka mistahes karjääri või kivimurru kaevandamisjärgne kasutamine muul otstarbel peaks toimuma projekti alusel, et vältida maapõue erisusest tulenevaid ootamatusi.

Kaevanduskäikude ja -õõnte hilisem kasutamine võib osutuda mitmeti kasulikuks. Näiteks aastail 1950...80 hoiti Sillamäe suletud uraanikaevanduse käike kuivana ja püsivana ilmse mõttega, et nad sobivad varjendiks (Pilt 2.42). Kui varjend riigikorra ja poliitika pöördudes mõttetuks osutus, hüljati rajatised ja nad muutusid ohtlikeks (Pilt 2.48).



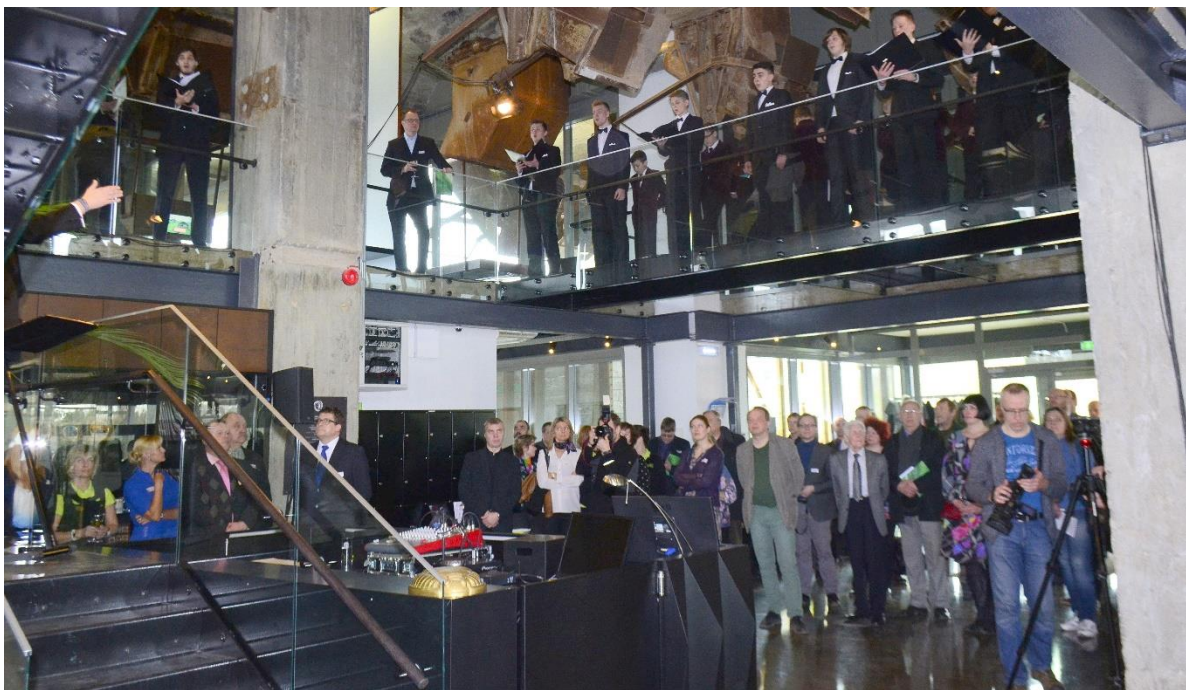
Pilt 2.48 Sillamäe uraanikaevanduse tuulutussähti täitmise joonis sulgemise projektist (täiendatud kirjadega) ja tegelikkus — täitmata jäetud šahti varing

Foto — Ingo Valgma,

12.04.2002. 59°24'17,6"; 27°43'42,2"

Head näited kaeveõõnte ja kaevandusrajatiste uuskasutamisest on turismiobjektina tuntud Piusa koopad (Pilt 2.6, Pilt 3.17) ja Kohtla kaevandusmuuseum (Pilt 2.49) kuigi neis näeb

ka ohtusid (Pilt 2.19). Eestile lähimad kaevandusmuuseumid on Soomes, Tytyri lubjakivikaevanduse suletud osas ja Rootsi ajaloolises Sala hõbedakaevanduses.



Pilt 2.49 Kohtla põlevkivikaevanduse rikastushoone — kaevandusmuuseumi kontserdisaal

10.04.2015. 59°21'0,73"; 27°10'17,8"

Suletud kaevanduste käike ja kambreid on kasutatud allmaalaona, näiteks Piusas. Käva põlevkivikaevanduses on üritatud kasvatada seeni. Ka spordiehitiste ja jäätmepanilate rajamine korrastatud karjääri on sisuliselt kaeveõõne uuskasutamine.

Vanade kaeveõõnte kasutamine prügilana ja reovee suublana on taunitav. Mistahes kaeveõõs on haav maapõues. Allmaa-kaeveõõntesse, nii kaevandus- kui militaarrajatistesse reo- ja sadevee omavoliline laskmine Maardus, Iru (Pilt 2.50), Kohtla-Järvel ja Jõhvis on oletatav, kuid raskelt tuvastatav.



Pilt 2.50 Iru konteineriterminali sademete veelase
Peeter Esimese merekindluse tunnelisse
11. 06. 2005. 59°27'39,9"; 24°55'15,6"

Pildistatud ehitamise ajal. Praegu on ava
peidetud kanalisatsioonikaevu luugi alla.

2.4 Teise osa lisa. Kaevanduse ja välise keskkonna puutepunktid

Nimetagem nii kohti, mille kaudu ilma erialase ettevalmistuseta inimene võib siseneda kaevanduskeskkonda.

Tabel 2.11 Ligipääsetavate allmaaõõnte ohtlikkuse kategooria ja riski tase, %

<p>Ohutu, 0,001%</p>	
<p>Kohtla kaevandusmuuseum, pildil trepp kaevandusse. 10.04.2015. 59°21'0,73"; 27°10'17,8". Vt ka Piusa liivakaevanduse külastamiseks avatud ala (Pilt 2.6).</p>	
	<p>Väheohtlik, 0,01% Looduslikud ja poollooduslikud liivakivikoopad: Allikukivi, Helme jt. Samuti Ülgase fosforiidikaevanduse peastollid ja -käigud (Pilt 2.2). Pildil Allikukivi koobas enne 2000. 58°09'23,8"; 25°00'24,4" .</p>



Möödukalt ohtlik, 0,1%.

Tehis- ning karstikoopad pae- ja liivakivis, sh Aruküla koopad.

Samuti Piusa liivakaevandused väljaspool korrastatud ala (Pilt 3.17).

Pildil militaarstolli suue Altmetsal, 5.08.2010.
59°27'49"; 24°55'51".



Ohtlik, 1%

Ülgase fosforiidikaevanduse kaevandatud ala. Samuti põlevkivi- ja fosforiidikaevanduste käigud avamuse lähisel (vt Pilt 2.8) ning allmaamilitaarrajatised (vt Pilt 2.1).

Pildil poolvarisenud koristuskaeveõõs,
ligikaudu: 59°29'11"; 25°05'19" H = 30 abs m



Eriti ohtlik, 10%

Sillamäe uraanileiukoha uuringustollid. Samuti Sillamäe uraanikaevanduse jäätkaeveõõned (Pilt 2.42 ja Pilt 2.48).

Pildil uuringustoll Mummassaarel, 26.07.2008.
59°23'54,7"; 27°52'26".

Foto — Oleg Tsernetsov

3 KAEVANDAMISE PROJEKTEERIMINE

Käsitleme kaevanduse projekteerimise probleemistikku maardla hõlvamisest ja kaevanduse rajamisest kuni tegevuse lõpetamiseni ja ettevõtte sulgemiseni. Peamised objektid on maardla ja maavara. Muude maapõueehitiste: tunnelite, allmaamahutite ja -ladude projekteerimist süvitsi ei käsitle. Esiplaanile on seatud kaevanduste projekteerimise korralduslik külg. Eeldame, et ettevõtte rahastamise ja kaevandamisõiguse küsimused on selgeks saanud mäemajandust õppides. Samuti ei käsitle tehnilise projekteerimise üksikasju, nagu lõhke- ja toestuspasside (projektide) koostamist, tootmisüksuste: allmaa-koristusjaoskonna, karjääri, turba tootmisvälja ja muu igapäevase dokumentatsiooni tegemist. Need inseneriõppe vastavatel kursustel omandatavad tööoskused kuuluvad küll projekteerimise alla, kuid sisuliselt on see tehnilise dokumentatsiooni koostamine. Neid tegevusi eristavad mäeinseneride kutsestandardid:

- projekteerimine on 7. taseme ehk diplomeeritud inseneri ja
- tehniliste jooniste koostamine — 6. taseme mäeinseneri kutseoskus.

Projekteerimise temaatika üldisemaid ja majanduslikke küsimusi on käsitletud õpiku [Mäemajandus](#) punktis 2.3. Ettevõtte asutamine. Need kordamisele ei tule, välja arvatud, kui on vaja juhtida tähelepanu mäemajanduses ja -õiguses toimunud muutustele.

3.1 Projekteerimise kontseptsioonid ja põhitõed

Mäeettevõtte projekteerimisel võime valida ühe kahest kontseptsioonist:

1. Ettevõttel on kindel toodangu maht ja kvaliteet, ette antud tööiga ja püsiv ning stabiilne töökorraldus (= režiim); see on nii, kui mineraaltoormel (või kütusel), on üks või mitu kindlat püsitarbijat.
2. Ettevõttel on mitmekülgne kaubaliikide kogus ja kvaliteet, mis tähendab paindlikku töökorraldust, vastavalt turu hooajalisusele ja juhuslikkusele; see sobib varieeruva tarbimise ja muutliku puhul.

Paarkümmend aastat tagasi, majanduse siirdeperioodil võis neid kontseptsioone parema arusaamise huvides nimetada plaanimajanduslikuks ja turumajanduslikuks projekteerimise strateegiaks.

Projekteerima asudes on kasulik teada mõningaid kogunud inseneride talletatud põhitõdesid.

Projekteerimine on looming

Projekteeritav kaevandus, karjäär, vabrik, puhastusrajatis, tehnoloogia, masin jne on uus asi. Loomulikult lähtutakse uue asja tegemisel teadaolevast, kuid tõeline projekt eeldab ja iga õige projekteerija loodab, et uus saab olema vanast parem, tootlikum, ohutum, töökindlam, tasuvam. Uute elementide otsimine, et neist kokku panna uus objekt, mis kasutab uusi lahendusi, ei ole rutiinne tegevus. Rutiinne,

programmeeritav tegevus on vanade projektide ümberjoonestamine.

Mäenduse keskkond on loodus. Loodus on mitmekülgne ja määramatu. Mäeprojekt tuleb sobitada looduskeskkonda, millest suurema osa moodustab maapõu. See on teine aspekt, miks mäeprojekt on looming – tehnika ja tehnoloogia sobitamine suure määramatusega keskkonda. Ja seda ootuses, et tulemi keskkonnamõju oleks minimaalne.

*Projekt on looming, looming on kunstitöö, kunst ei ole programmeeritav.*¹¹¹

Projektis on kõik kõigega seotud

Kõige tihedamalt on seotud projekti (lähte)ülesanne ja lahendus. Tellija tahab parimat, ja see pannakse ülesandes kirja. Kuid praktika näitab, et projekti eesmärgi saavutamiseks tuleb ülesannet korduvalt korrigeerida. See ei tulene ülesande sõnastanud ega ka projekti teha võtnud isikute puudulikust kompetentsusest. Põhjus on uue asja puhul ilmsiks tulevates uutes asjaoludes ja seoste keerukuses. Mõned seigid võivad osutada takistuseks, kuid pole harvad juhud, kui töö arenedes saavad märgatavaks hoopis paremad, ratsionaalsemad ja tõhusamad lahendused. Need või teised tuleb projekti tellijaga kooskõlastada ja projekteerimise ülesanne vastavalt ümber sõnastada.

¹¹¹ Seetõttu ei tuleks projekteerimisel kasutatavat arvutitarkvara nimetada mitte projekteerimis- vaid joonestustarkvaraks

Projekteerija üks ülesannetest, mida lähteülesandes kirjas ei ole, on tellija õpetamine.

Projekt ja arvutused peavad olema multivariantsed

Töö käigus tuleb visandada ja läbi arvutada mitmeid variante, mis võivad viia soovitavale lahendusele. Neist tuleb valida parim. Kui tellija ja projekteerija on arukad, teevad nad seda koos, ning parima lahenduse nimel tegutsedes võib see viia lähteülesande korrigeerimiseni. Mis on üsna tavaline.

Et variante oleks lihtsam võrrelda, tuleb arvutusi, vahetulemusi, hinnanguid esitada tabelite ja graafikule kujul. Kuna arvutustulemused, eriti loodusliku objekti puhul, on tihtilugu suure määramatusega, tuleb neile lisada varieeruvuspiir ja usaldusmäärad.

Hea projekteerija eesmärk ei ole mitte hea lahendi pakkumine vaid paljudest headest lahendustest parima leidmine.

Projekti vigadest tuleb õppida

Õppimine on pidev protsess. Eriti tõhus õppimise vorm on uute lahenduste otsing teadus- ja arendustöös. Sellest järeldub, et mida rohkem ja mitmekülgsemalt projekteerida, seda suuremaks kujuneb vastava tegija teadmiste pagas. Kuid uute asjade projekteerimisel on vead vältimatud – kõike lihtsalt ei näe ette. Lohutuseks olgu öeldud, et vigadest saab õppida.

Parafraas – vigu võib teha ainult selleks, et neist õppida, mitte projekti panna.

Projekt peab läbima ekspertiisi

Ekspert hindab projekti headust, töö vastavust lähteülesandele, lahenduste otstarbekust, valitud tehnoloogia töökindlust, ohutust, riske ning loomulikult keskkonnamõju. Selleks peab ta olema asjatundja, sest tellija ei pruugi seda olla. Tellijal peab olema piisavalt kogemust ja võimalusi, et tellida ekspertiise asjatundjatelt, kasvõi selleks, et ka keegi teine projekteerija tööst aru saaks.

Hoiatan — mitmedki esitlustehnoloogilised vahendid võivad olla tavainimesele muljetavaldavad, kuid kogenud tellija ja ekspert ei pruugi lasta neist end mõjutada.

Edu nimel vormistab kogenud projekteerija oma töö selgelt ja arusaadavalt.

Projekteerimine lõpeb alles objekti valmides

Projekteerija töö kestab seni, kuni objekt on hakanud tööle, teenima, projekteeritud mahus tootma. Projekt peab olema realiseeritud. Hea tava kohaselt peaks projekteerija osalema oma töö teostamise — ehitamise, seadmestamise ja mehitamise käigus.¹¹² See õpetab. Teisalt — kui objekt ei realiseeru, pole projekt täisväärtuslik. Ta kas oli valesti koostatud või tugines väärale äriplaanile. Isegi kui projekti nurjas majanduse allakäik, võiks projekteerija analüüsida põhjusi, et tulevikus mitte teha tühja tööd.

Kuna kaevanduse projekt peab sisaldama kaevandamise lõpetamise meetmeid, peab

¹¹² Ajaloolise tava kohaselt pidi sillameister olema esmakoormatava silla all ja laevameister vette lastava laeva peal.

asjalik projekteerija osalema töös kuni kaevanduse sulgemiseni.

3.2 Projekteerija riskid

Projekteerimine on riskantne nagu iga mitterutiinne tegevus. Mistahes ettevõtmisega kaasneb võimalik kahju, seda enam uue arendusega vähetuntud maapõues. Ohtu võib sattuda nii äriplaneerimisele kui ka keskkonnale.

Mäendusele on eriomased geoloogiline risk ja keskkonnarisk. Viimasele liitub sotsiaalne risk.

Geoloogiline risk

Eelkõige mõeldakse selle all maavara varu usaldatavust, usaldusväärset taset, aga ka geoloogiliste rikete ilmumist ja muud tootmist takistavat. Varu koguse aspektist on risk arvuliselt hinnatav usaldusteguriga, mille leiab teistest õpikutest.¹¹³

Lähiaja objektidest on kõrge geoloogiline risk Kuremäe ja Narva kaevandusväljal, sest uuring Puhatu raba all ei olnud piisav. Kuremäe väli piirneb Viivikonna rikkevööndi ja Vasavere mattunud oruga. Võib eeldada, et Narva karjääriväljast lõuna pool on mattunud orgusid. Uus-Kiviõli väli on piisavalt uuritud ja on teada, et välja keskosas kujutab endast geoloogilist riski ida-läänesuunaline häiringuvöönd.

Oluline on maavara usaldatavus, vastavus kasutaja nõuetele. Tuleb ette, et varem uuritud ja maardlana arvel oleva maavara kvaliteet ei vasta ajakohastele nõuetele. Eriti terav on probleem

¹¹³ Reinsalu, E., 2008. [Mäemajandus](#), p.1.1.3. Maavaravaru; Reinsalu, E., 2011. Eesti mäendus. p Varu jaotamine usaldusväärset alusel.

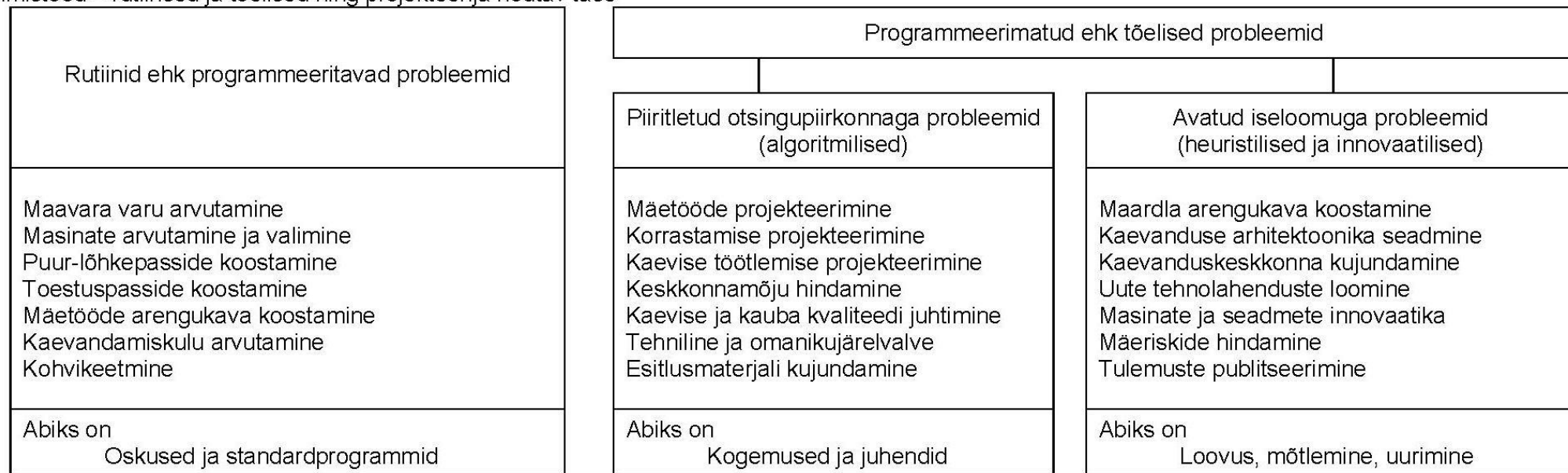
ehitusmaavarade maardlates, kus osa kunagi arvele võetud ehitusliivast ja killustikukivimist ei vasta tänapäevastele ehitusenõuetele. Maavara kvaliteedi mittevastavust nüüdisaegsetele nõuetele on näidanud uuringud ka Maardu graniidi ja Rakvere fosforiidi suhtes.

Geoloogilise riski alusel hinnatakse projekteeritava objekti tõenäoline väljatav varu ja kvaliteet. Riski tuvastamisel projekteeritakse täiendav geoloogiline uuring.

Projekteerija kohus on hinnata riske ja teavitada neist tellijat, sest uuringu teostanud isik ei pruugi geoloogilise riski olulisust tunnetada või tunnistada.

Tabel 3.1 Projekteerimistööd – rutiinsed ja tõelised ning projekteerija nõutav tase

Projekteerimistööd – rutiinsed ja tõelised ning projekteerija nõutav tase



TASE	INSENER, 6 TASE – BAKALAUREUSEKRAAD JA TÖÖPRAKTIKA
	DIPLOMEERITUD INSENER, 7. TASE – MAGISTRIKRAAD, TÄIENDUSKOOLITUS JA TÖÖPRAKTIKA
	VOLITATUD INSENER, 8. TASE – DOKTORIKRAAD, TÄIENDUSKOOLITUS JA TÖÖPRAKTIKA

Võidakse küsida – miks algavad 7. ja 8. taseme inseneride võimete piirkonnad rutiinsete probleemide tasemel? Vastus – nad suudavad lahendada ka rutiinseid ülesandeid, kuid ei pea seda tegema. Kuid kui ollakse sunnitud, lahendavad nad neid paremini kui madalama kvalifikatsiooniga insenerid.

© Arhitekt Pille Nagel, 08.1999 & mäeinsener Enno Reinsalu 09.2000.

Keskkonnarisk

... avaldub läbi kaevandamise keskkonnamõju, mille ohjamine oli selle õpiku eelmine teema. Kaevandamise arendaja ja projekteerija ülesanne on võtta keskkonnamõju kontrolli alla alates maavara varumisest kuni kaevandamise lõpetamiseni. Seejuures peab teadma, et isegi kui kaevandamise keskkonnamõju ei ületa tavalist taset, võib tööstuse kavandamise järgus üldsus selle üle võimendada. Üle võimendatud keskkonnariskid loovad sotsiaalseid riske.

Keskkonnariskide analüüsi ehk keskkonnamõju hindamise alusel projekteeritakse keskkonnamõju ohjamine.

Sotsiaalne risk

Varasemal ajal, kui kaevandamine oli töömahukas, lähtus sotsiaalne risk tööjõu puudusest arendatava tööstuse piirkonnas. Maardlas ei jätkunud kaevandustöökso sobivaid inimesi ja neid tuli tuua, õpetada ja kohaldada. Sotsiaalsed pinged põlisasukate ja mäe-immigrantide vahel on teada juba ajast, kui kullaotsijad valgusid Californiasse ja Alaskale.

Sotsiaalne risk oli peamine, miks Eesti akadeemiline ringkond initsieeris eelmise sajandi kaheksakümnendatel "fosforiidisõja", maskeerides migratsiooniohu suureks puhutud keskkonnariskiga — mõjuga maale ja põhjaveele. Tekkinud reaktsioon on seni tuntav "pärandhirm". Tänapäeval on sotsiaalne risk pigem seotud keskkonnakasutuse ja -õiguse uute [prioriteetidega](#).

Projekteerija ülesanne on aidata kaevandamise arendajal leida sotsiaalse riski leevendamise meetmeid ja kavandada vastavaid kulusid.

Tehnoloogiline risk

... on numbriliselt hinnatav samuti kui geoloogiline risk. Mõõdikuks on maavara varu tehnoloogiline usaldustegur 0,3...1,0, mida tuleks kasutada hõlvamata levila või [maardla rajoneerimisel](#) või projekteeritava kaevanduse mäeeraldise hindamisel. Võib hinnata tehnoloogilist riski eraldi, või koos maavara geoloogilise usaldusteguriga.¹¹⁴ Risk, ehk

$$\text{riskitegur} = 1 - \text{usaldustegur}$$

Tehnoloogilist usaldustegurit saab hinnata nii:

- usaldustegur on suur ja tehnoloogiline risk minimaalne, kui maavara saab väljata (toota) samade meetodite, masinate ja seadmetega, mis on kasutusel analoogilistes tingimustes;
- kui kaevandamise tehnoloogia on alles tööstusliku katsetamise järgus, kas samas kaevanduses või analoogilistes geoloogilistes tingimustes, ei saa varu hõlvamise kindlust pidada kõrgemaks kui 80% ja tehnilise ebaõnnestumise risk võib kuni 20%;
- kui tehnoloogia on projekteerimise staadiumis, „paberil“ või proovimine järgus, katsejaoskannas, ei ole tal usaldusväärsust rohkem kui 50% (kull/kiri);
- kui tehnoloogiat pole, on varu tehnoloogiline usaldusväärsus alla 30% ja varu tohi mitte mingil juhul pidada aktiivseks.

¹¹⁴ Reinsalu, E., 2008. [Mäemajandus](#), Tabel 2.3 Maavaravarau tehnoloogiline usaldatavus

Kõrge tehnoloogiline risk on põhjus, miks kaitsealade all tehakse maavara varu passiivseks

Eesti peamiste maavarade varu usaldusväärtsuse prognoosi sai meenutatud Eesti Geoloogiakeskuse 2014. aastakonverentsil näitliku hinnanguna, mille kohaselt 1989. aastal oli:

- Põlevkivi varu usaldusväärtsus Balti levilas, st Eesti ja Oudova maardlas kokku:
 - geoloogiliselt 41...66% piires,
 - tehniliselt 54% ulatuses,
 - majanduslikult 12% varust.
- Rakvere levila fosforiidi varu usaldusväärtsus:
 - geoloogiliselt enam kui kaks korda madalam kui põlevkivil,
 - tehnoloogiliselt viis korda madalam kui põlevkivil,
 - majanduslikult ainult doteerimisel.¹¹⁵

Käesolevaks ajaks ei ole põlevkivi ja fosforiidi varude geoloogiline ning tehnoloogiline usaldusväärtsus muutunud, küll aga varu majanduslikkus.

Projekteerija ülesanne on valida tehnoloogia, mille usaldusväärtsus on >80%, st risk <20%.

Kui sellist tehnoloogiat ei ole, tuleb kaevanduse projekteerimist alustada katsejaoskonna kavandamisega.

¹¹⁵ Reinsalu, E., 2014. [Geoloogidelt ühiskonnale 1989](#). EGK XXII Aprillikonverentsi teesid, Geoloogialt ühiskonnale, lk 10...12.

Finantsrisk

... on seotud kõigi eelpool loetletutega. Üksikasju välja toomata saab kinnitada, et kõrge geoloogilise, sotsiaalse, ökoloogilise ning eriti tehnoloogilise riskiga projekti ei investeerita. Nii näitab praktika. Kui investeerija hindab riskid talutavaks ja/või ületatavateks, võib ta finantsallikad avada. Peamine, mida ta seejuures vaatab on projekti tulukus, [tulu sisenorm](#).

Kuna projekti edukus on otseses seoses finantsriskiga, mis omakorda sõltub teistest riskidest, peab projekteerija igal sammul ja ajahetkel hindama ning minimeerima kõiki riske.

3.3 Maardla hõlvamise põhiseisukohad ja metoodiline alus

3.3.1 Triviaalsed põhiseisukohad

Mäenduse postulaadid, A-B-C:

A. Maardla hõlvamine algab parimast kohast

Selline praktika, mida peaaegu alati kasutatakse, tuleneb vajadusest investering kiiresti tööle panna ja kapitalipanus tagasi saada.

Majanduslik põhjendus kuulub mäemajanduse valdkonda ja on leitav õpiku [Mäemajandus](#) punktis 2.4. Kaevandamise korraldamine.

B. Mäendus on kahaneva efektiivsusega tööstusharu

Ka sellele postulaadile leiab selgituse mäemajanduse õpiku samast punktist. Kahaneva efektiivsuse põhjus on lihtne – kui mäetööd eemalduvad avamiskohast, pikenevad veoteed, veeärastusrajatised, kaevandusõhu tee jm.

Lavamaardlas suureneb vee sissevool ning kasvab sademete mõju.

Negatiivseid mõjureid kompenseeriks mäetööde alustamine halvema varu piirkonnas, liikudes mäetöödega sealt parema varu suunas, kuid see pole majanduslikult soodne.

Nende kahe postulaadi vastuolu annab projekteerijal võimaluse otsida optimaalseid avamisskeeme.

C. Pärast ammendamist maardla hüljatakse

Maardla hülgamine, mida käsitlesime punktis [kaevanduse hülgamine](#) on laiduväärt. Arenenud ühiskonnas kehtivad reeglid, kuidas kaevandamine mõistlikult lõpetada ja kaevandus sulgeda. Kõigest hoolimata on mäenduse praktikas ülekaalus hülgamine kusjuures kaevandus ja kaevandamisega rikutud maa jäävad korrastamata. Põhjused on tavaliselt majanduslikud – müük vähenes, ettevõtte pankrotistus, äriplaan oli riskantne või avantüristlik, toimusid drastilised muutused ärikliimas ja/või riigikorras.

Seda silmas pidades valib hea projekteerija tehnoloogia nii, et kaevandamise lõpetamine oleks tehniliselt lihtne ja majanduslikult talutav. Või, kui kaevandus isegi hüljatakse, ei kujutaks endast suurt ohtu keskkonnale ega inimestele.

Mäenduse postulaate peaksid teadma ka kaevandamisõiguse andjad.

3.3.2 Kaevandamise ressursid

Tootmisfunktsioonid

Majandusmatemaatika teab abstraktsioone, mis üritavad omavahel siduda toodangu mahtu (funktsioon) ja tootmise arengut mõjutavaid ressursse (argumendid). Kasutades lihtsaid, mugavalt käsitletavaid valemeid. Näiteks õpikus Mäemajandus, lk 39 on valem:

$$A = c_z L^{c_L} C^{c_C} V^{c_V} \exp c_t$$

kus:

A – maavara aastatoodang on funktsioon, mille argumendid on:

L – kaevandustöötajate arv ehk inimressurss,

C – tootmiskapital ehk finantsressurss,

V – aastas kasutatud maavara varu ehk kaevandamise peamine loodusressurss,

t – aeg.

Teguritest:

c_z – tähistab argumentidest sõltumatut aastast toodangumahtu,

c_L , c_C ja c_V – vastavate argumentide (ressursside) elastsustegurid, (= elastsused),

c_t – on ajategur.

Tootmisfunktsioon formaliseerib äriplaani: et kaevandada, on vaja:

inimesi kaevanduses (L),

raha, et ehitada ja arendada taristut (C),

piisavalt maavara varu (V).

Mida suuremas koguses toota, st kaevandada, seda rohkem on vaja ressursse: L , C ja V . Kuid seos ressursside ja toodangu mahu vahel pole lineaarne (= võrdeline, proportsionaalne). Sellist

seaduspärasust teame juba mäemajandusest, kui tutvusime nn Nelsoni valemiga ([Mäemajandus](#), p. 1.1.6. Mäendustingimuste arvestamine majandusarvutustes).

Ressursside kasutamise efektiivsust, nende mõju tootmisvõimsusele iseloomustavad elastsustegurid: c_L , c_C ja c_V , mille arväärtused näitavad, mitu protsenti igaüks neist tõstab kaevanduse aastatoodangut ühe protsendi võrra. Näiteks, kui põlevkivi varu kasutamise elastsus(tegur) $c_V = 0,4$ (vt edasises) ja varu kavatsetakse väljata 1% rohkem, saame seeläbi toodangut kasvatada ainult 0,4% võrra. Teisisõnu – varukasutus kasvab kiiremini kui toodang. Loomulikult – maavara kao, mitmesuguste tervikute ja olematu varu maavarade registrist kasutamise arvel.

Peale selle mõjutab tootmisprotsessi aeg (t), mille vältel toimivad tehnilise progressi positiivne ja inflatsiooni negatiivne mõju. Ajateguris on peidus ka muud mõjurid, näiteks mäendustingimuste halvenemine kaevandamise vältel, keskkonnasurve kasv, poliitilised protsessid, sotsiaalne vastumõju jne. Mingi tühine osa kaevandamismahust (c_Z) ei sõltu ressurssidest ega aja mõjust.

Eelmise sajandi kaheksakümnen datel tehtud uuringud andsid põlevkivi kaevandamise tootmisfunktsiooni parameetriteks: ¹¹⁶

$$c_Z = 0,179,$$

$$c_L = 0,29 \pm 0,11,$$

¹¹⁶ Eesti keeles: Reinsalu, E., 1998/2008, [Mäemajandus](#), p 1.1.14. Reguleeriva loodusvaramaksu seadmine, lk 37

$$c_c = 0,16 \pm 0,05,$$

$$c_v = 0,40 \pm 0,07.$$

c_t väärtuseks osutus negatiivne nullilähedane arv.

Need võimaldasid teha huvitavaid järeldusi. Näiteks kõigi elastsuste summa on <1 :

$$c_L + c_c + c_v = 0,85 \pm 0,14 < 1,$$

mis tähendab, et kõigi ressursside protsentuaalne juurdekasv ei taga põlevkivi kaevandamise mahu samaväärset kasvu. Ressursside vajadus kasvab kiiremini kui toodangu maht. Sellest järeldus:

põlevkivi kaevandamine on alaneva efektiivsusega tööstusharu.

[See oli eelpool esitatud postulaadi matemaatiline tõestus.](#)

Tootmisressursside erinev efektiivsus (elastsus) põhjustab tõhusamate ressursside eelistamist. Põlevkivi kaevandamise tootmisfunktsiooni elastsustegureid vaadates on näha, et kõige efektiivsem ressurss on maavaravaru. Uut varu hõlvates on kaevandamismahu kasvu kergem saavutada kui kapitali ja tööjõudu rakendades. Miks? Sest kaduderohka väljamine kaevandustes ja kihindi osaline kasutamine karjäärides on kulutõhusam kui masinate ostmine ja tööjõu värbamine. Protsessi, mille tõhusus sõltub eelkõige maavara kasutamisest, nimetatakse varuefektiivseks. Kui tootmise tõhusus sõltuks eelkõige investeeringutest, oleks tegu kapitaliefektiivse protsessiga. Kolmas variant oleks tööjõuefektiivsus, mis suunab ettevõtteid odava tööjõuga riikidesse.

Mäetööstus on varuefektiivne tööstusharu, ta areneb uusi maardlaid ja välju hõlvates.

Tootmise kasvu funktsioonid

Tootmine on inimtegevus, mille tulemusel tekib toode.¹¹⁷ Tootmine peab kasvama, sest kasvab inimeste arv ja igaüks soovib saada üha enam tooteid. Millistele seaduspärasustele allub tootmine, ka maavarade kaevandamine, millised matemaatilised funktsioonid seda kirjeldavad?

Kõige primitiivsem on piiramatu kasvu hüpotees, mille kohaselt arengu kiirus, näiteks aastatoodangu kasv on võrdeline saavutatud tasemega, objekti võimsusega. Lihtmoel öelduna – mida võimsam, seda kiiremini kasvab:

$$dY / dt = iY$$

siin:

Y – (*yield*) on toodangu, kapitali, käibe, sõjalise võimsuse jne maht, see, mida eelisarendatakse,

t – aeg ja

i – kasvu kiirus, intensiivsustegur.

Sellest tekib piiramatu kasvu funktsioon

$$Y = \exp i t,$$

mis tähendab, et mitte ainult võimsusel, toodangul ja teistel suutlikkuse tunnustel, vaid ka nende juurdekasvul, arengul pole piire.¹¹⁸

¹¹⁷ [Vikipeedia, 2015].

¹¹⁸ Piiramatu kasvu teooriale tuginesid majandusprognoosid, mida eelmise sajandi kuuekümnendatel arendas nõukogude Venemaa seniilne akadeemik Stanislav Strumilin (Strumillo-Petrashkevich), 1877...1974 [Wikipedia, 2015]. Need muutusid toonase riigipealiku Nikita Hruštšovi apologetiliste plaanide ja kõnede läbi anekdootideks.

Piiramatu kasvu teooriale astus vastu Rooma Klubi ja lõi uue arengukontseptsiooni: kasvul on piirid.¹¹⁹ Käsitleme ühte näidet.

Piiratud arengu mudel võib lihtsustatult olla sõnastatud nii: arengu kiirus on võrdeline objekti võimsuse ja objekti arengu piirini jäänud tee koosmõjuga. Kirjeldagem seda lihtsa diferentsiaalvõrrandiga

$$dY / dt = i Y (1 - Y),$$

kus $1 = 100\%$ tähistab arengu lage, viimast piiri. Teised sümbolid on samad, mis eelmistes võrrandites. Saame võrrandi:

$$Y = 1 / (1 - \exp(-i t))$$

See kasvufunktsioon kirjeldab arengut, mis algul on aeglane, siis kiireneb, saavutab maksimumi, seejärel hakkab kasv aeglustuma ja muutub lõpuks nulliks. Siis on objekt ennast (varu) ammendanud, meie juhul – maardla või mäeeraldis on tühi.¹²⁰

Nii kasvavad ja kahanevad igasugused isearenevad süsteemid alates viiruste, bakterite ja seente kolooniast ja lõpetades inimestega ning riikidega. Taolist funktsiooni kohtame professor Rein Taageperal, kui ta käsitleb impeeriumite kasvu ja kõdumist.

Maardlate ja kaevandusväljade hõlvamist, kasutamist ja ammendumist kirjeldab piiratud kasvu funktsioon hästi ja põhjendatult – mida

¹¹⁹ Rooma Klubi on 1968. aastal Roomas asutatud mõttekoda. Nende esimene raamat, milles nad tutvustavad oma seisukohti on "Kasvu piirid" ("Limits to Growth") aastast 1972 [Vikipeedia, 2015].

¹²⁰ Analoogilist, veidi keerukamat piiratud kasvu mudeli tutvustan õpikus [Eesti mäendus II](#), osas 3.2. Analüüsi meetodid, lk 91...92. Selles muutub (toodangu) kasv vahemikus $A \rightarrow B$.

vähem on maardlas, kaevandusväljal, mäeeraldisel varu järel, seda vähem mõttekas on tootmist arendada, kapitali paigutada. Pealegi, eelnevast teame, et kuna väli avati parimast kohast siis jääkvaru muutub üha viletsamaks. Piiratud kasvu funktsiooni on kasutatud mitmetes põlevkivitööstuse arengu prognoosides, mida illustreerivad graafikud järgmistel piltidel.

Kasvu piirid võivad muutuda. Kui nad avarduvad ja tekivad soodsamad majandusolud, siis tootmine elavneb. Maardla areng ja maavara kaevandamine ning kasutamine saavad uue hoo, kuid ega piiravad tegurid sellega ei kao.

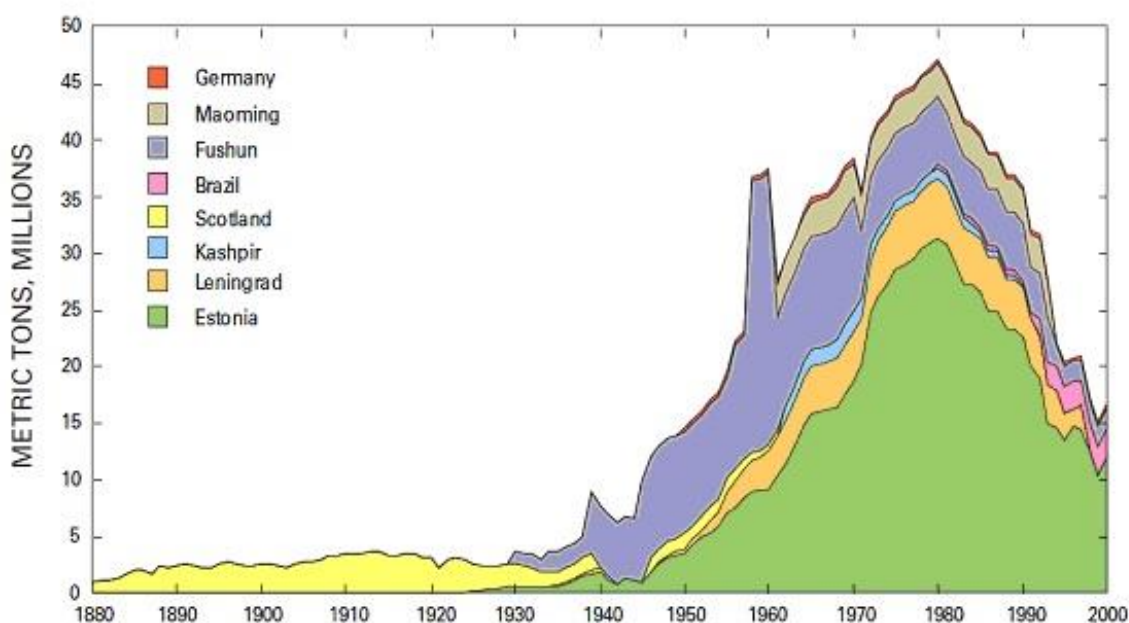


Figure 19. Production of oil shale in millions of metric tons from Estonia (Estonia deposit), Russia (Leningrad and Kashpir deposits), United Kingdom (Scotland, Lothians), Brazil (Irati Formation), China (Maoming and Fushun deposits), and Germany (Dotternhausen) from 1880 to 2000.

Pilt 3.1. Põlevkivi toodang maailmas ¹²¹

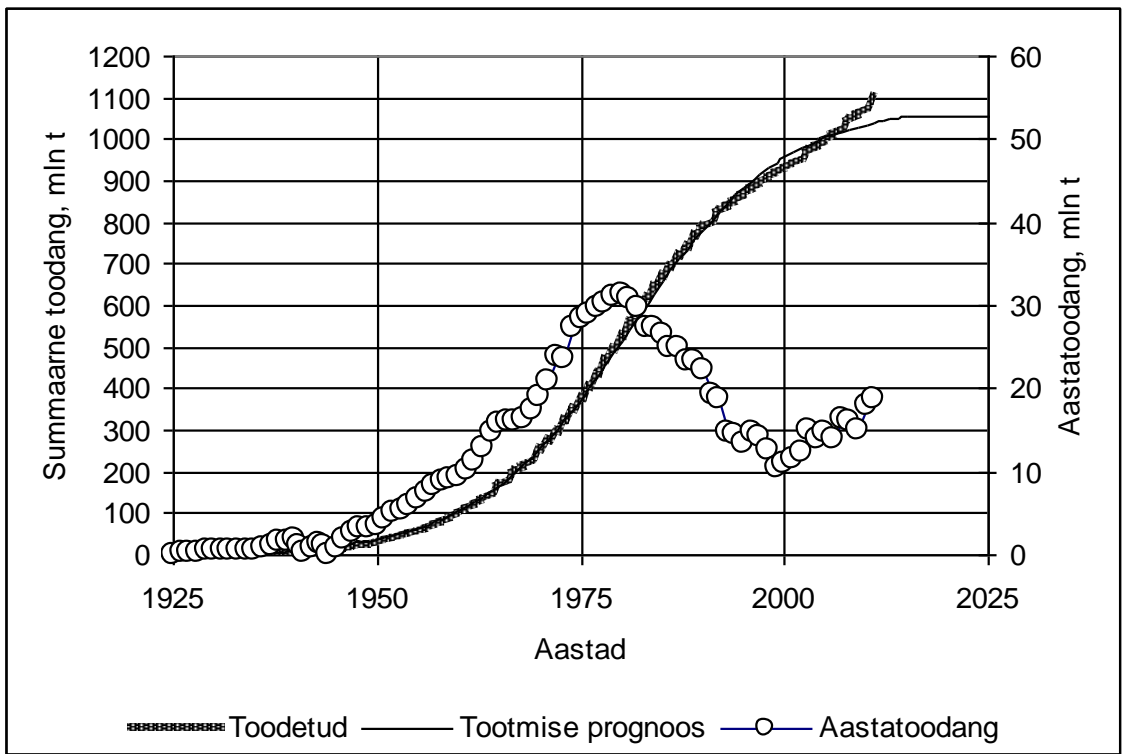
¹²¹ Dyni, John R. 2006. Geology and Resources of Some World. Oil-Shale Deposits. Scientific Investigations Report 2005—5294. U.S. Department of the Interior.

Selle, paljudesse publikatsioonidesse „hulkuma läinud“ graafiku joonistas USA põlevkivikorüfee John Dyni minult saadud lähteandmete alusel.

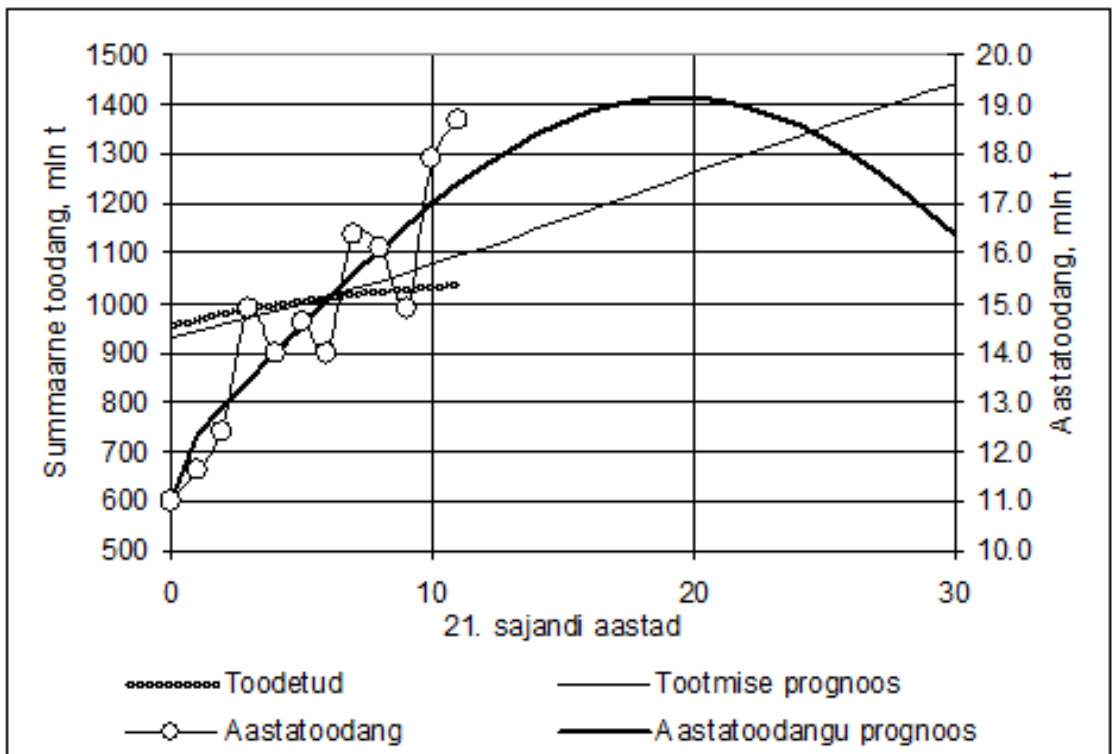
Maailma põlevkivitoodangu diagrammil näeme Hiina Fushuni maardlas ajavahemikus 1958...60 kümne miljonilist toodangu kasvu. Tegu on nn „suure hüppe“ aastatega, kui tööstustoodangut kasvatati sunnitöö abil, et kolme aastaga jõuda kommunismile. Avatud maavara ressursid ammendati kiirelt ja tootmistase langes tagasi.

Midagi taolist juhtus Eesti põlevkivimaardlas käesoleva aastatuhande hakul, kui restruktureeriti põlevkivi kaevandav tööstus, arenes maavara kasutamise tehnoloogia ja avanes elektriturg. Kadusid eelmise riigikorra tehnilised ja majanduslikud piirangud, võimalused avardusid ning varem koostatud piiratud kasvu hüpoteesil põhinev arengumudel tuli uuendada. Uut arengut illustreerivad pildid minu õpikust [Eesti Mäendus II](#), lk 92 (Pilt 3.2 ja Pilt 3.3).

Kuid ka uuel arengul olid majanduslikud ja keskkonnakaitselised piirid, sest varu vähenemine ja selle kvaliteedi alanemine ei kaota kunagi oma mõju. Seetõttu igal juhul jääb kehtima piiratud arengu kontseptsioon.

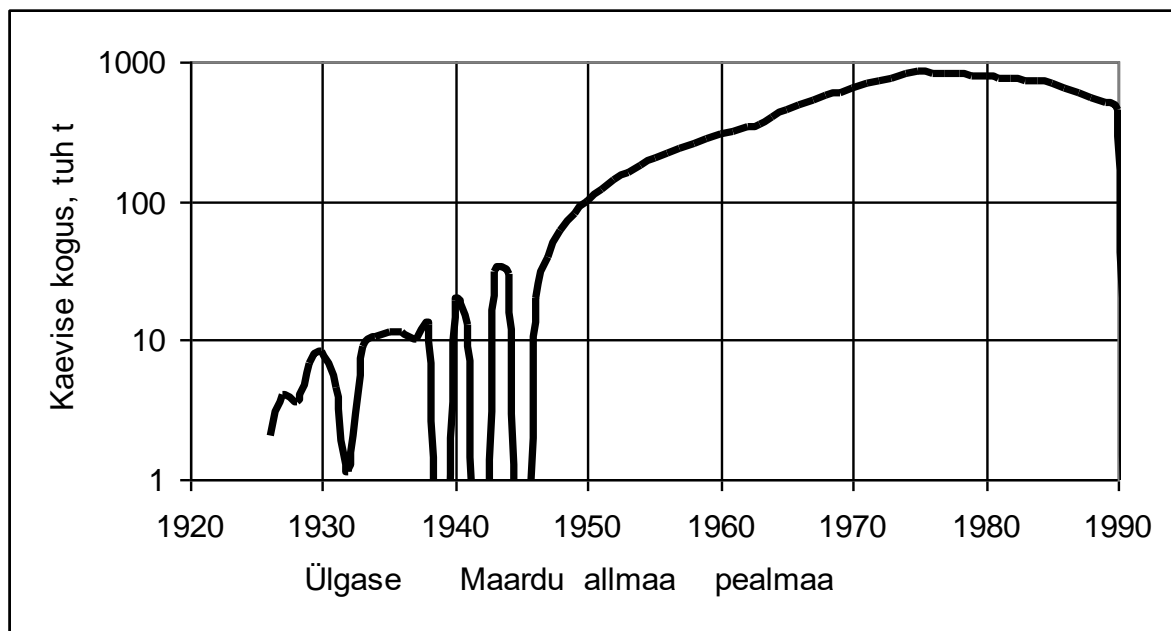


Pilt 3.2 Põlevkivi kaevandamise maht alates eelmisest sajandist ja selle alusel konstrueeritud tootmise prognoos



Pilt 3.3 Põlevkivi kaevandamise maht käesoleval sajandil ja selle alusel konstrueeritud tootmise prognoos

Mõnel juhul võivad piirangud muutuda fataalseks. Nii läks fosforiidi kaevandamisega Eestis eelmise sajandi lõpus (Pilt 3.4).



Pilt 3.4 Fosforiidi väljamise umbkaudne maht Eestis.¹²²

Fosforiidi tootmise graafik on tüüpiline maardlate eluea — tootmise tõusu ja languse kõver. Esimeste aastate langused markeerivad 1933. majanduskriisi, Ülgase põlemist 1938., sõja ülekäike 1941. ning 1944. Lõpp saabus nõukogude majanduse kokkuvarisemisega 1990. Siis lõppes väljamine. Edasi kasutati ära lattu kogutud kaevis ja karjääris tehti vaid abitöid ning hakati kaevandama ehituslubjakivi.

¹²² Reinsalu, E., 2011. Eesti mäendus, pilt 3.18, lk 21.

3.4 Maardla hõlvamine

Hõlvamise eeldused

Mineraaltoorme uue varapaiga (¹²³) hõlvamise vajalikkus, võimalikkus ja edukus sõltuvad globaalmajanduse foonist. Peamised faktorid, millega suurema maardla hõlvamisel tuleb arvestada, on:

A. Majanduslikud:

1. toote (kütuse, maagi, toorme) piirhind, (=turu määratud majandusnäitaja), mida kaevandamiskulu ei tohi ületada,
2. maardla massiivsus, maavara kõigi kategooria varude summa, millest sõltub ettevõtmise mastaap.
3. piirkonna asustatus, millest sõltub nii varustatus tööjõuga kui ka kogukonna vastuseis.

B. Mäenduslikud, eelkõige maavaralasuandi:

4. lasumis sügavus ja
5. lasundi tüsedus.

C. Maavara kvaliteet:

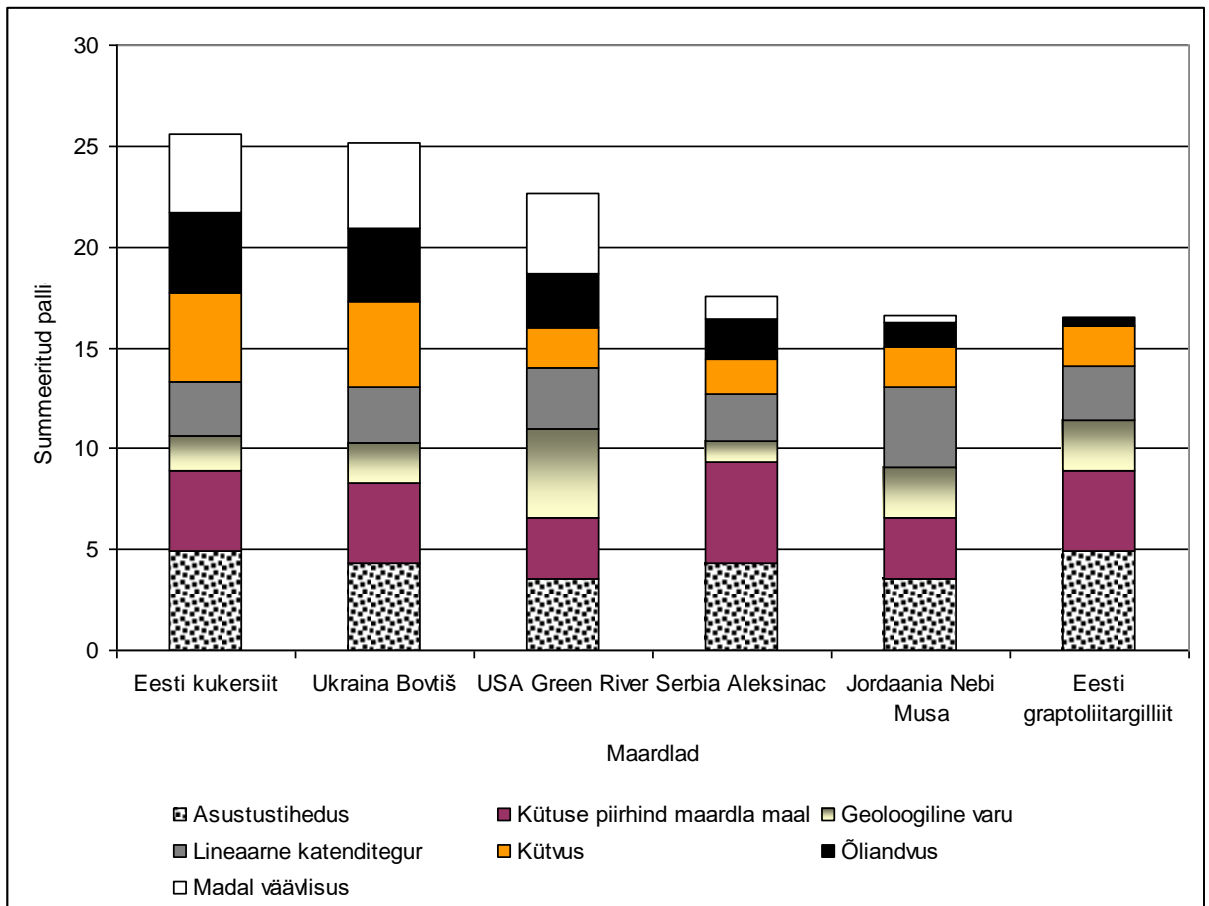
6. kasulike komponentide ja
7. kasutute ning kahjulike lisandite sisaldus.

Neid faktoreid arvestava maardlate kaevandamisväärsuse hindamise metoodika koostas eelmise sajandi kaheksakümnendatel aastate põlevkivibuumi ajal.¹²⁴ Arvutamiseks sai võetud faktoreid A.1...C.7 kaalukus viiepallisel skaalal. Selline hindamine oli ja on praegugi

¹²³ Varapaik, ilus sõna maardla tähenduses oli eesti mäekeeles kasutusel kuni eelmise sajandi keskpaigani.

¹²⁴ Рейнсалу, Э. и др., 1984. Методические указания по прогнозированию развития сланцедобывающей промышленности, Эстонский Филиал ИГД им А. А. Скочинского, 19 с.

vältimatu, kui kavandatakse invasiooni mõne välisriigi hõlvamata maavara levilasse. Metoodika võimaldas demonstreerida kaasaegsete arengukavade mõttekust (Pilt 3.5).



Pilt 3.5 Mõningate aktuaalsete põlevkivimaardlate järjestus tulususe alusel ¹²⁵

Diagrammi koostamisel on kasutatud ainult publitseeritud andmeid, mistõttu siin puudub Attarat Um Ghudrani põlevkivimaardla Jordaanias.

¹²⁵ Reinsalu, E., 2012. Põlevkivi ressurss nüüd ja tulevikus. Ettekanne konverentsil "Põlevkivi, kelle rikkus", Kohtla-Järve.

Hõlvamise järgud

Refereerime edasises mõningaid klassikalisi seisukohti suurte kaevanduste planeerimisest.

Tabel 3.2 Kaevandamise järgud

Järk	Tegevus, meetodid	Vältus, aastates
1. Eeltöö – maavara varumine		
Maavara otsing	Aero- ja satelliitfotod, aeroluure Geoloogiline kaardistamine Otsesed meetodid – geoloogilised ja füüsikalised, proovimine Kaudsed meetodid – geofüüsikalised ja geokeemilised	2...8
Maavara uuring	Paikkonna geofüüsikaline ja geoloogiline uuring Anomaalsete kohtade analüüs ja hinnang (vt lisatud märkust)* Proovimine: puurimine, kaevamine, proovide võtmine, katsetamine, karotaaž jne	
Keskkonnamõju hindamine	Geoloogilise töö ja maardla kasutuselevõtmise keskkonnamõju hindamine	3...5
Maavara hinnang ehk tasuvusuuring	Maavara koguse ja kvaliteedi määramine Maardla majanduslik hindamine	
Maavara varu tasuvushinnangu alusel otsustatakse, kas jätkata uuringut		
2. Hõlvamine		
Projekteerimine	Kaevandamisõiguse taotlemine, kui see pole tehtud Kaevandamismooduse valimine: kas ava- või allmaakaevandamine, või midagi muud Kaevandamisviisi (-tehnoloogia) valimine Eelarvestamine ja finantseerimisküsimuste lahendamine Kaevandamise keskkonnamõju hinnang Tehnoloogia visandamine (eelprojekt) Kaevandamisloa saamine	2...5
Avamine ja ettevalmistus	Teede- ja juhtmete (= kommunikatsioonirajatiste) ehitamine Tehnokompleksi ehitamine Maavara avamine – paljandamine või šahti ning kaevandushoovi rajamine	
Hõlvamise tegevused ei pruugi toimuda tingimata sellises järjekorras, enamasti toimuvad mitmed tegevused samaaegselt		

Tabeli jätk

3. Kaevandamine		
Evitamine	Tehnoloogia lõplik kujundamine sõltuvalt geoloogilistest, geograafilistest, majanduslikest, keskkonnakaitse, sotsiaalsetest ja ohutuse tingimustest (riskidest)	5...30
Tootmine	Kulude ja tulude jälgimine	
4. Kaevandamise lõpetamine		
Sulgemine: korrastamine, saneerimine, kohaldamine (= uuskasutus)	Sulgemisprojekti ja/või korrastamisprojekti koostamine, kooskõlastamine. Sulgemise keskkonnamõju hinnang Kaevanduse sulgemine ja/või keskkonnale kohaldamine, kaevandamisega rikutud maa korrastamine: saneerimine, korrastamine	2...5

RRR: Hõlvamise ja evitamise summaarne vältus sõltub maavara lasumissügavusest, võttes umbkaudu 1 aasta 10 m kohta

Anomaalia ei tohi *a priori* samastada millegi negatiivsega nagu lasumisriike, häiring või muu kaevandamist raskendav geoloogiline nähtus:

- Anomaalia võib olla maavara kasuliku aine kõrgem kontsentratsioon, lasundi suurem түsedus, kahjulike ja kasutute komponentide väiksem sisaldus ja muu positiivne.
- Lasundi positiivne anomaalia tuli kasuks Eesti põlevkivimaardla Kohtla, Somp ja Ojamaa väljadel.
- Kasulikuks kaubaks sobivate rahnude ja veeriste oodatust suurem osalus kruusas on samuti positiivne anomaalia.
- Haruldaste metallide anomaalsetele kontsentratsioonidele loodavad praegu graptoliitargilliiti uurida soovivad geoloogid.

3.4.1 Maardla rajoneerimine¹²⁶

Tehnoloogiline rajoneerimine

Maardla tehnoloogiline rajoneerimine tähendab maardla jaotamist tehnoloogiliste võimaluste – kaevandamismooduse ja -viisi kasutatavuse alusel. Kriteeriumiteks on tehnilised võimalused: seadmete saadavus ja mäendusolude vastavus neile. Kui maardla on rajoneeritud, on osa kaevanduse projekteerimise eeltööst tehtud.

Tehnoloogiline rajoneerimine kaevandamismooduse, st kas ava- või allmaakaevandamise võimalikkuse alusel, tähendab eelkõige, et maardlas määratakse piirkonnad, kus tehniliselt on võimalik kasutada karjääre. Enamasti sõltub see katenditegurist. Sellesse maardla ossa, kus avakaevandamine ei ole tehniliselt võimalik, jääb allmaakaevandamine, mis on kallim ja keerukam moodus. Ka maardla neis osades, kus avakaevandamine pole lubatav keskkonnahoiu seisukohalt, võib kõne alla tulla allmaakaevandamine. Seda juhul, kui arendaja (projekteerija) kujundab keskkonnaohutu kaevandamisviisi ja suudab selle ohutust tõestada ühiskonna keskkonnatundlikele esindajatele.

¹²⁶ Maardla rajoneerimine on kaevanduse projekteerimise eeltöö. Kuid enamik mäeprojekte tehakse ilma selleta – maardla on kas varem rajoneeritud ja/või osaliselt avatud, või on tegu pisimaardlaga, kus pole midagi rajoneerida. Seepärast on siin toodud vaid maardlate rajoneerimise üldised seisukohad. Üksikasjalikumad juhendid vt Reinsalu, E., 1998/2008, [Mäemajandus](#), 2.2. Maardlate rajoneerimine. Näiteid töödest põlevkivimaardlas leiab TTÜ mäeinstituudi uuringuaruannetest:

- a) [TTÜ mäeinstituut, 2003. Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitse rajoneerimine. Teema 294 L, 65. lk](#)
- b) [TTÜ mäeinstituut, 2005. Põlevkivikaevandamise tehnoloogilise struktuuri optimeerimine, Teema 574L, etapp 1.1, 47 lk](#)

Eesti põlevkivimaardla on kaasajal üks vähestest, kus allmaakaevandamine on eelistatum kui avakaevandamine. See on sellest, et hea avakaevandatav varu on ammendatud. Põlevkivi parim varu ammendati eelmise sajandi lõpuks ning Jõhvi kõrgustiku ning selle äärte all alles olev varu on keskpärane. Seal, kus on veel avakaevandamiseks sobivat, madalal lasuvat põlevkivi, eelkõige Pandivere põhja- ja kirdenõlval, on maavara kvaliteet ja kihindi tootlus üsna madalad.

Ka fosforiidi suhtes ollakse seisukohal, et eelistada tuleks allmaakaevandamist kui keskkonda vähem mõjutavat. Objektiivsed ja majanduslikud seisukohad seda ei kinnita.

Kõik teised Eesti pealiskorra maavarad on avakaevandatavad.

Tehnoloogiline rajoneerimine kaevandamisviisi st väljamise tehnoloogia alusel, sõltub kaevandamise moodusest. Näiteks allmaakaevandamisviisidest on põlevkivi puhul valida kas kamber- või lankkaevandamine. Nende oluline erinevus on lae (lasumi, katendi) käitlemise viis — kas hoidmine või langetamine. Millistel sügavustel ja millise lasumi koosluse puhul eelistada ühte või teist, saab juhiseid õpikust [Mäemajandus](#) tabel 2.2 Tehnoloogilise rajoneerimise lähteandmed Balti põlevkivilevilal. Lae käitlemisest sõltub kaevandamisviisi toime lasumi kivimitele ja maapinnale ja see on otseselt seotud maardlate keskkonnakaitse rajoneerimisega, millest järgnevas.

Mineraalmaarete (st v.a turba) pealmaakaevandamisviisidest on valida kas vaal- ehk

ribakaevandamine (¹²⁷) või aukkaevandamine. Rajoneerimine toimub katenditeguri alusel.

Turba puhul sõltub rajoneerimine toodangu tarbijast ja väljamistehnikast — maardla jaotatakse kalkuleerides, kus on otstarbekam kasutada väljakkaevandamist, kus aukkaevandamist. Oluline on ka nõudlus (turg) hästi- või vähelagunenud turba toodete järgi ning transpordivõimalused.

Tehnoloogilise rajoneerimise geoloogilised mõjurid, mille alusel maardlat jaotatakse, on:

- lasumus — lasumi (katendi) ja lasundi tüsedus, nende ja samuti lamami kooslus, mis määravad avamis- ja kaevandamisviisi ning -seadmed ja rikastusviisi;
- maardla liigendatus ja häiritus lasumisriketega ning karstivöönditega, mis määrab maardla jaotamise kaeveväljadeks, väljade avamisviisi ja tihti tingib ka kaevandamisviisi;
- maavara omadused, millest tingituna võib maardla jaotada erineva kasutusalaaga maavara väljadeks näiteks õli- ja küttekivi väljadeks, kütte- ja melioratiivturba aladeks jne;
- veerohkus.

Tehnoloogilise rajoneerimise geograafilised mõjurid:

- kaugus veoteedest;
- asustus, mis tugevalt mõjutab kaevandamismooduse (ava- või allmaakaevandamine) ja väljamisviisi (maa langetamise või säilitamisega, lõhketöödega või ilma), korrastamise sihtotstarbe jne valikut;

¹²⁷ Eesti mäekeeelde on juurdunud kaevandamisviis 'vaalkaevandamine'. Inglise *strip mining* oleks nii otsetõlkes kui piltlikult siiski 'ribakaevandamine', mida esialgu kasutan sünonüümina.

- hüdroloogiline olukord, mis nõuab kaevandamisel erinevat veevarustust ja -ärastust, samuti kaevandusvee puhastamist.

Kui maardlas on ala, mille jaoks puudub kasutamiseks sobiv, reaalne kaevandamistehnoloogia, tekib kahtlus sealse varu tehnoloogilise tootmisväärsuses. Mingil määral saab sellist olukorda hinnata nn maavara tehnoloogilise usaldusteguri abil (vt [Tehnoloogiline risk](#), samuti [Mäemajandus](#), tabel 2.3. Maavaravaru tehnoloogiline usaldatavus, lk 79). Tuleks hinnata hõlvamata levila, maardla või välja maavaravaru tõenäolist mahtu, tehes seda kas koos või eraldi maavara geoloogilise usaldusteguriga ([Geoloogiline risk](#)), mis on otseseoses maavara geoloogilise uurituse tasemega (vt [Mäemajandus](#), tabel 1.8. Maavaravaru usaldustegurid lk 15 või [Eesti Mäendus II](#), tabel 36 Maavara kategooriate soovitatavad usaldusväärsuse tasemed, mõõtemääramatus ja lubatavad hälbed).

Näide 3.1 Oudova põlevkivimaardla tehnoloogiline rajoneerimine

Eesti põlevkivimaardla kaguosas ja sellest idas, Narva jõe taguses Oudova maardla põhja-alal on Devoni ajastu meri murrutanud põlevkivikihti katvatesse ordoviitsiumi kivimitesse astangu.¹²⁸ See mattunud geoloogiline moodustis, kunagine „paekallas“, ei ole (vist) nii järsk kui Põhja-Eesti

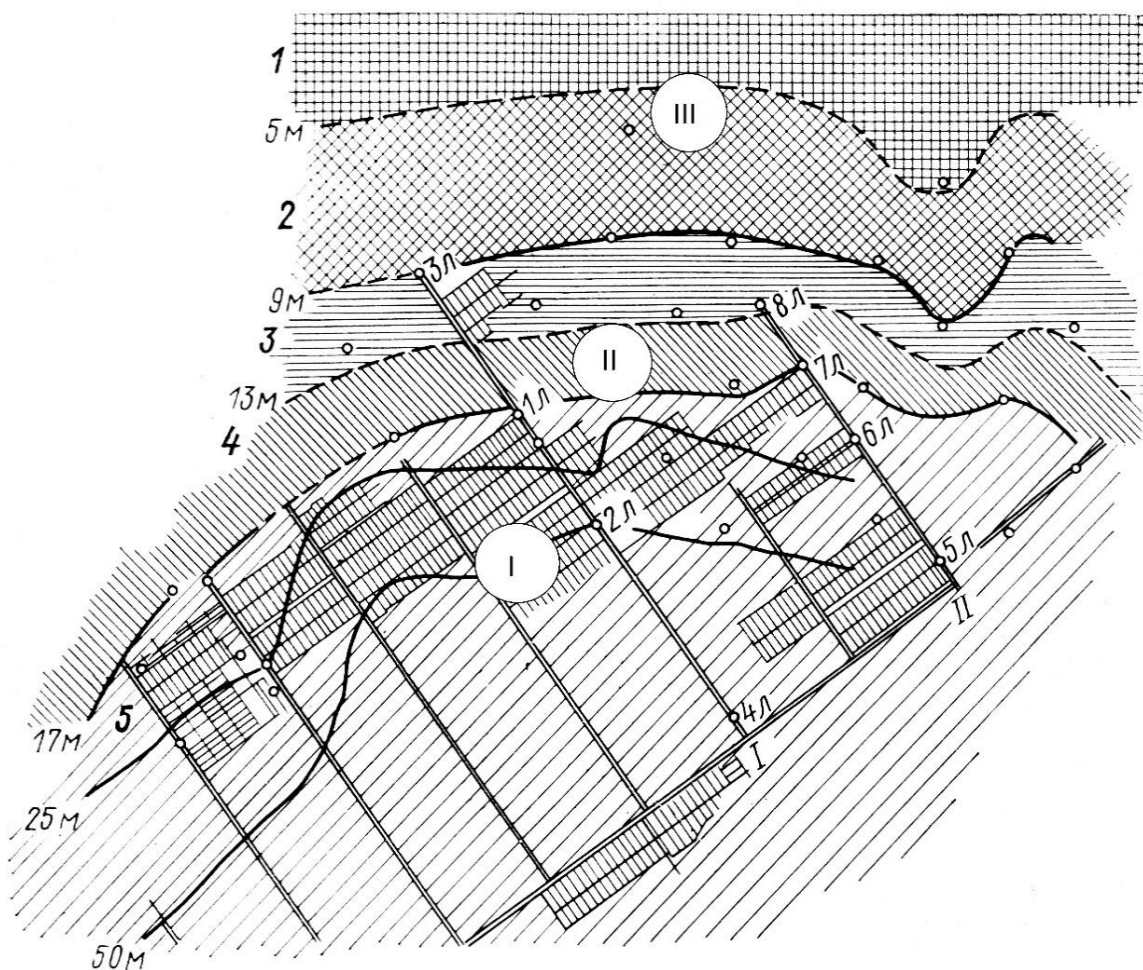
¹²⁸ Geoloogiliste ajastute ja ladestute: Ordoviitsium, Silur, Devon, Kvaternaat jt nimede kirjutamisel, kas suure või väikese algustähega, juhindugem reeglist – kui see on ajastu (millal) või piiritletud koht maapõues (kus), siis suure tähega, kui see on omadussõna, siis väikesega. Seega: Devoni lade (mis?) Devoni astang (kus?), devoni mergel (milline?), kvaternaari setted.

klint, kuid paiguti, ida pool Narva jõge siiski kaldega 1:10. Eesti pool, Narva põlevkivikarjääri väljal ja sellest lõunas, pole langus vist nii järsk. Täpsemalt pole teada, sest astang on mattunud Devoni ladestu mergli ja kõike katvate kvaternaarisetete alla. Ala on puudulikult uuritud – puurimine oli soomassiivis raskendatud, mistõttu astang on raskesti jälgitav. Pealegi oli ürgne jõgi, „Ürg-Narva“ kohati uuristanud merglitesse sänge, mille on täitnud uuemad setted.¹²⁹

Devoni mergel on nõrgem kui ordoviitsiumi lubjakivi. See on teada Narva karjääri kogemusest. Allmaa-kaeveõõne merglist koosneva lae piirsille oleks **2...10 korda väiksem** kui pae- ja põlevkivikäikudes.

Oudova maardla Leningradskaja kaevanduses olid kasutusel kamberlaavad, piirsildega kuni 34 m (Pilt 3.21). Nii avara kaeveõõne põhilae paksus pidi olema >50 m, millest alumine, ordoviitsiumi tugevate kivimite pakk pidi moodustama vähemalt poole, seega >25 m ([Mäemajandus](#), tabel 2.2 Tehnoloogilise rajoneerimise lähteandmed Balti põlevkivilevilal).

¹²⁹ See andis põlevkivigeoloogile Anatoli Levinile alust oletada, et neis võib leiduda vanemat, tulekindlamat savi.



Pilt 3.6 Leningradskaja põlevkivikaevanduse välja põhjaosa rajoneerimise skeem ¹³⁰

Leningradskaja mäeeraldise põhjaosas oli kihindi lasumissügavus esialgu >50 m, kuid mäetööde astangu poole liikudes vähenes põhilae ordoviitsiumi lubjakivide pakk ja asendus astangu all devoni mergliga. Kuid astangu läheduses ja all oli hea põlevkivi. Katse-eksituse meetodil põhja poole minnes, vähendati kambrite sillet. Probleem tekkis sellest, et kamberlaavade lank lõigustatakse enne koristustöö alustamist sammuga 40 m. Igast 40×100 m suurusest lõigustatud langist osast väljatakse normaalsetes oludes lõigustuslõõriga 6 m ja kambriga 28 m. Linttervikusse (= tugiseina) jääb 6 m. Kui lagi ei enam püsi, tuli kamber maha jätta ja jätkata

¹³⁰ Иванов, И; Левин, А., 1984. Методы и критерии промышленной оценки минерально-сырьевой базы сланцедобывающих предприятий, Ленинград, Недра, 172 с.

väljamist järgmisest lõõrist. Tekkis paks (>6 m) tervik ja suurenes maavara kadu. Otsustati, et väiksema püsivusega lae puhul tuleb lank tihedamalt lõigustada. Kui tihedalt, selleks teostati kaevandamisala rajoneerimine laekivimite püsivuse alusel (Pilt 3.6).

Pildil on mäeeraldise osa jaotatud kandva lae — ordoviitsiumi kivimite paksuse alusel kolmeks rajooniks: I — paksusega >25 m; II — paksusega 9...25 m ja III — paksusega 0...9 m. Ordoviitsiumi lademetel suidumisel (paksus 0 m) jäid laeks vaid devoni kivimid. II ja III rajoon, kui ebastabiilse laega ala oli omakorda jaotatud viieks vööndiks (pildil numbritega 1...5), mille piirid tõmmati lae paksuste 5, 9, 13 ja 17 m kohal. Sellised arväärtused määras Kukruse ja Idavere (Haljala) lademetel tüsedus.

I rajoonis lae käitlemine raskusi ei valmistanud, kambrite piirsille võis olla kuni 34 m. II rajoonis tuli kamberlaavade laiust vähendada ja lank tihedamalt lõigustada. Millise sammuga lõigustada, otsustati mäetööde arengukava koostamisel iga vööndi jaoks eraldi.

Devoni astangu mõju laekäitlusele silmas pidades oleks mõistlik kasutada Oudova maardla kogemust allmaakaevandamisel Puhatu piirkonnas.

Majanduslik rajoneerimine

...jaotab maardla väljadeks nende varu kaevandamisväärsuse alusel. Kõige lihtsam mäemajanduslik rajoneerimine on maardla jaotamine aktiivse ja passiivse varu väljadeks. Kuid, kuna kaevandamisväärsus sõltub paljudest teguritest, eelkõige tarbimiskoha kaugusest ehk veotee pikkusest, siis sellest ei piisa.

Kaevandamisväärsuse kriteeriumid peab andma maavara kasutaja, st mineraaltoorme tarbija. Kaevandamisloa andja ei pruugi selleks olla piisavalt kompetentne.

Maardla mäemajanduslikuks rajoneerimiseks on soovitada kaks meetodit:

1. Variantide meetod. Esmalt rajoneeritakse maardla [tehnoloogiliselt](#), määrates iga kaevevälja jaoks võimalikud kaevandamise meetodid ja tehnoloogiad. Nendest pannakse iga kaevandamiskoha jaoks kokku parim kombinatsioon. Eeldades, et kaevandama hakatakse just nende tehnoloogiate abil, järjestatakse väljad kaevandamise tulukuse alusel. Nii selguvad tulusamad ja vähem tulusad väljad ning kujuneb pilt eri osade majandusväärtusest.

Variantide meetodi eeliseks on konkreetsus ja arusaadavus, puuduseks suur töömaht. Meetod on eelistatav väikeste maardlate ja maavara monotarbimise puhul.

2. Modelleerimine. Koostatakse maavara kaevandamise ja kasutamise majandusmatemaatiline mudel, mille sisendiks on mäendustingimuste tunnused: lasumissügavus, lasundi түsedus, põlevkivi ja kaevisse kvaliteet, vee-eritumus, katendi kooslus jne. Sisestatakse kõikvõimalikke kaevandamistehnoloogiaid iseloomustavad parameetrid: töö-, materjali-, kapitalimahukus jne. Tehnoloogiad ja mäendustingimused seotakse piirangute süsteemi kaudu. Peamisteks piiranguteks on taristu struktuur, kaitsealad, kõlvikute väärtus jne. Mudeli väljunditeks on kaubaliikide

kogused, nende kvaliteet ja maksumus. Näiteks põlevkivi puhul läheb kaubaks elektrijaamade kütus, õlitehaste toore ja rikastusjääk. Ehitusmaterjalide puhul moodustab kauba erineva kvaliteediga killustik.

Modelleerimise eeliseks on suur arvutusjõudlus ja variantide rohkus, puuduseks suur ettevalmistustöö maht ja usaldamatus nende poolt, kes mudeli tööprintsipi ei mõista.

Modelleerimise metodoloogia aluseid mäenduses selgitab õpiku [Eesti Mäendus II](#) 3. osa Optimeerimine kui analüüs. Modelleerimise kasutamist Balti põlevkivilevila rajoneerimisel on kirjeldatud õpiku autori venekeelsetes monograafiates.¹³¹

Keskkonnakaitseline rajoneerimine

Maardla kaevandamisväärne osa jaotatakse taristupiirangute, konkureerivate loodusressursside (kõlvikute) ning ajaloolis-arheoloogiliste ja looduskaitsete piirangualade alusel. Sisuliselt on tegu majandusliku rajoneerimise alljaotusega, kuna mistahes keskkonnakaitselist (ka looduskaitset) piirangut saab käsitleda majanduse aspektist, sest:

- mistahes piirangu tingimusi on võimalik täita piisavalt suurte kulude abil,
- piirangu saab viia arvutusmudelisse sisse, ja siis selgub selle majanduslik ekvivalent (mõttekus).

Kuna majandusarvutused ei ole paljudele keskkonnatundlikele isikutele arusaadavad ega vastuvõetavad, on taktikaliselt kavalam käsitleda

¹³¹ Рейнсалу Э., Кальювее Э., Фрайман Я., (1983). Экономико-математические модели прогнозирования развития добычи горючих сланцев. Наука, Москва.

keskkonnakaitselist rajoneerimisviisi maardla rajoneerimise iseseisva etapina.

Maardlate rajoneerimise tulemusi saab kasutada:

- mistahes maa- ja maavarakasutust käsitlevate arengukavade koostamisel, sh looduskaitsealade tekitamisel,
- valdade ning maakondade üld- ja detailplaneerimisel,
- maavarade väärtuse hindamisel, eriti nende kaevandamisõiguse hinna määramisel,
- maavarade kaevandamisest tuleneva saaste, jäätmete jt piirnormide kehtestamisel ning vastavate lubade andmisel.

Eestis on tõhusa rajoneerimise näiteid. Esiletõstmist väärib Ida-Viru maavalitsuse initsiatiivil koostatud [Ida-Virumaa põlevkivikaevandamisalade piirkonna ruumiline planeering](#) (2001.) Hilisem on eelpool viidatud TTÜ mäeinstituudi töö (2013). Midagi analoogilist tulnuks teha saanud Nabala lubjakivilevilas Harjumaal, kuid poliit-tehnoloogilistel põhjustel ignoreeriti maavara väärtust ja keskkonnahoidlikke kaevandamistehnoloogiaid ning piirduti sihtsuunitletud looduskeskkonna hindamisega, eesmärgiga – luua kohaliku elanikkonna häälekama osa rahustamiseks kaitseala.

3.4.2 Maardla evitamine

Evitamise tingimused

Kaevandamise arendajal ja projekteerijal tuleb maardla, kaevandusvälja või selle osa evitamisel teada, millised on:

- keskkonna seisund ja piirangud,
- ettevõtja võimalused,
- ühiskonna tavad.

Arendaja peab olema tasemel ja valima oskusliku projekterija, kes suudaks neid piiranguid, võimalusi ja tavaid arvestada.¹³² Tingimused, milles tuleb arendajal ja projekterijal tuleb tegutseda on korraldatud järgmisse tabelisse (Tabel 3.3).

Maavara varumine

Maavara varumine on maavara kaevandamise töö – maapõueressursi proovimine ja hindamine, selle vastavuse kontrollimine mäetööstuse nõuetele. Maavara varumine koosneb geoloogilisest, tehnoloogilisest ja majandus- ehk tasuvusuuringust ning kaevandamise keskkonnamõju hindamisest:

- geoloogiline uuring (*detailed geological exploration*) tuvastab maavaravaru omaduste ja koguse usaldusväärse,¹³³
- tehnoloogiline uuring (*technological study*) kontrollib maavara väljamise ja kasutamise võimalusi,
- majandusuuring (*feasibility study*), tõestab varu kaevandamisväärse, varu aktiivsuse ja/või passiivsuse,
- keskkonnamõju hinnang (KMH) kontrollib varu kaevandamise võimalikkust ja raamistab kaevandaja tehnika ja tehnoloogia valikud.

Maavara varumisel tekivad varu ja maardla

¹³² Siin ja edasises on juhitud ja vastavaid termineid kasutades kaasaegsest mäenduse klassikast, eelkõige:

a) *Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (edasisies – SME) Mining Engineering Handbook, edited by Peter Darling, Third edition, 2011, samuti*
b) *Howard L. Hartman, Jan M. Mutmanský, 2002. Introductory mining engineering. Second edition, John Wiley & Sons, inc.*

¹³³ Eesti maapõueseadus, lähtuvalt geoloogide paradigmast, laiendab mõiste 'geoloogiline uuring' kõigile maavara varumise tegevustele.

Geoloogilise uuringu kord on reglementeeritud maapõueseaduse normatiivaktiga ÜLDGEOLOOGILISE UURIMISTÖÖ NING MAAVARA GEOLOOGILISE UURINGU KORD JA NÕUDED NING NÕUDED FOSFORIIDI, METALLITOORME, PÕLEVKIVI, ALUSKORRA EHITUSKIVI, JÄRVELUBJA, JÄRVEMUDA, MEREMUDA, KRUUSA, LIIVA, LUBJAKIVI, DOLOKIVI, SAVI JA TURBA OMADUSTE KOHTA MAAVARANA ARVELEVÕTMISEKS.

Maavara varumise peamise töö, geoloogilise uuringu keskkonnamõju hindamise aluseks on KESKKONNAMÕJU HINDAMISE JA KESKKONNAJUHTIMISSÜSTEEMI SEADUS

Kogu maavara varumise alane tegevus peaks olema projektipõhine

Tabel 3.3 Mäendusliku projekteerimise tingimused – mõjurid, võimalused, tavad

Esmased	Teisesed
Looduslikud mõjurid – invariantised, st ei sõltu kaevandamise variantidest	<p>Geograafilised: kaitstavad objektid, taristu, kaasnevad loodusressursid (kõlvikud).</p> <p>Geoloogilised: insenergeoloogilised, mäemajanduslikud.</p>
Ettevõtte võimalused – variantised, sõltuvad kaevandamise variantidest	Ärilised: rahalised, juhtimisalased.
Ühiskonna käitumisaad – semivariantised, sõltuvad kaevandamise variantidest osaliselt ("nii ja naa")	<p>Seadusandlus: seadused ja normatiivaktid, lepped, sh rahvusvahelised, juhised, maksud.</p> <p>Tavad: ühiskonna hoiak, poliitilised vaated, otsustajate ajendid.</p>
Oskuste tase, mäendus ehk mäekunst	Arendaja ja projekteerija võimed: süsteemsus projekteerimisest juhtimiseni, kindel ja sätestatud tegevusala, mitmekülgne ohjamine ja hindamine, kutseline professionaalsus.

Tihti vaieldakse, kes peaks keskkonnamõju hindamist rahastama, et tulemus poleks kallutatud. Samuti vaieldakse, milliste kriteeriumite abil valida hindaja. Osapooltele tuleks selgitada, et KMH ei tehta mitte kaevandamise tõkestamiseks, vaid selleks, et arendaja teaks, milline on tema tegevuse mõju ja kuidas seda vältida, vähendada, korvata. Arendajat tuleb hoiatada, et tema teadmised keskkonnamõjust jäävad puudulikuks, kui ta koonerdab ning valib kõige odavama ja vähima pädevusega hindaja. Kahjuks seda tehakse ja mitte ainult kokkuhoiuks, ka tagamõttega – vähekogenud hindaja teadmiste pagas, kogemus ja andmebaas on puudulikud, seepärast saab ta hindamise lähteandmed, seisukohad ja lahendused arendajalt, kes ootab hindaja heakskiitu.

Tulemus võib osutuda haletsusväärseks.

Üldsuse reaktsiooni ohjamine

Kaevandamise arendajal ja keskkonnamõju hindajal on kasulik teada mõningaid mõjutamispsühholoogia põhitõdesid.

A. Maardla evitamise kavatsus ei ületa üldsuse teadvuse läve, kui sellest ei teavitata piisavalt.

Ametlik teade vallamaja tahvlil karjääri avamisest, isegi, kui see on kutse osa võtta keskkonnamõju hindamise kava avalikust arutelust, ei ärata piisavat tähelepanu. Siiski ei tähenda loid reaktsioon üldsuse ükskõiksust, ammugi mitte nõusolekut.

Arendaja, kes esialgsest nõrgast reaktsioonist endale positiivse järeltule teeb, saab karistada. Eriti, kui tagasihoidlik teavitamine oli taotluslik.

B. Mistahes projekt tekitab vastuseisu kui sellele ei kaasne üldarusaadav kasu kohaliku elanikkonna enamusele.

Parafraseerides — vastuseisu tekitab mistahes projekt, mis töötab kasu vaid teistele.

Selles mõttes on eriti ebasoodsas olukorras vähese ja spetsialiseeritud töötajaskonnaga kaevandavad ettevõtted, mis ei lisa paikkonda töökohti. Levib teave, et rajajatakse „**auk**“, millest võõrad inimesed ja suured masinad käivad aegajalt maavara võtmas. Omavalitsusele laekuv tasu maavara kaevandamise eest ei tarvitse olla kohalikele elanikele tajutav. Ida-Kabala välja fosforiidi uuringu kava tutvustav rahvakoosolek Rägavere vallas Lääne-Virumaal näitas selgelt, et eakaid puudutab ettevõttelt pensionifondi laekuv raha tunduvalt vähem kui arendajate omanikutulu.

C. Mistahes ettevõtmine, millel teatakse olevat keskkonnamõju, kutsub esile vastuseisu.

Enamgi — kui ei teata keskkonnamõjust, luuakse see oma ettekujutuses.

See ei ole pelgalt Eestis teda oleva fosforiidi fenomen, selline on kogu arenenud ühiskonna reaktsioon. Arendaja peab harjuma mõttega, et aeg on uus ja heaolu sümboliks ei ole enam rasketööstus — kivisöe, maakide, nafta, energia, relvade tootmine. Kaasaja prioriteediks on keskkonna seisund. Kuigi elementaarne loogika peaks ühiskonna iga liikme viima järeldusele, et kõik tarbivad, kes otseselt, kes kaudselt rasketööstuse tooteid, ollakse tööstusega nõus vaid siis, kui see on oma kodust eemal. Oma kodu ümbrust käsitletakse keskkonnana. Nii hoitakse oma mõtetest eemal kaks olulist asja:

- rasketööstus, ükskõik, kus ta ka ei paikneks, mõjutab igal juhul globaalset keskkonda ja
- oma kodu ümbrus on vaid tühine osa keskkonnast.

Vt ka [Keskkonna prioriteet loodusvarade kasutamisel](#).

D. Vastuseis on iseorganiseeruv nähtus, sellele tekivad liidrid.

Eriti laialdane vastuseis tekib, kui seda hakkavad toetama tunnustatud arvamusliidrid.

Vastuseisjate motiivid on erinevad:

- a) Triviaalne motiiv on kirjeldatud eelmises punktis (C). See annab vastuseisule massi. Triviaalne motiiv on selgitustega hajutatav, kuid mitte tõrjutav.
- b) Objektiivne motiiv on seotud kasu ja kahjuga, mis oli mainitud eelnevas (B). See on

määrav, sellega tuleb tegeleda. Kasu ja kahju on alati poliitiliste, majanduslike ja tehnoloogiliste meetmetega ohjatatav ja siin tuleb leida kompromiss.

c) Subjektiivne motiiv on mõne isiku või grupeeringu huvi, seisukoht. See võib olla objektiivselt tühine, näiteks vihavaen, või patoloogiline seisund. Kuid see võib olla seotud sooviga saada valitud volikokku või enam – Riigikokku. Subjektiivne motiiv on osutunud mäenduse praktikas äärmiselt oluliseks, sageli peamiseks. Seda pole võimalik demokraatlike meetoditega vältida, nullida ja tihtipeale isegi jälile saada.

E. Ajakirjandus rahuldab lugejate soove.

Kuigi ajakirjanik võib hoomata kõiki vastuseisu põhjusi, lähtub ta väljaande müügihuvist ja lugeja **tasemest ning tiražeerib** triviaalset motiivi.

Ajakirjanduse kaasamata jätmise juba projekti eeltöö faasis taandub esimeses punktis (A) mainitud nõrgale teavitamistööle. Mida rohkem ja varem saavad ajakirjanduse esindajad projekti tulukusest ja kahjulikust mõjust teada, seda asjalikum on pressis suhtumine. Tavaline viga, mida arendajad teavitamata jätmise kõrval teevad, on projekti kasulikkuse ühekülgne kiitmine. Siinkohal ei saa jätta meelde tuletamata, et kaevandamise projekti oluline osa on keskkonnamõjude tehnoloogiline ohjamine. Keskkonnamõju leevendusmeetmete selgitamine on palju olulisem kui triviaalse kasumlikkuse rõhutamine.

F. Projekti tutvustamisel, eriti keskkonnamõju hindamise ajal tuleb arvestada üldsuse vastuvõtlikkust, inimeste taju piire ja lävi

Üldsusele saadetava teabe vastuvõtjate tajumisvõime on erinev. On:

Pahausked, „ortodokssed“, põhimõttelised, veendunud, tugevate eelarvamustega vastuseisjad, kes ei kuula arendajate ega keskkonnamõju hindajate seletusi. Nende motiiv on triviaalne — nad teavad et kaevandamine on paha ja see on nende usk. Nad ei pea seletusi ega uuringuid vajalikuks, sest nad „teavad, et see pole nii“. **Neid pole palju, sotsioloogiliste uuringute kohaselt ligikaudu 20%.** ¹³⁴

Ebausksed järgivad pahausksete pajatusi, mida ajakirjandus levitab.

Vaegteadjad ei ole asjaga kursis, sest mäendus on niššiala, paikneb inseneriteaduste piirimail. Vaegteadjad ja ebausksed moodustavad nõrgalt motiveeritud enamuse.

Teadjad on eelkõige kaasaegse haridusega insenerid, objektiivsed loodusteadlased, majandusinimesed. Kui nad on projekti vastu, on nad objektiivselt motiveeritud. Neid on vähe, mäeprojektide puhul piisab nende loetlemiseks kahe käe sõrmedest.

Heausksed on need arendajad kes, üritades oma kavasad varjata, teevad asja veelgi halvemaks.

Kõigi nende seas on nii asjast huvitatuid kui ka osavõtmatuid.

Asjast huvitatud, eelkõige objektiivselt motiveeritud isikud, kuulavad mõlema poole seisukohti ja, välja arvatud pahausked, jäävad pooldama seda, kelle argumendid on veenvad

¹³⁴ Need, eelkõige arenenud majandusega heaaluriikides teada olevad isikud on rahvusvaheliselt tuntud kui NIMBY'd (*Not In My Back Yard*). Käesolevas, mäendusele pühendatud tekstis kasutame nimetust 'kaevandamisvastased'.

või kasulikud. Tavaliselt moodustavad asjast huvitatud isikud publiku arvukama osa.

Juhul, kui mõni osapool on spetsiaalselt kaasanud avalikku arutellu osavõtmatuid ja neid mingil moel (erivahenditega) aktiveerinud, võivad need avaldada vastuseisu. Kuigi osavõtmatud ei pruugi olla elu heidikud ega motivaatorist sõltuvad, tunnevad nad huvi ikkagi vaid hetkelise isikliku kasu vastu.

Aus selgitustöö peab olema suunatud asjast huvitatud isikutele. Selgituste eesmärk on publiku teabealdi osa seisukohtade kallutamine projekti kasuks ja projekti põhimõtteliste vastuseisjate väidete kummutamine asjast huvitatute silmis. Kui projekti subjektiivselt motiveeritud vastased on kasutanud üldsuse mõjutamiseks valeväiteid, on võimalik neid korrale kutsuda, kasutades äraproovitud meetodit LÄTAK (= legaalne ähvardamine takistamiseks avalikkuse kaasamist) rahvusvahelises meediakeeles SLAPP (strateegiline kohtuasi avalikkuse osalemise vastu). See tähendab, kui mõni projekti vastane on avalikult levitanud üldsuse hirmutamiseks ilmset valet, antakse ta kohtusse. Maailma praktika näitab, et see mitte ainult ei summuta subjektiivset vastuseisu, vaid toob laiemal avalikkuse ette ka projekti tõelise olemuse.

Eeltoodut võiks illustreerida arvukate kaasuste abil. Võiks isegi nimetada tüüpisikuid, kes tihti osalevad mitmesuguste projektide ja keskkonnamõju hindamiste aruteludel, sõltumata, kas projekt neid isiklikult puudutab või mitte.

3.4.3 Tasuvusuuringud

Majandushinnang on maardla hõlvamise lahutamatu osa. Tasuvusuuring – majanduseksperdi või -büroo piisava põhjalikkusega tehtud tulude/kulude analüüs peab looma selguse, kas maardla hõlvamine, mäeeraldise evitamine ja maavara kaevandamine on tasuv ja kui jah, siis millistel tingimustel.

Positiivse vastuse puhul alustatakse või jätkatakse maavara uuringut, kaevanduse projekteerimist ning investorite otsingut.

Kaevandamise eeltööde staadiumis tehtavate tasuvusuuringute protseduurid (tööd), nende põhjalikkus ja maht on vastavuses maavara varumise järkudega. Eri järkude tööde maksumus ja kestus võivad olla vägagi erinevad, kuid igal juhul tuleb arvestada mitmete aastatega, kui mitte kümnenditega. Selle kinnituseks olgu diagramm (Pilt 3.7), millel diagramm illustreerib Panguna vase, kulla ja hõbeda karjääri, maailma ühe suurema ja teadaolevalt üsna kriminaalse majandustegevusega mäeettevõtte ehitamise eeltööd Paapua Uus-Guineas. Maagiotsing algas eelmise sajandi kuuekümnendail, karjäär evitati 1964...76 ja kaevandamine lõpetati 1989. Evitamise maksumus, nagu diagrammilt näha, oli ligikaudu 400 mln Austraalia dollarit.

Tabel 3.4. Tasuvusuuringute protseduurid ja neile vastav maavara varu

Maardla hõlvamise eeltöö järk ja tulem	Tasuvusuuringu staadiumid erinevates mõistestikes		
	Hope, 1972 *	Gentry, 1979 **	ÜRO klassifikatsioon, 2009 ***
Maavara otsing – tekib reservvaru		Võimaluste hinnang – <i>Order of Magnitude</i>	<i>Geological Study</i>
Maavara uuring – tekib tarbevaru	Otsustav hinnang – <i>Feasibility Study</i>	Eel-hinnang – <i>Preliminary Study</i>	<i>Pre-feasibility Study</i>
Maavara hinnang ehk tasuvusuuring – tekib aktiivne varu	Turu-uuring – <i>Marketing</i>	Otsustav hinnang – <i>Feasibility Study</i>	<i>Feasibility Study & Mining Report)</i>
Kaevandamisloa taotlemine – tekib kaevandatav varu	Rahastamis-taotlus – <i>Finance</i>	Üksikasjalik hinnang (eelarve) – <i>Details</i>	

* *Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME) Mining Engineering Handbook, edited by Peter Darling, Third Edition.*

** [Mäemajandus](#), lk 103.

*** [UNITED NATIONS FRAMEWORK CLASSIFICATION FOR FOSSIL ENERGY AND MINERAL RESERVES AND RESOURCES 2009; INCORPORATING SPECIFICATIONS FOR ITS APPLICATION.](#)

Tasuvusuuringuks kasutatakse Eesti mäenduse praktikas TTÜ mäeinstituudis loodud programmeeritud metoodikat. Näide, kuidas seda rakendati Maardu graniidikaevanduse rajamise tasuvusuuringus vt [Näide 3.13. Väljavõte Maardu II graniidikaevanduse tasuvusuuringust](#). Programm töötab Exceli keskkonnas. Arvutuste lähtekohaks on objekti eelprojekt, mille alusel otsitakse ja sisestatakse masinate ning seadmete hinnad, arvutatakse mäetööde maksumus, töötajate arv jne. Masinate hindade ja käituskulude kalkuleerimisel kasutatakse juhiseid, mida tutvustab õpik [Mäemajandus](#): 1.3.5.; 1.3.6; 1.3.7. ja 3.1.5. ning 3.1.6. Aluseks, nagu mistahes äriplaani, on kavandatav toodangu müügi maht ja sellest saadav sissetulek. Müügitulule vastandatakse maavara varumiseks, kaevanduse rajamiseks ja mehhaniseerimiseks tehtav kapitalikulu (investeering), väljamise käituskulu, maksud, laenu kustutamine, intressid jne. Kogu võrdlus tehakse aastate kaupa, kuni investeerimislaen on kustutatud ja ettevõtte „kasumis“. Pika perioodi tulude-kulude analüüs nõuab inflatsiooniga arvestamist, intresside muutumise ja tootmisressursside, nagu tööjõud, elektrienergia, kütused jne maksumuse kasvu sisestamist mudelisse ja seda arvutusmudel ka võimaldab. Sissetuleku lähteandmed, st toodanguliikude kogused ja hinnad ning kaevandamiskulude perioodid – seadmete soetamise, laenude võtmise ja kustutamise ajad on varieeritavad. .

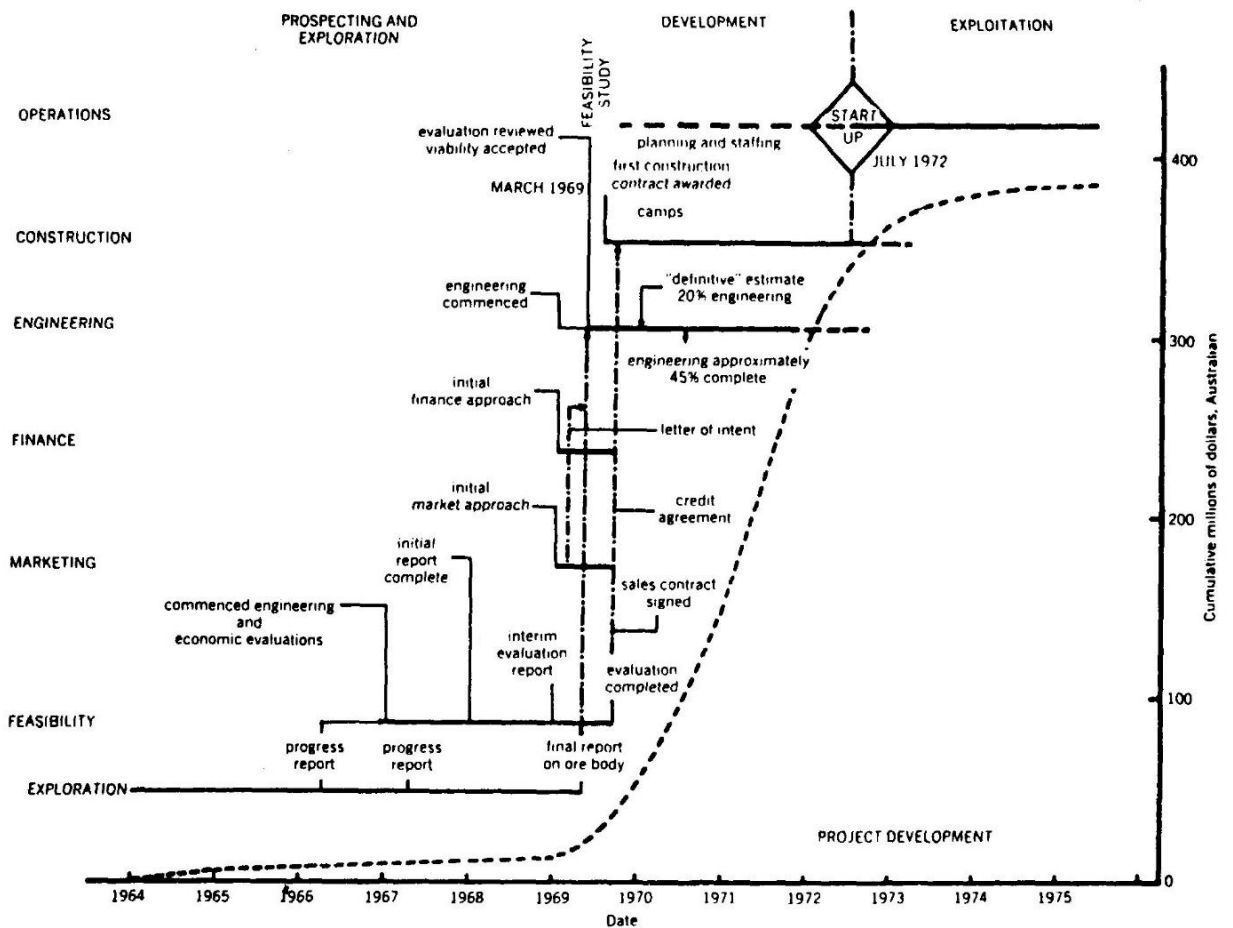


Fig. 1.2.3. Stages in the life of a mine. Relationship between planning steps during exploration and development and expenditures preparatory to mining a large copper open pit—Bougainville mine, Papua New Guinea. (Hope, 1971. By permission from Institution of Engineers, Barton, Australia.)

Pilt 3.7. Maardla hõlvamise aja diagramm

Äriplaani headuse kriteeriumiks on tulu sisenorm (%), mille puhul prognoositava perioodi ajaldatud sissetuleku (diskonteeritud kassavoo) ning sama ajavahemiku ajaldatud investeeringute vahe on positiivne. Kassavoogu reguleeritakse toodangu hinna varieerimisega.

Maavarade kaevandamise tasuvusuuringuid tehes olgu teada, et kaevanduse projekt on kõrgete riskidega. Tagamaa on mineraaltoormeturu määramatus, riigi ebakindel majandus, ühiskonna ärritatud hoiak ja meelsus ning riikidevahelised suhted. Kuna tasuvusaeg on pikk ja risk kõrge, nõuavad investorid kõrget tulukust. Näitena esitatud Maardu graniidikaevanduse tasuvusuuringus välja toodud investeeringute tasuvus 5% ei rahulda rahvusvahelisi investoreid. Vaikimisi on

nende nõue vähemalt 15%. See on põhjus, miks Maardu graniidiprojektid vaibusid alates ajast, kui sinna kavandati Tallinn-Helsingi tunneli portaali (1994), kuni selleni, kui sinna pakuti akumuleeriva elektriijaama rajamist (2008).

3.5 Kaevanduse projekteerimise tegevused

3.5.1 Maavara varumise projekteerimine

Ka maavara varumist tuleb projekteerida. Maavara varumise ehk geoloogilise uuringu projekti koostamise aluseks on uuringuluba ja uuringuloa omaja poolt koostatud antud lähteülesanne. Projekti lähteülesandes peab arendaja ette andma maavara vajaliku koguse ja selle ning kaaskivimite kvaliteedi- ja lasumistunnused mida mõõta, kivimite mehhaanilised omadused, et projekteerida kaeveõõsi ning peamine – varu kaevandamisväärse piirtingimused (*cut-off-grades*). Üksikasjalikult sellest vt [Eesti Mäendus II](#) osa 2.4. Maavara uuringu projekteerimine.

Seni ei ole maavara uuringu projekti koostamine saanud üldiseks nõudeks. Endiselt ollakse seisukohal, et piisab, kui uuringut tellides nõutakse töö tegemist vastavust kehtivale korrale. Lihtsas geoloogilises situatsioonis võib sellest seisukohast lähtuda, kuid piisava rahastamise ja usaldusväärse keskkonnamõju hindamise tarbeks on projekt ainuõige tee. Mingil määral on mõte projekti mittevajalikkusest tingitud maapõuressursside kasutamist reguleeriva ametkonna inseneriteadmiste ja stimuleerimise kasinusest.

3.5.2 Kaevanduse põhiparameetrite määramine

Kaevanduse mõistlik iga

Kaevandust projekteerima asudes ja isegi kaevandamisõigust ilma projektita taotledes peab töösturil ja tema projekteerijal, samuti kaevandamisloa andjal olema põhjendatud teadmised, kui kaua ettevõtte tegutseb. See on kaevanduse iga, formaalselt – kaevandamisloa kestus.

Eelmise majanduskorra ajal kehtis põlevkivikaevanduste jaoks kivisöetööstuse tava, mille kohaselt kaevandus projekteeriti 40 aastaks. Eesti maapõueseadus järgib seda ja annab kaevandamise tegevusloa (kaevandamisloa) kuni 15...30 aastaks. Vajadusel võidakse luba pikendada jääkvaru väljamiseks, korrastamiseks ja mõnel muul olulisel põhjustel kuni 5 aasta kaupa.

Majandustegevuse kogemuse kohaselt ei ole aeg, milleks äritegevust saab ette plaanida, pikem kui 20 aastat. See tekitab loomuliku kahtluse kauem kestva kaevandamise majandusliku põhjendatuse suhtes.

Kaevanduse ea määramine on keeruline, mistõttu kaevandamiskavasid tegevad ja otsuseid langetavad isikud üritavad seda vältida. Et veidigi kergendada otsuste langetamist, käsitleme järgnevas mõningaid kaevandamise kestuse määramise meetoodilisi võtteid.

On teada, et kaevandus või maardla avatakse parimas kohas ja et töö käigus kaevandamiskulu kasvab kuni ettevõtte muutub kahjumlikuks. Selle põhjal võiks mõelda, et kaevandamise intensiivsus, millest sõltub kaevandamiskulu

kasvu kiirus ja vajadus pidevalt tõsta toodete hinda, võiks olla aeglasem kui hinnatõus mineraaltoorme turul. Kaevandamise intensiivsuse näitaja ongi kaevanduse projekti teine lähtearv – aastatoodang, millest edasises.

Mäenduse klassikast on leitav nn Taylori reegel, mida USA mäetööstuse tasuvusuuringutes kasutatakse kaevanduse ea määramiseks.¹³⁵ Selle kohaselt kaevanduse iga L väljendub

$$L = 0,2 T^{0,25}$$

kus, nagu originaalis on:

L – (*mine life*), a;

T – (*total tonnage*) summaarne toodang kaevanduse töötamise vältel, st (*short ton*);

0,2 ja 0,25 – empiirilised kordajad.

Siin astendaja 0,25 on elastsus(tegur), mis tähendab, et kaevanduse ea pikendamisel 1% võrra, kasvab kaevanduse kogutoodang keskmiselt 0,25% võrra.

Eestis tegutsenud ja nüüdseks suletud seitsmeteistkümne põlevkivikaevanduse ning -karjääri kestust analüüsidest saab Taylori reegel teised parameetrid:

$$t = 7,3 \Sigma A^{0,17}, \text{ Mt}$$

kus meie tähisteks on:

t – kaevanduse eluiga, kestus, a;

¹³⁵ [Camm, T.W., 1991. Simplified Cost Models For Prefeasibility Mineral Evaluations.](#) U.S. Bureau of Mines, Information Circular 9298, p 4, ref.: Taylor H.K., 1978. Mine valuation and feasibility study, Ch. in mineral industry cost, 2 ed., pp 1...17

ΣA — summaarne, kogu tegutsemise vältel müüdnud toodang, tuh t, mis on ligikaudu võrdne väljatud varu suurusega;

7,3 ja 0,17 — empiirilised parameetrid, mis kehtivad ainult Eesti põlevkiviettevõtete kooslusele.

Sõltumatud kordajad 0,2 ja 7,3 on erinevad, sest toodangu mahu ühikud (tonnid) pole meil ja USA-s samad. Elastsus, ehk toodangu kasvu tundlikkus kaevanduse ea suhtes on põlevkivil väiksem kui USA maagikaevandustel. Ilmselt sõltub see meie majandustegevuse väiksemast intensiivsusest ja üle elatud sõjast.

Kui juhinduda siin toodud seosest, võib defineerida põlevkivikaevanduste nn mõistliku ea sõltuvalt kaevandatava varu suurusest. Näide sellest on järgmises tabelis.

Tabel 3.5 Empiiriliselt tuletatud põlevkivikaevanduse mõistlik iga

Varu suurus		Kaevanduse mõistlik iga aastates
Mt	tuh t	
0,001	1	7
0,01	10	11
0,1	100	16
1	1000	23
10	100000	51

Kas retrospektiivne seos/reegel on mõistlik ja kõlbaks ka muude maavarade jaoks, sobib tudengile uurimistööks.

Aastatoodang

Aasta jooksul müüdnud toodangu kogus on kaevandamise intensiivsuse tunnus, kaevanduse võimsus. Ressursi seisukohalt on see maardla ammendamise kiirus. Aastatoodang sõltub

müügi võimalustest ja tuleb määrata ning põhjendada äriplaaniga.

Mäetööstuse toodangu – kütuste, tehnotoorme ja ehitusmaterjalide turg on muutlik. Kui kütuse kaevandus töötab koos soojuselektriiga, on keskmine aastatoodang enam-vähem teada ja muutub vaid sesoonselt. Toormaterjalide kaevandused sõltuvad oma toote kasutaja lõpptoodangu: õli, metallide ja keemiatoodete turust, mis on ebastabiilne. Ehitusmaterjalide tooret tootvad ettevõtted on enam-vähem samas olukorras, välja arvatud karjäärid ja maardlad, mis avatakse üksikute projektide varustamiseks. Selliste karjääride tootus iga vaevalt ületab ehitusprojekti kestust. Suuremate üksikprojektide tüüpnäited on: Muuga sadam Harjumaal, Via Baltica ja Rail Baltica Lääne-Eestis ning Tallinn-Tartu maantee läbi Eesti.

Vajalik varu

Eesti korra kohaselt on maavara varu kogus määratud kaevandamisloaga. Loas on kirjas eraldi mäeeraldise varu ja kaevandamiseks sobiv, kaevandamisele kuuluv, formaalselt – kaevandatav varu.¹³⁶ Nii mõnigi kord on projekteerima asudes kaevandamisluba olemas ja varu sellega määratud. Õigem oleks siiski enne kaevandamisloa taotlemist hankida teavet kaevandamise tehnoloogia kohta, visandada projekt või teha eelprojekt, sest alles siis võib selguda kaevandatava varu tegelik suurus.

Varu kogus peaks vastama ettevõtte kestusele ja võimsusele:

¹³⁶ Siin ja edaspidi märgib sõna 'formaalselt' ametlikku, seadusandluses kasutatavat terminit

$$KV = t \times A_k,$$

kus:

KV — maavara kaevandatav varu, tuh t (tuh m^3);

t — ettevõtte tööiga, kestus, kaevandamiseks kasutatav aeg, formaalselt — kaevandamisloa kehtivusaeg, a ;

A_k — keskmine aastatoodang, aasta jooksul kasutatud varu, formaalselt — kaevandamise keskmine aastamäär, tuh t/a (tuh m^3/a).

Juhul, kui mingil põhjusel on mäeeraldise kasutajale kehtestatud kaevandamise maksimaalne aastamäär, lähtutakse sellest.

Maapõueseaduse kohaselt ei tohi mäeeraldise kaevandatava maavara kogus olla suurem kui kaevandamise keskmise aastamäära või kaevandamise maksimaalse aastamäära ja kaevandamisloa kehtivusaja korrutis, seega

$$KV < t \times A_k < t \times A_{\max},$$

kus A_{\max} — maksimaalne lubatud aastamäär, aastatoodang, aasta jooksul kasutatud varu, tuh t/a (tuh m^3/a).

Kaevandamisloa kehtivusaeg t on ajavahemik loa saamisest kuni kaevandamise lõpetamiseni — varu registrist kustutamise ja teenindusmaa ümberregistreerimisega maakatastris. Seega kuulub kaevandamisloa kestuse sisse kaevanduse avamiseks ja sulgemiseks kuluv aeg — perioodid, kui varu peaaegu ei väljata. Nii on kaevandamisloa kestus alati pikem kui maavara intensiivse väljamise aeg ja võib näida, et kehtivusaja ja varu kasutamise aastamäära korrutis annab vajalikust suurema varu. Tegelikult on kaevandamiseks võetud varu

hulgas alati kõlbmatut (olematut) varu. Samuti läheb osa varu raisku, kustutatakse maavara kaona. Need asjaolud kompenseerivad valemisse peidetud näilise ülevarumise.

Mäendusega vähe kursis olevas ringkonnas nimetatakse kasutatud varu toodanguks. Tegelikult erinevad kasutatud varu maht ja toodang kogus teineteisest tunduvalt. Kasutatud varu kogus on toodangust suurem maavara kao, töötlemisjääkide ning kaubaks kõlbmatu maavara osa võrra. Samuti kasvatab toodangut kauba niiskus ja kaaskivimid, mis ei ole maavara varus sees. Maapõueseaduses mõistetakse kaevandamise keskmise aastamäära all aasta jooksul väljatud varu kogust. Mõistet 'maavara kadu', mis koos väljatud varuga moodustab kasutatud varu, välditakse.

Näide 3.2. Üks kaevandus maardlas

See on tavaline väiksemate ja keskmiste maardlate – maagikehade, läätsede, küngaste jne puhul. Sel juhul hõlvab kaevandus kogu maardla varu ja kehtib seos

$$t \times A_k = KV = \text{const},$$

millest t ja A_k optimaalsed väärtused tuleks määrata majandusarvutuste abil.

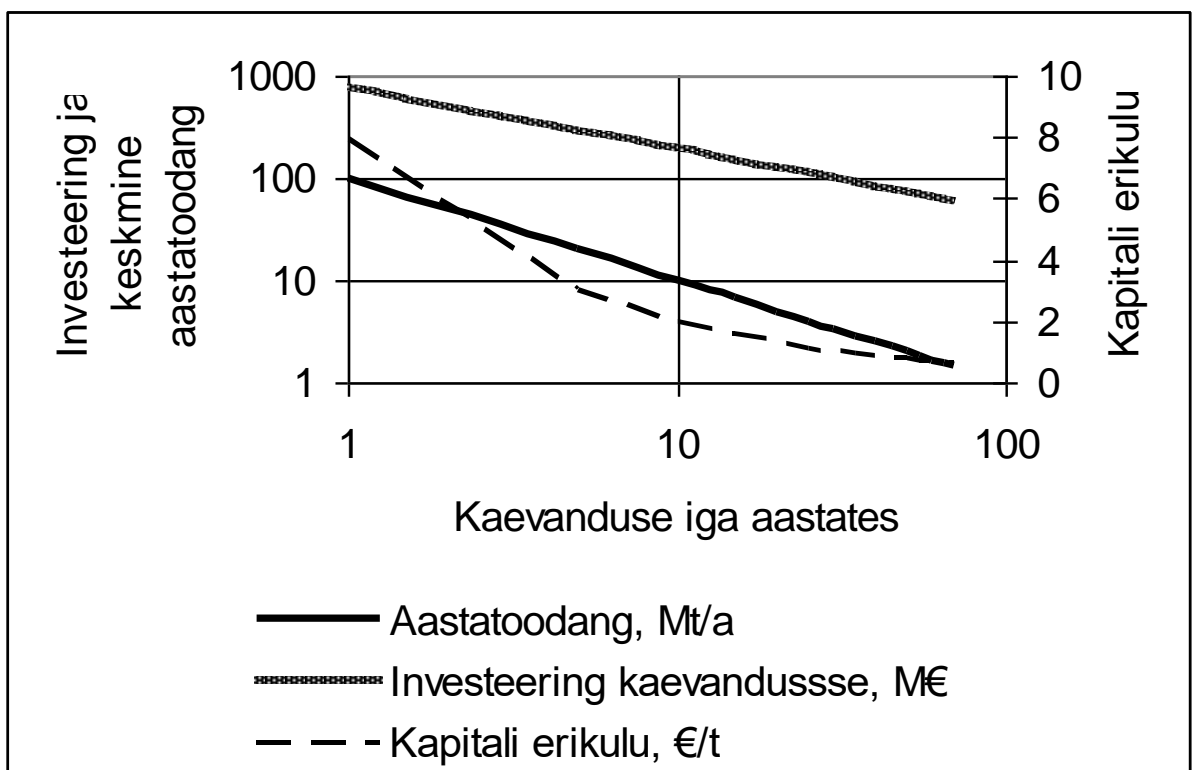
Keerukust vältivalt võib kaevanduse ea ja aastatoodangu vahelist optimaalset suhet hinnata järgmiste kalkulatsioonide abil, mida illustreerib järgnev diagramm (Pilt 3.8). Näiteks on võetud väli, millel on 100 Mt varu. Suhtest $t \times A_k = 100$ saadud seos $A_k = 100 / t$ on kujutatud graafikuna.

Suur aastatoodang eeldab suurt kaevandust. Mida suurem kaevandus, seda kallim. Investeeringut kaevanduse rajamiseks saab hinnata Nelsoni valemiga ¹³⁷

$$K = c \times A_k^{0,6}$$

kus c on kaevanduse erimaksumus (kapitalimahukus), näiteks **50 €**/t.

Mida kauem soovitakse maardlat kasutada, seda väiksemaks kujuneb keskmine aastatoodang ja seda väiksem ning odavam on kaevandus ehk investeering (K , M€). See on graafikul. Samuti on seal kapitali erikulu varu tonnile, mis on investeeritava summa ja varu koguse jagatis (K / KV , €/t)



Pilt 3.8 Seos kaevanduse suuruse ja ea vahel
Näide on illustratiivne, arvud on tinglikud. Iga projekti tarbeks tuleb teha oma arvutus.

¹³⁷ [Mäemajandus](#) lk 28

Näide 3.3. Mitu kaevandust maardlas

See on tavaline suurte kihtmaardlate puhul. Iga kaevandus hõlvab ühe osa maardlast, oma kaevevälja, mäeeraldise. Välja varu määratakse lähtuvalt toodangu mahust. Seos kauba ja varu vahel on kujutatav skeemiga:

$$\begin{aligned} & \text{Kogu tegutsemisaja vältel toodetav kaup,} \\ & \text{summaarne kaubatoodang } (\Sigma A) < \\ & < \text{kogu tegutsemisajal väljatud kaevis } (\Sigma K) < \\ & \quad < \text{kaevandatav varu } (KV) < \\ & \quad < \text{vajalik aktiivne tarbevaru } (ATV) < \\ & < \text{mäeeraldise varu } (MV) \sim (\Sigma A) < (\Sigma K) < (KV) < \\ & \quad < (ATV) < (MV) \end{aligned}$$

Sammhaaval (1...5):

1. Kaubatoodangu ja kaevis vahel kehtib seos

$$\Sigma K = \Sigma A / \delta,$$

kus δ on kauba saagis kaevis rikastamisel. Saagis leitakse rikastusskeemi abil.

2. Kaevis ja kaevandatava varu koguste vahel kehtib seos

$$KV = K / (1 - k) \times (1 + d),$$

kus:

d – aherdustegur ja

k – kaotegur.¹³⁸

Kaotegur arvestab ainult kaevandamiskadu st väljamata jäänud maavara tugi- ja tõkketervikutes, samuti selektiivsel väljamisel maha jäetud varu osa. Kaitstavate objektide hoidetervikud, karjääri pervetervikud,

kaeveväljade vahelised ehk barjäärtervikud moodustavad üldkao ega kuulu kaevandatava varu hulka.

3. Üldkao tõttu tuleb suurendada mäeeraldise varu

$$ATV = KV + \text{üldkadu.}$$

Kuid mäeeraldise varu peab ikkagi olema suurem kui kaevandamiseks vajalik varu. Mäetöö käigus tuleb alatihti ilmsiks, et osa varust on kaevandamiskõlbmatu. Maailma mäenduse praktikas nimetatakse seda [geoloogiliseks riskiks](#).

Tavaliselt muudavad varu kaevandamiskõlbmatuks uuringul avastamata jäänud mitut liiki lasumis- ja settimishäired nagu karsti- ning ja lõhevööndid, vajunud ja kerkinud alad, aga ka kahjulike lisandite sisalduse lokaalne suurenemine jne. Avastamata jäänud häirete tõenäosus on seda suurem, mida pealiskaudsem on uuring, mida vähem on proovikohti. See on tavaline, kui kaevandada on võetud reservvaru. Geoloogilise riski vähendamiseks ongi seatud nii, et kaevandust tohib projekteerida ja rajada vaid kõrge uurituse astmega (kategooriaga) varule — Eestis tarbevarule, endistes sotsialistlikes maades A ja B kategooria varule.¹³⁹

Kui kaevandamise käigus ilmneb, et mingi osa varust on kaevandamiskõlbmatu, tuleb see fakt ja selle põhjused dokumenteerida ning taotleda kaevandamiskõlbmatu varu arvelt (registrist) maha kandmist. Tihti seda ei tehta, sest kaevandamiskõlbmatu on suhteline ja kaevandaja loodab ning

¹³⁹ Eesti mäendus, 2011, Varu jaotamine usaldusväärse alusel, samuti [Eesti mäendus II](#), 2013. p 2.3.3. Maardla kvaliteedi tagamine

keskkonnateenistus manitseb, et majandusolude paranedes ning tehnoloogia täiustudes leiab võimalusi selle varu kasutamiseks.

4. Geoloogilise riski vähendamiseks tuleb vajaliku varu kogust suurendada

$$MV = ATV / \pi$$

kus π on geoloogiline usaldustegur, mis sõltub varu uurituse tasemest.¹⁴⁰

5. Kihtmaardla puhul kehtib kaevevälja suuruse ja varu koguse vahel seos

$$S = MV / \rho$$

kus:

S – kaevevälja (mäeeraldise) pindala km²,
 ρ – keskmine kihi tootlus väljal, põlevkivil, t/m², ehitusmaterjalidel, m³/m² (= tootus paksus, m), fosforiidil t.P₂O₅/m².

Esitatu kohta järgnevad mõned näited.

Näide 3.4. Ehitusmaavara mäeeraldise arvutamine

Arendaja soovib seitsme aasta vältel toota 140 tuh t ehituskillustikku aastas. Kui suure mäeeraldise peab ta hankima paemaardlas, kus aktiivse tarbevaru tasemel uuritud maavaralalasundi keskmine түsedus on 6 m? Killustiku saagis paemassiivi kuupmeest, kaotegur, aherdustegur ja üldkadu pervetervikutes on teada kogemuse, tehniliste kalkulatsioonide ja eelprojekti alusel.

Geoloogilise usaldusteguri leiab õpikutest.

¹⁴⁰ [Mäemajandus](#) lk 16

Sedalaadi arvutusi tuleb teha tabelarvutusprogrammiga, et lähteandmeid varieerides saaks kalkuleerida mitmeid variante. Arvutuskäik vt Tabel 3.6 vastav veerg.

Eesti praktikas tavaliselt nii ei tehta. Kaevandamislubasid taotletakse ja saadakse ilma, et varu ja välja suurus oleksid tehniliste arvutustega, veel vähem äriplaaniga põhjendatud. Kuna maa hind on odav ja maavara varu eest ei tule üldse maksta, üritab taotleja saada võimalikult suurt mäeeraldist, kasvõi selleks, et piirata konkurentide tegevust maardlas.

Näide 3.5. Kaevandusvälja koostamine mitmest varuplokist

Ülesanne — koostada mäeeraldis uuringul kontuuriitud erineva usaldusväärusega varu plokkidest.

Sedalaadi tööd tuleb teha, kui uuringu teostaja on varu plokinud kaevandamise võimalusi ja projekteerimise reegleid teadmata. See on tavaline muutliku majanduspoliitikaga riikides, kus varasemad geoloogilised tööd (otsingud) on tehtud erinevate firmade poolt ja eri huvides. Nii on see Eestis, kuid seda on kohatud ka neis riikides, kuhu meie arendajad on kavandanud mineraaltoormetööstust eksportida.

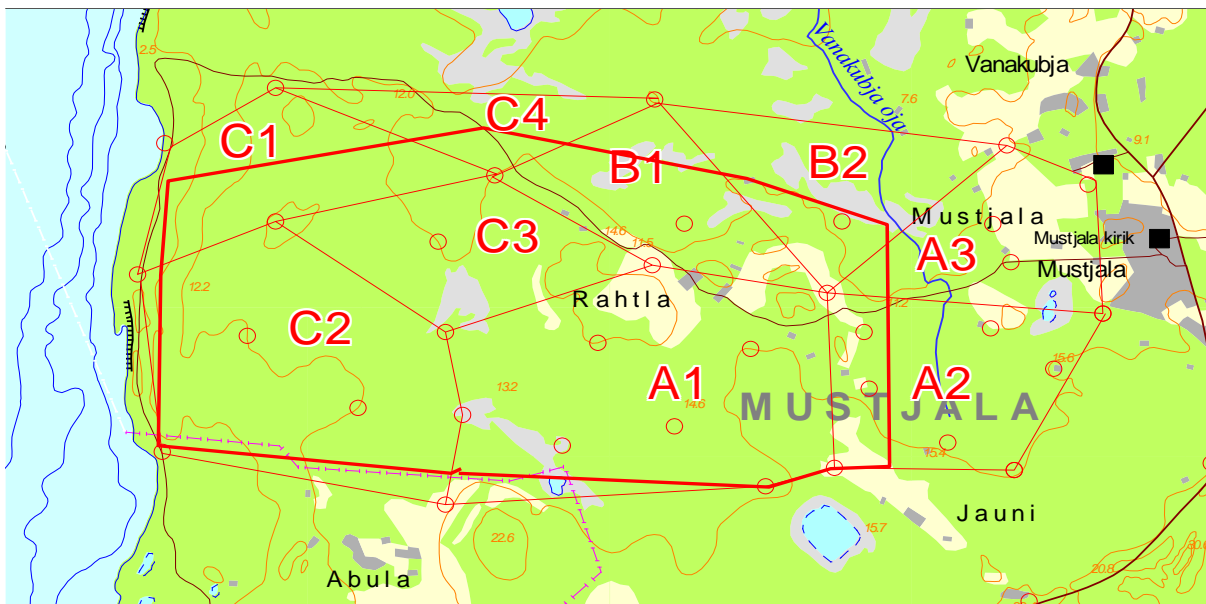
Tabel 3.6 Arvutustabeli näidis

Lähteandmed	Tähis	Näide nr		Ühik	Märkus, seletus:
		3.4	3.5		
Keskmine aastatoodang	A_k	140	458	tuh t	killustikku
Kaevandamise kestus	t	7	8,8	a	Kaevandamis-luba 10 aastat
Killustiku saagis	δ	2	2	t/m ³	muutub seoses tarbimisega
Kaotegur	k	0,1	0,1	10%	uuringu alusel
Aherdustegur	d	0,05	0,1	5%	uuringu alusel
Üldkadu		50	100	tuh m ³	mäeeraldise plaanilt
Kihi түsedus ehk tootlus	ρ	6		m	uuringu alusel
Geoloogiline usaldustegur	π	0,8	0,72		Mäemajandus , tabel 1.8
ARVUTUS					Tehete valemid*
Summaarne kaubatoodang	ΣA	980	4051	tuh t	$Ak^* t$
Kogu väljatud kaevis	K	490	2026	tuh m ³	$\Sigma A/\delta$
Vajalik kaevandata varu	KV	573	2501	tuh m ³	$K / (1 - k) \times (1 + d)$
Vajalik aktiivne tarbevaru	ATV	623	2601	tuh m ³	$KV + \text{üldkadu}$
Mäeeraldise varu	MV	779	3612	tuh m ³	ATV / π
Mäeeraldise pindala	S	12,98		ha	$10^* MV / \rho$

* Valemid on eksperdi ja tellija jaoks.

Näite aluseks on täiesti hüpoteetiline uuringuväli, millel pole mitte mingit seost geoloogilise ega geograafilise taustapildiga (Pilt 3.9). Uuringuväli koosneb ammu uuritud üheksast erineva kategooriaga (A, B, C) erineva usaldusväärusega varu plokkidest. Kõigis

plokkides on määratud varu suurus ja kvaliteeditunnused. Andmed vt Tabel 3.7 Tehnolubjakivi varu andmed hüpoteetilisel uuringuväljal ja 1. variandi lahend.



Pilt 3.9 Tehnolubjakivi üheksast varuplokkist koosnev hüpoteetiline uuringuväli.

Käsitlemise kahte peamist lahendusvarianti:

1 — leida selline varuplokkide kooslus, mis tagaks mäeeraldise maksimaalse varu nii, et selle keskmised kvaliteeditunnused vastaksid nõuetele;

2 — leida samadel tingimustel suurima usaldusväärusega varu.

Võimalikud oleksid teisedki variandid:

3 — plokkide kooslus peab tagama maksimaalse kasuliku aine sisalduse mäeeraldise varus;

4 — sama, tagamaks minimaalse kahjuliku aine sisalduse.

Tegemist on lihtsa optimeerimisülesandega, mis lahendatakse õpiku Eesti Mäendus II p 3.3.2 juhiste kohaselt. Lähteandmete Tabel 3.7 on kujundatud selliseks, et kasutada Exceli protseduuri Solver.

Punased ringikesed pildil tähistavad kunagiste puuraukude asukohti. Neist mõningate alusel on uuringugeoloog kujundanud varuplokkide piirid (peen punane joon). Jäme punane joon piiritleb kaevandamisloa taotleja esialgset soovi saada mäeeraldiseks selline osa leiukohast.

Tabel 3.7 Tehnolubjakivi varu andmed hüpoteetilisel uuringuväljal ja 1. variandi lahend

Plokk	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	C3	C4	Sum/Avg		Piir
Uuringuvaru	1844.7	330.7	564.4	596.3	328.5	158.1	441.9	3819.4	311.1	8395.2		
Sisaldus %												
CaO	52	51	50	48	46	44	45	43	46	50.0	>	50
MgO	2	3	1	4	2	5	4	3	3	2.1	<	2.1
Savi	2	3	4	2	1	2	3	4	1	2.3	<	3
Tootlus												
CaO	95926	16866	28220	2122	15113	0	0	8436	14310	180994		
MgO	3689	992	564	177	657	0	0	589	933	7602		
Savi	3689	992	2258	88	329	0	0	785	311	8452		
Usaldus	80.0	80	80	60	60	40	40	40	40	72		
Tõenäoline varu mäeeraldisel	1475.8	264.6	451.5	26.5	197.1	0.0	0.0	78.5	124.4	2618.4	>	2500
Osalus mäeeraldisel	1.00	1.00	1.00	0.07	1.00	0.00	0.00	0.05	1.00	0.72		
Uuringuvaru mäeeraldisel	1844.7	330.7	564.4	44.2	328.5	0.0	0.0	196.2	311.1	3619.9		

Selgitusi tabeli veergude ja ridade sisu kohta:

- A, B ja C tähistavad uuringu ajal kehtinud varu kategooriat;
- varu koguse ühik on tuh m³;
- tootlus on varu koguse ja kasuliku/kahjuliku aine korrutis,
- tõenäoline varu on väiksem kui uuritud, sest on arvestatud uurituse usaldus(teguri)t;
- osalus mäeeraldisel (arv 0..1 \cong 0..100%) on optimeerimise tulem – nii suur osa plokist tuleb võtta mäeeraldisse;
- uuringuvaru on varu kogus geoloogilise uuringu kohaselt;
- uuringuvaru mäeeraldisel sõltub sellest, kui suur osa plokist võetakse mäeeraldisse, kuid see pole veel kaevandatav varu;
- tabeli parempoolsetes veergudes (paremalt vasakule) on:
 - lubatud/soovitud piirväärtused,

- o tingimus — tulem peab olema suurem/väiksem, kui kas koguste ja tootluste summa (Sum) või kvaliteeditunnuste ja usaldusemäära kaalutud keskmine (Avg).

Variant 1. Maksimeerida varu

Lahendus vt Tabel 3.9

Nagu näeme, suurim varukogus, mida sellelt uuringuväljalt võib saada, tingimusel, et kõik kvaliteeditunnused vastaksid nõuetele, on 2618,4 tuh m³, Varu keskmine usaldusmäär on sel puhul 72%. Sellise mäeeraldise võimalik kontuur vt Pilt 3.10 (1). Nii optimeeritud mäeeraldise varu ammendamise parameetrid: karjääri mõistlik iga 8,8 a ja keskmine aastatoodang 458 tuh t (vt Tabel 3.6 vastavas veerus). Suhteliselt suur üldkadu, 100 tuh m³ tekib karjääri lähedaste asumite kaitseks.

Variant 2. Maksimeerida varu usaldusväärsus.

Seame lisatingimuse — usaldusväärse varu kogus olgu suurem kui 2500 tuh m³.

Lahendus vt Tabel 3.9.

Usaldusmääraks kujuneb 77%, kuid arusaadavalt on sellist varu vähem — 2500 tuh m³.

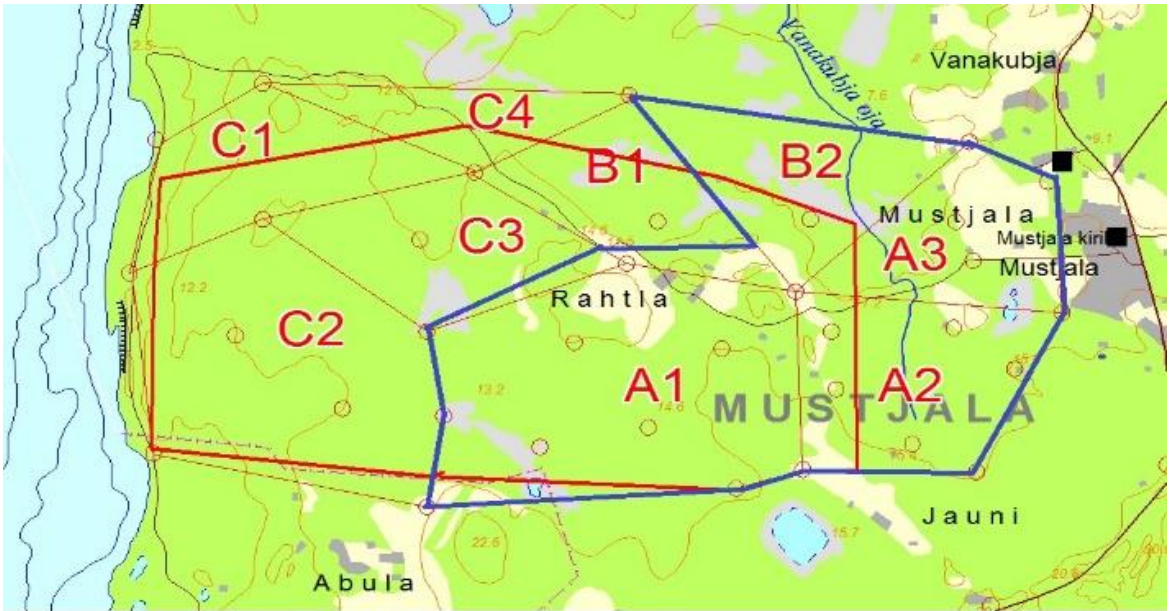
Tabel 3.8 Optimaalne mäeeraldis, variant 2

Plokk	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	C3	C4			
Varu plokis	1844.7	330.7	564.4	596.3	328.5	158.1	441.9	3819.4	311.1	8395.2		
Sisaldus %												
CaO	52	51	50	48	46	44	45	43	46	50.7	>	50
MgO	2	3	1	4	2	5	4	3	3	2.0	<	2.1
Savi	2	3	4	2	1	2	3	4	1	2.3	<	3
Tootlus												
CaO	95926	16866	28220	8879	15113	0	0	0	0	165005		
MgO	3689	992	564	740	657	0	0	0	0	6643		
Savi	3689	992	2258	370	329	0	0	0	0	7638		
Usaldus	80.0	80	80	60	60	40	40	40	40	77		
Töenaoline varu mäeeraldisel	1475.8	264.6	451.5	111.0	197.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2500.0	>	2500
Osalus mäeeraldisel	1.00	1.00	1.00	0.31	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Uuringuvaru mäeeraldisel	1844.7	330.7	564.4	185.0	328.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3253.4		

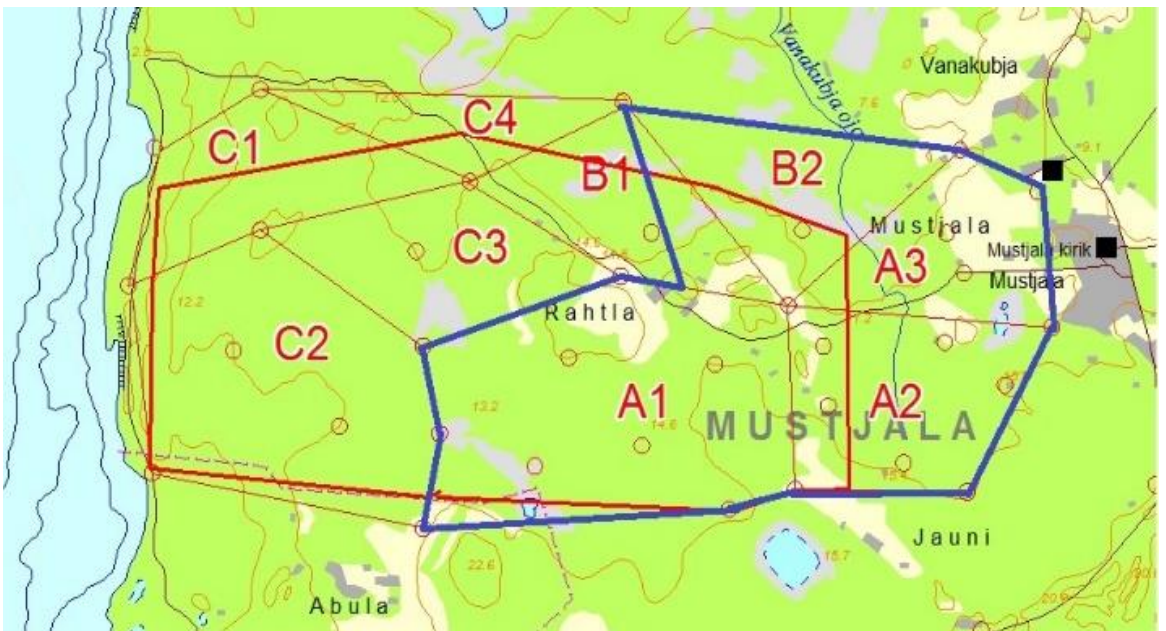
Sellise mäeeraldise võimalik kontuur vt Pilt 3.10 (2).

Siin on optimeeritud ülimalt lihtsat mäeeraldist. Tehnolubjakivi karjääri projekteerimisel selliseid arvutusi ette ei võeta, toore on odav ja ülesanne lahendatav proovi/eksituse meetodil.

(1)



(2)



Pilt 3.10 Optimaalne mäeeraldise kontuur

Variandid: 1 – mäeeraldis maksimaalse varuga, 2 – mäeeraldis maksimaalselt usaldusväärse varuga

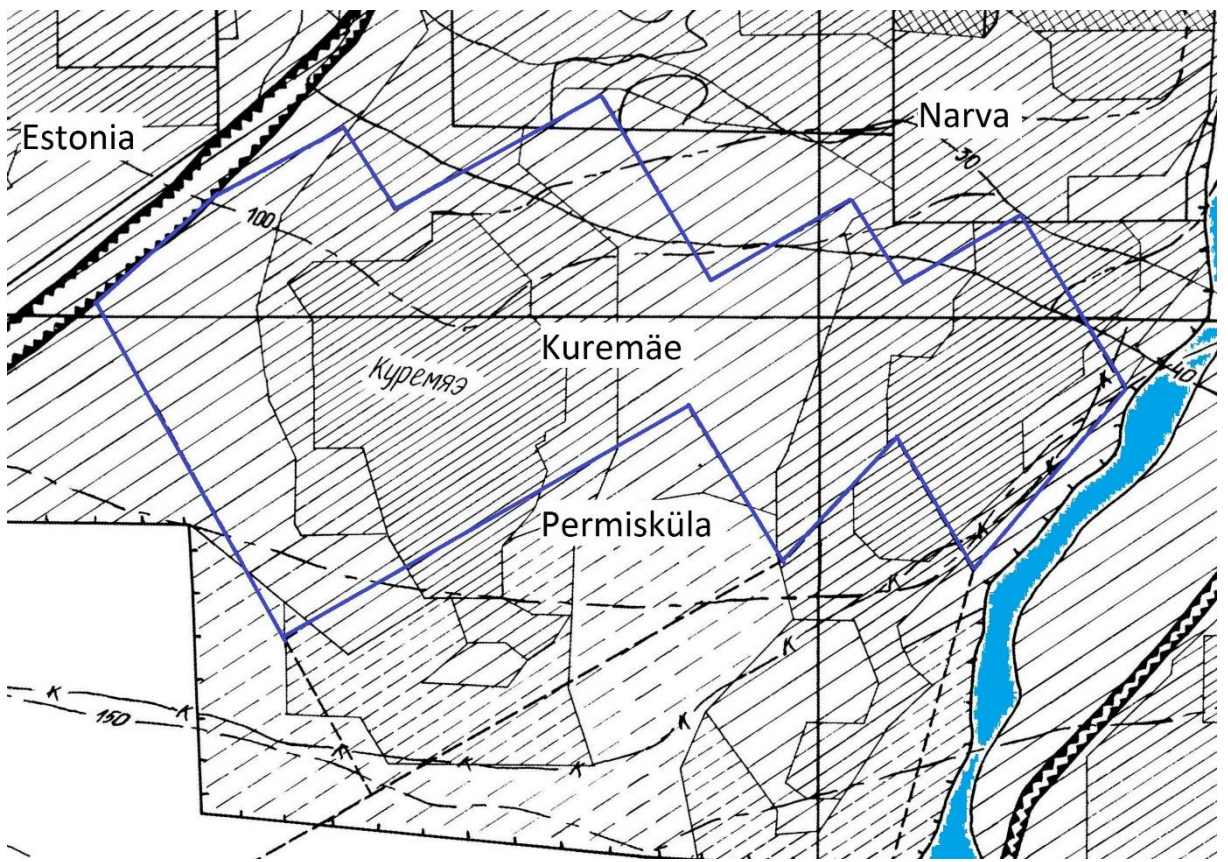
Selgub, et, kumbki optimaalne mäeeraldis ei vasta taotleja soovile saada võimalikult suur tükk metsast ala asumitest kaugemal. Ilmselt ei vasta see ka luba andvate isikute ootustele, kes võivad

olla huvitatud metsaärist, juhul kui see toimub asumist kaugemal.

Siin oli näidatud, kuidas võiks optimeerida mäeeraldise varu. Enamasti optimeeritakse siiski kaevise kogust, voogu ja kvaliteeti maardlates ning kaevandustes, kus maavara omadused on ebaühtlased ja seda mitte ainult plaanis (horisontaalselt) vaid lõikes (vertikaalselt). Nii toimub toodangu kujundamine polümetallide kaevandustes. Kombineeritakse eri plokkidest ning paljudest etest raimatud kaevise kogusega nii, et kasulike ja kahjulike komponentide kooslus kaevise summaarses voos sobiks tarbijale ja/või erinevatele tarbijatele. Kuidas selline optimeerimine toimub, ei kuulu projekteerimise valdkonda, st käesoleva õpiku teema alla ja konkreetsemad näiteid ei saagi esitada, sest neid peetakse tööstussaladuseks.¹⁴¹

Eelmine näide oli välja mõeldud, ent mitte ebarealistlik. Põlevkivikaevanduste projekteerimise praktikas kasutati sellist mäeeraldise kujundamist eelmise sajandi kaheksakümnendatel aastatel Kuremäe põlevkivikaevanduse projekteerimisel.

¹⁴¹ Kaevise optimeerimine on vältimatu, kui maavara kvaliteeditunnused on tarbimise ja töötlemise piirtingimuste lähedal või osaliselt isegi madalamad. Neist tuntumad on Jordaania põlevkivi, Eesti glaukoniitargilliit ja mõne välja fosforiit.



Pilt 3.11 Kuremäe kaevanduse mäeeraldise kontuur eelmise sajandi kaheksakümnendatest

Pildil: sinine joon — mäeeraldise kontuur projektinstituudi käsitluses. Varu kategooriad — bilansilise (= aktiivse) varu ala on viirutatud: kategooria A — tihe, B — keskmise tihedusega ja C2 — hõre viirutus. Katkendlike joontega viirutatud alal oli bilansiväline (= passiivne) varu. Pidev joon tähisega <30> tähistab 30 meetrilist lasumissügavust, ehk avakaevandamise tavapärast lõunapiiri. Pidev joon tähisega <40> on karjääride nn viimane piir, milleni jõuaks katendi mitmekordse ekskaveerimisega. Kriips-punktjooned tähistega <100> ja <150> on kaevandamiskulu samajooned võrreldes Estonia mäeeraldisega (100%). Katkendlik joon märgisega K on kaevandamisväärse (= konditsioonilise) varu piir. Vasakul ülemises nurgas lõikub kaevandusväljade vahele Viivikonna, paremal alanurgas — Zaretšije geoloogilise rikke vöönd Narva jõe taga Oudova maardlas.

NSVL määrused nõudsid rangelt kaevandatava varu usaldusväärsust. Vastavalt eeskirjale tuli kaevandusvälju formeerida nii, üle poole neist kattis kõrge usaldusväärsusega, A ja B-kategooria varu — kaasaegses mõistes tarbevaru.¹⁴² Kuremäe kaevanduse väli oli suuresti Puhatu rabamassiivi all. Geoloogiline puurimine oli rabas raskendatud, nii et mäeeraldiseks sobivas kontuuris oli osa varu, mille usaldusväärsus oli hõreda uuringuvõrgu tõttu madal — C2 ehk reservvaru. Madala usaldusväärsusega plokid tuli mäeeraldisest välja jätta. Probleemsest varust keerulise geoloogilise ehitusega maardlaosas loe lisaks [Näide 3.1 Oudova põlevkivimaardla tehnoloogiline rajoneerimine](#). Seepärast kujundaski kaevandust projekteeriv instituut järgmisel pildil nähtava keerulise plaaniga mäeeraldisel (Pilt 3.11). Kui kaevandus oleks ehitatud, oleks mäeeraldisel kontuurist välja jäetud kahtlase väärtusega, kaasaegses mõistes — reservvaru plokk. Hiljem oleks hakatud neid uurima mäetöödega ja mis kõlblikud, ka kasutusse võetud. Just nii tehti [Ojamaa kaevanduse mäeeraldisel](#), mille "geoloogiline kontuur" oli [lankkaevandamise](#) jaoks ebasobiv.

¹⁴² Reinsalu, E. , 2011. Eesti mäendus, Tabel 1.4. NSVLi kaevandamisväärse kivisöövaru kaevanduse projekteerimise nõutav usaldusväärsus.

3.6 Kaevanduste projekteerimise üldised juhised

Edasises on refereeritud mitmeid allikaid, kust ammutada projekteerimisalast teavet, kui tuleb töötada oludes, mis ei vasta Eesti harjumuspärastele mäendustingimustele.

*Kivimite enamkasutatavad tugevustunnused*¹⁴³

Tabel 3.9 Tugevustunnuste mõisted

Eesti keeles	Ühik	Inglise keeles	Tähis	Piirdeseletus
Süsteemsed				
Surve-tugevus	MPa	<i>Uniaxial Compressive Strength</i>	<i>UCS</i>	Teimiku (katsekeha) vastupanu ühesuunalisele survele
Tõmbe-tugevus	MPa	<i>Ultimate Tensile Strength, Tensile Strength</i>	<i>UTS</i>	Teimiku vastupanu ühesuunalisele tõmbele kuni katkemiseni
Elastsus-moodul	GPa	<i>Elastic Modulus, Modulus of Elasticity</i>	<i>E</i>	Arv, mis iseloomustab materjali elastsust, deformatsiooni

¹⁴³ Reinsalu, E. ja Anepaio, A., Lüütre, E., Pastarus, J.-R., Roots, R., Saarnak, M., Väizene, V. ning Karu, V. 2014. Nõrkade kihiliste kivimite tugevusomaduste määramine. Eesti mäekonverentsi kogumik: Mäenduse strateegiline planeerimine, EMS, Rakvere, lk 36 - 65.

Tabel 3.9 Tugevustunnuste mõisted, tabeli järg

Punkt-koormusindeks	MPa	<i>Uniaxial Compressive Strength Point Load (Test) Index</i>	$I_{s(50)}$	Vastupanu kivimisse surutavale teravikule, korreleerub kivimi tõmbetugevusega
Puursüdmiku terviklikkus	%	<i>Rock Quality Designation</i>	RQD_{10}	>10 cm pikkuste lõikude osalus puursüdamikus
Survetugevus kivimimassiivis, tervikul				
Algtugevus	MPa	<i>Bearing capacity</i>	R_0	Terviku kandevõime moodustamise hetkel
Hetketugevus, tinglik hetktugevus	MPa		R_t	Terviku kandevõime ajahetkel t
Püsitugevus	MPa		R_∞	Terviku kandevõime väga pika perioodi lõpul $t = \infty$
Mittesüsteemsed tugevustunnused				
Protodjakonovi tugevusarv			f	Eksperthinnang, ligikaudselt 0,1 USB
Lõiketugevus	N/mm			Kivimi vastupanu lõikamisorganile
Kontakt-tugevus	MPa			Kivimi vastupanuvõime katsekehasse surutavale silindrilisele otsakule, indentorile
Abrasiivsus*	mg/km; mg			Kivimi kulutamisevõime, teimiorgani massi vähenemine ette antud kulutamisrežiimil

* Mitte segi ajada ingliskeelses kirjanduses või internetis leiduva mõistega Los Angeles Abrasion, mida meil nimetatakse [killustiku purunemiskindluse määramiseks](#).

Kivimimassiivi hindamise Bieniawski süsteem

Kivimimassiivi hindamise rahvusvaheliselt tunnustatud alus on LAV professor Z. T. Bieniawski süsteem, mis arvestab maapõue käitlemist mõjutavaid tugevustunnuseid: kivimi teimitugevust, RQD klassi, lõhede sagedust, kivimimassiivi olemust ning veerohkust jne. Kõiki tunnuseid ja omadusi mõõdetakse ning kaalutakse vastavalt eesmärgile — kas ja kuidas kavatsetakse maavara kaevandada, allamaa-ehitist rajada või maapealset ehitist toetada.

Viimasel ajal kasutatakse kivimi tugevuse hindamiseks punkt-koormustesti (PKT), mille näitarv (= indeks) iseloomustab teimiku (puursüdamiku või käsipala) mikroomadusi. Samuti kasutatakse tunnusena puursüdamiku terviklikkust (RQD,%) mis iseloomustab kivimi makroomadusi massiivis. Need kaks näitarvu: PKT indeks (MPa) ja *RQD* (%) ei korreleeru omavahel, mistõttu kumbki neist eraldi võetuna ei sobi kivimite klassifitseerimiseks. Seepärast on asjalik kivimeid ja nende massiivi klassifitseerida mõlema tunnuse abil koos.

Et oleks lihtsam orienteeruda võõrkeelsetes allikates, tutvustame rahvusvahelist keelekasutust, verbaalklassifikatsiooni, kus kivimid ongi lahterdatud punktkoormustesti indeksi ($I_{s(50)}$) ja RQD_{10} alusel (Pilt 3.12).

Kivimite põhiomaduste verbaalklassifikatsioon¹⁴⁴

KIVIMITE VERBAALKLASSIFIKATSIOON						
$I_{s(50)}$, MPa	Kivim on:					
>7	Hard Kõva	Fractured Halgas				Sound Kale
3...7	Fair Keskpärane					
0...3	Soft Pehme	Loose Rabe				Dense Tihke
		<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block;"> Common Tavaline </div>				
RQD ₁₀	Inglise	Very poor	Poor	Fair	Good	Excellent
	Eesti	Väga pude	Pude	Keskpärane	Püsiv	Monoliitne
	%	<25	25...50	50...75	75...90	>90

Pilt 3.12 Kivimi(massiivi) omadusi väljendavad mõisted, sõltuvalt PKT ja RQD hinnangutest



Halgas (*fractured, расщепляющая, splitterige*,) on lõhestunud, kihistunud, kõva kivim. Halgas kivim on anisotroopne, tema tugevusomadused, olek massiivis ja käitumine sõltub koormuse (mäerõhu) ning paljandamise suunast.

Fotol — Iru savikivi, graptoliitargilliidi kaevis

¹⁴⁴ Reinsalu, E., Anepaio, A., Lüütre, E., Pastarus, J.-R., Roots, R., Saarnak, M., Väizene, V., Karu, V. 2014. Nõrkade kihiliste kivimite tugevusomaduste määramine. Eesti mäekonverentsi kogumik: Mäenduse strateegiline planeerimine, EMS, Rakvere, lk 36 - 65.



Rabe (*loose, рыхлая, brüchiges*) on looduslikult pehme ja pude kivim, näiteks kukersiit avamuse lähedal, samuti oobolusfosforiit. Mäekonstruktsioonides ja ehitiste kaevandites tuleb rabadat kivimit toestada.

Fotol — Ülgase fosforiidikonglomeraadi käsipala



Kale (= kaljune), (*sound, крепкая, starkes*) on tugev ja monoliitne kivim — Eestis maakivid ja maapõue suuremad kehandid, näiteks Maardus.

Fotol — Maardu graniidi puursüdamikud



Tihke (*dense, вязкая, dichtes*) pehme, konsistentne suhteliselt monoliitne kivim, eriti niiskena. Tüüpnäited on meie sinisavi ja Kašpiri ning Jordaania põlevkivid. Mäerõhu mõjul niiske tihke kivim roomab ja pundub nii ava- kui ka allmaa-kaeveõõnte seintes ning põhjas. Kuivanuna võivad tihke kivimid erimid olla halkad.

Pildil — sinisavi, Kunda tsemendisavi



Tavaline (*common, обыкновенная, общераспространенная*) kivim on enim esinev kivimitüüp, mis ei paista eelloetletud eriomaduste poolest silma sedavõrd, et teda nimetada halkaks, kaledaks, rabadaks ega tihkeks.

Pildil — Lasnamäe paekivi

Verbaalklassifikatsiooni abil hinnatud kivimite ja massiivi omadused sobivad kasutamiseks eelprojekteerimise ja tasuvusuuringu staadiumis. Projektide ja nende majandushinnangute jaoks tuleb kivimite tugevustunnused määrata ja/või tellida kvalifitseeritud laboratooriumitelt. Verbaalklassifikatsiooni kasutamise näiteid kohtab järgnevas.

Tabel 3.10. Näide karjääri nõlva kaldenurga „silma järgi“ hindamisest

Kivimi tüüp	Suurim nõlvanurk, °	
	Lühiealine	Pikaealine
Kale	>70	40...70
Halgas	15...40	20...40
Tihke	30...40	15...20
Rabe	15...30	10...15

Need on orientiirid. Tegelikult mõjutavad kivimite ja nõlvanurga püsivust kihtide lasumisnurk, eriti halgastel kivimitel. Mõjutavad ka veerohkus (kivimi niiskus, sademed, põhjavee kõrgus) ja massiivi käitlemise moodus – lõhkamine, piikamine, uhtmine jne.

Tabel 3.11 Põlevkivide mehhaanilist väljatavust iseloomustavate tunnuste keskvaärtused

Maardla, kihid:	Surve- tugevus	Kontakt- tugevus	Lõike- tugevus	Abrasiivsus	
	MPa		N/mm	mg/km	mg
Eesti põlevkivimaardla (tavaline, keskpärane kivim)					
Põlevkivikihid	33	18	188	18	1
Lubjakivi vahekihid	77	64	455		1,7
Suletised põlevkivis			434	17	5
Leningradi põlevkivimaardla (tavaline, keskpärane kivim)					
Põlevkivi kihid			220		
Lubjakivi vahekihid			433		
Kašpiri põlevkivimaardla, kihid (tihke kivim)					
I ehk tootus kiht			182		0,2
II			146		0,8
III			98		0,7
Vahekihid			35		2,7
Vahetu lagi			143		0,4
Hajuvusrajad			33...889		
Keskmine					1,15

Üks Jordaania põlevkivimaardlatest (tihke kivim)

Põlevkivi	21				
Dolokivi	57				

Eesti ja Leningradi maardla andmed on aritmeetilised keskmised.

Tabel 3.12 Põlevkivitervikute survetaluvus

Valem ja allikas	
Juhend ¹⁴⁵	TPI mäekateeder ¹⁴⁶
Algtugevus, kandevõime moodustamise hetkel:	
$R_0 = 16 \text{ MPa}$	$R_0 = 10,4 \text{ MPa}$
Hetktugevus, kandevõime ajahetkel t (kuudes):	
$R_t = R_0 \times (0,44 + 0,56 \times (1/(1+t)^{0,6})), \text{ MPa}$	$R_t = 81,3 / \ln 2500 t, \text{ MPa}$
Kestustugevus, kandevõime lõpmatult pika ja aja jooksul	
$R_\infty = 7 \text{ MPa}$	$R_\infty = 6,2 \text{ MPa}$

¹⁴⁵ Allmaakaevandamisel maapinna ja ehitiste hoidmise kord. Majandusministri 24.07.1997. määrus nr 28. <https://www.riigiteataja.ee/akt/22705>

¹⁴⁶ Люотре, Э., Талве, Л., 1980. О длительной прочности пород междукамерных целиков на сланцевых шахтах. Труды Таллинского политехнического института. № 493, с 21...25.

Tabel 3.13 Eesti maardlate liivakivide (rabeledate kivimite) tugevustunnused

Kivim, erim, maardla	PKT indeks, $I_{s(50)}$	Surve- tugevus, UCS	Tõmbe- tugevus, UTS	$UCS /$ UTS	Abra- siivsus, mg
	MPa				
Ülgase fosforiit, mediaan	0,3				
Piusa klaasiliivakivi, keskväärtus	0,17				
Lääne-Kabala fosforiidiväli					
Vahetu lagi – glaukoniitliivakivi		0,8...16	0,16...1,3	5...12	3...5
mediaan			0,81		
Kihind – detriit ja oobolusliivakivi,		0,67...65	0,04...8	8...17	
keskväärtus		18	1,8	10	
mediaan			1,63		
Põhi – aleuroliit (tihke kivim)		4,4...100	0,16...4,5		
keskväärtus		40	1,3	30	40...60
mediaan			0,69		
Lubjakivi laes (tavaline kivim)		40...60	2,5...3,5	17	10...15

3.7 Kaevandamise tehnoloogia valimine

Esimene, mis kaevandamise projekteerimisel tuleb paika panna, on kaevandamise moodus — kas kasutada ava- või allmaakaevandamist. Erijuhtudel tuleb kaaluda allvee-, puur- või vesikaevandamise võimalusi. Kaevandamismoodus valitakse lähtuvalt mäendusoludest, eelkõige maardla tüübist — on see puiste- või kihtmaardla, soon- või kehamaardla või hoopis meremaardla. Olulised on maavaralasuundi lasumistingimused: tusedus (= paksus), sügavus, kallakus, kivimite ja veekihtide omadused jne. Viimasel ajal muutub üha tähtsamaks kaevandamiskoha keskkonna seisund, mis võib näiteks välistada avakaevandamise.

Kaevandamismooduse valikul tuleb kaaluda tehnilisi, majanduslikke, keskkonnakaitselisi, ja sotsiaalseid mõjureid. Kõiki seoseid ja valiku otstarbekuse kriteeriume pole võimalik võrrelda, kuid mäenduse klassikas leiab siiski mitmeid abistavaid klassifikatsioone ja seaduspärasusi (Tabel 3.14 kuni Tabel 3.18).

Mäendustingimuste arvestamine kaevandamise mooduse valikul Eesti maardlates on piisava põhjalikkusega käsitletud õpikus [Mäemajandus](#) lk 20...27.

Kaevandamismooduse valik projekteerimisel sõltub eelkõige maavara lasumissügavusest. Ajast ja arust on klassikalise mäemajanduse

valem mahulise katenditeguri piirväärtuse, avakaevandamise piirsügavuse määramiseks:¹⁴⁷

$$K_{m.max} = (C_{allmaa} - C_{ava}) / C_{katend},$$

kus C on indeksiga nimetatud tööde (allmaa- ja avakaevandamise ning katendi eemaldamise) maksumused vastavalt ühikutele (t ja m³).

See võis nii olla kaljuste kaeviste kihtmaardlas, kui polnud keskkonnapiiranguid. Enamiku maardlate kaevandamisel ei ole maavaralasuundi (maagikeha, -soone) tusedusel nii olulist tähtsust kas või seepärast, et see tunnus on keerulise kujuga maagikeha puhul näitlik. Isegi Eesti kihtmaardlates võib ette tulla, et maavara või selle väärtusliku erimi, näiteks Vasalemma tehnolubjakivi lasund ei ole paksuse abil iseloomustatav.

3.7.1 Kaevandamise mooduse ja viisi valimine

See on mäenduse põhiküsimus.

Jätkame järgnevates tabelites erinevate keelte mäemõistete ja terminite tutvustamisega.

¹⁴⁷ Mäemajandus, 208. lk 23.

Tabel 3.14 Kaevandamise moodused ja -viisid ning väljamise terminid

Eesti	Inglise (USA)	Vene
1. AVAKAEVANDAMINE	<i>SURFACE MINING</i>	ОТКРЫТЫЙ СПОСОБ ДОБЫЧИ
Aukkaevandamine	<i>Open-pit mining, Mountaintop removal mining, Mountaintop mining.</i>	Транспортная система (разработки)
Ribakaevandamine, vaalkaevandamine ¹⁴⁸	<i>Open-cast mining, Strip mining.</i>	Бестранспортная система (разработки)
Väljakkaevandamine	<i>Slicing</i>	Фрезирование, фрезировка.
Vesikaevandamine	<i>Placer mining</i>	Гидродобыча
Allveeväljamine	<i>Dredging, Ocean mining.</i>	Драгирование
Uhtväljamine	<i>Hydraulic mining</i>	Гидроотбойка

¹⁴⁸ Ingliseelse *strip mining* parimaks eesti vasteks oleks 'ribakaevandamine', kuigi juurdunud on 'vaalkaevandamine', mille tõi kasutusse teenekas mäeinsener Paul Vesiloo (04.11.1930-11.02.2012), Eesti Mäeseltsi auliige 2008. Kahjuks tekitab vaalkaevandamine masintõlkurile probleeme.

Tabel 3.14 jätk

2. ALLMAAKAEVANDAMINE	<i>UNDERGROUND MINING</i>	ПОДЗЕМНЫЙ СПОСОБ
Kihtmaardlad	<i>Tabular deposits</i>	Пластовые месторождения
Umbkaevandamine	<i>Stope-and-pillar method</i>	Сплошная система разработки
Kamberväljamine	<i>Stoping</i>	Камерная выемка
"Käsikambrid"	<i>Drift and fill stoping, longwall with handfilling.</i>	Ручные камеры
Kamber-lankkaevandamine	<i>Longwall rooms and pillars method</i>	Комбинированная система разработки
"Kamberlaava"	<i>Longwall rooms</i>	"Камера-лава"
Sammastervikutega kamberväljamine	<i>Room-and-pillar</i>	Камерная выемка со столбчатыми целиками
Lankkaevandamine	<i>Longwall mining method</i>	Столбовая система разработки
Laava	<i>Longwall</i>	Лава

Tabel 3.14 jätk

<i>Keha- ja soonmaardlad</i>	<i>Ore</i>	Руды
Lae hoidmisega	<i>Selective methods</i> ¹⁴⁹	Системы с поддержанием
Kamberväljamine, lööv-väljamine ¹⁵⁰	<i>Stoping, Stope-and-pillar.</i>	Камерная выемка
Täitväljamine	<i>Cut and fill stoping, Drift and fill stoping.</i>	Выемка с закладкой
Magasinväljamine	<i>Shrinkage stoping</i>	Выемка с магазинированием
Lae varistamisega	<i>Bulk (caving) methods</i>	Системы с обрушением
Plokkvaristamine	<i>Block caving, Undercut caving.</i>	Обрушение по блокам, самообрушением
(Ala)korrusväljamine, -varistamine, -järkamine.	<i>Sublevel caving, Top slicing</i>	(Под)этажное обрушение

¹⁴⁹ Siin tähendab selektiivsus, et kasulik kaevis ja kaaskivimid väljatakse eraldi, hoitakse neid segunemast.

¹⁵⁰ Inglise *'stope'*, olemuselt suur kamber (=suurkamber) oleks eesti keeles 'lööv' ja vastav kaevandamisviis võiks olla väljamine löövides, väljamine löövidega, lööv-väljamine. See keelend muutuks aktuaalseks Maardu graniidikaevanduses.

Tabel 3.14 jätk

3. PUURKAEVANDAMINE	<i>BORING METHODS</i>	БУРОВЫЕ МЕТОДЫ
Pumpamine (õli, gaas)	<i>Extracting oil and gas</i>	Добыча нефти и газа
<i>Leostamine</i>	<i>Leaching</i>	Выщелачивание
<i>Puurväljamine, oherdamine.</i>	<i>Augering</i>	Выбуривание

Märkused tabeli juurde:

- Komaga on eraldatud sünonüümid, jutumärkides on lokaalsed terminid.
- Kihtmaavarad: kivisüsi, põlevkivi, fosforiit, soolad (= evaporiidid).
- Magasinväljamise puhul hoitakse (talletatakse) raimatud kaevis mõni aeg kaeveõõnes kaaskivimite toestamiseks ja koristusmasinate tööpinnaks.
- Vesikaevandamisel on raimamise, tarimise ja veo vahendiks (= meediumiks) vesi.
- Allveeväljamine kuulub vesikaevandamise alla. Kui ammutatakse kaevist karjääri (maardla) põhjast vee alt, on see [veealune väljamine](#).
- Puurväljamine on laiem mõiste kui tigupuuriga väljamine (= oherdamine), see võib toimuda ka mehitamata kauritsatega.
- Mõningate kaevandamis- ja väljamisviiside skeemid on lisas [Allmaakaevandamisviiside ja -mooduste skeemid](#).

Tabelites on vaid osa mõistest, mida võib kohata edasises ja mida tuleb teada, kui otsida abi võõrkeelsetest allikatest. Et kaevandamismooduste ja -viiside eripära ning sisu paremini tunda, tuleb pöörduda esmalt interneti poole ja kui sellest ei piisa, siis lugeda klassikalise mäenduse teatmeteoseid ning õpikuid. Seejuures tuleb teada, et puhtakujulisi, klassikalisi kaevandamisviise kohtab mäenduse praktikas harva. Enamasti kombineeritakse erinevate viisidega või kasutatakse neid mitmeti, vastavalt mäendusoludele, seadmete, masinate ja tööjõu saadavusele ning inseneride oskustele.

Kirjanduses, eriti akadeemilistes, võib leida kaevandamisviiside klassifikatsioone rohkem kui vaja. Mõnele personile on kaevandamisviisi loomine maine küsimus.¹⁵¹ Projekteerijale ütlen – ei ole mõtet kuulutada, et oled välja töötanud uue kaevandamisviisi. Kuskil on midagi sellist juba ammu leiutanud ja võib olla isegi kasutatud.

Maavarade kaevandamise meetodeid ja -viise käsitledes kohtame tehnoloogiaid, millega muudetakse kivimite mineraalset ja keemilist kooslust. Peame siin ja edaspidi järgmisest põhimõttest:

kaevise füüsilist olekut muutev töötlemine on rikastamine ja keemilisi muutusi esile kutsuv menetlemine on töötlemine.

¹⁵¹ Näiteks Rakishev, B.R. 2004. *New classification of mineral opencast mining system. In: Mine planning and equipment selection - Hardigygora, Paszkowska & Sikora (edits) 291...295.*

Rikastamine kuulub mäenduse alla, töötlemine on mäendusjärgne protsess.

Mitmel moel on maavara töötlemine viidud üha lähemale maardlale, lausa kaevandusse ja maa alla. Ammu on tuntud kütuste allmaagaasistamine ja -utmine ning metallide keemiline ja bakteriaalne leostamine. Need on maavara allmaatöötlemine (*in situ*). Kui maardla avatakse ja maavara käideldakse puuraukude kaudu, on see puurkaevandamine.

Kaevandamise ja töötlemise piiri ei ole lihtne seada. Väljatud kaevisleostamist maapealsetes kuhilates (*heap leaching*) peavad mäeinsenerid rikastamiseks, seega kaevandamise alla kuuluvaks. Samas, kaevisleostamine retortides on töötlemine. Aga mis on tiivisgaasi (kildagaasi) väljamine? Maardla avamise seisukohalt (suundpuurimine) ja maavara lõhkumise (*fracing, fracturing, fracking*) poolest on see puurkaevandamine. Teisalt – gaasivoolu initsieerimine maa all sarnaneb töötlemisele. Analoogiliselt võime arutada tiivisõli (*tight oil*) väljamise kohta, mida tehakse puuraukude kaudu, püüdes õli kätte saada kuuma vee ja auru abil, mõnikord ka reagente kasutades.

Siit küsimus – kas ongi sellist kaevandamisviiside lahterdamise väga vaja. Kaevanduse projekteerijal on mõttekas pöörata tähelepanu eelkõige neile klassifikatsioonidele, mis jaotavad tehnoloogiaid kas mäetöö mahukuse alusel (lank-/umbkaevandamine) või keskkonnamõju silmas pidavalt: avakaevandamisel auk-/ribakaevandamine, allmaakaevandamisel maa hoidmine/langetamine.

Kahjuks ei ole ükski jaotamine ühene. Lankkaevandamisel, kui väljamisviisiks on sammastervikutega kamberkaevandamine või kamberlaavad, hoitakse lasum ja maapind üleval vähemalt kaevandamise ajal. Sama toimub täitväljamisega – lamami ja maapinna seisund on esialgu stabiilne, kuid kuna täidis on tavaliselt järeleandlik, võivad hiljem lasum ja maapind vajuda. Samas, lausväljamisel ei pruugi tühjaks võetud kaeveruumi (löövi, *stope*) varing kümnete aastate jooksul maapinnani jõuda.

Järgnevas on suurriikide praktikast pärinevad mäenduse klassika reeglid koondatud tabelitesse. Olgu nad orientiiriks, mitte enamaks. Eesti maardlates projekteerimisel tuleb juhinduda oma mäenduse kogemusest. Vastav ülevaade vt [Eesti maavarade kaevandamise moodused ja -viisid](#).

Kogemus, mis on saadud kaevanduste projekteerimisel Eesti maardlates, ei luba suurriikide, eriti USA mäeinseneride soovitusi pimesi võtta. Näiteks, siin viidatud teostes ei leia midagi põlevkivi kohta. See on mõistetav, sest, kivim, mida ei kasutata, ei ole suurte tööstusriikide mäeinseneride jaoks maavara. Kui pole kaevandatud, ei teki kogemust. Teine, märksa tõsisem põhjus on meie piirkonna maardlate eripära, mis avaldub mitte ainult lasumises (lavamaardlad keskkonnatundlikul maastikul) vaid kivimite tugevusomadustes (anisotroopia, tihkus).

Tabel 3.15 Maardlate käitlemise üldised reeglid sõltuvalt sügavusest¹⁵²

Maardla	Kategooria sõltuvus lasumissügavusest, m *		
	Allmaakaevandamise seisukohalt:		Ava-kaevandamise seisukohalt ***
	kihtmaardla sügavusel **	keha-maardla sügavusel:	
Madal	<60 m on võimalik kaldšahtiga avamine	<300 m	<60 m sobib ribakaevandamine
Mõõdu- kalt sügav	120...250 m tekivad probleemid tervikutega	300...450 m	60...300 m
Sügav	>900 m ilmnevad mäelöögid	>1800 m	300...900 aukkaevandamine

* Lähtematerjalis jalgades (ft) toodud sügavused on mõõtemääramatuse piires teisendatud meetritesse.

** Allmaakaevanduste tavalise viieastmelise skaala surusid USA maagikaevandajad siin tabelis kolmeastmeliseks.

*** Lasumissügavus on karjääri põhja sügavus. Tehnoloogia valik sõltub lasumi koostisest (Tabel 3.16) ja katenditegurist. Nii madalates kui ka keskmise sügavusega maardlates on võimalik katend tõsta draglainiga väljatud alale või toimetada see puistangusildade ja -moodustajatega kaugemale.

¹⁵² Allikad:

a) Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky, 2002. *Introductory mining engineering, second edition*, John Wiley & Sons;

b) *SME I 8.1. Mining methods classification system* (L. Adler, S.D.Thomson), viidetega: Popov, 1971; Stefanenko, 1983).

Tabel 3.16 Lasumi olud, mis mõjutavad katendi käitlemist ¹⁵³

Kivimid ja setted		Maapõue- vee tüüp	Pinge- olukord (mäerõhk)
Klassikaline mõiste	Siin õpikus		
Maapind (<i>top soil</i>)	Pude katend	Pinnavesi	Peamine on mäerõhu vertikaal- komponent
Pinnas, puiste (<i>soil</i>)		Pinnase- vesi *	γH
Rabe ja/või halgas (<i>loose/ fractured</i>), murenemisvöö	Kaljune katend	Põhjavesi	Mäerõhu ümber- kujunemise vöö
Halgas kivim (<i>fractured</i>)	Väljatatav maavara		
Kale kivim (<i>sound</i>)		Kuiv	Ruumiline mäerõhk

* Termin 'pinnasevesi' on hüdrogeoloogide mõistestikust kadunud. Meie käsitluses on see maa pealmisi settekihte (mulda, liiva, muda) täitev sademete, aurumise ja põhjavette imbumise intensiivsusest sõltuv pinnavesi, selle põhjakiht.

3.7.2 Tehnoloogia valimise üldised juhiseid

Edasises on toodud tabelleid, mis on koostatud klassikaliste (= kanooniliste) mäeraamatute ja -õpikute ning internetiallikate alusel.

¹⁵³ SME II, lk 2090, Selection procedure (David E. Nicholas).

Tabel 3.17 Allmaakaevandamise tingimused sõltuvalt lasundi oludest

Lasund (kiht)	Lasundi түsedus, m		Tingimused ja ohud
	Kivisüsi	Maak*	
Õhukene	0,9...1,2	0,9...1,8	Madalad töökohad, väikesed seadmed
Keskmine	1,2...2,4	1,8...4,6	Toed (<i>post and stulls</i> ***) kuni 3,1 m түseduseni
Tүse	2,4...4,6	4,6...15,3**	Kasutatavad on kompaktsed pealmaamasinad; esinevad laekäitlusprobleemid – väheneb toestiku ja tugitervikute püsivus; järsul lasumisel on võimalikud varingud.
Väga түse	üle 4,6	üle 15,3**	Probleemid tugi- ja hoidetervikutega ning madal väljamistegur selle tulemusel; eelistatum on järkudega väljamine (= järkamine); tuleb arvestada varinguohtu.

* Maagid võivad olla nii keha- kui soonmaardlas. Eesti lavamaardlad kuuluvad käitlemistingimuste poolest pigem soonmaardlate kui kivisöe kategooriasse.

** Klasside piirid sõltuvad klassifitseerimise aluseks olnud mõõtühiku (jala, ft) täisarvulisest väärtusest.

*** Eristamaks: *posts* – tavalised toestikupostid, *stulls* – tulbad, mis paigaldatakse kallakutes ja järskudes soontes ning kihtides lamami ja lasumi vahele. See on üks põhjus, miks soovitan sambakujulise tugitervikute (= piilarite, pillar, *Pfeiler*) puhul terminit 'sammast', mitte 'tulp', mis võib olla ka lill.

Tabel 3.18. Kihtmaardlate käitlemise mõned elemendid lasumistingimuste alusel

Lasumine	Kalde- nurk, °	Kaevise tarimisvahendid	Kaaskivimid on tavaliselt:
Lauge	<20	Veokid ja konveierid	nõrgad, eriti madalal lasumisel
Kallak	20..45	Rennid	keskmise tugevusega
Järsk	>45	Isevool	tugevad, tavaliselt sügaval lasumisel

Kihi kallakuse ja kivimi tugevuse vaheline seos tuleneb kaevise ja kaaskivimite moondeastmest. Seos on pigem põhjuslik kuid korrelatiivne.

Tabel 3.19 Kaevandamisviiside valimise soovitused, nn otsustamistabel ehk „Hartmani puu“¹⁵⁴

Kaevandamis- moodus	Kivimid on... vt Pilt 3.12	Kivimite käitlemine	Lasundi kuju, kalle, түsedus, maardla (varu) suurus	Kaevandamis- viis, väljamise moodus või tehnika	Eesti näide või võimalus
Madal – ava- kaevanda- mine	Mistahes kõvadu- sega, püsivad või monolii- tsed	Mehhaani- line raimamine	Mistahes kuju ja kaldega түse lasund, suur maardla	Auk- kaevandamine	Ehitus- maavarad
			Mistahes kaldega түse kiht või keha, keskmise suurusega maardla	Kivi murdmine	Paemurrud
			Õhuke lauge kiht, suur lavamaardla	Riba- kaevandamine	Põlevkivi, Toolse fosforiit
			Õhuke lavamaardla, jääkvaru	Oherdamine	Graptoliit- argilliit

¹⁵⁴ Alus – Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky, 2002. *Introductory mining engineering, second edition*, John Wiley & Sons, inc.

Tabel 3.19 jätk

Kaevandamis- - moodus	Kivimid on... vt Pilt 3.12	Kivimite käitlemine	Lasundi kuju, kalle, түседus, maardla (varu) suurus	Kaevandamis- viis, väljamise moodus või tehnika	Eesti näide või võimalus
Madal — ava- kaevanda- mine	Mistahes kõvadu- sega, väga pudedad või pudedad	Vesi- kaevanda- mine	Õhuke rõhtne lasund, väike maardla	Uht- kaevandamine	Liivakarjäärid
			Tüse rõhtne lasund, suur maardla	Ammutamine	Mere- maardlad
			Mistahes kuju ja kaldega tüse lasund, suur maardla	Puurkaevandami- ne	Rakvere fosforiit
			Mistahes kujuga püstne, tüse lasund, suur maardla	Leostamine	Graptoliit- argilliit
Sügav — allmaa- kaevanda- mine	Kõvad või kesk- pärased, püsivad või monoliit- sed	Toesta- mata	Õhukene lasund, suur lavamaardla	Kambrid sammast- tervikutega	Põlevkivi, graptoliit- argilliit
			Tüse lasund, suur lavamaardla	Kamber- kaevandamine	Piusa klaasiliiv, Rakvere fosforiit
			Õhukene järsk kiht või soon, mistahes suurusega maardla	Magasin- väljamine	Jõhvi rauamaak
			Tüse järsk kiht või soon, suur maardla	Alakorru- väljamine	Maardu graniit

Tabel 3.19 jätk

Sügav – allmaa- kaevand- amine	Kesk- pärased, püsivad	Toesta- misega	Muutliku kujuga õhukene järsk kiht või soon, mistahes suurusega maardla	Täitmisega	
			Õhukene järsk kiht või soon, väike maardla	Tulpadega toestamine *	
			Mistahes kuju ja kaldega tüse lasund, mistahes suurusega maardla	Riit-täitmine *	
	Kesk- pärased või pehmed, püsivad	Varista-- misega	Õhuke lasund, suur lavamaardla	Pika eega lank-kaevandamine	Põlevkivi, fosforiit, graptolii-targilliit
			Järsk tüse kiht või keha, suur maardla	Alakorrus-varistamine	Jõhvi rauamaak
			Järsk (püstne) keha (massiiv), suur maardla	Plokkvaristamine	Maardu graniit

* (*posts-and-stulls*) – töomahukuse tõttu arenenud maades enam ei kasutata.

See otsustamistabel võib olla aluseks, kuid pole piisav. Määravate tingimuste hulgas puuduvad keskkonnanõuded, millel on otsustav tähtsus madalates lavamaardlates.

Tabel 3.20 Avakaevandamisviiside kasutamisalad

Maardla	Sügavus	Katendi- tegur	Paljandus	Kivim	Kaevandamisviis	Koristustöö
Röhtne (lasund)	Pinna- lähedane	Väike	Vedu välis- ja sise- puistangu- sse	Puiste	Vesikaevandamine	Uhtväljamine
				Puiste, pehme, tihke	Väljak- kaevandamine	Freesimine (koorimine, <i>slicing</i>)
					Aukkaevandamine	Laadimine, kühveldamine, ammutamine
				Kõva, kale	Kivimurd	Saagimine, jugatöötlus
	Madal	Mõõdu- kas	Tõstmine sise- puistangu- sse	Kõva, kale, tihke	Ribakaevandamine	Puur- ja lõhketöö, laadimine, ekskaveerimine
Kaldne (kiht, soon)	Mõõdukas ja sügav	Suur	Terass-sein (<i>High-wall</i>)	Pehme, tihke	Puur- kaevandamine	Oherdamine
Iso- meetriline (keha)			Mistahes	Erinev	Vedu välis- puistangu- sse	Kõva, kale, tihke

Tabel 3.21. Avakaevandamisviiside tõhusus.

Kaevandamis viis	Kulutase %	Tõhususe hinnang 5-pallisel skaalal *					Keskkonnahoid ja -mõjurid	Ohud, ohutus- ja tervisehoid	Märkused, hoiatused, võimalused
		Koha- nevus	Selek- tiivsus	Välja- tavus	Aher- dus	Tootlus			
Vesi- kaevanda- mine, uhtväljamine	5	2	2	4	4	5	Keeruline, tekivad vesiheitmed	Väga heal tasemel	Vajab vett, sõltub ilmast
Vaalkaevan- damine, riba- kaevanda- mine	10	3	2	4	2	4	Lõhkamine, enamasti korrastamine, vesiheitmed		Sõltub ilmast
Auk- kaevanda- mine	10	3	2	4	3	5	Maa hävimine, puistangud, probleemid veega	Nõlvade püsivus on ohufaktor	Sõltub ilmast, eeldab oskustööd
Karjäär (kivimurd)	100	2	4	4	1	1	Maa hävimine, puistangud		

* Tõhususe kriteeriumid siin ja edasises vt [Tehnoloogiate plussid ja miinused](#). Skaala: 5 — väga kõrge, 4 - kõrge, 3 - keskmine, 2 — madal, 1 — väga madal

Tabel 3.22. Allamaa-kaeveõõnte elemendid, ohufaktorid ja hoiumeetmed

Aja toime	Oluline ala	Koormav element	Hoidev element	Selgitus
Lagi ...				
võib lahti kooruda, kihistuda, tihked ja anisotroopsed kivimid võivad kuivades pudeneda, halvemal juhul langeda	Tagala (ammendatud kaeveõõned)	Lasum, põhilagi	Tugitervikud, täidis, võlv	Toestamata piir-ava, -võlv võib olla: rabeledas, halkas ja tihkes kivimis ≈ 3 m, kaledas kivimis ≈ 30 m
	Töökoht, käituskaeveõõned	Vahetu lagi	Toestik	Lagi püsib toestiku tööea jooksul kaeveõõnes: rabeledas, halkas ja tihkes kivimis ≈ 5 m, kaledas kivimis ≈ 30 m
Tervikud ja seinad ...				
võivad lõheneda, lahti kooruda, külgedelt variseda, halvemal juhul puruneda, mis viib kaeveõõne kollapsini	Töökoht, tagala	Ümbriskivimid: katend, kallakutes ja järskudes kivimites külgekivimid	Põrand	Tervikute püsivuse tagavad: püsitugevus (Tabel 3.12), väljamata ja väljatud varu suhe.

Tabel 3.22 jätk

Põrand ...				
võib sõidukite all läbi vajuda, rööbastuda, mäerõhu toimel tõusta (punduda)	Veokaeveõõned, töökoht	Seadmed ja masinad, ka ümbriskivimid	Sillutis, (põranda)-toestik	Olulised on: kivimi tugevus, eriti märjas tihkes kivimis, punsumine sügaval lasumisel
Täidis ...				
võib aja jooksul ja mäerõhu all tiheneda ning mahult väheneda	Tagala, ammendatud ala kuni maapinnani	Kõik, eriti kui varu on palju väljatud	Lamam ja põrand	Sobib lasumi toestamiseks, hoidmiseks, erijuhtumil jäätmete ja jääkide matmiseks
Toestik...				
hävib aja jooksul, sõltuvalt liigist: töötoestik kohe ajutine toestik kuude püsitoestik aastate jooksul	Kivimivälised toed: postid, toed, sambad, talad jne pritsbetoon s.h võrguga	Peamiselt vahetu lagi	Põrand ja seinad	Nõrgeneb mädanemise, korrodeerumise ja koormuse toimel
	Kivimisisesed: sarrustamine (ankrud, trossid) tsementeerimine		Lukud laes, kivimis, pragude ja tühemike	Kivimite kokku sidumine

Tabel 3.23. Allmaa-kaevandamisviiside tõhusus

Kaevandamise või väljamise viis	Kulutase %	Tõhususe hinne 5-pallisel skaalal *					Keskkonnanahoid ja -mõjurid	Ohud, ohutus- ja tervisehoid	Märkused, hoiatused, võimalused
		Koha- nevus	Selek- tiivsus	Välja- tavus	Aher- dus	Toot- lus			
Varistamine	20	2	2	5	2	4	Ränk destruktiivne vajumine	Õhulöögid, kaevis võib rikneda**	Kaevis talletub **
Lankkaevan- damine	20	2	2	4	2	5	Maa vajumine	Rahuldav	Kapitalimahukas, sobib kui:
Umb- kaevanda- mine	30	4	4	4	1	4	Soodsad	Heal tasemel, probleemne tuulutus	Tüüpiline lae hoidmine tervikutel
Alakorrus- varistamine	40	2	2	4	3	3	Varingu ja vajumise ulatus sõltub täitmisest	Ebasoodus, pikkade aukudega lõhkamine	Tüüpiline täitmine

Tabel 2.23 jätk

Kaevanda- mise või väljamise viis	Kulu- tase %	Tõhususe hinne 5-pallisel skaalal *					Keskkonna- hoid ja -mõjurid	Ohud, ohutus- ja tervisehoid	Märkused, hoiatused, võimalused
		Koha- nevus	Selek- tiivsus	Välja- tavus	Aher- dus	Toot- lus			
Magasin- väljamine	50	3	3	4	1	2	Soodsad	Koristusmasi- nad töötavad raimatud kaevise peal **	Talletub 2/3 raimatud kaevisest
Korrus- varistamine	50	2	2	5	3	4	Ränk vajumine	Väga heal tasemel	Koristusõõnte laius >10 m
Täitväljamine	60	3	4	5	1	2	Varingu ja vajumise ulatus sõltub täitmisest	Rahuldav	Kaevis talletub, sorteerub

* Tõhususe kriteeriumid siin ja edasises vt. [Tehnoloogiate plussid ja miinused](#); skaala: 5 — väga kõrge, 4 - kõrge, 3 - keskmine, 2 — madal, 1 — väga madal.

** Raimatud kaevis võib müügi seiskumisel rikneda: paakuda, kuumeneda.

Tehnoloogiate plussid ja miinused

Kulutase on kaevandamise maksumuse erikulu, „omahinna” suhteline määr. Avakaevandamise kulukus on märgatavalt madalam kui allmaakaevandamisel. Tavalisest kallim on vaid ehituskivi tootmine kivimurdudes. Allmaakaevandamise kulu võib olla vägagi erinev. Madalaim on see väljates varistamisega, kõrgem, kui lage hoitakse, käideldakse toestikuga.

Kohanevus (paindlikkus) on ettevõtte võime tegutseda muutuvates majandusoludes. See sõltub mäendustingimuste ja mäetehnika sümbioosist.

Maagi kaevandamisel pakub allmaakaevandamine turule kohanemiseks mitmeid võimalusi, eriti kui kaevandust ei ohusta uppumine ega süttimine. Lähim näide on maagikaevandamise tehnoloogiat kasutav Tytyri lubjakivitööstus Soomes, mille allmaamäeosakond töötab vastavalt vajadusele. See on võimalik tänu kaeveõõnte heale püsivusele ja väga väikesele vee sissevoolule.¹⁵⁵

Avakaevandamist kasutava ettevõtte kohanevus sõltub paljandamise tehnoloogiast. Kui katendi eemaldamine toimub kalliste väheliikuvate (sammuvate, roomavate) ekskavaatoritega, siis ettevõtte reageerimisvõime muutuvale müügimahule on nõrk. Aukaevandamisel, eriti kui kasutatakse ehitusmasinaid: buldoosereid, laadureid, mobiilseid ekskavaatoreid, suudab ettevõtte turu tingimusi kiirelt järgida.

¹⁵⁵ Seejuures on huvitav, et osa kaevandusest on järve all

Kohanevuse aspektist on väga oluline maardla avatuse säilimine. Kui müük on sesoonne ja toodangut müüakse vastavalt tellimisele, peab olema võimalik iga hetk väljamist katkestama ja taasalustama. Edukamad on need ettevõtted, kes suudavad kiiremini reageerida, sest on valinud paindlikuma väljamistehnoloogia. Kohanevuse üks aspektidest on kaevise talletamine (= magasinierimine) kaeveõontes varistamise ja magasinväljamise puhul. Raimamise kulu on tehtud, kuid tulu kaevise müügist hilineb. Kui toodangu laadimine seiskub, võivad nii mõnedki kaevised rikneda: kuumeneda, paakuda või vettida.

Kohanevusfaktor, on tavaliselt kõrgem avakaevandamisel, eriti just vähese ja madala põhjavee puhul. Allmaakaevandamisel on maardla avatust raskem säilitada.

Selektiivsus, maavara liikide eraldi väljamise võimalus on eeltoodu kohaselt avakaevandamisel üsna madal ja allmaakaevandamisel mitmekesisiste võimalustega. Kuid see lähtub klassikaliste kaevandamisviiside praktikast ja kehtib eelkõige maagi, mitte kihtmaardlate kaevandamisel. Viimastes, eriti lavamaardlates, nagu Eestis, on seoses uue mäetehnika (freeskombainid, kobestid, piikamine) kasutamisega selektiivse väljamise võimalus suurem just avakaevandamisel.¹⁵⁶

¹⁵⁶ Siin on kohane lisada, et moodsa mäenduse üks teesidest on kaevandamisviisi masinapõhisus – peamine pole mitte mäendusoludele sobivate kaeveõonte välja mõtlemine vaid vastavate masinate leidmine.

Väljatavus, maavara täieliku väljamise võimalikkus ja maavarakao vähesus on üldiselt kõrgem avakaevandamisel, kuid mitte alati allveekaevandamisel. Allmaakaevandamisel varieerub väljatavus laias vahemikus.

Vabamajandusega mäetööstusriikides ei ole väljatavus ja maavara kadu eriline tõhususe kriteerium. Väljamata maavara on saamata jäänud tulu. Kui maavaralasuundi mõne osa väljamise kulu on suurem kui sellest saadav tulu, jäetakse see maapõue. Kadu kui ebatõhususe tunnus („raiskamine“, „röövkaevandamine“) fetišeeriti riigikapitalismis ajal, kui kaevandaja tulu pealt ei teeninud. Kuna riigikapitalismis ei omistatud maavarale rahalist väärtust, ei saanud selle väljamata jätmist piirata teisiti kui keeldude ja (kao)normatiivide abil.

Aherdumine, kaaskivimite ja muu olluse lisandumine maavarale on allmaakaevandamisel, välja arvatud varistamisega väljamisel, üldiselt madal.

Tootlus, kaevurite töö tootlikkus on kaevandava ettevõtte töö tõhususe oluline tunnus. Avakaevandamisel on see alati kõrgem kui allmaakaevandamisel.

Teistest tõhususe näitajatest tuleb hinnata veel avamise kiirust, mis üldiselt on avakaevandamisel suurem kui allmaakaevandamisel. Ettevõtte tootmisvõimsus on avakaevandamisel (välja arvatud kivi murdmisel) keskmine või kõrge, allmaakaevandamisel puhul madal või keskmine. Erandlikult kõrget tootmisvõimsust näeme

varistamisega allmaakaevandamisel ja teiste vähese toestamisvajadusega väljamisviiside puhul. Kapitalikulu on üsna madal vesikaevandamisel, suurem teiste avakaevandamisviiside puhul. Kõige kõrgem on kapitalikulu allmaakaevandamisel. Avakaevandamisel moodustab suurema osa kapitalikulust paljandusmasinate: ekskavaatorite ja puistangumoodustajate hankimise kulu, allmaakaevandamisel maksab peamiselt avamine ja ettevalmistustöö.

Keskkonnamõju on avakaevandamisel näiliselt suurem kui allmaakaevandamisel. Tuleb teada, et üldsuse suur vastuseis on enamasti tingitud karjääri silmaga nähtavast pikast avatusest. Allmaakaevandamine on varjatum, kuigi mõnikord isegi suurema ja hilisema keskkonnamõjuga kui avakaevandamine. Aga seda märgatakse vähem.

Oluline keskkonnamõjur on katendi- ja aherainekäitlus, mis võib tekitada suuremat reaktsiooni avakaevandamisel, esmajoones aukkaevandamisel. Allmaakaevandamisel on aheraine paigutamiseiga tavaliselt vähem muret kasvõi seepärast, et seda on vähem. Kuid jällegi ei pruugi see maailma mäenduse praktikale tuginev seaduspärasus paika pidada aherainerikka maavara lavamaardlates, mille tüüpnäiteks on Eesti põlevkivimaardla

Ohutuse- ja tervisehoid on avakaevandamisel kõrgemal tasemel kui maa all.

Kokkuvõtvalt. Avakaevandamise olulised eelisteks on väiksem kaevandamiskulu ja suurem tootlus, maavara kõrgem väljamisaste ning soodus ohutus- ja tervisehoid.

Allmaakaevandamise kasuks räägivad väiksem tundlikkus kaevandamissügavuse suhtes, hea selektiivsus, madal aherdumine, väiksem keskkonnamõju ning mugavam jäätmekäitlus.

Eelnevas esines tinglikkust markeerivaid sõnu: märgatavalt, oluliselt, suuresti, tavaliselt, võib, üldiselt, üsna.... See tähendab, et oskuslikult koostatud projektis võib kõik kujuneda paremaks.

3.8 Võimalikud kaevandamismoodused ja -viisid Eestis

3.8.1 Avakaevandamisviisid

Avakaevandamisel kõrvaldatakse maavaralalasundit katvad kivimid, katend. Tavaliselt tehakse seda mitmes järgus: esmalt kooritakse muld ja käideldakse see edasiseks kasutamiseks, siis eemaldatakse puistesetted ja lõpuks kaljused kivimid. Viimaseid lõhutakse või kobestatakse puur- ja lõhketöödega. Avakaevandamist kasutatakse, kui katend on sedavõrd õhukene, et selle eemaldamine ei ole kulukas. Eestis on avakaevandamine kasutusel kõigi maavarade tootmisel.

Üldiselt on avakaevandamine otstarbekas, kuni katendi paksus ei ületa kaevandatava lasundi tusedust enam kui ühe suurusjärgu võrra (1:10).

Avakaevandamine võib olla: aukkaevandamine, vaal- ehk ribakaevandamine, väljakkaevandamine ja vees kaevandamine.

Aukkaevandamine

Kui katendit on vähe, mahutatakse see karjääri kõrvale ja maavara väljates tekib üha suurenev auk. Sellist kaevandamisviisi kasutatakse Eestis ehitusmaavarade tootmisel, mille tuntuimad on Lasnamäe ehituslubjakivi karjäärid ja Männiku liivakarjäär Harjumaal, Pannjärve liivakarjäär Ida-Viru maakonnas (Pilt 3.13). Ka turvast võib toota august – turbaaugust.



Pilt 3.13 Pannjärve liivakarjäär Illuka vallas Virumaal on suur aukkaevandus
16.07.2011. 59°17'12"; 27°33'59"

Riba- ehk vaalkaevandamine

Kui katend on suhteliselt paks, avatakse maavara ribadena, pika kaevikuga (= tranšeeaga). Eemaldatud kivimid ja setted puistatakse kaeviku ühele küljele puistangusse, vaalu. Kaeviku põhja jääv maavara koristatakse. Seejärel asutakse paljandama maavaralasundit juba koristatud kaeviku kõrvalt. Katend eemaldatakse ribana – tõstetakse või veetakse koristatud alale järgmisesse vaalu. Seetõttu hakati seda kaevandamisviisi eesti keeles nimetama vaalkaevandamiseks. Inglise mäekeeles eeskujul oleks see siiski ribakaevandamine (*strip* = riba),

kasvõi selleks, et vältida masintõlkes tekkivat koomilist sõnamoodustist *whale mining*.

Ribakaevandamine on kihtmaardlate, eelkõige suurte lavamaardlate avakaevandamise tehnoloogia. Eestis toimub see põlevkivikarjäärides (Pilt 3.14). Oli kasutusel Maardu fosforiidimaardlas.

Põlevkivi puhul on avakaevandamine tehniliselt võimalik ja otstarbekas juhul, kui maavara peal lasuvate kivimite ja setete kogupaksus ei ületa ≈ 30 m. Keskkonnapiirangud piiravad avakaevandamist arenenud maaviljelusega ning loodus- ja kultuuriväärtuslikul alal. Ribakaevandamisega käideldud maa saab taaskasutusse võtta pärast korrastamist, mis tavaliselt vältab 3...7 aastat. Enamasti korrastatakse kaevandatud maa metsamaaks. On katsetatud haritava maa taastamist, näiteks Aidu põlevkivikarjääris ja Maardu fosforiidikarjääri lõunaosas. Maardu karjääri põhjaosa metsastati, hiljem rajati sinna Jõelähtme prügila.



Pilt 3.14 Tüüpiline ribakaevandamine Narva karjääris

Kollaaž — Ingo Valgma fotodest; 27.04.2004. 59°13'46"; 27°51'52" (ligikaudu)



Pilt 3.15 Põhja-Kiviõli põlevkivikarjäär Virumaal
16.07.2011. 59°21'53"; 26°51'46"

Pildil vasakult paremale: müratõke vt ka Pilt 2.22, veekraav veokaevikus, keskel freesimine, taamal sisepuistangute kujundamine. Kui põlevkivi- ja vahekihte freesitakse, on see pigem väljakkaevandamine (-väljamine).

Mitte alati ega ilmtingimata ei tõsteta vaalkaevandamisel katendit üle. Põlevkivi avamuse lähedal töötavates Põhja-Kiviõli (Pilt 3.15) ja Ubja karjääris teisaldatakse katend veokitega, mis on aukkaevandamise tunnus

Väljakkaevandamine

... on freesimine, koorimine, kivimite käitlemine nii, et maavara ja mõnikord ka katendit ei raimata korraga, kogu paksuselt, vaid raimatakse kihtidena. Selline koristamismoodus on tavaline turba kaevandamisel, kuid levib ka nõrkade kivimite, nagu kipsi (teadaolevalt Lätis), mergli (teadaolevalt Inglismaal) ja muu taolise mineraaltoorme tootmisel. Eestis kasutatakse freesimist peale turba koristamise veel põlevkivi selektiivseks väljamiseks Põhja-Kiviõli põlevkivikarjääris (Pilt 3.15)

Vees kaevandamine

Veekeskkonnas oleva maavara kaevandamine võib olla veealune väljamine või allveekaevandamine.

Veealune väljamine on põhjavee tasemest allpool lasuva maavara ammutamine karjääris. Kui veealust kivimit tõstetakse ekskavaatoriga, nagu tavaliselt, või tõmmatakse välja skreeperiga või isegi kui seda tehakse seda veetaseme lokaalse alandamisega (= poldermenetlusel) on tegu ikkagi avakaevandamise tehnoloogiaga, selle „märja“ variandiga. Veealust väljamist kasutatakse maavara täielikumaks ammendamiseks eelkõige siis, kui karjäär kavandatakse kujundada veekoguks. On kasutusel ka, kui kaevandamisloa andmisel seatakse piiravaks tingimuseks põhjavee taseme säilitamine.

Kõiki loetletud mooduseid võib nimetada ka karjäärkaevandamiseks
--

Allveekaevandamine on setteliste maavarade ammutamine loodusliku veekogu põhjast ja siis ei ole see enam karjäärkaevandamine. Mere- ja järvemaardlates (tootmisaladel) väljatakse ujuvkauritsatega ehk draagidega, mis on varustatud pinnasepumpade, põhjafreeside, skreeperitega. Kaevist transporditakse pulbina torude kaudu ja setitatuna veesõidukites.



Pilt 3.16 Ujuvpump mäetehnika aastanäitusel
Potsepa karjääris

14.05.2015. 58°20'53"; 24°10'52"

Enamasti kaevandatakse veekogu põhjast liiva vesiehitiste (tammide, paisude, kanalite) ja tehismaa rajamiseks, näiteks Hollandis. Eestis kaevandati Muuga sadama ehitusmaa rajamiseks ehitusliiva Prangli ja Naissaare maardlast.

Allveekaevandamise alla kuulub veel muda, sh ravimuda ammutamine järvedest ning merelahtedest. Paljudes maailma paikades kasutatakse allveekaevandamist metallide, eelkõige kulla aga ka teemantide, fosfaattoorme jt maavarade tootmiseks.

Allveekaevandamine mõjutab keskkonda, mis avaldub looduslike elupaikade ja koelmute häirimises, muda levimises ja vee voolusuuna muutumises, eriti kui kaevandatakse madalates veekogudes ja rannalähedasel alal. Allveekaevandamisena võib käsitleda ka nafta ja gaasi ammutamist meremaardlatest (tehissaarelt või merre ehitatud lavalt) puurimismoodusel, mis on siiski puurkaevandamine (-väljamine).

Kui maavara kaevandamisel kasutatakse kaevisel raimamiseks transportimiseks vett, võib seda nimetada ka vesikaevandamiseks, mille raimamise operatsioon on uhtväljamine veekahuriga (= hüdromonitoriga). Nii ammutatakse setteid: liiva, kullaliiva ning kruusa, (karjäärides, tootmisaladel veekogudes), aga ka rabedaid kivimeid nagu fosfaate, kivisütt jne, isegi maa all.

3.8.2 Allmaa-kaevandamisviisid ja väljamise moodused kihtmaardlates

Balti lavamaardlate tavalised kaevandamisviisid on lankkaevandamine ja umbkaevandamine ning nende hübriid – kamber-lankkaevandamine. Mõeldav kaevandamisviis oleks puurkaevandamine.

Kamber-lankkaevandamine on hübriid selles mõttes, et kaevandusväli lõigustatakse lankideks, aga väljatakse lage hoides, kambrites. Variandid on:

- sammastervikutega kamberväljamine Eesti põlevkivimaardlas, mille tavanimeetus on kamberkaevandamine,
- kamberlaavad Venemaal, kasutatud Oudova põlevkivimaardlas ja Ülgase fosforiidimaardlas Jöelähtme vallas.

Hübriid-kaevandamisviisi tingis mobiilse mäetehnika puudumine ning „sirgete“ veovahendite: kraap- ja lintkonveierite saadavus NSVL söekaevandamise süsteemis.

Lankkaevandamine

Põlevkivi allmaakaevandamisel on kujunenud tavaks, et kaevandusväli jaotatakse

ristkülikukujulisteks lankideks laiusega 50...100 m ja pikkusega 100...600 m. Langi mõõtmed oli tingitud konveierite pikkusest. Maavara väljatakse pika eega (laavaga) kogu langi laiuses.

Lankkaevandamise esmane tunnus on lae langetamine

Maailmas kasutatakse seda kaevandamisviisi kihtmaardlates, sõltumata lasundi kallakusest. Varasemal ajal kasutati lõhkeraimamist, nüüdisajal väljatakse koristuskombainiga (= kauritsaga). Mehhaaniline väljamine on edukas, kui raimatava kivimi tugevus on alla keskmise ($RQD_{10} < 50\%$, $I_{s(50)} < 3$ MPa, löiketugevus < 300 N/mm) ja abrasiivsus vähene või mõõdukas (kristalset räni $< 50\%$). Lae langetamiseks kasutatakse mehhaanilist toestikku. Kauritsast, mehhaniseeritud ja automatiseeritud toestikust ning nende juurde kuuluvatest elektri- ja hüdraulikaseadmetest koosnev kogum on nüüdisajal peamine kivisöe tootmisagregaat, mis parimais mäendusoludes suudab väljata 3...5 mln t kivisütt aastas.

Lankkaevandamine võeti Eestis kasutusse pärast teist maailmasõda Sillamäe uraani- ja Eesti maardla põlevkivikaevandustes, olles viimastes kasutusel kuni 2002. aastani.

Käsitsitöö ajal sai see kaevandamisviis nimeks "laava-kaevandamine". Laava oli Donbassi kaevurite, endiste kasakate rünnakurivi nimetusest tuletatud väljamismoodus, kus kaevurite brigaad tungis eele peale rinnutsi, külg-külje kõrval nagu kasakad vaenlastele.

Algselt kasutati puur- ja lõhketööd, kaevist laaditi ja sorteeriti käsitsi ning lagi lasti vajuda vahekihtide lubjakivist laotud täiteriitadele. 1970...2002. oli paiguti kasutusel kombainväljamine. Seejuures katsetati ja kasutati mitmeid Ukraina ning Vene päritolu kivisöekombaine ning -toestikke. Eesti teadlased ja mäeinsenerid parandasid väljamismasinaid ja -seadmeid, tehes neid tugevamaks, vastupidavamateks, sobivaks kõvematele ja tihkematele kivimitele. Ühe sellise masinakoosluse arvestuslik aastatoodang põlevkivikaevanduses jäi alla 0,5 mln t.

Lankkaevandamine tekkis levis ja püsis seetõttu, et peamine saada olev tarimismasin oli kraapkonveier. Teine põhjus oli vajadus lõhkegaasid koristuseest kiiresti välja puhuda, mida lankkaevandamisel oli kergem korraldada. Tarimine kraapkonveieritega võeti kasutusele sammastervikutega kamberkaevandamisel Eestis ja kamberlaavades Venemaal, sest mobiilset seadmestikku ei olnud võtta või see oli liiga kallis.

Põlevkivikihindi ühtlane ehitus ja eriti asjaolu, et avarate lõigustuskäikude kaevis sobis ka toodanguks, soodustas lankkaevandamist. Ent põlevkivi kaevandamisel tekkinud lankkaevandamise soodus kuvand võib muude maavarade, eelkõige fosforiidi allmaakaevandamise tehnoloogia projekteerijat eksitada. Fosforiit ei ole ühtlase struktuuriga ei vertikaal- ega horisontaallõikes. Sellist lasundit polegi õige nimetada kihindiks, sest silmnähtavalt kujutab see endast kaootiliselt settinud

rannamoodustiste kogumit. Sellise maavara puhul võib otstarbekaks osutada hoopis selektiivne väljamine. Kui kasuliku ainese suurema kontsentratsiooniga konglomeraadimoodustised (pesad, läätsed) paiknevad kaootiliselt, on parim võimalus neid väljata valikuliselt, milleks sobib umbkaevandamine.

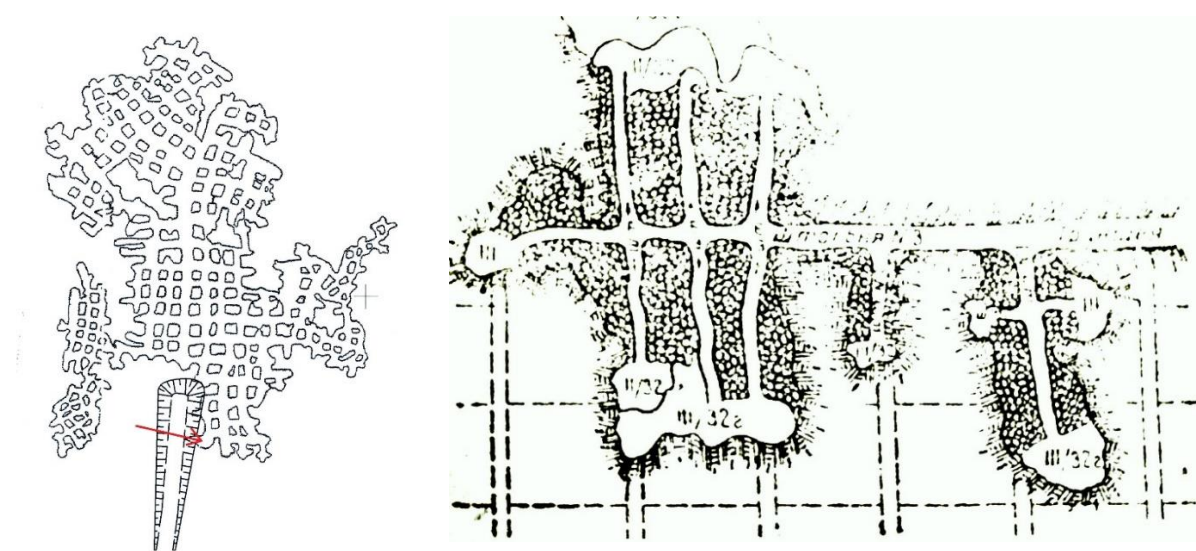
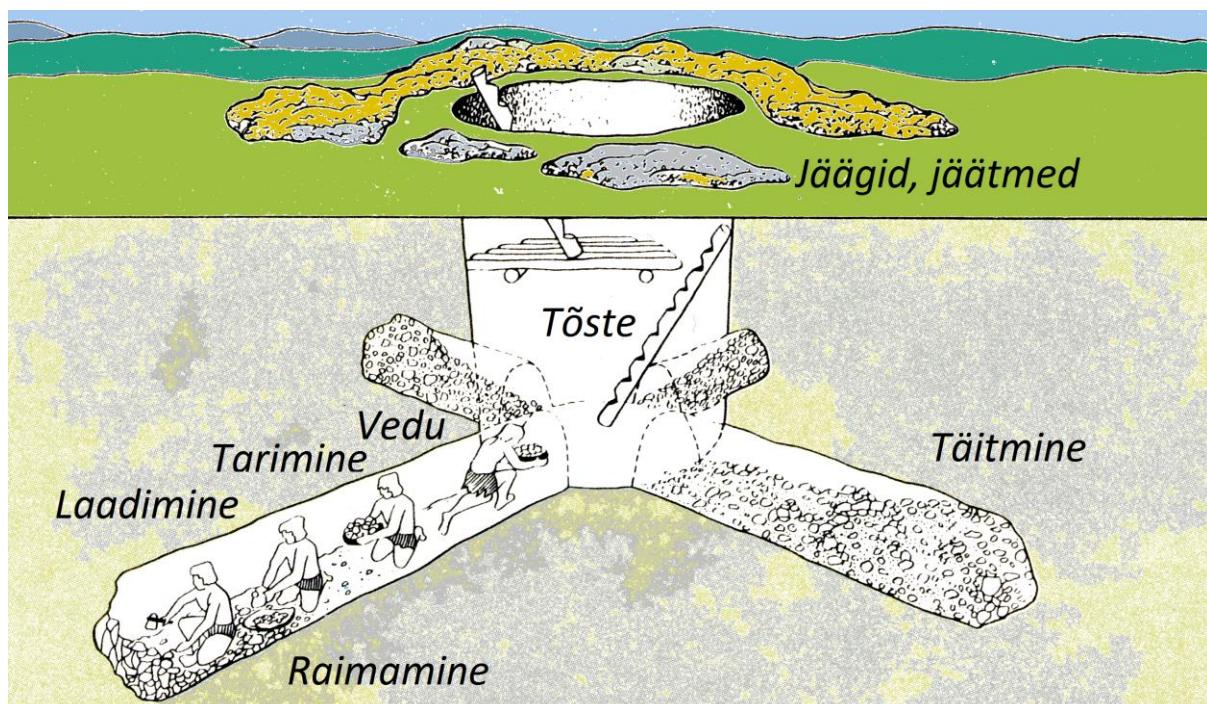
Umbkaevandamine

See on vanim allmaakaevandamise tehnoloogia. Umbkaevandamisel kaevevälja ei lõigustata, või tehakse seda minimaalses mahus (Pilt 3.17, Pilt 3.23.). Lihtsalt liigutakse umbsete kaeveõõntega, kambritega (*stope*) mööda maardlat, paremat maavara (umbkaudu) otsides ja väljates ning halvemat hüljates. Umbkaevandamine oli ürgne kaevandamisviis, mille jälgi näeb veel Piusa klaasiliivakaevandustes.

Tüüpiline umbkaevandamine on [kamberkaevandamine](#), tehnoloogia, mida kasutatakse eelkõige lavamaardlates, keskmise (1,3...3,5 m) ja suure (üle 3,5 m) tusedusega lasundites. Koristuskaeveõõne – kambri vahetu lagi kas võlvub või toestatakse töö ajaks. 157 Levinud on see kaevandamisviis eelkõige maagi ja soola, USA-s kivisöe allmaakaevandamisel.

Kamberkaevandamise esmane tunnus on lae hoidmine – lage ei langetata
--

¹⁵⁷ Võlvumine, (loomuliku võlvi moodustumine) – kaljumehhaanikast teada olev protsess, mille käigus kaeveõõne lae kivimid jäävad kauaks püsima võlvja laena.



Pilt 3.17 Umbkaevandamine

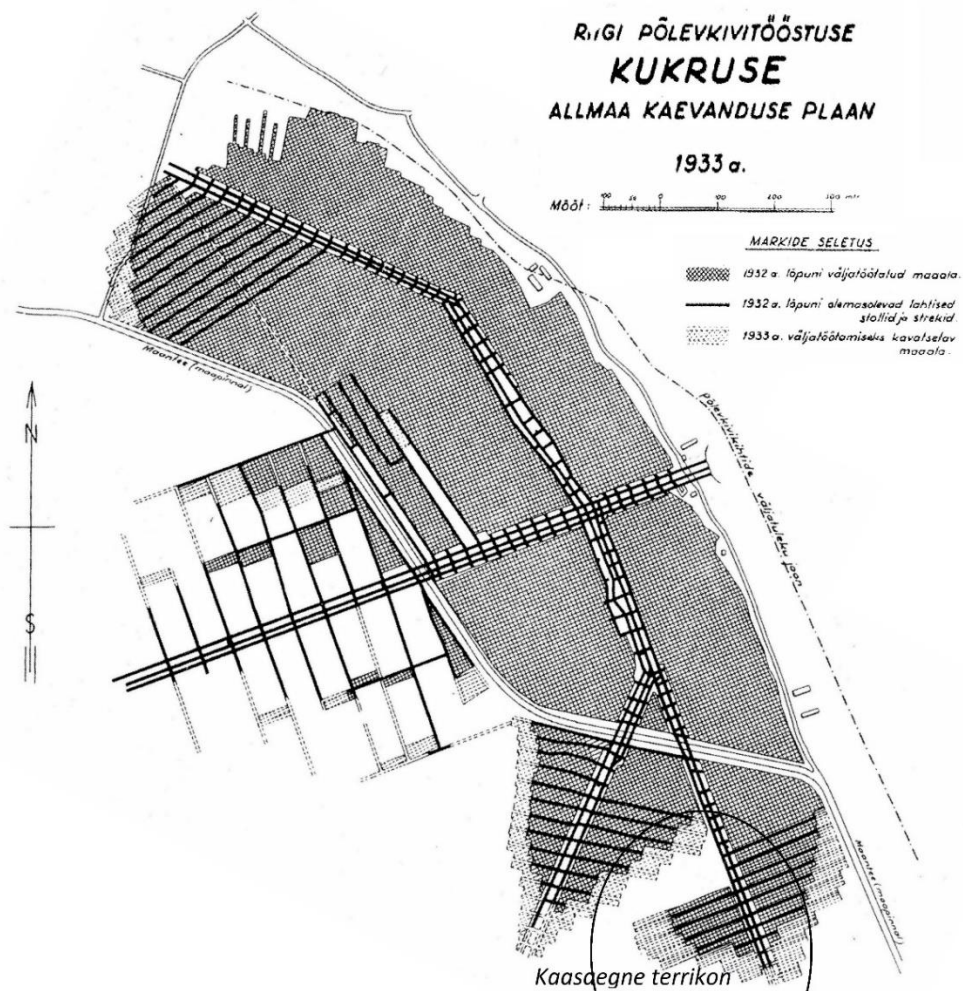
Üleval - tulekivi kaevandamine ürgajal. Illustratsioon vene mäeentsüklopeediast.

All vasakul — Mõrsjamäe koobastik Piusa klaasiliivamaardlas, fragment Johannes Viru koostatud maardla plaanist,

All paremal — Leningradi oblastis tegutsenud Aleksejevski põlevkivikaevanduse mäetööde plaan 1932. aastast.¹⁵⁸

¹⁵⁸ Anatoli Allik, 1980. Зарождение добычи и использования горючих сланцев; том III, Сланцевая промышленность в годы 1929-1933, Кохтла-Ярве, 1980, рис 7.9, с 58. A. Skotšinski nim mäendusinstituudi Eesti Filiaal

Umbkaevandamiseks võib lugeda ka Eesti põlevkivikaevandustes eelmise sajandi keskpaigani kasutatud nn käsikambrite ehk paariskäikudega väljamist, mil lage käideldi täiteriitu ladudes. Umbkaevandamise alla tuleb see kaevandamisviis liigitada minimaalse lõigustamise tõttu. Koristuse pikkuse, mis esialgu oli umbes 20 m, kuid hiljem pikenes ja laekäitluse poolest (sujuv langetamine) lähenes see kaevandamisviis aja jooksul oma peamiste tunnuste poolest lankkaevandamisele (Pilt 3.18).



Pilt 3.18 Umbkaevandamine endisaegse Kukruse põlevkivikaevanduse lõunaosas, praeguse terrikoni all.

159

uuringu teema O107, ülesanne nr 2-80, 17. 03.1980. Referatiivne käsikirjaline kogumik viies köites.

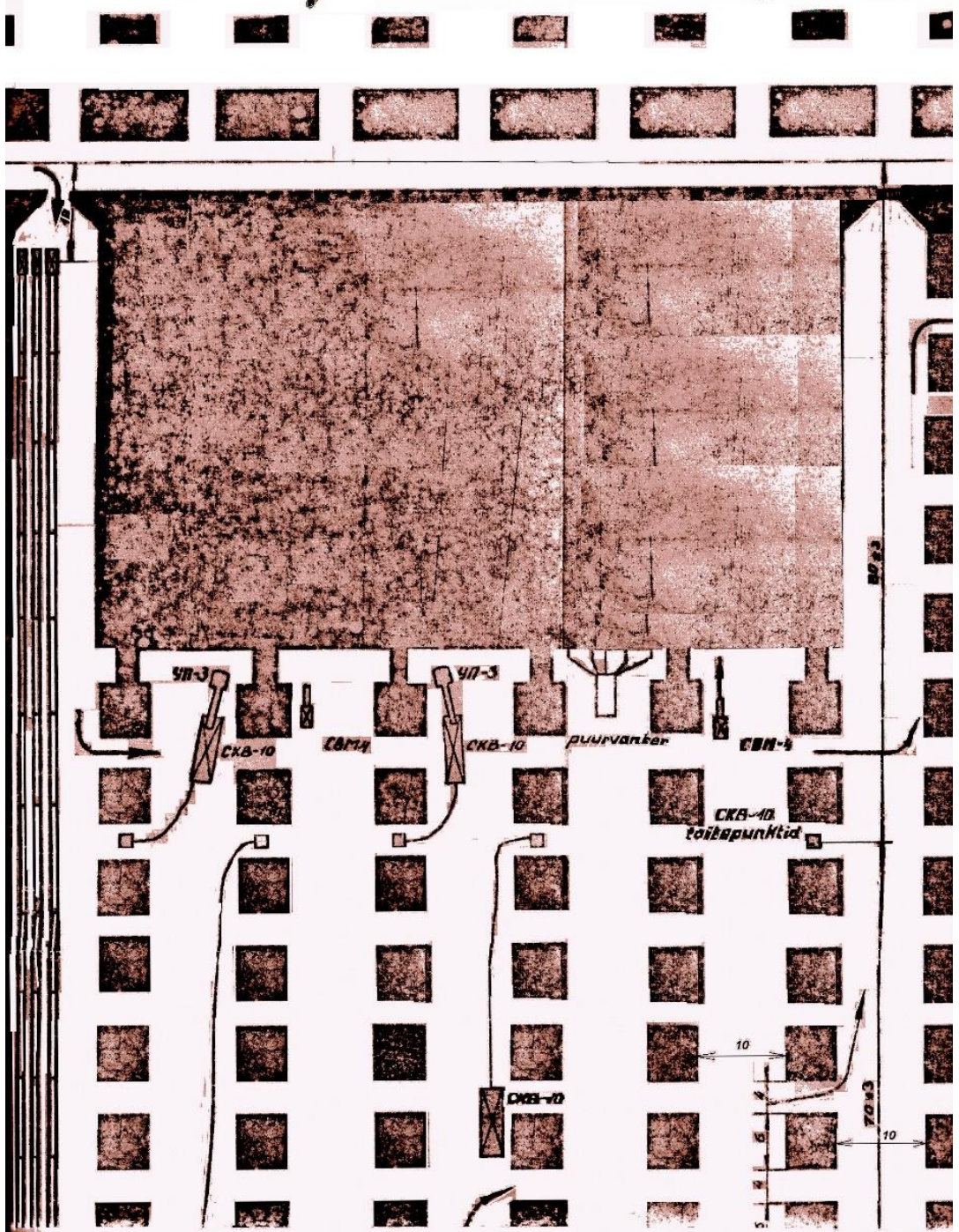
¹⁵⁹ 'Terrikon' — rikastusjäägi kooniline puistang, mugand sõnast 'terrikoonik', prantsuse algupärane *terri conique*, tulnud läbi vene keele *террикон(ик)*.

Pildi aluseks on joonis almanahhist Riigi põlevkivitööstus, 1918...1933, mis kajastas mäetöid enne kolmekümnendate aastate majanduskriisi. Kaevandusvälja lõuna- ja põhjaosas, kus õhukene lagi avamuse lähedal pakkus ootamatusi, on näha umbkaevandamist. Läänesuunas arendati lankkaevandamist. On näha ka, et lõigustamisel arvestati rikkevööndite kirdesuunalist levimist.

Kaasajal väljatakse umbkaevandamisel liikurmasinatega. Raimamiseks on kauritsad, tarimiseks laadurid, veoks kallurid või pikendatavad konveierid, kaeveõõnte toestamisel vastavad liikurseadmed – toesturid. Lõhkeraimamisel kasutatakse liikurpuurmasinaid, soonureid ja lõhkeainelaadurid.

Esimene idee, kuidas vähendada põlevkivikaevanduste väljade lõigustustöö mahtu, sündis käesoleva õpiku autori diplomitöös 1960. Aluseks sai võetud USA kivisöekaevanduste tehnoloogia ja mõttele andsid tuge Ahtme kaevandusse katsetamiseks saadud liikurseadmed. Mingi ettekujutuse koristustööde plaanist peaks andma tolleaegses joonestamistehnikas teostatud järgmine pilt.

Välja töötatud paneel



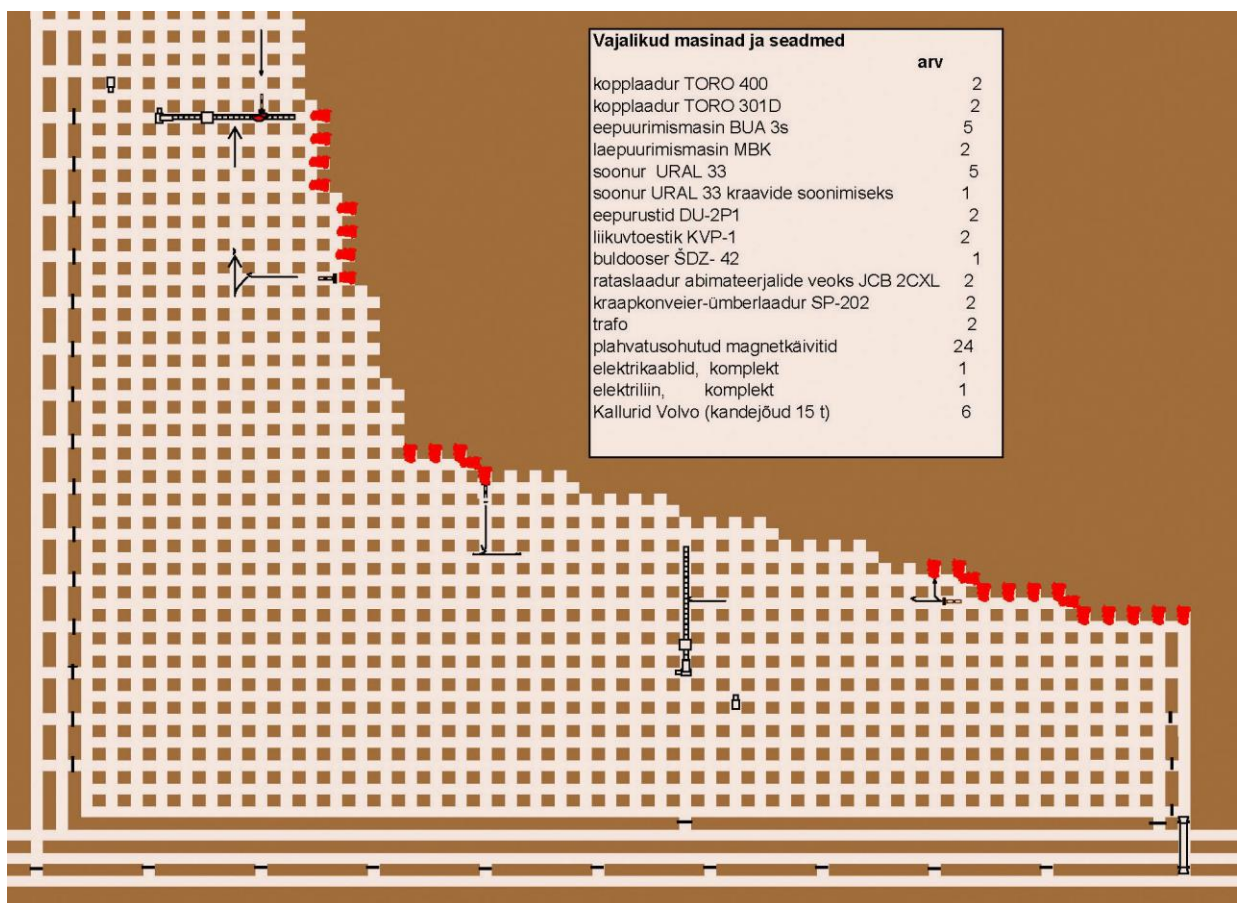
Pilt 3.19 Fragment minu 1960. diplomitööst ¹⁶⁰.

Pildil ei ole siiski puhtakujulise umbkaevandamine. Mingil määral tuli ala

¹⁶⁰ Reinsalu, E., 1960. 10. kaevanduse rekonstrueerimine, diplomitöö. Osundan oma tudengitööle mitte selleks, et apelleerida autorlusele, vaid et illustreerida manitsust — tehnoloogia loomine ei ole pildi joonestamine. Olen kohanud inimesi, kes on kiidelnud, et on koostanud mitu tehnoloogiast aastast. Tehnoloogia loomine on pikk protsess, mille käigus esialgne idee võib muutuda tundmatuseni ja mis lõpeb alles juurutamisega. Minu ideed sammastervikutega lae käitlemisest peeti projekti esitamise ajal vastuvõetamatuks — sellise sildega lagi ei püüvat. Sammastervikud võtsid praktikud kasutusele alles paar aastat hiljem.

lõigustada tuulutamiseks, mis puur-lõhketööde tõttu pidi olema üsna intensiivne. Pildi vasakul serval on kolm pikka kohaliku tuulutuse toru, mis on suunatud ploki lõigustuskaeveõõntesse (all vasakul, pildilt väljas). Sealt tariti kaevist samade süstikvagunitega, mis teenindasid koristus-esisi. Õhku andsid kohaliku tuulutuse ventilaatorid (= tuularid) SVM-4. Peamised masinad olid tavaline kápplaadur UP-3 ning toona projekteerimisjärgus olnud põlevkivi koristusmasinad: süstikvagun SKV-10 ja nelja manipulaatoriga puurmasin. Viimaseid ei hakatudki tegema ja umbkaevandamine ei edenenud. Põlevkivi väljamist jätkati lankideks lõigustatud kaevandusväljadel.

Kaasaegse umbkaevandamise skeemi põlevkivi väljamiseks kujundas mäeinsener Viktor Undusk alles viiskümmend aastat hiljem (järgmisel pildil).



Pilt 3.20 Viktor Unduski umbkaevandamise skeem põlevkivikaevandusse

Unduski skeem, joonis ja järgnev tekst olid koostatud Uus-Kiviõli projekti jaoks, selle analoog võeti kasutusse Estonia kaevanduses.

Kui kaevandus projekteeritakse umbkaevandamiseks, siis avamine algaks kaldšahtide rajamisest. Näiteks läbitakse üks kaldšaht ülevalt alla, seejärel teine alt üles. Seejärel rajatakse kaevandusväljale paralleelselt geoloogiliste häirete vöönditega, loode ja kirde suunas vajalik arv kõrvutisi peakäike veoks, tuulutamiseks, inimeste liikumiseks, veeärastamiseks. Ettekujutuse sellest annavad Pilt 3.42 ja Pilt 3.43. Nii moodustuvad kaevanduses tööfronidid, mis jaotatakse mitmeks enam-vähem ühelaiuseks koristusalaks. Neist igas hakkab töötama koristusmasinate kompleks, lisaks abimaterjalide veokid, lahtitoestamise liikuvtoestik jne. Koristusala keskosas oleks installatsioonikese: trafod, käivitid, tankla jne, mida aeg-ajalt edasi nihutatakse.

Unduski süsteem erineb klassikalistest variantidest järgmiste mitmeti:

- paneelstrekide ja abikaeveõõnte — kogumis- ja külgstrekide rajamine jääb ära;
- paneelstrekide otstarvet täidavad selleks ette kujundatud (koristus)kambrid;
- töö käigus on võimalik suhteliselt lihtsalt mööduda karstiriketest;
- töötsooni optimaalne laius eriti ei sõltu koristuskambrite tootlikkusest;
- töötsooni optimaalne laius võib olla umbes 400 m ja tööfrondi laius vastavalt 1200 m.

Kamber-lankkaevandamine

Balti põlevkivilevila kaevandustes on ja oli kasutusel lankkaevandamine, kuid väljatakse kambrites, lage langetamata. Sõltuvalt, kas lage hoitakse sammast- või linttervikutel, nimetatakse tehnoloogiat kas sammastervikutega või linttervikutega kamberkaevandamiseks, mida siiski oleks õigem nimetada kamberväljamiseks.

Tehnoloogiat, mille puhul põhilagi hoitakse linttervikutel ja koristusesi on pikk nagu laava, hakati Oudova põlevkivimaardlas nimetama kamberlaavaks. Kamberlaavades toestati lähilage puittugedega.

Samuti väljati Ülgase fosforiidikaevanduses, tehes seda selektiivselt — rikas kaevis kühveldati kärusse, madalama kvaliteediga kaevis, liivakivi ja oobolusdetriit — ammendatud alale, tagalasse. See oli osaline [tahatäitmine](#).

Maardu fosforiidikaevanduse kamberlaavades jäeti vahetut lage hoidma minimaalsed (2×2 m) sammastervikud.

Viimati kasutati kamberlaavasid põlevkivi väljamisel Leningradi oblasti põlevkivikaevandustes ja sealse eeskujul alusel üritati seda panna [Kuremäe põlevkivikaevandusse](#), kus mäendustingimused on lähedased Narva jõe tagustega.

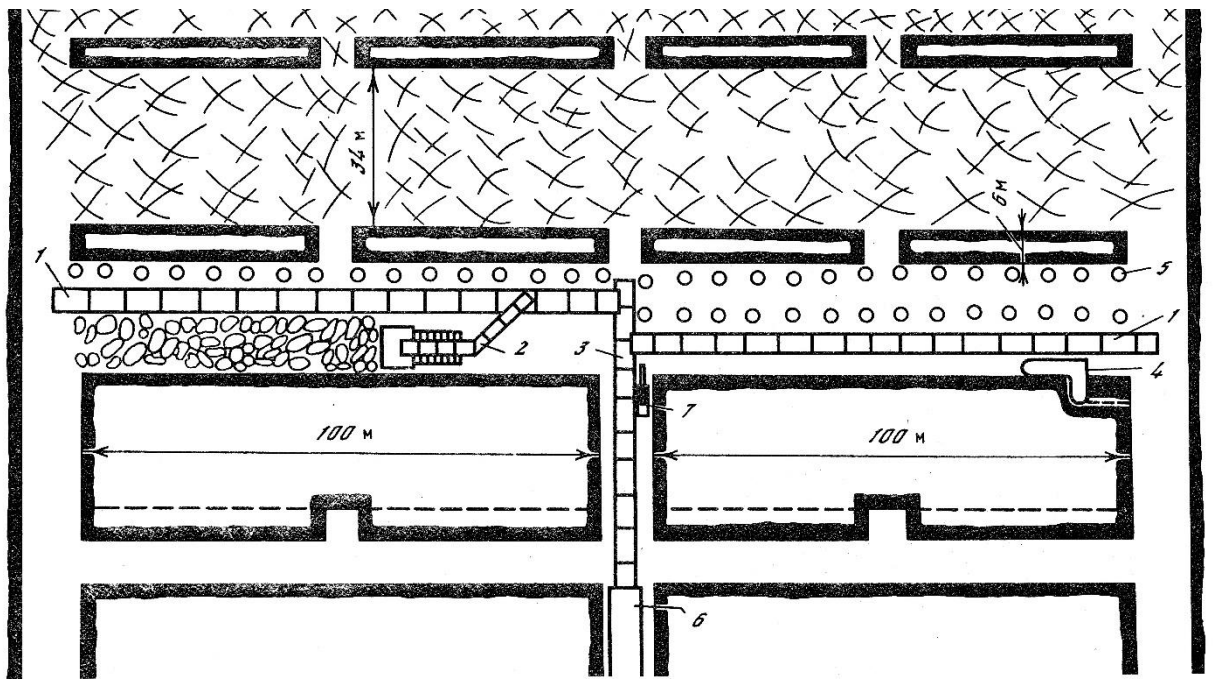
Lankide mõõtmed kamber-lankkaevandamisel on:

- Sammastervikutega väljamisel:
 - laius valdavalt 100...400 m, mis võrdub 1...2+2 kraapkonveieri pikkusega,
 - pikkus enamasti ≈ 600 m, mis on lintkonveieri tavaline pikkus ja ühtlasi paneeli laius.

Lanki nimetatakse kambri(te)plokiks ja enamasti haldab seda üks (kaevandus)jaoskond

- Kamberlaavadega väljamisel oli langi laius
 - Fosforiidikaevandustes ≈ 30 m Ülgasel ja ≈ 100 m Maardus (kraapkonveieri pikkus),
 - Venemaa põlevkivikaevandustes kuni 200 m ehk kaks kraapkonveieri pikkust.

Kamberlaava eeldab tugevat, monoliitset, plaatjat lage. Ülgase fosforiidikaevanduses oli põhilae kandjaks Lasnamäe ehituspae lasund ja piirsille (suurim lubatud ava kaeveõõne seinte või tugitervikute vahel) oli kuni 30 m. Samas suurusjärgus oli piirsille Leningradi oblasti põlevkivikaevandustes. Mäetööde lähenedes nn [mattunud Devoni astangule](#), kus tugeva ja monoliitse põhilae paksus vähenes, alanes kamberlaavade piirsille 20...25 meetrini. Vastavalt vähendati ka kambri laiust.



Pilt 3.21 Kamberlaava Oudova põlevkivimaardlas
161

Pildil: 1 — kraapkonveier ees, 2 — laadur. 3 — kogumisstreki kraapkonveier, ülelaadija, 4 — soonur, 5 — puittoed, 6 — lintkonveier, 7 — puurmasin.

Enimkasutatav kamber-väljamisviis
põlevkivikaevandustes on

sammastervikutega kamberväljamine,

mille kasutamise viis peamist nõuet
mäendustingimustele on: ¹⁶²

¹⁶¹ Рейнзалу, Э., Кальювез, Э., Фрайман, Я., 1983. Экономико-математические модели прогнозирования развития добычи горючих сланцев, Недра, Москва, 96 с.

¹⁶² Nõuete arvvaartused pärinevad põlevkivikaevandustes kasutatud tehnoloogiate erinevatest (tüüp)skeemidest, mis koostati A. Skotšinski nim mäendusinstituudi (Moskva) Eesti Filiaalis aastail 1970...90:

- Технологическая схема (1979) очистных и подготовительных работ при камерной системе разработки для шахт производственного объединения Эстонсланец. Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.
- Технологическая схема (1980) камерной системы разработки с принудительной посадкой кровли на шахтах Эстонского месторождения и временная инструкция по ее применению. Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.

1. Kaljuse (paest, karbonaatkivimitest) lasumi paksus >10 m.

Nõue lähtub kogemusest, et õhukese lasumi puhul on ei ole kambrite lagi maalähedaste paekihtide rabaduse tõttu püsiv ega taga vajalikku piirsillet. Seejuures peetagu silmas, et alad kus kaljuse lasumi paksus on alla kümne meetri ei ole mitte ainult avamusjoone lähedal, vaid ka Eesti maardla idaosas Narva karjääril lõuna poole ning Leningradi oblasti maardla põhjaosas. Nendel aladel on Ordoviitsiumi lademe kihtide peal devoni mergel ja domeriit ning paiguti ainult kvaternaarisetted. Sealne lasum on rabenenud.

2. Kaevandamissügavus (lasumi paksus) <70...80 m.

See soovituslikku laadi nõue sõltub tehnoloogiast: kambrite lae sundvaristamise (tugitervikute õhkimise) puhul <70 m ja maa hoidmise puhul <80 m. Piirväärtus tuleneb mitmest asjaolust. Esiteks puudub positiivne kogemus kambrite kasutamisest suuremas sügavuses. Teiseks, sügavamal on tervikud massiivsemad, mistõttu kasvab umb-ete (pikikambrite ja lõõride) osatähtsus ja väheneb töö tootlikkus.

-
- c) Прогрессивная технологическая схема (1981) очистных и подготовительных работ при комбинированной системе разработки "камера-лава" для шахт Ленинградского месторождения горючих сланцев, Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, ВНИМИ, Москва.
- d) Технологическая схема (1988) с применением самоходных пневмоколесных машин в условиях Эстонского месторождения горючих сланцев, Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.

3. Kamberväljamiseks sobiv kihindi väljatav tüsedus 2,5...3,4 m; juhul kui kambrite lae langetatakse, siis <3,3 m.

Vähema väljamispaksuse puhul ei saa koristusmasinad, eriti kopplaadurid ja buldooserid arendada piisavat tootlikkust. Ülemine tüseduspiir tuleneb kihindi kasulikust tootlusest — väljatava osa paksuse suurenemisele ei kaasne enam kasuliku tootluse (energia- ja õlitootluse) kasvu, mistõttu kamberkaevandamine ei puugi olla majanduslikul tõhus. Kihindi piirtüsedus lae langetamise puhul (<3,3 m) lähtub pigem kogemuse puudumisest, mitte tervikute püsivusest.

4. Kambriploki kollapsi vältimiseks tagamiseks, peab tugitervikute protsentides väljendatud pindala moodustama vähemalt poole meetrites väljendatud kaevandamis-sügavusest.¹⁶³

See on kogemusest lähtuv rusikareegel: kaevandades <40 m sügavusel, peab tugitervikute pindala moodustama <20% väljatavast pindalast ehk teisisõnu, maavara kadu pindala alusel moodustab <20%. Siis peaks kambriploki stiihiline varing (kollaps) olema välditud. Sellest nõudest on tuletatud piirtingimus, et kamberkaevandamine lae langetamine st (sund)varistamisega on kasutatav sügavusel >30 m. Tervikute täpsete mõõtmete määramiseks on tehnoloogilistes (tüüp)skeemides vastav metoodika, mis arvestab

¹⁶³ RRR — Reinsalu rusikareegel. Seos kandeteguriga vt [Mäerõhk](#)

konkreetse koha mäendustingimusi, tervikute eluiga, ohutust, väljamise tehnoloogiat jm.

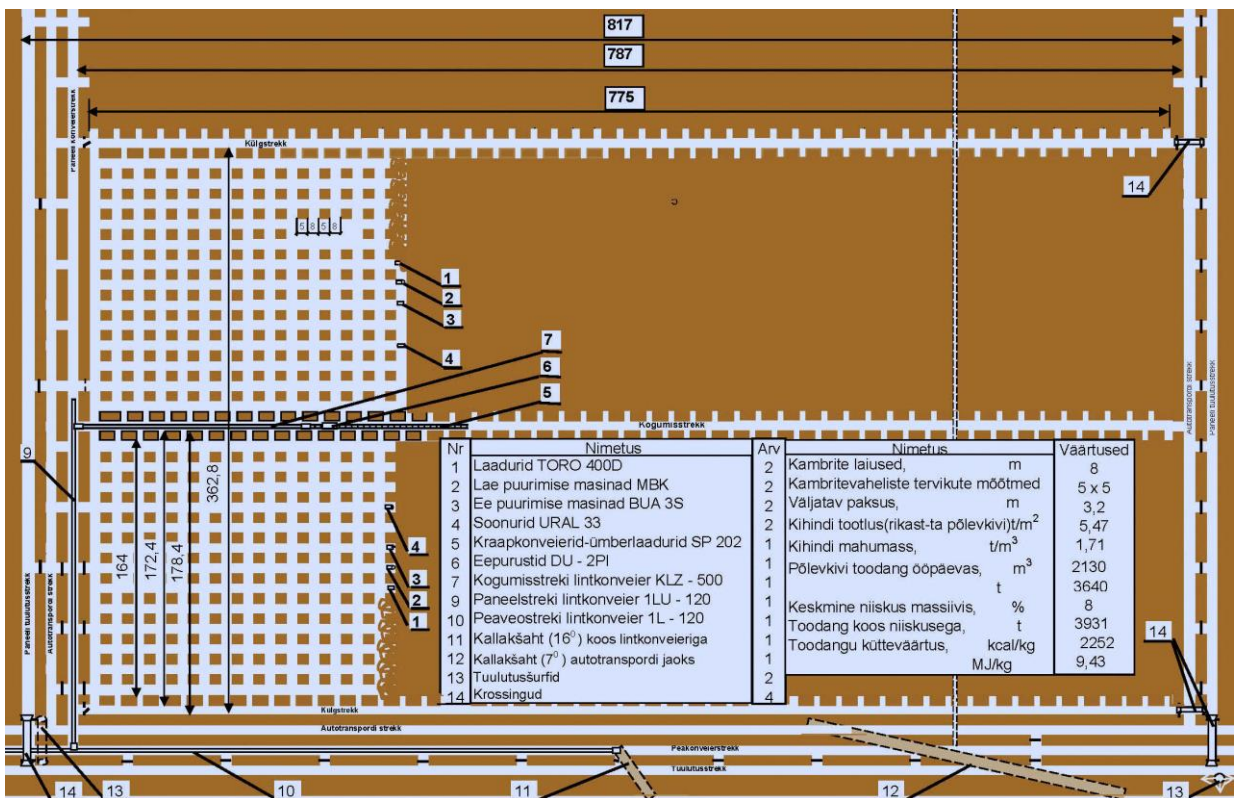
5. Kambrite piirsille ehk suurim kaugus tugitervikute vahel sõltub lõhelisusest (Tabel 3.24).

Tabel 3.24. Kambrite piirsilde sõltuvus kivimite lõhelisusest

Lagi on:	Lõhede vahekaugus, m	Piirsille, m
püsiv	>15	13...14
keskmise püsivusega	5...15	11...13
vähepüsiv	<5	9...11

Siin on piirsille suurim lubatav (= ohutu) kaugus kambri lage hoidvate tervikute vahel. Ridadena paiknevate ruudukujulise põiklõikega tugitervikute puhul mõõdetakse piirsillet üle ava, diagonaalis. Karstitsoonide läheduses lõhede vahekaugus väheneb.

Sammastervikutega kamberväljamine kaasaegsete seadmetega on skeemina Pilt 3.22.



Pilt 3.22 Kamberväljamine lankideks jaotatud kaevandusväljal

Skeemi koostas mäeinsener Viktor Undusk Uus-Kiviõli kaevanduse projekti jaoks.

Teine peamine põlevkivi allmaa-väljamisviis olid *kamberlaavad*,

mis kuuluvad laekäitluse poolest kamberväljamise alla, ent koristustöös toimub pikas ees (laavas). See oli Oudova põlevkivimaardla peamine allmaa-kaevandamisviis. Kuna Eesti maardla idapoolsete äärelade mäendustingimused on ligilähedased Narva jõe tagustega, on kasulik teada kamberlaavade peamisi kasutamistingimusi:

1. väljatava osa paksus 1,65... 2,2 m,
2. lasumi paksus >50 m, selles kaljuseid kivimeid vähemalt 25 m.

Väljatava osa (kihi) paksuse alampiir kamberlaavades sõltus laadurite kõrgusest ja inimeste kasvust, ülempiir – peamiselt tootsa kihindi tüsedusest. Mingil määral sõltus väljatava

kihi paksus ka sellest, et vahetut lage hoiti puittugedega — mida lühemad toed, seda kergem käidelda. Ee kõrguse vähendamiseks jäeti väljamata IV põlevkivikiht, Eesti maardla A-kihi analoog Narva jõe taga. Kamberlaavade kasutamisel Kuremäe kaevanduses (oli selline kavatsus, vt [Kuremäe põlevkivikaevanduse projekt 1979...89](#)), oleks A-kiht jäänud väljamata. Et see poleks kaevandamiskadu, kavatseti kihindi alumine osa, A, A'/A ja A' bilansist (maavarade registrist) maha kanda.

Kamberlaavade puhul on oluline lasumi (põhilae), eriti selle kaljuse osa paksus. Kui lagi moodustab monoliitse plaadi, on teoreetiliselt võimalik saavutada kuni 40 meetrine sille. Tegelikult, kus lae püsivust mõjutab lõhelisus ja lokaalsed geoloogilised häiretsoonid, oli kamberlaava laius 25... 30 m. Lähemalt sellest vt [Näide 3.1 Oudova põlevkivimaardla tehnoloogiline rajoneerimine](#).

Puurkaevandamine

... võib olla:

1. Pumpamine — gaasiliste ja vedelate (õli, gaasikondensaat, mineraalvesi) väljamiseks.
2. Puurväljamine ehk oherdamine (*augering*) — pehmete (rabadate ja tihkete) kivimite välja puurimine.
3. Leostamine — maavara maapõues käitlemine lahustega, et seda või selle kasulikke komponente saab kätte puuraukude kaudu.
4. Vesiväljamine.

Pumpamine. Kui gaas või õli ei tule puuraugust ise välja, tuleb see välja pumbata. Maasisese loodusliku rõhu alanedes gaasiliste ja vedelate maardla tootlus alaneb. Siis survestatakse

lasundeid (= kollektoreid) maapõue pumbatava vee ja/või auruga. Viimasel ajal kasutatakse mäenduses tiivisõli (tihke, kivimiga tugevalt seotud viskoosse õli) ja tiivisgaasi (kivimis, eelkõige kiltades peituv kildagaasi) väljamiseks puurimisega avatud lasundi lõhkumist. Levinuim tiivisgaas on kildagaas, mida väljatakse suundpuurimise ja kilda allmaa-lõhkumise (*fracing*) tehnoloogiat kasutades.

Eestis ei tulnud Keri saare maagaasi väljamiseks (1906...12) gaasi pumbata, ta väljus ise.

Puurkaevandamise alla võib lugeda ka mineraalvee tootmist Värskal, Häädemeestel ja mujalgi, kui vesi oleks Eestis maavara.

Oherdamist kasutatakse jääkvaru väljamiseks, näiteks kivisöekarjääris: puuritakse tigupuuriga (= oherdiga) katendi alla jäänud maavaralalasundisse suure diameetriga augud, kust väljatud puurpuru käideldakse kui kaevist. Augu läbimõõt võib olla mitu meetrit ja pikkus kuni 300 m. Puurkaevandamisele on omane suur väljamata jääv osa maavarast, kuni pool varust. Kaasajal on puurväljamine arendatud mitmekülgsemaks kui tigupuuriga oherdamine, see võib toimuda mehitamata kauritsatega. Puurväljamist on kavandatud kasutada põlevkivikarjäärides, tegusate katseteni pole jõutud. Peamiselt takistavad oherdamist tugeva lubjakivi vahekihid tootsas kihindis. Graptoliitargilliidi oherdamisel seda takistust ei oleks.

Leostamine. Veelahustuvate maavarade, eelkõige soolade kaevandamiseks pumbatakse maardlasse vett ja tekkiv lahus pumbatakse välja.

Metallide, näiteks uraani kaevandamisel kasutatakse leostamist — maardlasse pumbatakse lahust, millega reageerides maagimineraalid muutuvad lahustuvateks ühenditeks. See on keemiline leostamine. Analoogiline on bioleostamine, kui metalliühendeid lagundavaks ja lahusesse kandvaks agendiks on sobivad bakterid. Leostamise, nii keemilise kui bioloogilise puhul lõhutakse puurimisega avatuid kivimeid, et tekitada lasundis kivimi vaba pinda, millel reagentid ja bakterid saavad tegutseda. Lahus pumbatakse välja töötlemiseks.

Sillamäe uraanikaevanduses allmaaleostamist ei kasutatud, väljatud kaevist töödeldi maapealsetes kuhilates ja reaktorites.

Kergelt sulavate maavarade (väävel) välja pumpamiseks käideldakse maavaralasundit kuuma vee ja auruga.

Puurkaevandamise kõrval eksisteerib maavarade allmaatöötlemine, näiteks põlevate maavarade, eelkõige kivisöe allmaagaasistamine. Ka sel juhul avatakse maardla puuraukudega. Lasundis algatatakse termiline lagunemine, mida õhutatakse avamis- ja õhutamispuuraukude kaudu. Gaas pumbatakse välja tootmispuuraukude kaudu. Allmaagaasistamisele on omane vähene kasutegur ja suur maapõuereostus.

On arendatud graptoliitargilliidi allmaatöötlemise ideed.¹⁶⁴ Peetakse võimalikuks leida bakteriaalne menetlus savikivi kerogeeni lagundamiseks gaasilisteks produktideks ja metallide muutmiseks leostuvaks.

Allmaagaasistamine ja maakide bakteriaalne ning keemiline mõjutamine kuulub mineraaltoorme töötlemise alla ja on kaevandamisega seotud vaid niivõrd, kui võrd tegu on maapõuetööga (vt [Kaevandamise mooduse ja viisi valimine](#)). Seevastu eelpool mainitud tiivisgaasi ja -õli väljamine maapõuest kuulub otseselt maavarade kaevandamise valdkonda. Praktilise kogemuse vähesusele, Eesti aluspõhja geoloogiliste eeldustele ja tehnoloogiate salastatusele viitavalt neid teemasid edasi ei käsitle.

Vesiväljamine. Puurkaevandamisel saab nõrgemaid, rabedaid kivimeid raimata uhtväljamisega. Näiteks puuritakse maapinnalt lasundisse piisava läbimõõduga kaevud, millest ühest lastakse alla veekahur (= hüdromonitor) ja teisest pump. Sellist väljamise moodust katsetati Narva jõe taga Venemaal, Leningradi oblasti Kingisepa fosforiidimaardlas. Eestis on eelmise sajandi kaheksakümnendatel aastatel käsitletud uhtväljamisega puurkaevandamise võimalust Kabala fosforiidileiupaigas.

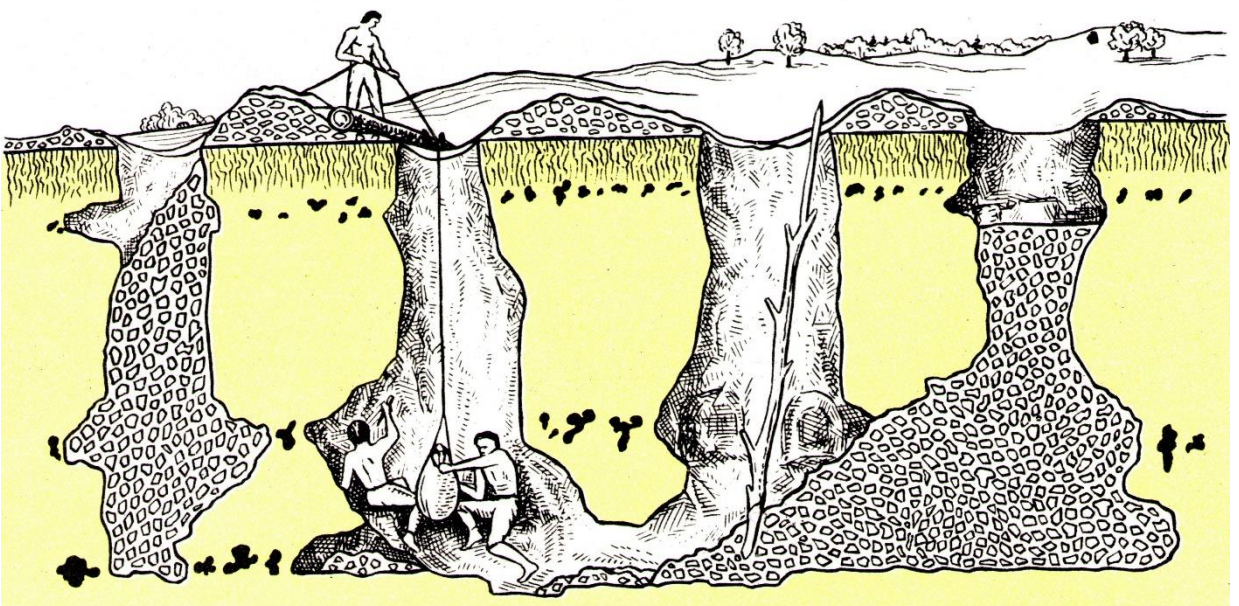
¹⁶⁴ Menert, A., Kivisaar, M., Sipp-Kulli; Sirli., 2015. Mikroorganismid võivad anda rakenduse seni kasutuseta maavarale, Eesti põlevloodusvarad ja -jätmed, 32...34.

Kaevandamine täitmisega

Maavarade kaevandamine nii, et väljatud kaevisse kasutu osa jäetakse maha, on olnud kasutusel mäenduse algusest peale (Pilt 3.23). Täidis pidurdas kivimite varisemist, toestas. Sama ülesanne oli käsitsi laotud täiteriitadel põlevkivi kaevandamise algusaastatel. Täidis (*fill*) paigutatakse kaevandatud ala tagalasse (*back*), millest ingliskeelses mäemõistestikus on termin *backfilling*, eesti keeles – tahatäitmine.

Täitmisel on kolm võimalikku moodust:

- tahatäitmine – aheraine kaevandatud alale jätmine, et vähendada välja veetava kaevisse massi;
- täitmine – kaaskivimite käitlemine ammendatud ruumi paigutamiseks;
- tagasitäitmine – kaevandamisjätmete peitmine ammendatud ruumi.



Pilt 3.23 Tulekivi allmaakaevandamine kiviajal.
Illustratsioon vene mäeentsüklopeediast

Tahatäitmise klassikaline moodus on aherainest täiteribade ladumine tagalasse, et vajuv lagi neile toetudes sujuvalt langeks.¹⁶⁵ Sellega saavutati kaks eesmärki – toimus kaevisse eelrikastamine ja hoiti lage. Käsitsi sorteerimine ja riitade ladumine oli raske käsitsitöö. Kaasajal on tahatäitmine lahendatav nii, et koristusjaoskonda paigutatakse allmaa-sorteerimisseade ja eraldatud aheraine puistatakse, pillutakse või pumbatakse ammutatud kaeveruumi. Sellekohase eelprojekti koostas Eesti Energia kaevanduste jaoks TTÜ mäeinstituut 2010.¹⁶⁶ Soovitati ka sobivaid valikpurustamise trumlit ja täidise pildureid.

Täitmine kaevisest separeeritud aheraine või muu sobiva materjaliga on kaeveõõnte püsivuse tagamise oluline vahend, kui see võimaldab maavara paremini ja/või täielikumalt väljata. Täitematerjal võib olla liiv, killustik, mineraalkütuste tuhk, betoon, rikastusjäädid ja mistahes ohutu mineraalmaterjal. Sobimatud on lahustuvaid jääke, rikastuskemikaale, lagunevaid ja süttimisohtlikke ühendeid sisaldavad materjalid.

Täidise toimetamine ammendatud ruumi ja sinna mahutamise maksab umbkaudu sama palju kui kaevisse väljamine, vedu ja tõstmine.

Ettevõtte kaevandamiskulust moodustab kaevisse väljamise, veo ja tõstmise operatsioonide

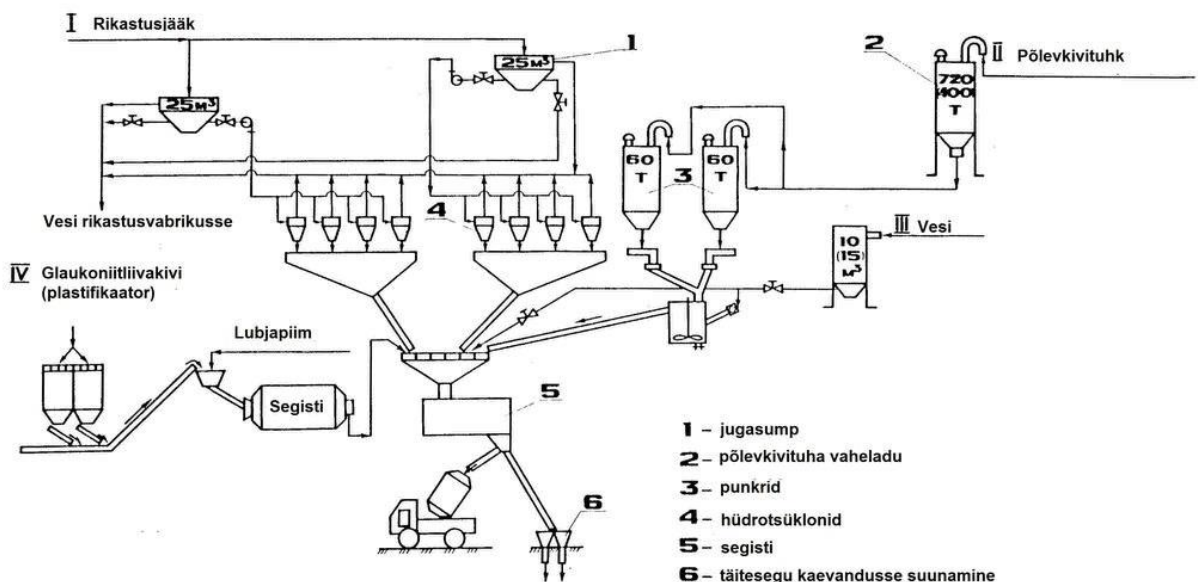
¹⁶⁵ Inglise mäenduse ajaloost on teada täitematerjali murdmine söekihi alt põhjast. Murrukoha nimetuseks oli *quarry*, 'karjäär', seega „allmaakarjäär“, antonüüm mõistele „pealmaakarjäärile“, terminile, mida kasutavad mäendusvõhikud.

¹⁶⁶ TTÜ mäeinstituut, 2010. Allmaa kuivrikastamise tehnoloogia valik, Lepinguline uuring 10080, töö juht Paul Vesiloo.

töömahukus ning kulu peaaegu 50%. Kui neile lisandub sama suur kulu täidise kaevandusse laskmiseks, täitmiskohta vedamiseks ja paigaldamiseks, kasvaks ettevõtte kaevandamiskulu poolteist korda. Järelikult õigustab täitmine maapealse materjaliga — loodusliku kivimi asendamine tehislikuga end vaid vääruslike maavarade puhul, või siis, kui tähelepanu all on maapõue ning maapealse keskkonna hoidmine ja vastavate kulutuste tegemist peetakse mõistlikuks. Keskkonnahoolde egiidi all oli täitmine sees eelmise sajandi kaheksakümnendatel aastatel koostatud Lääne-Kabala fosforiidikaevanduse eelprojektis. Projekti juhtide varjatud eesmärk oli kasvatada seeläbi kaevandamiskulu, muuta projekt investeerimiskõlbmatuks.

Täitmissegu valmistavat seadmestikku (täidisetehast) illustreeriv skeem vt Pilt 3.24.

Kabala kaevanduse täitmiskompleksi tehnoloogiline skeem
[TTÜ mäeinstituut, 1990]

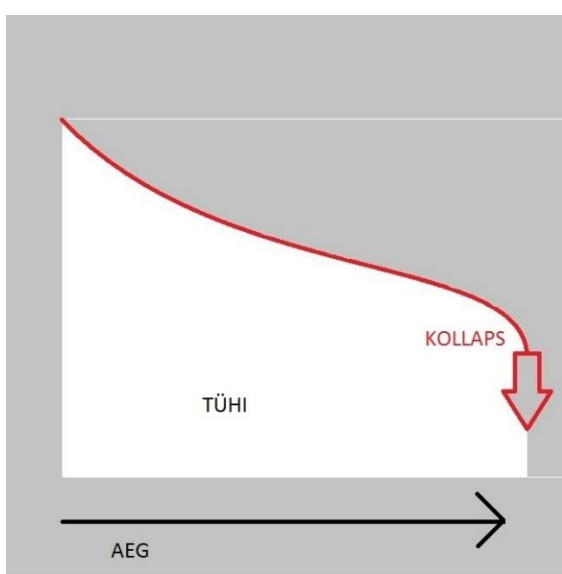


Pilt 3.24 Ühe võimaliku täidisetehase ja täitmise tehnoloogia põhimõtteline skeem

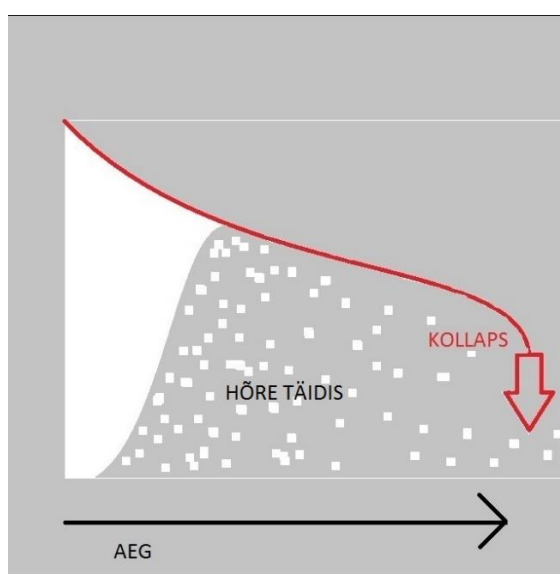
Tuleb aga teada, et täidisetehas, tänu ehitustehnika kogemusele, on täitmist kasutava kaevanduse projekti kõige lihtsam osa. Kuidas täitesegu maa alla toimetatakse, kaeveõõntesse mahutatakse, kuidas toimub mäetöö täidise tardumise vältel jne on omaette probleem. Täitmise tehnoloogia projekteerimiseks tuleb enne põhjalikult uurida millised on erinevate täidiste omadused, kuidas need muutuvad aja jooksul ja kuidas täidis reageerib mäerõhule (Pilt 3.25). Rida küsimusi on seotud kaevanduskeskkonnaga – kuidas muutub tuulutusskeem, kas põhjavesi leostab täidist jne. Kõik see ei ole uudsuse tõttu õpikuteema.

Maailma mäenduse praktikas leiab täitmine kasutamist ainult maakide ja kivisöe väärtuslikemate erimite kaevandamisel.

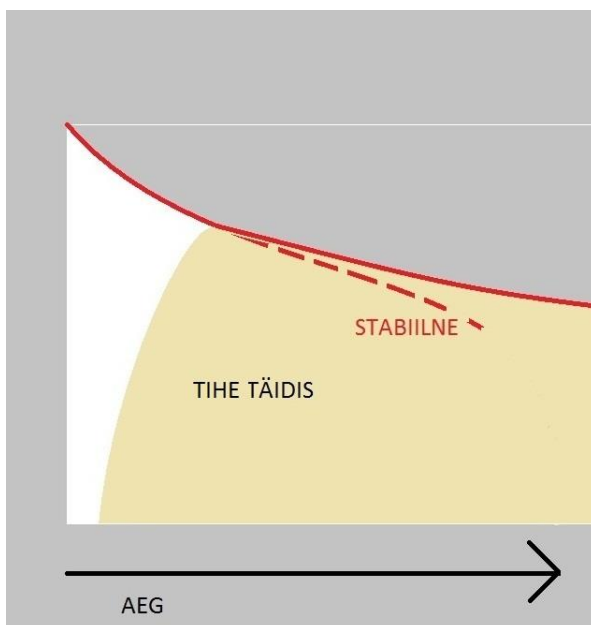
Tagasitäitmine on kaevandusmaastikust häiritud keskkonnatundlike isikute ambitsioon. Maapõue saab matta vaid ohutuid jäätmeid. Sellise materjali korrastatud panilad: puistangud, terrikonid, settetiigid jne ei tekita maa peal mitte mingit ohtu ja peaksid olema kujundatud maastikuelementideks. Ohtlike jäätmeid: isesüttivaid ning leostustundlike osiseid sisaldava materjali tagasitäitmine on keskkonnakahjulik.



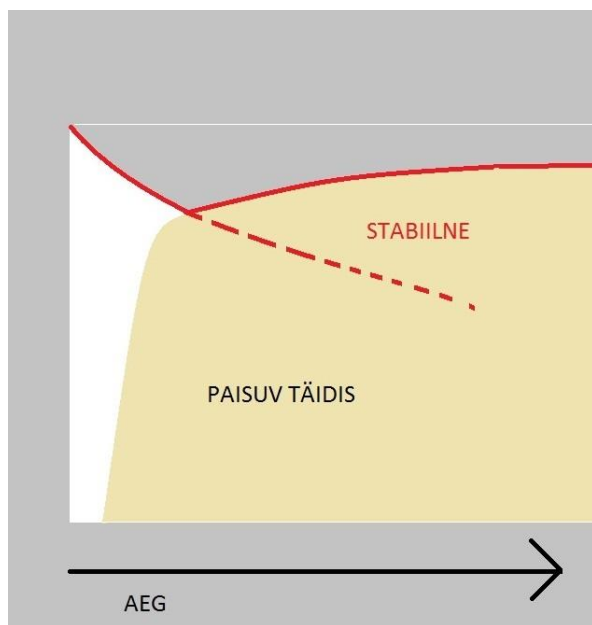
a) Tädiseta – lagi vajub ja aja jooksul kamber kukub kokku (kollapseerub). Maa peal tekib vajum.



b) Järeleandlik tädis (killustik) ei osuta vastupanu, toimub kollaps, vajum maa peal on madalam.



c) Tihe tädis (tihkestatud liiv või betoon) toetab lage ja kambrid püsivad, vajumit ei teki



d) Paisuv tarde tädis osutab vastumõju, kambriplokk jääb püsima ka väiksematel tervikutel

Pilt 3.25 Koristus kambri lae käitumine sõltuvalt tädis omadustest

Skeemil: valge – tühi kaeveõõs, hall – kivimid, kollane – tihkestatud või tarduv tädis.

Eesti maavarade kaevandamise moodused ja -viisid

Ülevaade Eestis kasutatud ja võimalikest kaevandamistehnoloogiatest on kokkuvõtlikult ja võrdlevalt esitatuid järgnevates tabelites.

Tabel 3.25 Maavarade kaevandamise moodused ja viisid Eestis

Kaevandamise moodus Kaevandamisviis	Esmane mäendus-tingimus	Tüüpiline maavara	Lasumi (katendi) või lae käitlemine	Väljamisviis	Tüüpmaardlad ja -kaevandused
ava-kaevandamine:	õhukene lasum		katendi eemaldamine:		
auk-kaevandamine	pinna-lähedane lasund	liiv, savi, kruus	välispuistangusse	laadimine	Männiku, Kuusalu, jt
		paekivi erimid			Väo, Maardu, Harku jt
vaal- ehk riba-kaevandamine	Suur maardla	Põlevkivi Fosforiit*	sisepuistangusse	lõhkamine, laadimine	Narva põlevkivikarjäär; Maardu fosforiidikarjäär*

Tabel 3.25 jätk

Kaevandamisviis	Mäendus-tingimus	Tüüpiline maavara	Lasumi (katendi) või lae käitlemine	Väljamisviis	Tüüpmaardlad ja -kaevandused
avakaevandamine:	õhukene lasum		katendi eemaldamine:		
väljakaevandamine	turbaraba	turvas	välispuistangusse	koorimine (freesimine)	Tootsi, Puhatu
allveekae- vandamine	allveemaardla	ravimuda	ei toimu	ammutamine	Mullutu jt
		Liiv			Naissaare jt

Tabel 3.25 jätk

Allmaa-kaevandamine:	Tüse lasum		Lae (maa) käitlemine: ¹⁶⁷		
umb-kaevandamine	kihtmaardla, kandev põhilagi	põlevkivi	langetamine	käsi kambrid*	Kukruse, Kava
	kehamaardla	tehno-liivakivi*		kamberväljamine*	Piusa
kamberlank-kaevandamine	kihtmaardla kandev põhilagi	põlevkivi	hoidmine, stabiilne või kvaasistabiilne	sammastervikutega kamberväljamine	Eesti kaevandused
				kamberlaava*	Oudova maardla
		fosforiit*	langetamine	kamberlaava*; käsilaavad*	Ülgase, Maardu graptoliitargilliit (Sillamäe)

¹⁶⁷ Maa olek, sõltuvalt lae käitlemise viisist on püsiv, stabiilne ja kvaasistabiilne vt Reinsalu, E. jt, 2015, [Kaevandatud maa](#).

Tabel 3.25 jätk

lank- kaevanda- mine	kihtmaardla, kandev põhilagi	põlevkivi fosforiit	langetamine	kombainlaavad kamber- kaevandamine lae langetamisega*	Eesti Põlevkivi: Kohtla, Sompa, Kukruse, Käva, Kiviõli, Nr 2, 4. Katsed Ahtmes ja Virus. Maardu fosforiit.
süva- kaevanda- mine	kehamaardla	graniit** raua- maak**	püsiv hoidmine	alakorru- varistamine	Maardu graniit Jõhvi rauamaak ***

* enam ei kaevandata

** veel ei kaevandata ja ilmselt ei kaevandata ka lähitulevikus (20 aasta jooksul)

*** Pole veel selge, kas tegu on keha- või soonmaardlaga, mistõttu ei saa ka kaevandamisviisi ennustada.

Tabel 3.26 Maavara koristustööde tehnoloogiad Eestis

Kaevandamis- moodus	Kaevandamis- või väljamisviis	Lasumi (katendi)/lae käitlemine	Kaevise väljamise (raimamise ja laadimise) moodus ja/või vahend	Levinuim lähiveo- vahend
Pealmaa- ehk avakaevandamine:				
karjäär- kaevanda- mine	auk- kaevandamine	lükkamine või vedu välispuistangusse	tavaliselt: raimamine — lõhkamine/kobestamine/lõhk umine; laadimine — pärilabidas/kopplaadur võimalik: koorimine (freesimine)	autoveok
	vaal- ehk riba- kaevandamine	lõhkamine ja ekskaveerimine sisepuistangusse		
väljakkaevan- damine	koorimine	lükkamine või vedu välis- puistangusse	freesimine/pressimine — kuivatamine — laadimine	
allvee- kaevanda- mine	ammutamine	vett ei eemaldata	draag (bager), pinnasepump	ujuvvahend

Tabel 2.26 jätk

Allmaa- ja süvakaevandamine				
Kaevandamise moodus	Kaevandamis- või väljamisviis	Lasumi (katendi)/lae käitlemine	Kaevise väljamise (raimamise ja laadimise) moodus ja/või vahend	Levinuim lähiveo- vahend
allmaa-kaevandamine	sammastervikutega kamberväljamine, kamberlaava	hoidmine tugi-, hoide-, streki-, tõkke- jt tervikutel	tavaliselt: raimamine: soonur, lõhkamine; laadimisel — buldooser/käpplaadur/kopp-laadur võimalik: algmurdepuur/lühikese ee kombain	kraapkonveier, lintkonveier, autoveok
	vesikaevandamine**	hoidmine väljamata maavaral	veejuga	pump
	pikkesikaevandamine: kombain-laava*	langetamine murdetoestiku abil	pika ee kombain	kraap- ja lintkonveier
	käsi-kamber* käsilaava*	langetamine täiteriitade abil	raimamisel: soonur, lõhkamine, käsitsi laadimine	vagonett

Tabel 2.26 jätk	kamber-kaevandamine lae langetamisega*	langetamine tugitervikute suuruse juhtimisega	sama mis kamberkaevandamisel lae hoidmisega	kraap- ja lintkonveier
allmaa-kaevandamine	ajalooline umb- ja lank-kaevandamine***	hoidmine tugitervikutel	käsitsi raimamine ja laadimine	vagonett
Süva-kaevandamine	alakorru-varistamine	hoidmine väljamata maavaral	lõhkeraim, kopplaadur	autoveok

* enam ei kasutata; ** veel ei kasutata; *** Piusa klaasliiva ja Ülgase fosforiidikaevandus

Siin, nagu eelnevas ja edaspidigi, kohtab palju erinevaid termineid. Kuigi oskussõna peab olema (ja enamasti ongi) täpselt piiritletud tähendusega, võivad erialainimesed leida mõistestikus alati ebakõlasid, mittevastavust sisule, kattuvust jne. See on iga suure ja keeruka süsteemi kirjeldamise tavaline lingvistiline probleem.

Antud juhul soovitan

kasuta seda terminit, mis tundub kõige õigem, kuid tee seda õigesti.

3.9 Kaevanduse rajamine

Mäeettevõtte ehitamine on mitmekülgne protsess, mida on üksikasjalikult kirjeldatud õpikus [Mäemajandus](#), p 2.3.1 Ettevõtte asutamine, lk 80. Siiski ei tule tolle vananeva õpiku kõiki seisukohti kriitikavabalt võtta, need on formuleeritud kakskümmend aastat tagasi. Ent põhiseisukohad peavad paika, sest, kuigi majandus ja tehnika on arenenud, ei ole mineraaltoormetööstuse rajamise kaanonid märgatavalt muutunud.

Kaevanduse sidumine keskkonda

Kaevandus on ettevõtte, mille sobitamine keskkonda, pidades silmas nii loodust kui taristut, erineb enamiku käitiste asupaiga ruumilisest planeerimisest. Tuleb lahendada rida eriomaseid ülesandeid:

1. Keskkonnaülesanne — mäetööde ala paigutamine vähem haavatavasse keskkonda, et tagada minimaalne keskkonnamõju.
2. Varukasutuse ülesanne — tagada mäeeraldise varu mõistlik kasutamine.¹⁶⁸
3. Logistikaülesanne — optimeerida toodangu, kaevandustöötajate ning materjalide ja seadmete toimetamine õigel ajal õigesse kohta.

Kõigi ülesannete lähtekoht ja lahendamise tee algab tehnoplatsi ja avamiskoha paigutamisest (Tabel 3.27).

¹⁶⁸ Maavara kasutamise planeerimine viib projekteerija pilgu maapõue, millega tekib kolmemõõtmelina kuvand ja vajadus rääkida ruumilisest planeerimisest. Kahjuks piirdub paljudel juhtudel ametkondade „ruumiline planeering“ siiski vaid maakatte kahemõõtmelise käsitlusega.

Tabel 3.27. Kaevanduse avamiskoha projekteerimisandmestiku allikad

Teave	Allikad	Märkused
Geo- graafiline	Topograafilised kaardid	Enamasti digitaalkujul
	Mitmesugused plaanid ja üleriigilise, maakonna-, üld- ja detailplaneeringute materjal	
(Mäe)teh- ni-line	Geoloogilised kaardid ja uuringumaterjal (plaanid)	Kaasaegsed digitaalkujul, endisaegsed paberkanduritel ja vene keeles
	Ehitus- ja hüdrogeoloogiline andmestik	Et leida mineraalpinnas tehnorajatisele ja veoteedele ning sobiv suubla
	Veo võimalused	
	Mäeeraldise paiknemine ja kuju	Tavaline probleem – mäeeraldise kuju ei vasta mäetehnika tavale
	Veeressursid	Tarbevee hankimise ja heitvee suunamise võimalused
	Kliimaatilised tingimused	Tuulutuse ja veeärastuse projekteerimiseks
Tööjõud	Töö allettevõtte tingimused, tööjõud, sotsiaalne infrastruktuur	Mäepääste korraldamise võimalused
Poliitiline	Arengu ajendid ja piirid, eelkõige kohaliku omavalitsuse tasandil	Vt Mõju elukeskkonnale, eelkõige inimestele
Kesk- konnamõ- ju	Õhu, vee, maa (-pinna, -katte), helitausta jt sotsiaalsete mõjurite ohjamiseks	

Kaevanduse projekteerimise üldiste seisukohtade selgitamise tõhus viis on intrigeerivate näidete esitamine, mida teen järgnevas.

Näide 3.6. (Graptoliit)argilliidi allmaakaevandusele koha leidmine

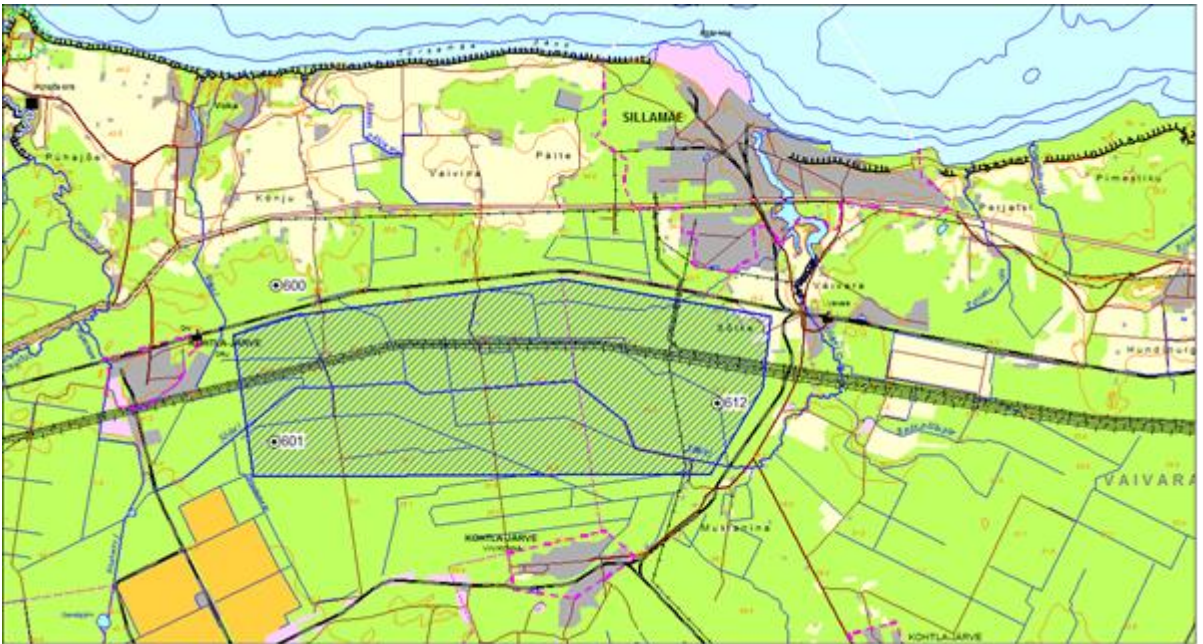
Keskkonnaülesande lahendamisel lähtume selle maarde lasumistingimustest ja elanikkonna hoiakust kaevandamise suhtes.

Argiliit (= savikivi) lasub Põhja-Eestis. Loode-Eestis on orgaanikarikkam, paksem läänefaatsies (= läänelevila) ja Virumaa põhjaosas metallirikkam idalevila (Pilt 3.26, Pilt 3.27).



Pilt 3.26 Võimalik kaevandusväli graptoliitargilliidi läänelevilas

Pideva joonega kontuur — mäeeraldis toodangule 3 Mt/a (väli Lääne 1), katkendjoonega — 6 Mt/a (väli Lääne 2). Markerid D-33 ...D-142 tähistavad geoloogilise uuringu nende puuraukude asukohti, mille andmeid siin kasutati.



Pilt 3.27 Võimalik kaevandusväli graptoliitargilliidi idalevilas

Pideva joonega kontuur — kaevandusväli toodangule 1 Mt/a. Markerid 600..612 — tähistavad geoloogilise uuringu nende puuraukude asukohti, mille andmeid siin kasutati.

Katenditeguri põhjal tuleb kõne alla nii ava- kui allmaakaevandamine.¹⁶⁹ Avakaevandamine on mõttekas, kui katenditegur on $<5 \text{ m}^3/\text{t}$ 10 m/m. Geograafilise situatsiooniga hinnates võib näha, et aladel, kus katend on väiksem, on enamasti asustatud põllumajandusmaad. Seda silmas pidades ja teades, et avakaevandamist on üldsusele raskem põhjendada, valime allmaakaevandamise.

Kaevandamise ja väljamise viiside valimise soovitusi järgivalt tulevad kõne alla leostamine, oherdamine, sammastervikutega kamberkaevandamine ja lankkaevandamine pika eega. (Tabel 3.19).

¹⁶⁹ Graptoliitargilliidi leviku kaart, kui mujalt ei leia, siis vt Reinsalu, E. 2011. Eesti Mäendus, Pilt 2.32.

Allmaaleostamist ei saa käsitleda enne kui see on tööstuslikult katsetatud. Ilmselt ka siis jääb see meetod põhjaveehoiu kaitse seisukohalt piiratud võimaluseks. Oherdamist kasutatakse eelkõige jääkvaru väljamiseks ja siinses näites jääb see väljamisviis teiseks, põhitehnoloogia kõrvale. Eeldame et oherdamine on võimalik ka allmaakaevandamises. Nii jäävad sõelale paksu kihi puhul põlevkivikaevandustest teada olev sammastervikutega kamberväljamine (Pilt 3.20, Pilt 3.22). Õhukeses kihis on otstarbekam lankkaevandamine pikkade etega (= laavakaevandamine), mille skeem vt [Allmaakaevandamisviiside ja -mooduste skeemid](#). Mõlemal juhul on võimalik raimata mehhaaniliselt, kauritsatega (= kombainidega), sest graptoliitargillit on tugevuse ja sitkuse poolest sarnane Kašpiri põlevkiviga (Tabel 3.11). Loodetavasti ei räägi mehhaanilise raimamise vastu ka kaevise tarbija nõuded kaevise tükisusele.

Lae käitlemise viisi määravad keskkonnaolud. Kamberväljamisel hoitakse lasum ja maapind üleval, laavakaevandamisel langetatakse. Lääneväljal on lasundi paksus keskmiselt 5 m, mis lae langetamisel (väljamine pika eega) tekitab maapinnal kuni 4 m sügavused häilud. See oleks lubatav vaid suurte märgalade, rabades, kus turbal ei ole ressursi staatust. Seepärast jätame lankkaevandamise läänevälja teiseks väljamisviisiks. Idaväljal seevastu, kus lasundi paksus on <2 m valime selle peamiseks. Madalate häiludega ollakse Ida-Virumaal harjunud. Idavälja õhukese lasundi käitlemisel ei saa sammastervikutega kamberväljamist pidada otstarbekaks – vahetu lagi ei püsi. Teine võimalik

moodus lage hoida, kasutades kombineeritud kaevandamisviisi kamber-laavad, oleks vähetootlik. Seega jäävad:

- läänemaardlas kamberväljamine maapinna hoidmisega
- idamaardlas väljamine langetamisega

Jäävad ka probleemid, millele tehnoloogia projekteerimisel tuleb otsida lahendusi:

- savikivi ja selle kaaskivimid eritavad radooni, mis nõuab kaeveõõnte intensiivset tuulutamist
- argilliidil on kalduvus irrutatud ja murenenud olekus kuumeneda ning süttida, eriti intensiivse õhuvahetuse (tuulutamise) puhul. Murenevad sammastervikud ja variseb lagi. Isesüttimise vastased meetmed (täitmine, uputamine jne) võivad suurendada kaevandamiskulu.

Savikivikaevanduse projekteerimise lähtetingimused

Tabel 3.28 Nõuded maavara varumiseks ja kaevandamiseks

Võimalik maavara geoloogiliseks otsinguks	Lääneargillit (-faatsies)	Idaargillit (-faatsies)
Piirkond	Läänelevila	Idalevila
Kaup	Gaasi toore	Metallid,
Aastatoodang (peamine toode):		
gaasi tooret (kaevist), Mt/a	3 või 6	
raskemetallide tooret (kontsentraati), t/a		1000
Lasumistingimused		
sügavus, m	36...90	25...36
lasundi paksus, m	4,8...5,7	1,0...2,2
katenditegur, m ³ /t	3...8	5...16

Varukasutuse ülesanne. Mäeeraldiste visandamine ja kaevandustele vajaliku varu arvutus toimub kaevandamise projekteerimise tava kohaselt.

Tabel 3.29 Nõuetele vastav varu

LÄHTEANDMED	Tähis	Variant			Ühik	Märkus, seletus:
		Ida	Lääne 1	Lääne 2		
Keskmine aastatoodang	A_k	1000	3000	6000	t	metallitoore
Kaevandamise kestus	t	20	20	20	a	kaevandamisluba 20 aastat
Kauba saagis	δ	0.0016	0.0010	0.0010	ppm	uuringu peamine eesmärk
Kaotegur	k	0.1	0.5	0.5		sõltub väljamisviisist
Aherdustegur	d	0.05	0.05	0.05		praktika alusel
Üldkadu		50	100	100	tuh t	praktika alusel
Kihi paksus	h	1.4	5.2	5.2	m	geoloogilise otsingu alusel
Kivimi mahumass	γ	2.1	2.1	2.1	t/m ³	Kaevandatud maa, http://digi.lib.ttu.ee/ii/?2215
Geoloogiline usaldustegur	π	0.8	0.8	0.8		Mäemajandus http://digi.lib.ttu.ee/ii/?164
ARVUTUS:						VALEMID:
Summaarne metallide toodang	ΣA	20000	60000	120000	t	$A_k \cdot t$
Kogu väljatav kaevist	K	12.5	60.0	120.0	Mt	$\Sigma A / \delta$
Kaevist aastas		0.6	3.0	6.0	Mt	K / t
Vajalik kaevandatav varu	KV	14.6	126.3	252.6	Mt	$K / (1 - k) \times (1 + d)$
Vajalik aktiivne tarbevaru	ATV	64.6	226.3	352.6	Mt	$KV + \text{üldkadu}$
Mäeeraldise varu	MV	80.8	282.9	440.8	Mt	ATV / π
Mäeeraldise pindala	S	27.5	25.9	40.4	km ²	$(MV / p) / \gamma$

Selliste pindaladega mäeeraldised on joonistatud piltidele (Pilt 3.26 ja Pilt 3.27).

Näide 3.7. Ida-Kabala komplekskaevanduse sidumine keskkonda

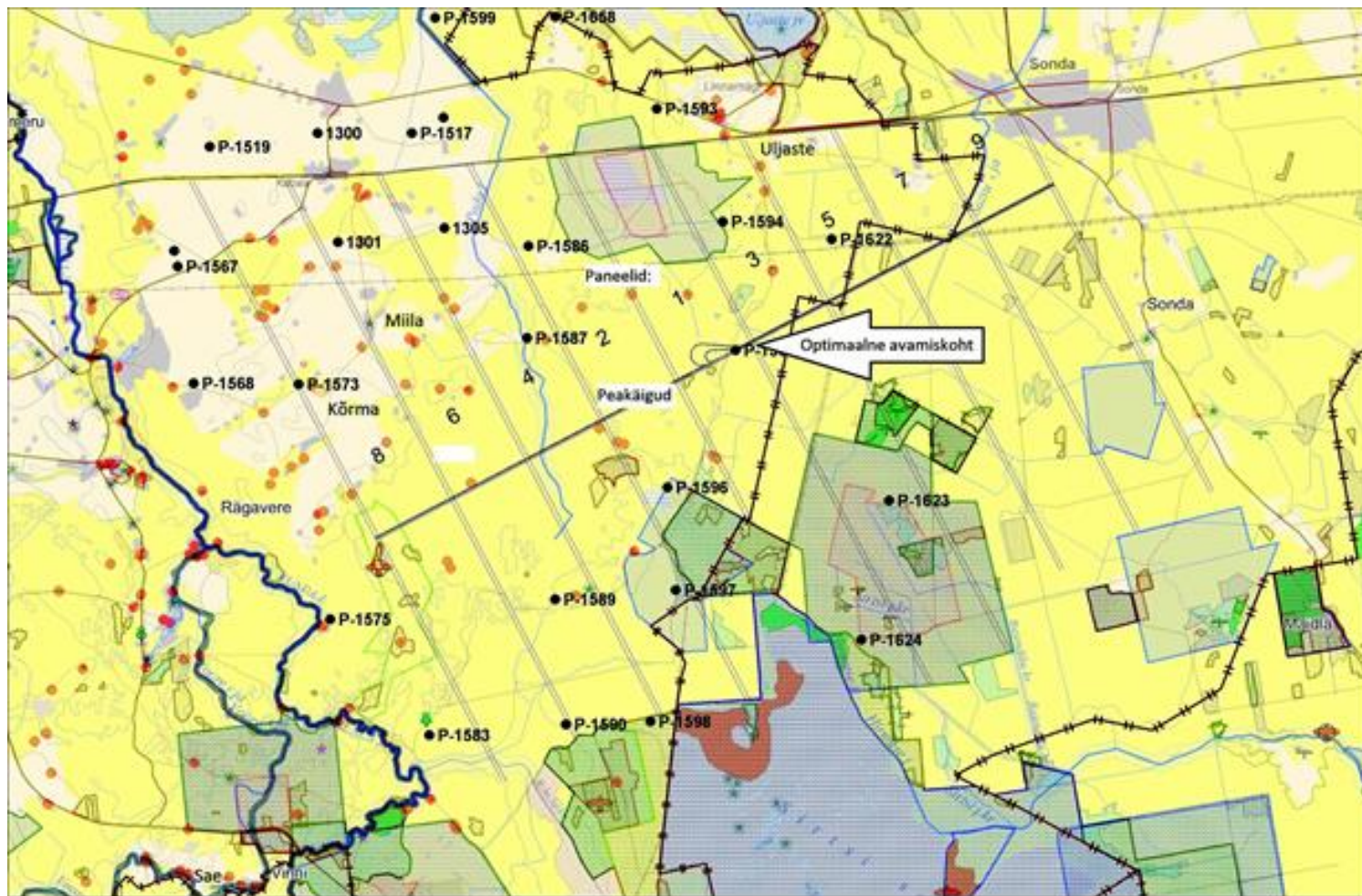
Ida-Kabala fosforiidikaevanduse eelprojekti tellis Viru Keemia Grupp TTÜ mäeinstituudilt 2011,

saamaks tuge maavara otsingu loa taotlemisel.¹⁷⁰ Tellija valis teadlikult madala keskkonnatundlikkusega ala Pandivere ja Jõhvi kõrgustike vahelisel kõnnumaal, Lääne- ja Ida-Virumaa piirimail. Seal kattuvad Rakvere fosforiidilevila idaosa ja Eesti põlevkivimaardla lääneväljad, mis tegi ülesande tavalisest keerukamaks.¹⁷¹

Avamine parima varu kohas. Mäenduse põhjendatud tava kohaselt avatakse kohe alguses parim, suurima kaevandusväärsusega varu. Lavamaardlas on valiku kriteeriumiteks lasundi minimaalne sügavus ja maksimaalne tüsedus ning maavara kvaliteet. Fosforiidi seisukohalt vastab nõuetele parimal moel koht Miila ja Kõrma küla vahel Ida-Kabala fosforiidivälja lääneosas (Pilt 3.27). Põlevkivi jaoks sobib paremini avamiskoht välja idapoolses osas Sonda lähistel.

¹⁷⁰ TTÜ mäeinstituut, 2011. Fosforiidi ja põlevkivi allmaakaevandamise võimalus Rakvere fosforiidilevila ja Eesti põlevkivimaardla kattumisalal. Lepinguline uuring 11072, vastutav täitja, Enno Reinsalu.

¹⁷¹ Probleemist täpsemalt vt Mäemajandus, 1.1.4. Kaasnevad maarded ja kattuvad maardlad.



Pilt 3.28 Üks võimalikest Ida-Kabala kaevanduse avamiskohtadest ja avamiskaeveõonte suunad

Heledam ala – kultuurkeskkond (inimasustus ja põllumajanduskõlvikud), peamiselt kaevandusvälja lääneosas; kollane ala (kõnnumaa) – metsad ja sood, katavad suurema osa väljast ning on valitud tehnorajatiste paigutamiseks; mitmesuguste värvide ja viirutusega on märgitud alad, mille häirimine kujuneb avamiskoha sellise valiku puhul minimaalseks.

Keskkonnaolud. Avamiskoht ja tehnoplats peavad olema võimalikult eemal nii looduskaitsealadest kui inimasustusest.

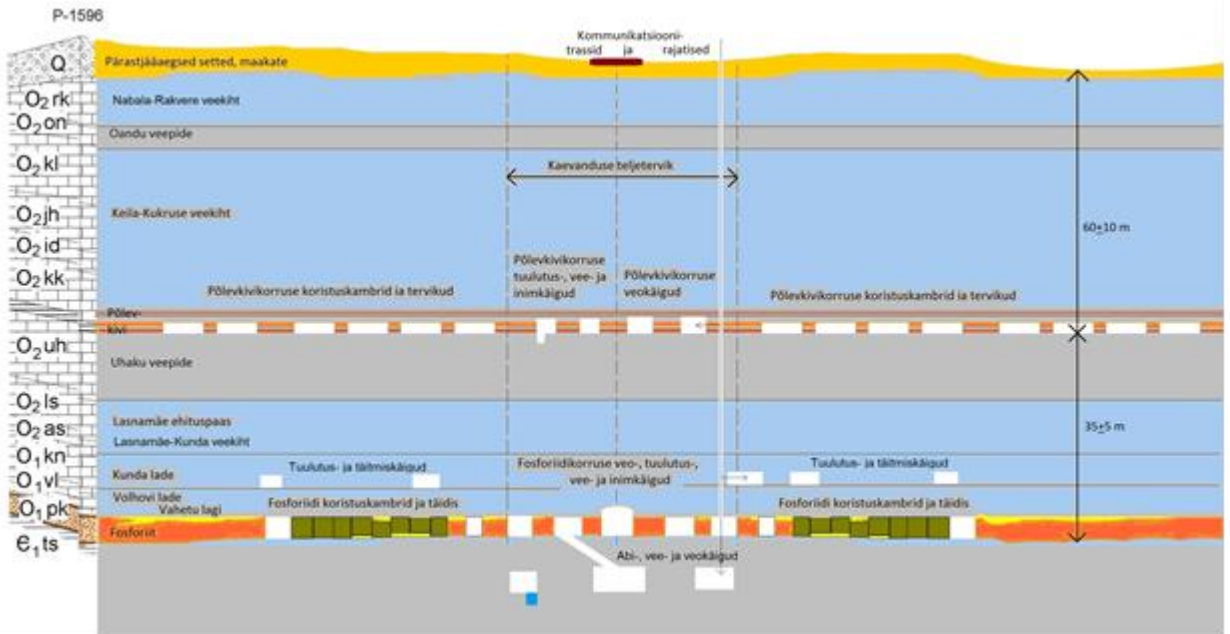
Kaitstavatest elusolenditest tuleb silmas pidada kõrge kaitstuskategooria liikide, nagu lendorava, musta toonekure jt elupaiku, mida sealsel kõnnumaal esineb. Neid tuleb teada mitte üksi tehnoplatsi, vaid ka kaevanduse perifeersete seadmete, nagu ventilaatorite, pumplate, elektrialajaamade, aga ka allmaa-kaeveõõnte täitmiseks vajalike mäeeraldise teenindusmaa lahustükkide asukoha ja neid ühendavate teede trassi valikul.

Kultuurkeskkonna seisukohalt on kaevanduse tehnoplats sobiv paigutada asustamata piirkonda, soovitatavalt metsa, et varjata vaadet ja tõkestada müra ning tolmu. Maa hinda arvestades peab tehnoplats olema võimalikult kompaktne. Silmas tuleb pidada ka ehitusgeoloogilisi tingimusi. Kaevanduse avamiskoha juurde kujuneva tehnoplatsi rajamiseks peab olema piisavalt mineraalpinnasega maad. Samas on rikastushiiva hoidlate ja kaevandusvee selitustiikide rajamiseks sobivam vettpidavate jääjärve ja/või soosetete ala.

Taristu – veoteede, kaevandusvee eelvoolude ja elektrivarustuse seisukohalt on parem avada kaevandusvälja idaosas, Uljaste–Sae tee läheduses. Idavarianti toetab soodus võimalus ühendada kaevanduse tehnoplats raudteeharuga Sonda jaamas, samuti lähedus põlevkivitööstusele. Elektrivõrguga sidumine sõltub kaevanduse tarbitavast võimsusest. Suure võimsustarbe puhul peaks olema võimalik kasutada väljapõhjaosa läbivat kõrgepingeliini.

Nõuetele vastavaid kohti võib kaeveväljal leida mitmeid, seejuures ka välja idaosas. Kõike kaaludes osutus parimaks avada kaevandus välja idaosas, Uljaste—Sae maantee ääres (Pilt 3.28)

Kaevanduse peakäigud moodustavad kirde-edelasuunaline kaevanduse telje. Sellel joonel hakkavad paiknema tuulutuskäevuste suudmed ja vajadusel energiapuuraugud, täitmisjaamad (juhul kui rakendatakse täitmist) ja varuväljapääsud (-tõsted). Kaevanduse mõlema tasandi: ülemise, põlevkivi- ja alumise, fosforiidikorruse teljed on kohakuti, üksteise all (Pilt 3.29). Nendega kohakuti on maapealsed ühendusrajatised: teed ning juhtmed (kraavid, torud, mastid) jne.



Pilt 3.29 Ida-Kabala liitkaevanduse läbilõike piki kaevanduse telje

Näide jätkub hiljem, vt [Näide 3.7. Ida-Kabala liitkaevanduse avamisskeemi valimine.](#)

Avamine ja lõigustamine

Maardla, kaevandusvälja või mäeeraldise avamine on mäetööde järk, millega jõutakse maavarani. ¹⁷² Seejuures:

Aukkaevandamisel, mis on tüüpiline kehamaardlatele (läätsed, künkad), piirdub avamine katendi eemaldamisega alustamiskohas ja maavara asutakse kohe väljama. Kui maardlas on erineva kvaliteediga maavara, võidakse paljandatud maavara lõigustada plokkideks ja/või astanguteks.

Vaal- ehk ribakaevandamisel avatakse lasund nii, et maavaralasund paljandatakse pika kaevikuga ja hakatakse selle põhjast maavara ribana väljama; järgmist riba katvad kivimid tõstetakse juba ammendatud alale ja väljatakse kõrval olev maavarariba, kusjuures katend selle pealt tõstetakse ammendatud alale vaalu.

Allmaakaevanduse avamiseks rajatakse avamis-kaeveõõned: šahtid ja stollid ning maapõue ehitatakse käikude ning kambrite süsteem mäetööks vajalike seadmete, masinate, materjalide hoidmiseks ja jaotamiseks.

Avatud kaeveväli lõigustatakse, st jaotatakse, tükeldatakse osadeks. Ribakaevandamisel rajatakse püsivad veokaevikud. Allmaakaevanduse väljale rajatakse püsivad veo-, tuulutus- ning kogumiskäigud. Kaevikute ja käigusüsteemide vahelisi alasid nimetatakse koristusjaoskondadeks, plokkideks, -lankideks ja -väljadeks.

¹⁷² Eesti mäendus, 2011. Avamine ja lõigustamine, lk 36. Teooriat lisaks vt [Mäemajandus](#) 2.4.1. Kaevevälja avamiskorra valik.

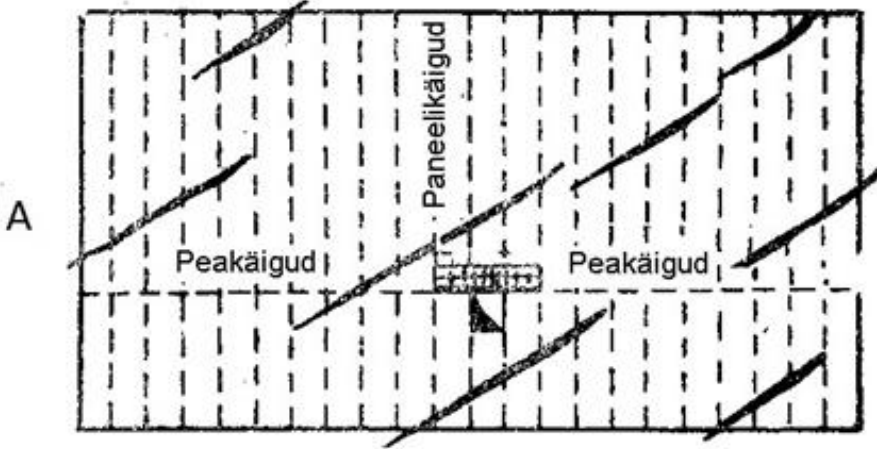
Avamise ja projekteerimise oluline element on avamissuund.

Kõige primitiivsem on ortogonaalne avamine ja lõigustamine geograafiliste koordinaatide suunas. Eesti põlevkivi-, uraani- ja fosforiidikaevandustes oli see mingil määral põhjendatud lasumistingimustega, kihtide laskumisega lõuna suunas.

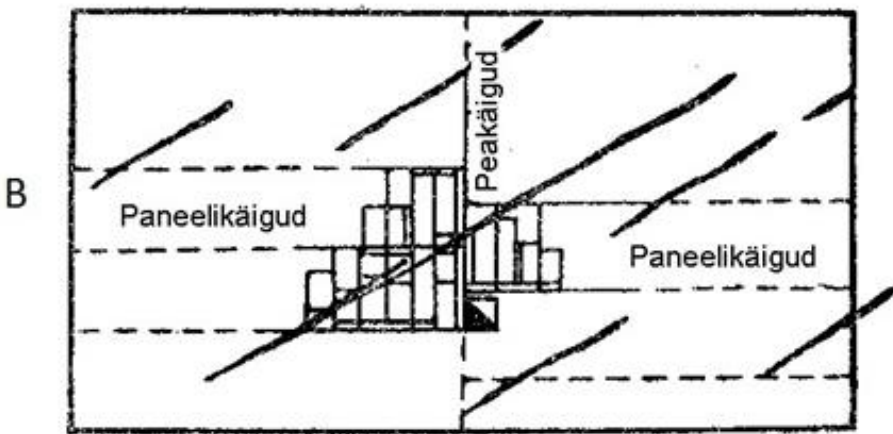
Kuid ortogonaalset avamis- ja lõigustuskeemi ning sellele eelnenud või aluseks olnud geoloogilist uuringuvõrku saab põhjendada projekteerija harjumusega panna aluskaart joonestuslauale (ekraanile) põhjasuunaga üles.

Pärast teist maailmasõda projekteerisid nõukogude mäeinsenerid Eesti põlevkivimaardlasse kiiruga üksteist põlevkivikaevandust. Kaeveväljad joonistati ristkülikukujulised, peakäigud ida-lääne ning paneelikäigud põhja-lõunasuunas (vt järgmisi pilte). Valmis ehitati kaevandus nr 2 Jõhvis ja kaevandus nr 4 Kohtla ning Sompaa asumite vahele. Juba ehitades muudeti avamissuunda — peakäigud läbiti põhja-lõuna suunas ja paneelikäigud nendega risti, st ida-läänesuunaliselt. Võimalik, et selle tingis vajadus toime tulla kaevandusveega

Projekteeritud lõigustus



Ehitamisel valitud lõigustus



Kaevandamise ajal sobivaks osutunud lõigustus



Pilt 3.30 Põlevkivikaevanduste lõigustuskeemi kohandamine vastavaks geoloogilistele oludele (C) ¹⁷³

¹⁷³ Газизов, М, Аллик, А, 1959. Сланцедобывающая промышленность Эстонской ССР, Углетехиздат, Москва, 135 с.

Kui kaevanduse hakkasid tööle, selgus, et ortogonaalne lõigustus ei sobinud geoloogiliste häirete suunaga ja tekkisid raskused. Nii pea- kui paneelikäike tuli rajada läbi kirdesuunaliste karstivööndite ebamäärase nurga all – lanke osutus raskeks kujundada ristkülikukujulisteks. Lankide vahele jäid kolmnurksed alad, kus ei olnud võimalik kasutada tol ajal juurduvat pikk-esi lankkaevandamist.

Kaevanduskontserni juhatus tegi kindlakäelise otsuse – peakäigud tuleb läbida karstivöönditega paralleelselt ja peakäikudega risti olevad paneelid ning paneelikäigud pandi karstivööndeid lõikama täisnurga all. Vastavalt sellele muudeti kaevandusväljade kuju ja kujundati ümber kogu maardla lõigustus.

Kaevandusvälja avamise ja lõigustamise projekteerimisel tuleb lähtuda geoloogilistest eeldustest

Jätkame [näite 3.7](#) arendamist.

Näide 3.8. Ida-Kabala liitkaevanduse avamisskeemi valimine

Avamissuund Ida-Kabalas valiti lähtuvalt kolmest kriteeriumist:

1. Geoloogiliste häirevööndite orientatsioon, mis nagu kõikjal Põhja-Eestis on kirdesuunaline. Nendega ristuvad kivimite valdavalt loodesuunalised lõhed. Seda arvestavalt suunati peakäigud paralleelselt peamiste karstivöönditega ja paneelikäigud nendega risti. Sellega tagatakse, et karstivööndite läbimise maht on minimaalne, et paneelide lõigustamisel saab välja jätta karstist tingitud „olematut varu“ ja et koristuskaeveõõnte lage ei nõrgenda ees rinnaga paralleelsed lõhed.

2. Maavara kvaliteedi trend. Tavaliselt püütakse kaeveväli lõigustada nii, et mäetööde liikudes madalama kvaliteediga varu suunas kaevise kvaliteet ei alaneks liialt kiiresti. Seepärast püütakse mäetööd arendada parema ja halvema kvaliteediga varu hõlvamise suundades üheaegselt. Ida-Kabala visandati liitkaevandusena, seepärast tuli arvestada kahe maavara: fosforiidi ja põlevkivi kvaliteedi trendi.

Erinevaid mõjureid arvestavale peeti parimaks põlevkivikaevanduste tavalist, peakäikude kirde-edelasuunalist orientatsiooni, mida toetab asjaolu, et fosforiidikihi kvaliteedi trend on ligilähedasel edelasuunaline. Põlevkivi kvaliteedi ühtlustamine on tagatud väljamisega mõlemal (loode ja kagu) pool kaevanduse telge. Alumise tasandi mäetööde arendamisel on varukasutuse ülesannet inimasustuse tõttu raskem lahendada – fosforiidi parim varu on välja lääneosas külade all. Ida poolt avamise positiivne külg on see, et siis liiguvad mäetööd halvema varu poolt parema suunas, mis peaks kompenseerima kaevandamiskulu tõusu mäetööde hilisemas järgus.

3. Kaevise vedu ja veeärastus sõltuvad kihindite laskumisest lõuna suunas. Teatavasti on nii vedu kui ka vee juhtimine ülesmäge raskem kui allapoole. Seda arvestavalt jaotatakse lõunasuunas laskuv kaevandusväli tavaliselt nii, et põhjatiib on kaks korda suurem kui lõunatiib.

Näide on illustratiivne, projekt seiskus.

3.10 Kaevandamise tehnoloogia projekteerimine Eesti lavamaardlates

3.10.1 Lähtekohad

Projekteerimise korraldus

Kaevandamise tehnoloogia projekteerimist mõjutavad samad tegurid, millega tuli arvestada maardla evitamisel (Tabel 3.3). Mõned olulised mõjurid nagu loodus, ei sõltu projekteerija tööst ega valikutest. Sellega tuleb leppida. Teised sõltuvad lahendusvariandist, mida projekteerija kavandab. Need on tavaliselt seotud projekti tellinud ettevõtte võimalustega – mõni lahendus on tellijale rohkem, mõni vähem jõukohane. Oluline projekteerimist kammitsev mõjur on sotsiaalkeskkond, kelle käitumine sõltub nii sootsiumi elupaiga looduslikest oludest kui ka kujunenud eelistustest – „kellele ava- kellele allmaakaevandamine“.

Projekteerija ülesanne on luua meeskond, milles projekte juhivad volitatud ja diplomeeritud insenerid ning tegijate kutseoskused on tõendatud.

Mäenduspõhine versus masinapõhine projekteerimine

Mäenduspõhisus on projekteerimise ideoloogia, mida vanasti nimetati mäekunstiks. See mõtteviis eeldab, et kaevandada on võimalik mistahes mäendusoludes, kui vaid luua kaevandamisviis (moodus, -tehnoloogia), mis tagab maardla kaevandamisväarsuse.

Uuem on eelmise sajandi keskel tekkinud masinapõhine lähenemine. See eeldab, et maardla on kaevandamisväärne, kui on sobivaid

masinaid. Sobivaid, st vastava hinna, võimsuse ja mõõtmetega.

Mäenduspõhisus kui projekteerimise printsiip prevaleerib evitatud maardlas, kus on kasutusel mingi harjumuspärane kaevandamisviis. Projekteerimistöö vajadus tekib, kui muutuvad nõuded toodetele või ilmnevad uued mäendusolud. Tavaliselt valdab mäeinsenere soov ja vajadus jätkata tavapärasel moel, ükskõik, kas geoloogiliste häiringute ilmnemisel, lae- ja katendi koosluse muutumisel, maavara kvaliteedi halvenemisel või tarbimise hälbimisel. Korrigeeritakse vaid tehnoloogia elemente: kaeveõõnte ja tervikute mõõtmeid, väljatavat paksust, paljandusskeemi jne, enamasti selleks, et vältida kulutusi uute masinate ja seadmete hankimiseks ja/või uue tehnoloogia kujundamiseks.

Kaeveõõnte parameetrite ja operatiivdokumentide (passide) muutmine nõuab mäetehnilisi arvutusi, mis kuuluvad tehniliste dokumentide koostamise valdkonda. Need on: lae ja tervikute mõõtmete määramine, lõhketööde, tuulutamise, tarimise jt tehnika elementide ning tehnoloogia üle vaatamine ja arvutamine.

Tehniliste jooniste koostamine ei ole projekteerimine

Kuid töö võib olla keerukam, näiteks kui karjääris muutub katendi kooslus sedavõrd, et ekskaveerimise ja kaevandatud ala korrastamise skeemi tuleb põhjalikult muuta, kõige sellest tulenevaga. Siis võib tehnoloogia kohandamine nõuda keerukamate arvutusmudelite kasutamist ja kaevandamisloa nõuete muutmist. Teisisõnu,

tuleb teha tööd, mis vastab diplomeeritud mäeinseneri kvalifikatsiooni tasemele.

Mäenduspõhine projekteerimine on diplomeeritud mäeinseneri eriomane töö

Masinapõhine projekteerimise printsiip on levinud uute mäeeraldiste evitamisel. Kaevanduse rajamisel tuleb valida mitte ainult parim kaevandamisviis vaid ka parimad masinad. Kogenud projekteerija seda teebki — masinapõhisuse printsiipi järgides koostab kaevanduse tööoperatsioonide dokumendid kas masinafirmade tüüpskeemide, käsiraamatute ja arvutusprogrammide abil või tellib dokumentatsiooni seadmeid tarnivalt firmalt.

Masinapõhisel projekteerimisel on mäeinseneril projekti juhi roll

Masinapõhisus on kujundanud Eesti maavarade kaevandamise tehnoloogiat eelmise sajandi teisest poolest peale. Põlevkivi ja fosforiidi avakaevandamis-viisi tekitasid draglainid, mida Nõukogude Venemaal ehitati tänu suurtele vesiehitusprojektide — kanalite ja veehoidlate rajamisele. Hiljem selgus, et draglainid sobivad madalates lavamaardlates maavara paljandamiseks paremini kui roomikvankritel pärikopp-paljandusekskavaatorid.

Kui õnnestus saada, prooviti ka suuri pärikoppasid: EVG 35-65 Aidu põlevkivikarjääris ja EVG-6 Maardu fosforiidikarjääris. Soov roomikutel kulgeva ekskavaatori järele tekkis põlevkivi- ja fosforiidiette võtete juhtidel seetõttu, et draglainid pidid sammuma lõhatud lubjakivi peal. Suuretükiline, segi paisatud pangastest koosnev kivim lõhkus masinate kõhualust ja jalaseid. Ekskavaatorite teed siluti

buldoosritega, kuid need olid toona veel liialt kerged ja nõrgad. Sestap tehti riiklikes organites lobitööd ja saadigi pärikopp-paljandusekskavaatoreid, mis roomavad paljandatud kaljupinnasel. Ei kuulatud eriteadlaste juttu, et tehniliselt sobivad pärikopad siis, kui eemaldatava katendi paksus on suurem kui masina ammutamiskõrgus. Selle vea eiramine andis tunda karjääride töö esimestel aastatel, kui katend oli õhukene. Masinad ei kasutanud täit võimsust ega saavutanud hinda õigustavat tootlust.

Pärikopp-paljandusekskavaatorid on läbitud etapp. Niivõrd, kuivõrd muutusid võimsamaks veokid, kopplaadurid, buldooserid ja mobiilsed ekskavaatorid, loobuti õhukese katendiga karjäärides suurtest paljandusmasinatest. Pealegi — suured ja kallid statsionaarsed seadmed ning nendega korraldatav tõste-paljandus on kohased, kui toodangu tase on stabiilne. Nii oli see esialgu, nõukogude majanduse tingimustes. Muutliku, turumajanduse tingimustes tõrjus mobiilne tehnika ja sellel tuginev vedu-paljandus nad välja.

Ka allmaakaevandamisel suunas mäeinseneride valikuid masinapõhine lähenemine. Kaevisetarimise (= lähiveo ja -laadimise) ning veo seadmed — kraap- ja lintkonveierid, samuti rööbastransport määrasid sirgjoonelise lõigustuskeemi, kuhu sobis lank- ja kamberlankkaevandamine. Kaevanduskäikude mõõtmed määrati sõltuvalt veokitest. Esialgu tingis veokäikude kõrguse hobuse kasv, hiljem elektriveo kontaktliini ohutu kõrgus. Vee- ja tuulutuskäikude kõrgus vastas inimese kasvule.

Edaspidi, kui vaja, võiks allmaakaevandustes kujundada konveierveo käigud hobuse ja inimese kasvust madalamad.

3.10.2 Kaevandamise tehnoloogia projekteerimine

Kaevandamise tehnoloogia projekt koosneb reast alamprojektidest, osadest, mille märksõnad on: ettevalmistustööd, koristustöö, lõhketöö, vedu ja tõste, kuivendus ja veeärastus, tuulutamine, keskkonnanahoolus ja jäätmemajandus ja korrastamine.

Tehnoloogia peab olema paindlik – mäetööde suunda ja mahtu peab saama kohandada sõltuvalt konjunktuurist, tarbimise eripärasest ja eriti keskkonnapiirangutest. Näiteks lankkaevandamine lae varistamisega on võimalik vaid maakatte seisukohalt sobivates kohtades, eelkõige märgaladel, soode ja rabade all. Lõhkeraimamisest tuleb hoiduda, kui tööde front karjääris läheneb tundlikele objektidele. Seepärast –

ettevõttes võib ja peab olema varuks mitu varianti, mitme tehnoloogia dokumentatsioon

Ettevalmistustööd

Allmaakaevandamise ettevalmistustööde nimistu ja lühikirjeldus on toodud minu 2011. a õpikus [Eesti mäendus](#), p 1.6.5 Mäetöö, mis võib olla alus projekti kujundamiseks.

Avakaevandamise ettevalmistustöö on paljandamine. Nii auk- kui ribakaevandamisel projekteeritakse paljandamine masinapõhiselt, kasutades tüüplahendusi ja -skeeme. Põlevkivikarjääride katendi eemaldamise ja tasandamise tüüpskeemid töötati välja eelmise

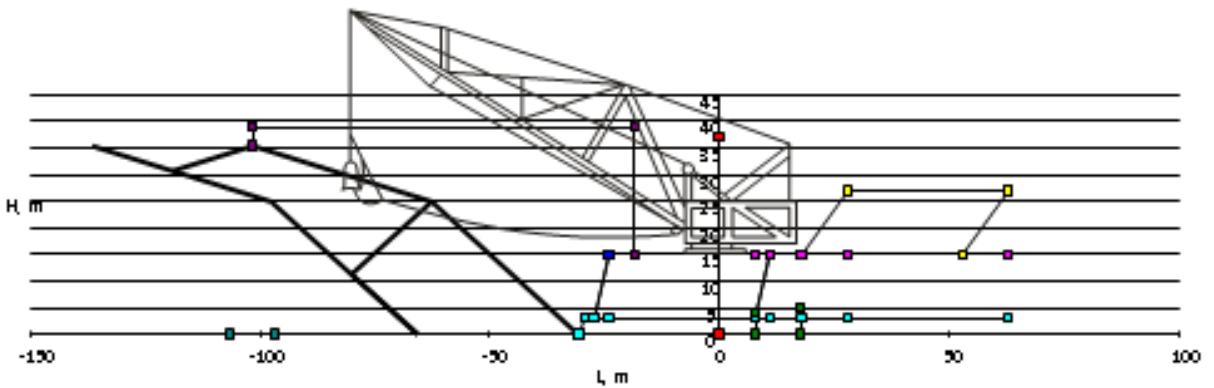
sajandi seitsmekümneandatel. Üldjoontes on nad kasutusel praeguseni, vajadusel kohendatakse neid mäenduspõhiselt.

Näide 3.9. Keerulise katendi eemaldamine tõste-paljandusega

Narva karjääris on algusest peale kasutatud ribapaljandamist, tõstes katvaid kivimeid draglainiga. Nimetame selle tehnoloogia tõste-paljanduseks. Praktikas kujundatud tehnoloogia sobis, kuni lubjakividest katendi paksus oli väiksem paljandus-ekskavaatorile sobivast piirpaksusest, kihindi piirsügavusest (Mäemajandus, tabel 2.2 Tehnoloogilise rajoneerimise lähteandmed Balti põlevkivilevilal). Probleem tekkis, kui karjääri süvenedes vähenes kaljuse ordoviitsiumi lubjakivi ja poolkaljuse devoni mergli osalus katendis ja vaaludesse tuli hakata tõstma ka veerohkeid kvaternaarisetteid – turvast, moreeni, savi ja savilliiva.¹⁷⁴ Väljatud püdelad setted on püsimatud ja neid oli nii palju, et ei mahtunud vaalude vahele ja hakkasid üle ning välja voolama. Tehnoloogia tuli ümber teha ja selleks koostati TTÜ mäeinstituudis vastav mudel.¹⁷⁵ Mudelarvutused võimaldasid kujundada puistangu optimaalse moodustamise skeem paksu keeruka katendi jaoks (Pilt 3.31).

¹⁷⁴ Samast probleemist teises võtmes vt [Näide 3.1 Oudova põlevkivimaardla tehnoloogiline rajoneerimine](#)

¹⁷⁵ Valgma, I., 1997. Põlevkivikarjääri katendi tehnoloogilise piirpaksuse hindamine draglainide kasutamisel, magistri väitekirj, Tallinn, Tallinna Tehnikaülikool.



Pilt 3.31 Näide tõste-paljanduse arvutusskeemist Tehtud Narva karjääri lõunaosa Usnova ploki tarbeks (Ingo Valgma, 2001) ¹⁷⁶

Värvilised punktid skeemil tähistavad modelleerimisel muudetava läbilõike oluliste kohtade asukohti, sõltuvalt raimatud ja puistatud kivimite omadustest.

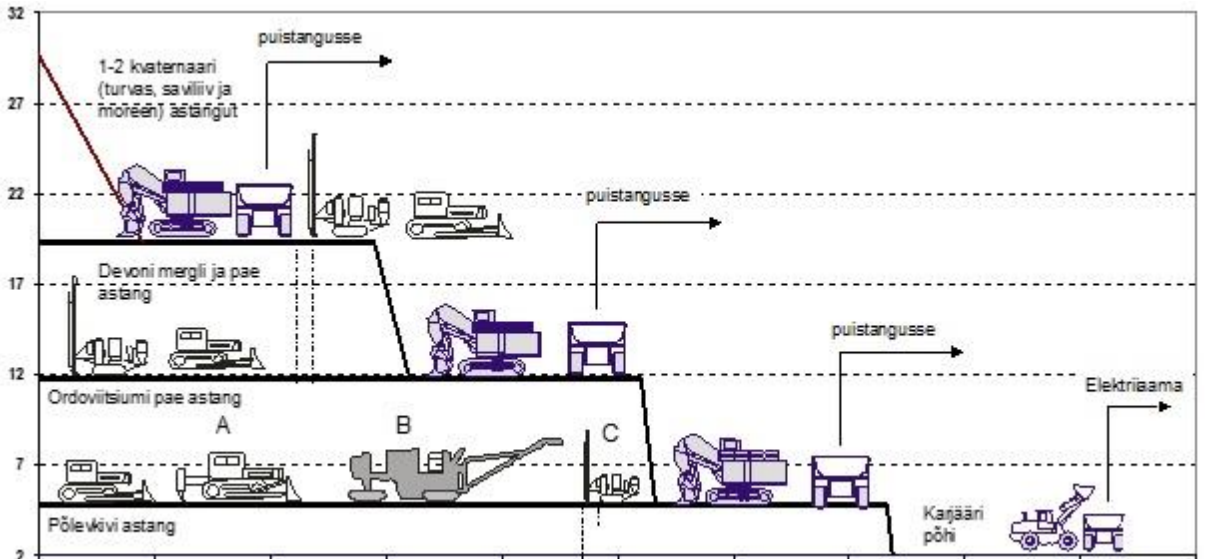
See on näide mäenduspõhisest projekteerimisest. Järgmine näide on samale probleemile lahenduse otsimisest masinapõhise projekteerimise meetodil.

Näide 3.10. Keerulise katendi eemaldamine vedu-paljandusega

Eelmises näites kirjeldatud probleemi võis lahendada ka tarimis- ja veomasinate abil kivimeid ja setteid selektiivselt väljates ning kaevandatud alale vedades. Seda tehnoloogiat soovitasid firmad, kes nägid soodsat võimalust masinaid müüa. Allpool (Pilt 3.32) on masinapõhise ideoloogia kohaselt projekteeritud paljandamise skeem. Kasutati väljamis- ja veomasinate tarnijate arvutusmetoodikaid.

¹⁷⁶ Adamson, A., Reinsalu, E., Valgma, I. 2001, Eesti põlevkivimaardla Narva karjääriväljal ja Permisküla uuringuväljal paikneva Usnova katastriüksuse mäetehniline hinnang. TTÜ Mäeinstituudi ekspertiis AS Merko kaevandustele.

Selle tehnoloogia kohaselt jaotatakse katend kolmeks ala-astanguks, setete suurema voolavuse puhul isegi neljaks. Väljatud kivimid ja setted veetakse sisepuistangusse liigendkalluritega. Puistang kujundatakse nii, et ei tekiks vesiste setete voolamist.



Pilt 3.32 Näide vedu-paljanduse skeemist

Tehtud Narva karjääri lõunaosa Usnova ploki (Ingo Valgma, 2001)

Allikas sama, mis eelmisel skeemil. Mõlemad tehnoloogia hinnati töökindlaks, kuid kuna draglainid olid olemas, siis tõste-paljandus osutus odavamaks. Uute karjääride, sh Ubja põlevkivikarjääris kasutatakse vedu-paljandust.

Koristustööd

Evitatud maardlas nagu Eesti põlevkivimaardla, projekteeritakse koristustööd tüüpprojektide alusel.¹⁷⁷ Kui eed liiguvad ja mäendusolud

¹⁷⁷ Põlevkivikaevandustes ja -karjäärides on seni kasutusel tehnoloogiad, mille dokumentatsiooni koostamisel on kasutatud A. Skotšinski nim mäendusinstituudi (Moskva) Eesti Filiaalis 1970...90. loodud tüüpskeeme:

- Технологическая схема (1979) очистных и подготовительных работ при камерной системе разработки для шахт производственного объединения Эстонсланец,. Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.
- Технологическая схема (1980) камерной системы разработки с принудительной посадкой кровли на шахтах Эстонского месторождения

varieeruvad, näiteks muutuvad väljatavate ja kandvate kivimite paksused või ilmnevad geoloogilised häiringud, tehakse piirsilde, tervikute ja toestiku kontrollarvutusi. Vastav metoodika ja andmestik – valemid, kivimite omadused, ohutustegurid ja muu vajalik on kõik tüüpprojekti seletuskirjas. Kui võetakse kasutusele uued seadmed ja vahendid, tehakse vajalikud kontrollarvutused, sest kui uut tüüpi liikurmasin vajab teistsugust liikumisteed, tuleb tervikud ümber arvutada. Samuti tuleb teha lae püsivuse (piirsilde) kontrollarvutusi uue toestikutüübi kasutusse võtmisel.

See on mäeinseneri töö, mida iseloomustab mõiste "tehniliste dokumentide koostamine". Juhul, kui mäendusolud muutuvad oluliselt, või kui hõlvatakse uus mäeeraldis, või kui koostöös seadmete tarnijaga võetakse kasutusele uut tüüpi mäemasinad, kuulub töö juba projekteerimise kategooriasse ja diplomeeritud mäeinseneri kutseoskuste valdkonda.

Lõhketöö

... projekteeritakse praktika ja kogemuse alusel, katse-eksituse meetodil. Muud võimalust ei ole, sest sellel sajandil ei ole ilmunud ei trükis ega võrgus õpikuid ega käsiraamatuid, mis juhendaksid uute lõhkematerjalide, -viiside ja -

и временная инструкция по ее применению, Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.

с) Прогрессивная технологическая схема (1981) очистных и подготовительных работ при комбинированной системе разработки "камера-лава" для шахт Ленинградского месторождения горючих сланцев, Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, ВНИМИ, Москва.

Технологическая схема (1988) с применением самоходных пневмоколесных машин в условиях Эстонского месторождения горючих сланцев, Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.

meetodite kasutamist Eestile omastes kihiliste kivimites.

Vedu ja tõste

Kaevise transport projekteeritakse vastavalt avamis- ja lõigustussüsteemile. Valida on statsionaarse ja mobiilse veo vahel. Üks on rööbas- ja/või konveiervedu, teine, mobiilne, mittestatsionaarne – autovedu mitmesuguste kalluritega. Eelprojekteerimise staadiumis visandatakse veo variandid masinapõhiselt. Lõppotsuse määravad kaevanduse toodangu müügi stabiilsus, inimfaktor ja kapitalimahukus.

Tootmise ebastabiilsus ei soosi statsionaarset seadmestikku. Seepärast on muutuva konjunkturi tingimustes otstarbekam kasutada mobiilset vedu või veoteenuse pakkujaid.

Mobiilse veo rakendamisel allmaa-kaeveõõntes tõuseb esile inimfaktor. Pole kerge leida veoteenuse osutajat ega veokijuhte, kes sobivad rutiinseks tööks maa all, seda enam, et veokäikude õhustik on üsna saastatud.¹⁷⁸

Kaevandust avades kasutatakse loomulikult autovedu ja tööde arenedes otsustatakse, millal minna üle statsionaarsele rööbas- ja/või konveierveole. Selles küsimuses on oma osa veo kapitalimahukusel. Autoveo kapitalimahukus madal vaid esialgu, väikese mahu puhul. Suurema veovoo korraldamisel kasvab kulu teede rajamiseks ja sillutamiseks (nõrga põranda puhul terasbetoon), tuulutamiseks (heitgaaside ja

¹⁷⁸ Igaks juhuks olgu rõhutatud, et jutt on veost mööda käike ja kallakuid, mitte kaevise tarimisest koristuskaeveõõntes.

"kolviefekti" vastu) jne.¹⁷⁹ Statsionaarse veo puhul on autod abiveo vahendid.

Kuivendus ja veeärastus

Kaevanduse veeärastustaristu koosneb kolmest osast: kuivendus-, ärastus- ja puhastussüsteemist. Suurema projekti tarbeks on otstarbekas lasta need projekteerida kompetentsel alltöövõtjalt.

Kaevandusvälja ja mäeeraldise kuivendamine on sisuliselt maaparandus ning kattub suuresti ehitusvaldkonda kuuluva veevarustusega. Alltöövõttu korraldava, mäeinseneri kvalifikatsiooniga projekti juhi teadmiste valdkonda kuuluvad kaevandusvee erisused on leitavad käesoleva õpiku osades [Kaevandusvesi](#) ning [Vee hoidmine](#).

Kuivendussüsteem peab tagama mäetööde alustamiseks ja jätkamiseks vajalikud kuiva töökeskkonna ning väljamise ajal kaevise sobiva niiskuse. Kuivendussüsteemi kuuluvad kaevandatava ala (mäeeraldise ja selle teenindusmaa) ning lähiala veetaset alandavad ja sealt vett ära juhtivad kraavid, puurkaevud, kaeveõõned. Vt ka Pilt 2.41 Vajumisse kogunenud vee laskmine kaevandusse – Arvi Toomiku tehniline kurisu. Allmaakaevanduse mäeeraldist kuivendav roll on ette rajatud kaevanduskäikudel.¹⁸⁰

¹⁷⁹ Kolviefekt - ahtas koridoris, käigus või tunnelis kiirelt liikuva transportvahendi tekitatud õhutropp. Kolviefekti elimineerimiseks on raudtunnelis pea- ning abitunneleid ühendavad lõõrid.

¹⁸⁰ Eelkuivenduskäikude projekteerimise metoodika põlevkivikaevanduse rajamisel leia: Тоомик, А., 1979. Временное руководство по проведению дренажных работ на шахтах треста Эстонсланец. Эстонский филиал ИГД им А. А. Скочинского, Москва.

Ärastussüsteem kogub ja juhib vett kaeveõõntest välja. Süsteemi moodustavad kraavid, veekogurid ja pumplad, samuti põlevkivikaevanduste ja -karjääride kihindi alla rajatud veekäigud (= "tunnelid"). Viimastel on ka mõningane kaevevälja eelkuivendav toime.

Puhastussüsteem peab tagama kaevandusvee vastavuse looduslikesse veekogudesse lastava vee kvaliteedinõuetele. Peamised osad on filtrid, setitid, selitid, settetiigid jne (Pilt 2.46).

Puhastussüsteemi vajalik võimsus ja tõhusus on otseses sõltuvuses mäetööde korraldusest. Mida täiuslikum on kaevandamismasinate ja -seadmete hoole ning mida kaasaegsem ning hoolitsetum on tehnika, seda vähem ilmub kaevandusvette õli. Mida korralikum on lõhketööde teostus ja lõhkeaine kasutamine (törketus), seda vähem tekib vette lämmastikuühendeid. Peamised komponendid, mis mäetöödest kaevandusveele lisanduvad on tahked osakesed (mis õhus tolmu, see vees hiib, sete, hõljum muda) ja püriiti sisaldavatest kivimitest eralduvad sulfaadid. Kumbki komponentidest ei ole toksiline (Tabel 2.7).

Süsteemide funktsioonid võivad osaliselt kattuda. Näiteks ärastussüsteemi pikad käigud ja mahukad kogurid on täidavad settebasseini funktsioone. Veeärastusega seonduvad vee sissetungi tõkestavad vahendid nagu veetõkked, vt [Vee hoidmine](#).

Tuulutus

Kaevandusatmosfääri normis hoidmine on esmajoonel allmaakaevanduste tehnoloogia osa. Karjääride tuulutamine osutub vajalikuks vaid sügavate lasundite aukkaevandamisel, mida

Eestis ette näha ei ole. Tuulutamine peab tagama tööks sobiva [kaevandusatmosfääri](#).

Eesti põlevkivikaevanduste tuulutuse projekteerimisel on tavaks järgida Venemaa nõudlikke söekaevanduste norme, mis oluliselt ei erine Euroopa nõuetest. Töökohtades tarbitava õhu koguse ja kiiruse normidele alusel arvutatakse kogu kaevanduse tuulutussüsteem, arvestades kaevandusse võetava (= värске) õhu temperatuuri ja kaevanduse niiskust. Õhutarve sõltub lahjendamist vajavate kaevandusgaaside osalusest kaevandusõhus, vt [Gaasid](#).

Plahvatusgaaside sisaldus määratakse kasutatava lõhkeaine tüübi ja koguse alusel.

Heitgaaside koostis ja kogus sõltuvad sisepõlemismootorite arvust ja võimsusest.

Kuna põlevkivikaevandustes ei ole kivimist erituvaid (tiivis)gaase, siis nende lahjendamist ei käsitleta. Fosforiidi, graniidi ja teiste võimalike allmaakaevanduste tuulutuse arvutamisel ei saa ignoreerida kivimigaaside, eriti radooni imbumist.

Õhu liigutamise (= tuule) kiirus sõltub sellest, kui palju värsket õhku tuleb töökohtadesse saata ja kui avarad on sinna viivad kaeveõõned. Mida suurem on õhutarve, seda suuremaks kujuneb tuule kiirus, eriti ahastes kaeveõõntes. Tuulutussüsteemi arvutamiseks on olemas vastavad meetodikad ja mudelid, mille võrrandid seovad ete õhutarbe, tuulutussvõrgu, st õhku juhtivate kaeveõõnte aerodünaamilise (eri)takistuse, õhu kaod läbi kaevandatud ala ja allmaarajatiste ning õhu temperatuuri, niiskuse jm. Peamisteks piiranguteks on õhu liikumise kiirus kaeveõõntes ja etes. Normid ja soovitused vt [kaevandusõhu temperatuur ja niiskus](#).

Allmaakaevanduse tuulutamise arvutamise täpsem käsitus väljuks käesoleva õpiku raamidest. Kaevandust projekteerides on mäeinseneril, kui ta pole läbinud vastavat kursust mõne välisriigi mäeinstituudis, mõistlik tellida tuulutusalvutused kutseliselt ventilatsiooniinsenerilt.

Kaevanduse tuulutamise peamine rajatis on ventilaator (= tuular), mis sõltuvalt tuulutussüsteemist on kas seade või rajatis (ajalugu vt Pilt 2.13 ja Pilt 2.42). Tuular vajab elektritoidet ja -liini. Kaevanduses, kuhu oli projekteeritud surutuulutus nagu Estonia, oli ventilaatorihoones talvise õhu soojendamiseks kütteseade (= kaloriifer) ja selle juurde soojustrass. Õhkküte oli vajalik kaevanduse töö esimestel talvedel. Hiljem, kui mäetööd kaugenesid, sai töö-ettesse jõudev talvine õhk talutavaks teel mööda pikki kaevanduskäike.

Ventilaatoriteni viivad maapealsed elektriliinid, teenindusteed ja soojustrassid vajavad maad või servituute ja on keskkonnamõjurid. Tugev mõjur on tuularite spetsiifiline, kõrgsageduslik müra. Seepärast soovitab kaevandamise projekteerimise kaasaegne ideoloogia paigutada tuularid ja nende kommunikatsioonid allmaakaevandamisse.

Ohutushoid

Tööohutuse tagamine on tehnoloogia projekti oluline eesmärk ja seda peab tagama vastav peatükk. Projekti see osa koostatakse [KAEVANDAMISE OHUTUSNÕUETE](#) ja teiste asjakohaste seadusandlike aktide alusel.

Keskkonnanahool

Tehnoloogia projekt peab korraldama:

- kaevandamise ajal avalduva vahetu mõju ohjamist,
- kaevanduse sulgemisfaasis tehtavaid töid ja piisava ettenägelikkuse puhul ka
- ettevõtte hilismõju korrigeerimist.

Sulgemistöode ja hilismõju korrigeerimiseks koostatakse tavaliselt eraldi projektid.

Mäetööde vahetud häirivad mõjurid on seadmete, sh eelmainitud tuularite tekitatud müra, mitmesugune tolm ja mõningased gaasiilmingud (hais, lõhn), lõhkamistest ja varingutest tekkivad maavõnked jne. Allmaakaevandamisele kaasneb maa vajumine ja sellest tingituna ehitiste deformeerumine. Keskkonnahoolde objektid, meetodid ja tööd leidsid käsitlese osas [Keskkonnahoolde maavarade kaevandamisel](#).

Kui mäeeraldisel ja selle teenindusmaal on kaitsealuseid alasid ja objekte, vääriselupaiku jne, siis nende säilitamist, hoidmist ja hoidemeetmete rakendamist tuleb käsitleda eraldi ja üldsusele arusaadavalt.

Mäetööde hilise mõju ehk aastakümnete järel tekkivate posttehnoloogiliste protsesside ohjamine on omaette temaatika (vt [Mäetööde hiline mõju](#)). Kaevandamise hilist mõju tuleb tehnoloogia projekteerimise staadiumis kindlasti silmas pidada, vähemalt kommenteerida seletuskirjas. Praktika näitab, et hilismõju ignoreerimine projektis kutsub esile keskkonnatundlike oponentide tähelepanu ja tekitab lisatööd projekti kooskõlastamisel. Seepärast on hilisnähtude vastumeetmete ja rehabiliteerimise tutvustamine projektis asjakohane ja nõutav. Näiteks aherainemägede

kuumenemine, ebakohased varingud, kaevanduse sulgemisele järgnev põhja- ja pinnavee taseme muutumine on tehnoloogilise projekteerimise raames ennustatavad, korvataavad ja välditavad.

Nende posttehnoloogiliste nähtude vastu, mida keskkonnatundlikud oponendid arvavad tekkivat, või mida veel ei teata, või mille teke on vähetõenäoline, on vastumeetmete rakendamine mõttetu (vt [ettevaatusprintsip](#)). Kuna paljud hilisnähtud on tõenäosuslikud, nende mõju ilmneb aastakümnete pärast ja maapõues toimuva ohjamine on kulukas, ei saa pahaks panna, kui projekteerija kaalutusotsuseks on vastumeetmeid mitte rakendada. Vt ka [Üldsuse reaktsiooni ohjamine](#).

3.10.3 Rikastamise projekteerimise alused

Rikastamise moodused ja viisid

Rikastamine on mäetehniline protsess kauba kvaliteedi tõstmiseks, vajalik, kui kaevis lihtmoel ei sobi tarbijale ja kui teiste mäetehniliste meetoditega, nagu selektiivse või osalise väljamisega pole võimalik kvaliteeti tagada.¹⁸¹ Rikastamise põhimõisted on kirjeldatud minu õpikus [Eesti mäendus, 2011](#), p 1.7.2. Mineraaltoorme rikastamine ja töötlemine. Kordame neist peamisi:

- rikastamine on maavara või maavara sisaldava kaevisse väärindamine, töötlemine mäettevõtte tooteks;
- rikastamisel ei muutu kivimite mineraloogiline ega keemiline koostis;

¹⁸¹ Reinsalu, E., [2008.MAEMAJANDUS](#). lk 97, 2.5.3. Kauba kvaliteedijuhtimine – punkt, milles on toodud kaevisse jaotamise teooria põhimõisted ning peamised seosed.

- rikastamisel kasutatakse ära kivimite, mineraalide ja kaevisefraktsioonide omaduste: tiheduse, tugevuse, magnetilisuse, elektrijuhtivuse, mürgavuse, osiste kuju jne erinevust.¹⁸²

Eristatakse rikastamise mooduseid:

- kontsentreerimine — suurendatakse kasuliku aine sisaldust kaevises;
- separeerimine — eraldatakse kaevises kasulikke, kasutuid ja kahjulikke aineid kandvad komponendid (mineraalid, kivimid, tolm),
- sortimine (= klassifitseerimine) — kaevis jaotatakse tüki- või terasuuruse alusel, enamasti sõeludes.

Rikastamise viisid, nagu setitamine, vahtrikastamine (= floteerimine), valikpurustamine, brikettimine jne on loetletud kolme mooduse tehnoloogilised toimingud. Rikastamisviisiks võib pidada ka ehituskaevise pesemist, uhtmist jne, sest selle tulemusel paraneb kaevises ja toodangu kvaliteet.

Balti maardlates on olnud või on seni kasutusel:

- sortimine ja käsitsi separeerimine (= noppimine) kõigis endisaegsetes põlevkivi- ja fosforiidikaevandustes;
- mehhaaniline ja märgsortimine (= sõelumine) kõigis kaasaegsetes ehitusmaavarasid kaevandavates ettevõtetes;
- brikettimine Tootsi ja Oru turbatööstuses;

¹⁸² Ehitusmaterjalide mõistestikus tähistab 'fraktsioon' killustiku tükisuurust, seda, mis mäenduses on 'klass'. Mäenduses nagu ka keemias ja poliitikas tähendab 'fraktsioon' eri omadustega komponente. Põlevkivi fraktsioonid on kukersiit, lubjakivi ja liited (= kämbud). Erinevuse aluseks on asjaolu, et ehituses on 'klass' kasutusel kvaliteedi (sordi) tunnuseks: esimese, teise ja kolmanda klassi killustik.

- vahtrikastamine (= floteerimine, floto-kontsentreerimine) Maardu fosforiiditööstuses;
 - põlevkivi valikpurustamine (sortimise alaliik), trummelsõelaga Sompka kaevanduses ja Viivikonna karjääris;
 - põlevkivi määrgsepareerimine (= gravitatsioonirikastamine): määrgsetitamine pulseeriva veega (Ahtme põlevkivikaevanduses), või separeerimine raskes vedelikus Aidu karjääris ja Viru, Tammiku ning Estonia ja Ojamaa kaevandustes, viimastes kuni käesoleva ajani.
- 183
- Oudova põlevkivimaardla kaevanduses nr 3 (Slantsõ, Venemaa) oli kasutusel klassi 30-100 mm õhksepareerimine (= õhksetitamine). See oli võimalik, kuna sügavast kaevandusest väljatud kaevis oli üsna kuiv ja kvaliteedinõuded tehnilisele põlevkivile (õlikivile) ei olnud nii kõrged kui Eesti kaevandustes.
 - Oudova põlevkivimaardla Kirovi kaevanduses oli pilootseade, millel katsetati nn radiomeetrilist meetodit — separeeriti lindi liikuvat kaevist tükide gamma-reaktiivsuse alusel. Sisuliselt oli tegu gravitatsioonilise meetodiga.

Põlevkivi rikastamise kohta vt Tabel 3.28 Põlevkivi rikastamiseks kasutatud meetodid.

¹⁸³ Gravitatsiooniline rikastamine tugineb kaevisse komponentide erinevale tihedusele, kuid protsessi mõjutab ka tükide kuju.

Rikastamise projekteerimine on masinapõhine – kaevis on rikastatav, kui tema omadused vastavad rikastusseadmete tehnilistele tingimustele.

See tähendab, et kaevise komponendid: kasulikud, kahjulikud ja kasutud, peavad eristuma selliste omaduste poolest, mille alusel rikastusseadmed töötavad – kontsentreerivad, selekteerivad, sorteerivad.

Puhtalt masinapõhine on klassikaliste ja lihtsamate ehitusmaavarade rikastamise projekteerimine. Nende kaeviste käitlemise kogemus on suur ja maardlad on levinud. Kuna tuntud maavarade rikastamisomadused teada, on nende jaoks palju erinevaid seadmeid.

Fosforiidi ja põlevkivi mäeinseneride teadmisi läheb vaja siis, kui projekteeritakse nende, mõnevõrra erandlike kaeviste rikastamist. On kogetud, et põlevkivi ja fosforiidi spetsiifika võib paljudele rikastusseadmeid tarnivatele firmadele olla võõras. Mis muidugi ei tähenda, et nende maavarade jaoks ei leidu rikastusseadmeid. Neid on, kuid parima võimaliku tehnoloogia projekteerimiseks tuleb hästi teada kaeviste omadusi.

Põlevkivi gravitatsioonilise rikastamise eeldused

Põlevkivi ja põlevkivikaevis on hõlpsalt rikastatavad, sest nad koosnevad kahest erineva tihedusega komponendist. Põlevkivi koosneb kukersiidist ja lubjakivi(suletiste)st põlevkivikihi sees. Põlevkivikaevis koosneb varuna arvel oleva põlevkivist ja aherainest, milleks on lubjakivi

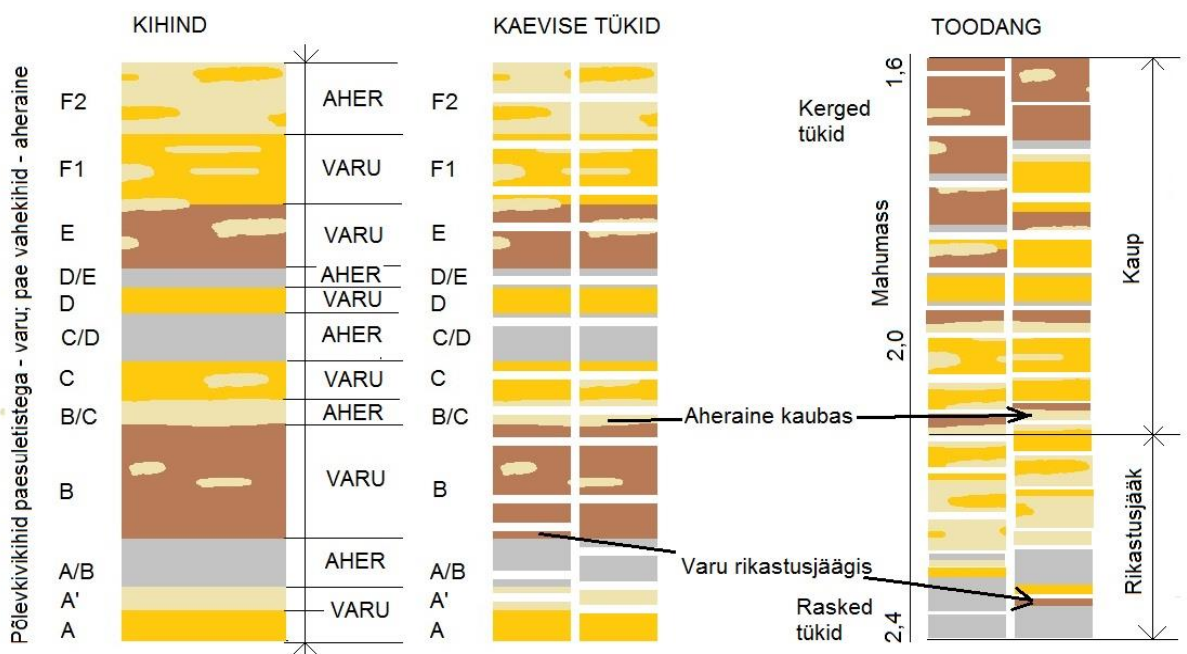
vahekihid. Teistest mineraalidest on mainimisväärsed püriidi rasked mugulad.

Kukersiit, mis on kerogeeni ning savi- ja lubiolluse peenosiste kivistunud segu, on põlevkivi peamine osa. Kukersiit on varuna arvel oleva põlevkivi kasulik komponent, energiakandur, rikastamise objekt. Selleks, et kukersiiti ennast rikastada, tuleks ta purustada ülimalt peeneks ning leida kerogeeni separeerimise või kontsentreerimise sobiv moodus. Enamasti on selleks vahtmenetlus, floteerimine. Seni on kukersiidi rikastamise katsed lõpetanud vähene tulukus.

Kokkuvõtvalt:

põlevkivi(kaevis) on rikastatav, kukersiit mitte eriti

Põlevkivikaervis, mis tekib lausväljamisel, koosneb põlevkivist ning vahe- ja kaaskihtide lubjakivist. Kaaskihid on kaeveõõnte lae kihid, mis ei ole varuna arvel. Aheraine pärineb eelkõige vahekihtide lubjakivist, kuid seda lisandub ka kihindi pealt ja alt. Kuidas varust saab kaevis, näitab Pilt 3.33.



Pilt 3.33 Skeem näitab, kuidas tootsast kihindist saab kaevis ja kaevisest toodang

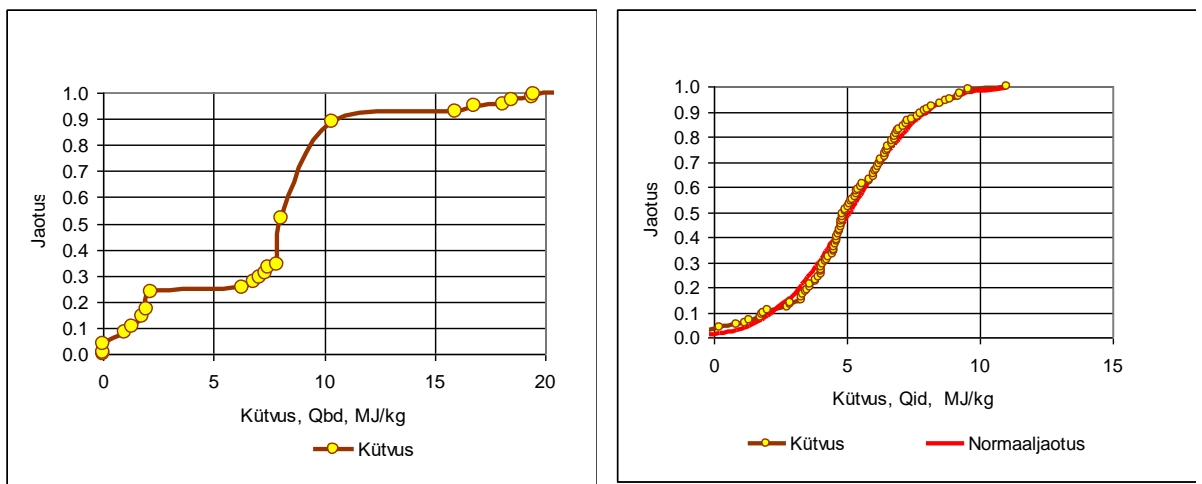
Tähised: A...F2 — põlevkivi kihid, AHER — vahekihid, mis ei ole varuna arvel, VARU — põlevkivi, see, mis varuna arvel. Skeemil: tumepruun on rikas, kollane — keskpärane kukersiit, kollakashall on savikas kukersiit, samuti ka kerogeeni sisaldav lubjakivi. Sinakashall on savikas lubjakivi.

Palju on kaevises tükke, mis koosnevad mitmest kivimist. Neid võiks olla eesti keeles kämbud, (= liited ~ põlevkivi + aheraine).

Gravitatsioonrikastamisel kaevis separeeritakse tükide mahumassi alusel. Üles tõuseb kerge, kõrgema kütvusega fraktsioon, mis koosneb rikka ja keskpärase põlevkivi tükkidest ning kergematest kämpudest. Sellest saab toodang. Rikastusjäak ehk raske fraktsioon, mis koosneb lubjakivist, raskest orgaanikavaesest põlevkivist ja raskematest kämpudest, vajub alla. Sellest saab rikastusjäak. Varuna arvel oleva vähese kerogeenisaldusega põlevkivikihtide sees olev lubjakivi, mis samuti kuulub varusse, samuti kämpude külge jäänud põlevkivi — kõik, mis separaatoris koos "upuvad", tekitavad rikastuskao. Rikastuskadu on rikastusjäaki jääv kerogeen. Samas, kergemate kämpude külge "kleepunud" vahekihtide lubjakivi, mis pole varuna arvel, moodustab toodangu aherduslisa. Teada saada, mil määral rikastusjäak ja aherduslisa teineteist kompenseerivad, teisisõnu — milline on nende suhe, on võimalik määrata ainult kaudsete arvutuste abil.¹⁸⁴

¹⁸⁴ Reinsalu, E., 2008. [MÄEMAJANDUS](#), lk 30.

Eelnenu pidi andma ettekujutuse põlevkivi separeerimisest, mis kukersiitpõlevkivi puhul on üsna lihtne, sest kaevis on heterogeenne (Pilt 3.34).



Pilt 3.34 Heterogeense ja homogeense põlevkivikaevise kütvuse jaotusdiagrammid

Vasakul – kukersiitpõlevkivi-kaevise kütvuse jaotus, paremal – ühe teise põlevkivi kütvuse jaotus.

Heterogeense kukersiitpõlevkivi kaevise graafikul eristuvad kolm gruppi (fraktsiooni):

- vasakul all on 20% aherainet (lubjakivi) kütvusega <3 MJ/kg, mahumassiga $>2,15$ t/m³, mis separeerimisel "upub",
- paremal üleval on 10% rikast kukersiiti, kütvusega >10 MJ/kg, mahumassiga 1,3...1,6 t/m³, mis "ujub",
- keskel on 65% kaevisest, fraktsioon, mille moodustavad kämbud ja vaese põlevkivi tükid, kütvusega 3...10 MJ/kg, mahumassiga 1,6...2,15 t/m³.

Separeerimise ülesanne on jaotada keskmine fraktsioon toodangu ja rikastusjäägi vahel, muutes suspensiooni tihedust. Mida tihedam on suspensioon, seda vähem keskmise fraktsiooni kaevist "upub" ja seda madalam on "ujuva" toodangu kütvus. Selline rikastamine pole eriti

keeruline, sest kukersiitpõlevkivi komponentide kütvuse ja mahumassi vahel on väga tugev seos.¹⁸⁵

Pilt 3.34 parempoolne graafik on näide põlevkivikaevise, mille kütvuse jaotus on lähedane matemaatilisest statistikast teada olevale normaaljaotusele. Sellise kaevise keskmine fraktsioon ei ilmne nii reljeefselt nagu kukersiitpõlevkivil. See lubab väita, et ka kõrgema ja madalama kütvusega tükid jaotuvad kaevises hajusalt, juhuslikult. Teades, et graafik iseloomustab põlevkivi, mille komponentide tiheduse ja kütvuse vaheline korrelatsioon on nõrk, ei saa sellise kaevise gravitatsioonrikastamist pidada edukaks.¹⁸⁶

Kukersiitpõlevkivi graafik ainult demonstreerib rikastamise võimalikkust. Tegelikkus on keerulisem. Esiteks – kütvus on kalorimeetrilises pommis määratud kuiva massi erienergia ja sellega korreleeruv mahumass iseloomustab kuiva materjali, samas, kui märgsepareerimine toimub vee keskkonnas. Teiseks, separeerimine on dünaamiline protsess ja materjali lahutamise edukus sõltub tükide suurusest ning kujust, separeeriva meedia (= vedeliku, suspensiooni) viskoossusest jne. Eelkõige mõjutab viskoossust separaatorisse sattuv muda. Kõik see teeb uue rikastusvabriku projekteerimise keerukaks ja nõuab asjalikke eeluuringuid: laboriteime, teste pilootseadmel, [matemaatilist modelleerimist](#).

¹⁸⁵ Reinsalu, E., 2007. [INFOTOOTLUSMÄENDUSES](#). lk 10, valem 1.8.

¹⁸⁶ Lähem teave selle põlevkivi kohta ei ole avalik.

Põlevkivi rikastamise tehnoloogia

... on üldjoontes lihtne: esmalt sõelutakse kaevis peeneks ehk küttekiviks ja jämedaks ehk rikastatavaks klassiks. Eristavaks omaduseks on tükisuurus. Edasi separeeritakse kaevis jämedam osa kergeks fraktsiooniks, tingnimeetusega tükikivi ja raskeks rikastusjäagiks. Selles protsessis on eristavaks omaduseks kaevis tükide mahumass, mis on otseses seoses kasuliku aine, kerogeeni sisaldusega. Rikastamise selles järgus ilmnevad mõningad kukersiitpõlevkivi erisused ja on juhtunud, et kaevandamise arendajatel (tellijal) ning rikastusseadmeid tootval tööstusel (tarnijal) pole olnud piisavat erialast oskust vabrikute projekteerimisel ja käitamisel. Seda silmas pidades käsitleme edasises põlevkivi rikastamist lähemalt.

Võrdlev ülevaade seni kasutatud põlevkivi rikastamisemeetodite tulemuslikkusest on järgnevas tabelis.¹⁸⁷

Tabel 3.28 Põlevkivi rikastamiseks kasutatud meetodid

Meetod	Kaevandus	Kaevis		Sisend				Väljund			Jääk		Rikastamise		
		Kütvus, MJ/kg	Energia, MJ	mm	Saagis	Kütvus, MJ/kg	Energia, MJ	Saagis	Kütvus, MJ/kg	Energia, MJ	Saagis	Kütvus, MJ/kg	Energia, MJ	efekt	kasutegur
Märgetitamine	Ahtme	9.3	9.3	25...125	0.59	7.49	4.42	0.23	14.4	3.31	0.35	2.8	0.97	1.92	0.90
Raske vedelik	Tammiku	10.4	10.4	25...600	0.54	8.80	4.78	0.25	14.6	3.65	0.27	3.1	0.83	1.66	0.92
Raske vedelik	Viru	9.7	9.7	25...600	0.63	8.35	5.26	0.286	14.5	4.15	0.33	2.9	0.95	1.74	0.91
Raske vedelik	Estonia	8.4	8.4	25...300	0.60	6.70	3.99	0.222	13.8	3.06	0.35	2.1	0.74	2.06	0.98
Raske vedelik	Aidu	8.4	8.4	25...300	0.62	6.55	4.05	0.197	14.1	2.78	0.41	2.6	1.05	2.15	0.87
Raske vedelik	Leningradi	7.1	7.1	20...100	0.61	5.05	3.08	0.165	13	2.15	0.42	1.7	0.71	2.57	0.90
Õhksepareerimine	Nr 3	6.9	6.9	30...100	0.65	5.15	3.36	0.22	11.5	2.53	0.43	1.8	0.78	2.23	0.88
Trummelsöel	Sirgala	10.63	10.63	>50	0.51	9.1	4.60	0.26	12.3	3.20	0.25	5.5	1.38	1.35	0.87
Vahtrikastamine	Slantsõ			<30	1	14	14	0.40	31.4	12.6	0.60	3	1.80	2.24	0.90
Radiomeetiline (Rubiin)	Kirovi			30...50	1	7.6	7.6	0.49	11.8	5.8	0.51	3.4	1.72	1.55	0.77
Radiomeetiline (Kristall)	Kirovi			50...200	1	5.9	5.9	0.36	12.4	4.4	0.64	2.4	1.54	2.10	0.75

¹⁸⁷ Kasutatud on allikat: Рейнсалу, Э, Петерсон, М ja Барбанер, Н. 1982. *Управление качеством в сланцевой промышленности, ЦНИЭИуголь, 34 с. Москва, 1982.*

- Rikastamise efekt on siinses käsitluses seadme ja/või vabriku väljundi (kontsentraadi, separaadi) ja sisendi ehk kaevise või rikastatava materjali kütvuste suhe; tunnus iseloomustab meetodi (seadme, masina) separeerimisvõimet.
- Rikastamise kasutegur iseloomustab rikastusvabrikut tervikuna. See on kaubapõlevkivi kõigi liikide (sh hiiva) kasuliku komponendi (kerogeeni, energia) summaarse koguse suhe kasuliku komponendi kogusega kaevises. Mida vähem on rikastatavat kaevist, teisisõnu — mida suurema osa kaubapõlevkivist moodustab mitterikastatav peenes, seda kõrgem on rikastusvabrik kasutegur. Mida kõrgem on rikastusvabriku kasutegur, seda puhtam, orgaanikavaesem on rikastusjääk, lubjakivi.
- Vahtrikastamist katsetati Oudova põlevkivi töötlemise tehases, (mitte kaevanduses) utmiseks tarnitud põlevkivi kontsentraadis sisalduva peenese töötlemiseks.

- Radiomeetrilist meetodit katsetati Oudova põlevkivimaardlas pilootseademetel, mille tootlikkus oli Rubiinil 6 t/h ja Kristallil 23 t/h

Nagu näha, oli kõige madalama separeerimisvõimega (efektiga) valikpurustamine trummelsõelas. Valikpurustamine eeldab, et kaevise kasulik komponent eristub muust massist tugevusomaduste poolest. Eeldades, et põlevkivi on lubjakivist nõrgem, kukutati kaevis massiivsele sõelale, et kukersiit peeneks purunenuna sealt läbi tuleks. Trummelsõelte (*Bradford breaker rotating drum screen*)

kasutamine jäi siiski episoodiliseks, sest kukersiit osutus dünaamilisel koormamisel (= kukkudes) liiga sitkeks.

Ehitusmaavarade killustikuks töötlemisel toimivad mitmed seadmed valikuliselt – purustatava kivimite nõrgemast erimist saab peen(es) ja tugevamast jämedam killustik.

Samuti oli madala efektiga raskevedelik-separeerimine Tammiku ja Viru kaevanduses. Andmed pärinevad ajast, kui nendes kaevandustes rikastamisele suunatud kaevisest oli suur osa eelnevalt purustamata (300...600 mm). Hiljem hakati sisendit purustama ja rikastusskeem kujunes samasuguseks nagu Estonia kaevanduses ja Aidu karjääris.

Mõnevõrra madalama separeerimisvõimega oli märgsetitamine Ahtme kaevanduses, mistõttu sellest meetodist uuemates rikastusvabrikutes loobuti.

Tähele tuleb panna, et kõrge efektiivsus (>2) oli raskevedeliksepareerimisel neis ettevõtetes, kus kihind oli lubjakivi suure sisalduse tõttu madalama kvaliteediga, kütvusega <9 MJ/kg.

Rikastamise matemaatiline modelleerimine

Modelleerimise mõtteks on sisendi (kaevise) ja väljundi (produktide, toodangu) massi ning kasuliku aine sidumine läbi seadmete (sõelurite, separaatorite, toiturite, konveierite) kulgeva materjali voogude kaudu.¹⁸⁸

Massi jaotamise aluseks on massi jäävuse seadus, mille kohaselt

¹⁸⁸ Reinsalu, E., 2008. [MÄEMAJANDUS](#), 2.4.3. Toodangu bilanss.

$$\begin{aligned} & \text{siseneva kaevise mass} = \\ & = \text{toodangu liikide ja jäägi masside summa} = \\ & = \delta_p + \delta_t + \delta_j + \delta_h, \end{aligned}$$

kus põlevkivi puhul on δ produktide osalus väljundis.

Produktide indeksid tähistavad: p – peenkivi, t – tükikivi, j – jääki ja h – hiiba.

Nii on see põlevkivi puhul. Muudel kaevistel võib produkte olla vähem, näiteks fosforiidil kaks: kontsentraat ja jääk. Ehitusmaavaradel on produkte nii mitu kui palju on killustiku ja jäägi klasse.

Raamatupidajalikus bilansis, kui osalust väljendatakse protsentides, oleks massi osade summa 100%. Matemaatikas on osa ühest (tervest) ja siseneva kaevise mass bilansis on üks (1 ~ 100%), seega:

$$1 = \delta_p + \delta_t + \delta_j + \delta_h \quad (1)$$

Teine võrrand seob kaevise kasuliku komponendi jaotumise toodangu liikide (produktide) vahel:

$$K_k = K_i + K_j, \quad (2)$$

kus:

K_k – kasuliku komponendi sisaldus kaevises ja k on kaevise indeks,

K_i – kasuliku komponendi sisaldus produktides, kus i tähistab produktide indekseid, mis põlevkivi puhul olid: p - peenkivi, t - tükikivi, j - jääk ja h - hiib, ¹⁸⁹

K_j – kasuliku komponendi sisaldus jäägis.

¹⁸⁹ tükikivi on produkt, mida võib nimetada kontsentraadiks, nii et võib kasutada indeksit k - kontsentraat, näiteks kasutades võrrandit (1) fosforiidi rikastamise bilanssi koostades

Põlevkivi kasulik komponent on kerogeen, energiakandur, mis jaotub produktide vahel. Energia jäävuse seaduse kohaselt on põlevkivi rikastusbilansi võrrand

$$E_k = E_p + E_t + E_j + E_h, \text{ MJ}$$

kus:

E_k — kaevise ühiku energiasisaldus, MJ,

E_p , E_t , E_j ja E_h — väljundi osade energia, võrrandi (1) indeksitega, MJ.

Põlevkivi tavaliseks kvaliteeditunnuseks on kütvus, (= erienergia = energia / mass). Kirjeldades energiat kütvuse abil, saame võrrandi (2) modifikatsiooni

$$Q_k = Q_p \delta_p + Q_t \delta_t + Q_j \delta_j + Q_h \delta_h, \text{ MJ/kg} \quad (2.1)$$

kus Q_k on kaevise kütvus ja teised Q -d vastavate produktide kütvused. Kütvuse ühikuks võib olla MJ/kg või GJ/t, sõltuvalt, millise massi koguse, kilogrammi või tonni energiat määratakse.

Fosforiidi kvaliteeditunnuseks on kasuliku komponendi, väetiste toimaine P_2O_5 sisaldus, ühikuga osa(lus), mitte %. Toimaine jaotumist kirjeldab võrrandi (2) modifikatsioon:

$$a = k \delta_k + j \delta_j \quad (2.2)$$

siin kasutatud tähised on võetud minu rikastamise üldteooria valemite kogumist mäemajanduse õpikust:¹⁹⁰

a — kasuliku aine, antud juhul P_2O_5 sisaldus kaevises,

k — kasuliku aine sisaldus flotokontsentraadis,

¹⁹⁰ Reinsalu, E. 2009, [MÄEMAJANDUS](#), Tabel 2.9. Kaevise rikastamise parameetrid ja valemid, lk 97.

j — kasuliku aine sisaldus jäägis,

δ_k ja δ_j — kontsentraadi ja jäägi osalus (saagis).

Kaks võrrandit: (1) ja (2) moodustavad süsteemi, kus tundmatuid on rohkem kui lahendamiseks tarvis.

Arvutama asudes on alati teada kaevise kvaliteet ja rikastamise eesmärk — toodangu kvaliteet. Teiste osaliste kohta andmed kas puuduvad või on oletuslikud. Kindlasti ei tohi lähtuda eeldusest, et jääk on O-kvaliteediga, st ta ei kanna kasulikku ainet protsessist välja. Kuna tundmatud — produktide saagised ja kasuliku ning kahjuliku aine sisaldused on omavahel seoses, tuleb need leida ja lisada süsteemi.

Sellest järgmises näites.

Näide 3.11. Fosforiidi vahtrikastamise bilansi hindamine

Fosforiidi rikastamisel kasutati kaevandamise algaastail sortimist — kaevisest sõeluti välja ooboluskarbikesed, mis kasuliku ainese P_2O_5 kandjana moodustasid kontsentraadi. Sõela läbinud peen liiv ja karbikeste puru olid rikastusjääk. Seega eristav omadus oli terasuurus. Kasuliku ainese kadu oli üsna suur ja toimaine sisaldus kontsentraadis madal, 22...25% (Tabel 3.29). Hiljem hakati rikastamiseks kasutama ooboluskarbikeste ja liivaterade pinna omaduste erinevust — ühed kleepusid rikastusvedeliku õhumullide külge, teised mitte. Kleepunud osakesed kerkisid pinnale, teised vajusid põhja. Eristavaks omaduseks oli "kleepuvus", mis rikastusvedeliku lisandite (= reagentide) mõjul tõstis üles kas ooboluskarbikesed või liiva, sõltuvalt vahtrikastamise tehnoloogiast.

Fosforiidikaevanduse eelprojekti koostamisel või maavara uuringut kavandades tuleb teada, milline peab olema kaevise kvaliteet, et saada vajalik kogus müügikõlblikku toodangut, kontsentraati. Projekteerimise esimeses faasis piisab üldkujulisest bilansist, eriti, kui ei uurita kahjulike komponentide (Fe_2O_3 , MgO jt) jaotumist.

Lisaks bilansi eeltoodud võrranditele (1) ja (2.2) toome sisse rikastamise kasuteguri (= eraldusastme) sõltuvuse kontsentraadi ja kaevise kvaliteedist: ¹⁹¹

$$\eta = 1 + \beta \ln((\tau - k) / (\tau - a)),$$

kus:

$\eta = \delta_k k / a$ on rikastamise kasutegur,

τ – kasuliku aine sisaldus tuumaines ¹⁹², milleks Balti fosforiidis on ooboluskarbikesed, $\tau = 34...35\%$,

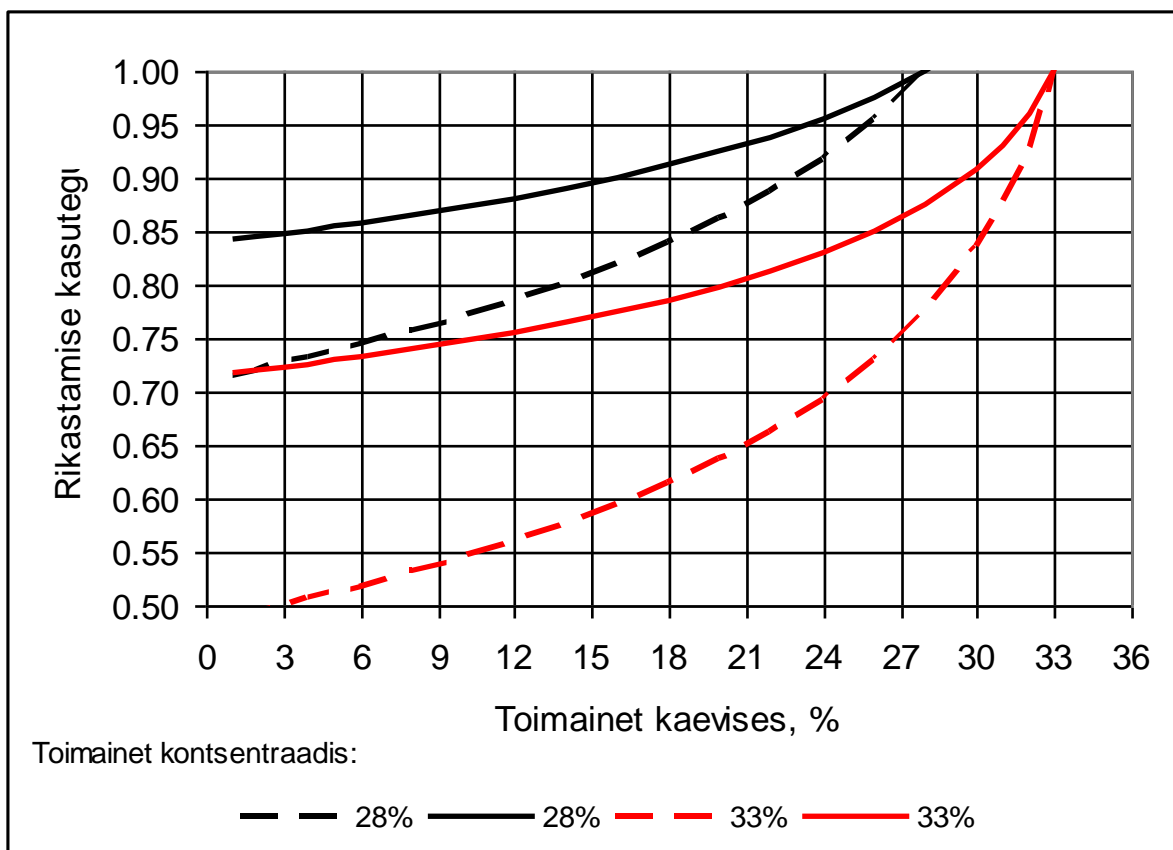
β – protsessi elastsus, arvutuslik suurus, mis iseloomustab rikastamise efektiivsust.

Rikastamine on seda tõhusam, mida väiksem on protsessi elastsus β , teisisõnu, mida "jäigemalt", vähem elastselt protsess eraldab kasulikke ja kahjulikke osiseid. Tundub olevat mõistlik kasutada tõhususarvuna elastsuse pöördväärtust ($1/\beta$), mis näib nagu hindepall kümnepunktilisel skaalal. Vahtrikastamise

¹⁹¹ Reinsalu, E. 2009, [MÄEMAJANDUS](#), Näide 4. lk 100. Digiteavikus [MÄEMAJANDUS](#) on kasuteguri valem trükitehniliselt rikutud. Kasuteguri valemit on kasutatud publikatsioonis Adamson, A., Reinsalu, E., Juuse, L., Valgma, I., 1997. Sustainable phosphate rock mining, Proc. Estonian Acad. Sci. Engng, 3, 13...22.

¹⁹² Tuumaine on mäemajanduse mõistes see osa kaevisest, mida rikastamisel tahetakse võimalikult puhtal kujul kätte saada. Põlevkivis on tuumaineks kukersiit, fosforiidis ooboluskarbikesed, maagis metalle kandvad mineraalid, klaasiliivas kvarts jne. Tuumaine on kasuliku komponendi kandja.

kasuteguri sõltuvust kaevise ja toote kvaliteedist illustreerib Pilt 3.35.



Pilt 3.35 Fosforiidi rikastamise kasuteguri sõltuvus kaevise kvaliteedist ja flotoprotsessi tõhususest

Pildil:

- kriipsjooned — kui rikastamise tõhususarv $1/\beta = 6$,
- pidev joon — parim võimalik rikastustehnoloogia, kui tõhususarv oleks 10.

Kui fosforiidi kaevandamise projekteerimisel on kasutada vahtrikastamise laboratoorsete või katsetööde tulemusi, saab tõhusust hinnata, määrates uuritud protsessi (seadme, reagenti) tõhususarvu

$$1/\beta = (\eta - 1) / \ln((\tau - k) / (\tau - a)) = (\delta_k k / a - 1) / \ln((\tau - k) / (\tau - a)).$$

Mõningad hinnangulised tõhususarvud vt Tabel 3.29.

Tabel 3.29 Mõningad fosforiidi rikastamise tõhususarvud, kui P₂O₅ sisaldus toormes on 10%

Rikastatav materjal, rikastamise tingimused	Aeg	P ₂ O ₅ tootes, %	Tõhususarv, 1/β
Maardu fosforiit, tööstuslik *	<1975	23...24	3
Maardu fosforiit, tööstuslik *	1980...83	28	5
Kingissepa fosforiit, tööstuslik *	1975...83	29	7
Maardu fosforiit, tööstuslik, Rootsi reagentid **	<1990	31...32	8
Maardu fosforiit, IG Farbenindustrie labor **	<1940	31...32	10
Toolse fosforiit, Rootsi laboris **	<1990	31...32	10

* Laritškin jt, 1986.¹⁹³; ** akadeemik Mihkel Veiderma andmed.¹⁹⁴; Soome Siilinjärvi maardla apatiidi ($a \approx 0,05$, $\tau \approx 0,4$, $k \approx 0,36$) rikastamise tõhususarv on ~10

Esitatud teoreetiline tagapõhi on küllaldane, et lahendada neljavariandiline ülesanne – kui palju peab väljama kaevist, mille keskmine kasuliku aine sisaldus on kas 6% või 12% P₂O₅, et müüa 1 mln t/a kontsentraati kasuliku aine sisaldusega kas 28% või 33%. Tuumaine P₂O₅ sisaldus selles maardlas on 35%, rikastusprotsess on parim võimalik, tõhususarvuga 10. Arvutuste tulemused vt Tabel 3.30.

¹⁹³ Ларичкин, Ф.,1986. Рациональное использование Прибалтийских фосфоритов (на примере Кингиссепского и Маардуского месторождений), Таллинн, Валгус, 144 с.

¹⁹⁴ Sh käsikirjad (kirjaviis muutmata):

- Kark, J., (koostaja) jt. Ülevaade supervosvaadi tööstuse rajamise võimalikkusest Eestis, 14 lk.
- A/S Eesti Fosforiit ja IG Farbenindustrie A/G vaheline 400 000 t fosforiidi ostumüügi leping, tõlge, 5 lk, sh 2 lisa.
- Kopvillem, J. jt. 1937. Aruanne Saksa- ja Inglismaal juunis-juulis 1937 teostatud Eesti fosforiidist supervosvaadi valmistamise tööstuslike katsete tulemuste kohta, 29 lk, sh lisatud tööstuse rajamise eelarved.

Tabel 3.30 Erineva kvaliteediga fosforiidikaevise rikastamise majanduslikkuse hinnang

Variandid =>	1	2	3	4
Andmed, sümboolid ↓	Saadakse lahja kontsentraat		Saadakse rikas kontsentraat	
P ₂ O ₅ kontsentraadis, k, %	28	28	33	33
Varu on	vaene	rikas	vaene	rikas
P ₂ O ₅ kaevises, a, %	6	12	6	12
Rikastamise kasutegur, η	0,86	0,88	0,73	0,76
P ₂ O ₅ rikastuskaos, %	1,0	2,3	1,5	4,0
Kontsentraadi saagis, δ_k , %	18	38	13	27
Kaevist vaja, t/t	5,4	2,6	7,5	3,6
Kulukus (2020. prognoos) ¹⁹⁵				
Kapitalikulu, mln €				
kaevandus	124	64	168	86
Rikastusvabrik	108	66	134	82
ettevõte kokku	232	130	302	168
Tootmiskulu, €/t				
Väljamiskulu	10,5	13,4	9,4	12,0
rikastamiskulu, t. sisend	6,3	7,3	5,9	6,8
tootmiskulu, t. väljund	93	54	118	70
Toote hind €/t.P ₂ O ₅	333	194	357	211

¹⁹⁵ Majandushinnangu, meetodika — [Camm, T.W., 1991. Simplified Cost Models For Prefeasibility Mineral Evaluations.](#) U.S. Bureau of Mines, Information Circular 9298, p 4, ref.: Taylor H.K., 1978. Mine valuation and feasibility study, Ch. in mineral industry cost, 2 ed., pp 1..17

Andmed tabelis on illustratiivsed, näitamaks, miks kaevandamiseks tuleb varuda parimat varu ja üritada müüa toodangut võimalikult madala kvaliteediga. Sedalaadi arvutuste alusel tuleb [maavara varumise projektis](#) määrata kasuliku aine piirsaldus kaevandamisväärse (aktiivse) varu plokkimiseks.

Näide 3.12. Estonia põlevkivikaevanduse rikastamisskeemi optimeerimine

Seda ülesannet lahendama asudes on teada kaevise kütvus Q_k ja kauba nõutavad kvaliteeditunnused: peenpõlevkivi kütvus Q_p ning tükikivi kütvus Q_t . Süsteemi lahendamiseks on vaja teada veel jäägi kütvust Q_j ja hiiva kütvust Q_h . Pahatihti eeldatakse, et jäägi kütvus on konstantne ja antakse ette. Tegelikult see nii ei ole. Jäägi energiasaldus sõltub separeerimisest ja jääb seda kõrgemaks, mida puhtamaks püütakse teha rikastamisprodukti. Täpsemalt, mida suurem on protsessi väljundi ja sisendi kvaliteedi vahe. Põlevkivi jaoks on leitud seos¹⁹⁶

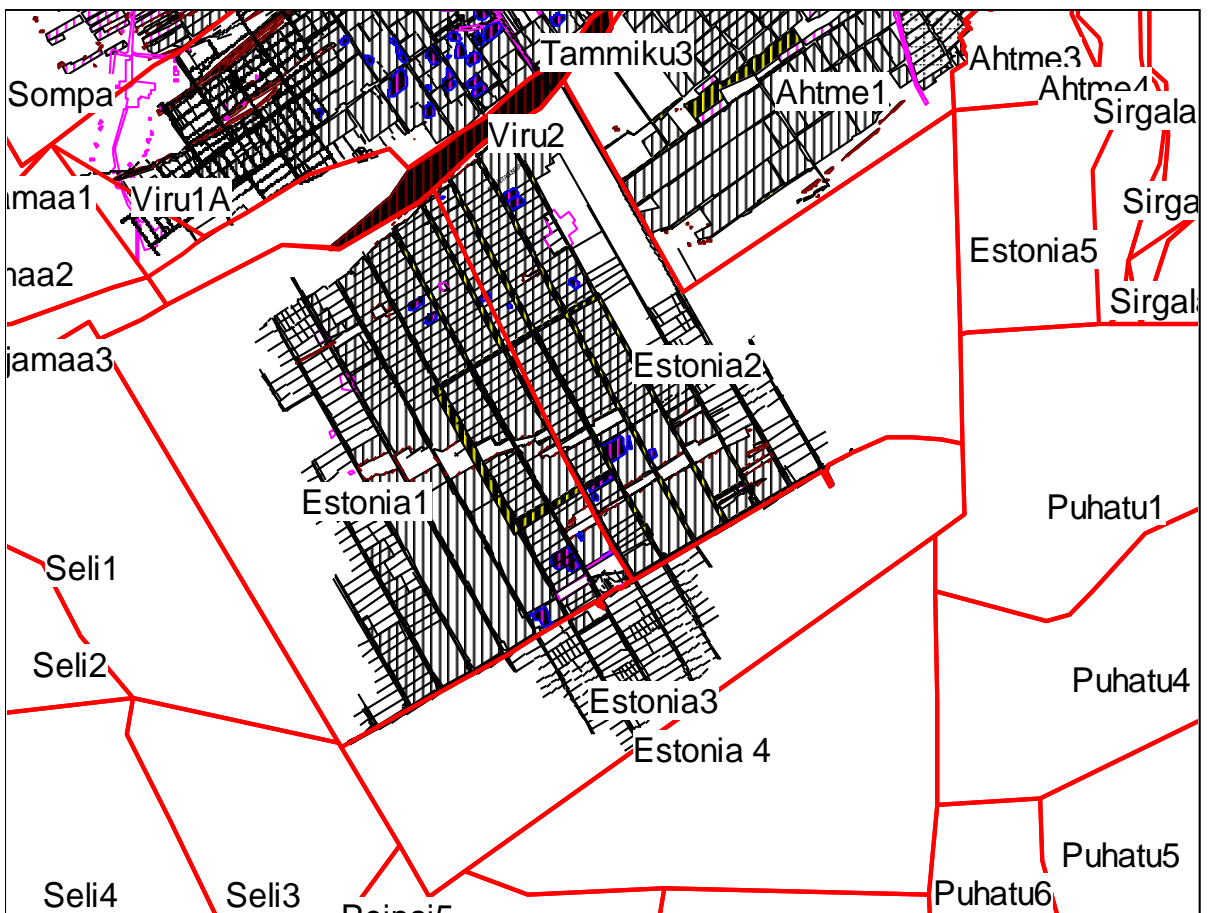
$$Q_j = 0,4146 (Q_t - Q_k), \text{ MJ/kg.}$$

Kui rikastatakse jämedat kaevist, tekib hiiba vähe. Seepärast ei ole suur viga, kui hiiva osalus bilansis võetakse konstantseks, tavaliselt 0,01...0,03 (1...3%) lõpp-produktist, kütvusega $\approx 7,5$ MJ/kg. Kui aga projekteeritakse peene kaevise märgrikastamist, tuleb arvestada kuni kümme korda suurema hiiva kogusega.

¹⁹⁶ Lähteandmed — Рейнсалу, Э., Петерсон, М., Барабанер, Н., 1982. Управление качеством в сланцевой промышленности, Серия "Обогащения и брикетирование угля", выпуск 1, Москва, 34 с.

Võrrandite (1) ja (2) analoogidega seotakse iga vabriku rikastusseadme: sõeluri, separaatori, pesuri jne sisendid ja väljundid.

Kaevis tuleb kaevanduse mäeeraldise kolmest, erineva kvaliteediga varu plokist (Pilt 3.36, Tabel 3.31, Tabel 3.32). Mäetöö on korraldatud nii, et kaevandusest väljuks keskmise kvaliteediga kaevis.



Pilt 3.36 Estonia kaevanduse mäetööde paiknemine

Joonis on illustreeriv, käesolevaks ajaks (2016) on mäetööd levinud kaugemale.

Tabel 3.31 Varu ja kaevise kvaliteet Estonia varuplokkides

Varuplokk	Väljatav paksus, m		Kaevise kütvus kuivalt, MJ/kg	
	Madal	Kõrge		
Estonia 1	2,82		8,13	
		4,34		6,52
Estonia 2	2,81		8,69	
		4,36		6,76
Estonia 3	2,79		7,84	
		4,36		6,28

Ühe varuploki andmed on toodud näitena vt (Tabel 3.32). Teiste plokkide andmetabelid on analoogilised. Kaevandusest väljuva kaevisevoo andmed sisestatakse mudelisse varuplokkide kaalutud keskmisena.

Andmed tootsa kihindi kohta (normaalne väljamispaksus ehk madal lagi) pärinevad Eesti Geoloogiakeskuse materjalidest, varu ümberhindamise aruannetest. Kõrge lae andmed on arvutatud TTÜ mäeinstituudi metoodika kohaselt.¹⁹⁷ Kui kaevis tekiks võrdselt kolmest plokist, oleks kuiva kaevise keskmine kütvus madala lae puhul 8,14 MJ/kg ja kõrge lae puhul 6,46 MJ/kg. Projektis, millest pärineb näide, on mudel koostatud nii, et plokkide ja väljatava paksuse osalust saab sisenevas kaevisevoos muuta. Siinses näites on võetud, et kaevis tuleb varuplokkidest võrdses koguses ja normaalkõrgusega ete osalus kaevanduses on 80%.

¹⁹⁷ [Infotöötlus mäenduses, 1991](#)

Tabel 3.32 Ühe ploki varu parameetrite arvutustabel - näidis

Estonia		1 Välja lääne- ehk loodeosa																		
Plokk	Kihit	Geoloogilised lähteandmed			Kuiv kaevis									Looduslikult niiske kaevis						
		Osalus	Paksus			Kütvus		Õli saagis %	Org. sisald. %	Mahu-mass t/m3	Massi-tootlus, t/m2	Õli-tootlus t/m2	Org. tootlus t/m2	Energia-tootlus, GJ/m2	Arvut. niiskus %	Kütvus		Mahu-mass t/m3	Massi-tootlus, t/m2	Energia-tootlus, GJ/m2
			algne m	väljatav m	alt m	kcal/kg	GJ/t									kcal/kg	GJ/t			
1	Muld	0	0.4	0.00		0.0	0.0	2.36	0.00	0.00	0.00	0.000	1.3	0	0.00	2.39	0.00	0.000		
	Moreen	0	4.2	0.00		0.0	0.0	2.36	0.00	0.00	0.000	1.3	0	0.00	2.39	0.00	0.000			
	Kalju	0	54.00	0.00		0.0	0.0	2.36	0.00	0.00	0.000	1.3	0	0.00	2.39	0.00	0.000			
G/H	H	0	0.15	0.00		2657	11.1	19.9	29.9	1.60	0.00	0.00	0.00	11.4	2110	8.83	1.81	0.00	0.00	
	H/G	0	0.20	0.00		0	0.0	0.0	0.0	2.36	0.00	0.00	0.00	1.3	0	0.00	2.39	0.00	0.00	
	G	0	0.15	0.00		2657	11.1	19.9	29.9	1.60	0.00	0.00	0.00	11.4	2110	8.83	1.81	0.00	0.00	
F/G	G/F3	0	0.10	0.00		0	0.0	0.0	0.0	2.36	0.00	0.00	0.00	1.3	0	0.00	2.39	0.00	0.00	
	F3	0	0.3	0.00		1100	4.6	8.3	12.4	1.97	0.00	0.00	0.00	7.2	876	3.67	2.13	0.00	0.00	
	F3/F1-2	0	0.13	0.00		100	0.4	0.8	1.1	2.32	0.00	0.00	0.00	1.9	100	0.42	2.37	0.00	0.00	
	F1-2	0	0.18	0.00		1100	4.6	8.3	12.4	1.97	0.00	0.00	0.00	7.2	876	3.67	2.13	0.00	0.00	
	Ebalagi	0	0.17	0.00		600	2.5	4.5	6.7	2.14	0.00	0.00	0.00	4.8	600	2.51	2.24	0.00	0.00	
	Fülem	0.5	0.28	0.14	2.8	1145	4.8	8.6	12.9	1.96	0.27	0.04	1.32	7.4	913	3.82	2.12	0.30	1.13	
Tootus kihind	Falum	1	0.38	0.38	2.7	2028	8.5	15.2	22.8	1.73	0.66	0.10	0.15	5.59	10.3	1612	6.75	1.93	0.73	4.95
	F/E	1	0.00	0.00	2.3	0	0.0	0.0	0.0	2.36	0.00	0.00	0.00	1.3	0	0.00	2.39	0.00	0.00	
	E	1	0.53	0.53	2.3	2533	10.6	19.0	28.5	1.63	0.86	0.16	0.25	9.14	11.2	2011	8.42	1.83	0.97	8.17
	E/D	1	0.04	0.04	1.8	589	2.5	4.4	6.6	2.14	0.09	0.00	0.01	0.21	4.7	589	2.47	2.25	0.09	0.22
	D	1	0.09	0.09	1.7	2144	9.0	16.1	24.1	1.71	0.15	0.02	0.04	1.38	10.5	1703	7.13	1.91	0.17	1.22
	D/C	1	0.27	0.27	1.6	0	0.0	0.0	0.0	2.36	0.64	0.00	0.00	0.00	1.3	0	0.00	2.39	0.65	0.00
	C	1	0.41	0.41	1.4	2734	11.4	20.5	30.7	1.59	0.65	0.13	0.20	7.46	11.4	2171	9.09	1.79	0.74	6.69
	C/B	1	0.11	0.11	1.0	608	2.5	4.6	6.8	2.13	0.23	0.01	0.02	0.60	4.8	608	2.55	2.24	0.25	0.63
	B	1	0.44	0.44	0.9	4394	18.4	33.0	49.4	1.35	0.59	0.20	0.29	10.93	10.2	3614	15.13	1.50	0.66	10.01
	B/A	1	0.16	0.16	0.4	0	0.0	0.0	0.0	2.36	0.38	0.00	0.00	0.00	1.3	0	0.00	2.39	0.38	0.00
	A'	1	0.11	0.11	0.3	1578	6.6	11.8	17.7	1.84	0.20	0.02	0.04	1.34	9.0	1257	5.26	2.02	0.22	1.17
	A'/A	1	0.03	0.03	0.1	590	2.5	4.4	6.6	2.14	0.06	0.00	0.00	0.16	4.8	590	2.47	2.25	0.07	0.17
A	1	0.11	0.11	0.1	3250	13.6	24.4	36.5	1.50	0.17	0.04	0.06	2.25	11.6	2594	10.86	1.70	0.19	2.03	
Põhi	0	1.00	0.00	0.0	0	0.0	0.0	0.0	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	1.3	0	0.00	2.39	0.00	0.00	
Kokku / keskmine		0.53	5.34	2.82	2.8	1943	8.1	14.6	21.8	1.76	4.96	0.72	1.08	40.37	8.3	1606	6.72	1.92	5.41	36.39
				m	m	kcal/kg	GJ/t	%	%	t/m3	t/m2	t/m2	t/m2	GJ/m2	%	kcal/kg	GJ/t	t/m3	t/m2	GJ/m2

Kuiv põlevkivivaru 0.413858 5.34 2.21 2641.998 11.0594 19.82279 29.68537 1.612224 3.563014 0.706289 1.057694 39.40482 10.48329 2123.359 8.888382 1.801031 3.980278 35.37823
 Kaevisetegur, niiske kaevise ja kuiva varu massi suhe 1.36003

Siin on kaevise osaluste mõõtemääramatus +0,01, ja kütvustel +0,2 MJ/kg

Mõlemaid eeldusi saab modelleerimise tarbeks muuta, millele vastavalt saaks teised tulemused. Siin ei ole neid protseduure näidatud.

Koristusetes on kaevise suurima tüki suurus >400 mm. Kivimaterjali esmatöötlemine (purustamine ja kaevisevoogude ühtlustamine) toimub maa all ja vabrikusse saabuv materjal on keskmiste parameetritega, tükisuurusega <400 mm.

Rikastamise projekteerimise aluseks on kaevise ööpäevase proovimise andmed (= talitusproov). Proovi mass määratakse ja proov jaotatakse standardi või ettevõtte eeskirja kohaselt. Proovimise tulemused on järgmises tabelis.

Rikastamise tavaline arvutamine (mitte modelleerimine) kujutab endast vabriku sõelte ja **separaatorite režiimi parameetrite** kombineerimist nii, et kukersiidist ja kergematest kämpudest moodustuks sobiv toodang ning lubjakivi ja kukersiidiga "määratud" kämbud eemaldataks kui rikastusjääk. "Käsitsi" ehk katseeksituse meetodil projekteerides kombineerivad rikastusinsenerid talitusproovi andmetega: summeerivad kukersiidi ja "rikkad" kämbud (näiteks 200-300 mm ja 125-150 mm) toodanguks ning lubjakivi tükid ja "vaesed" kämbud (50-75...100-125, 150-200 ja >300 mm) jääki. Kuidas panna masinad seda tegema, on rikastusinseneride kunst.

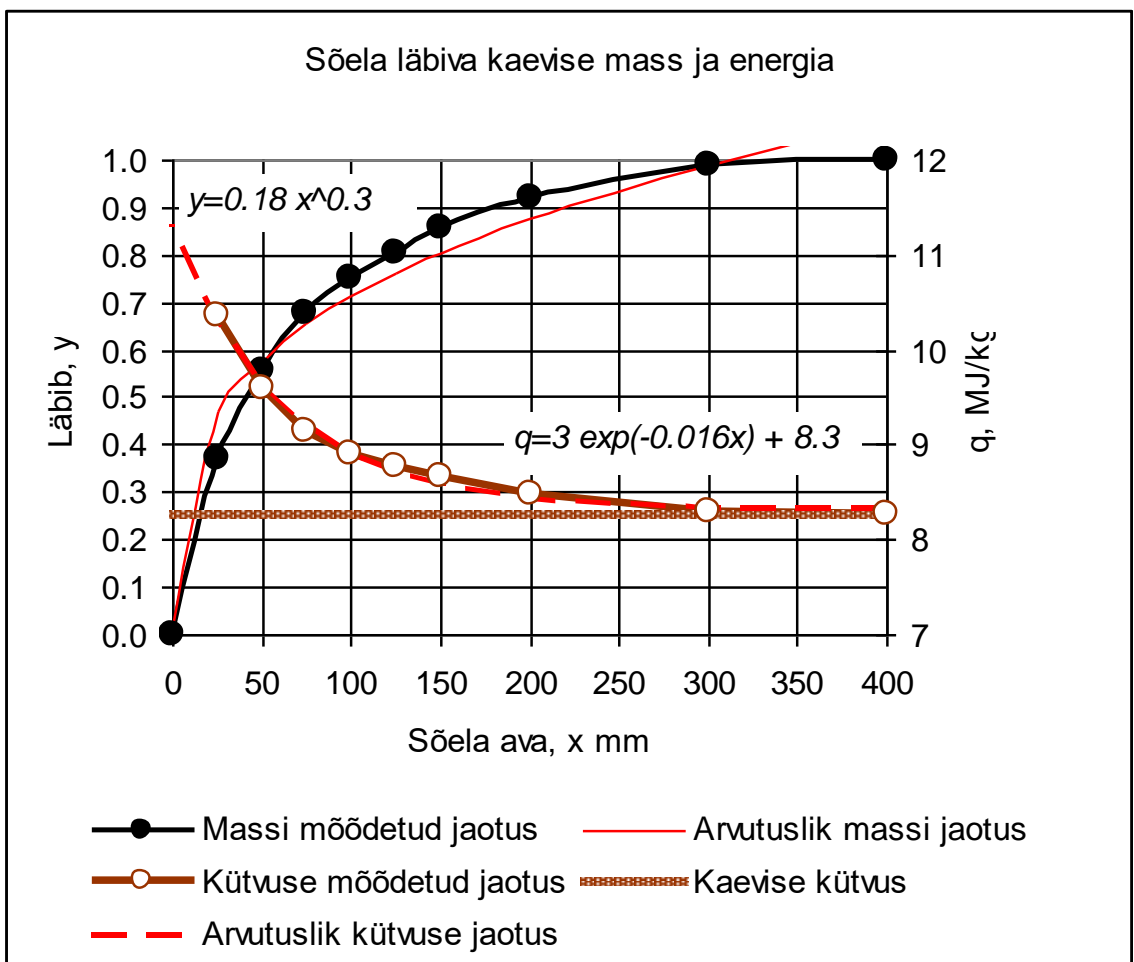
Tabel 3.33 Talitusproovi jaotamise näidis

Kaevandus Estonia mäemassi talitusproov 18 01 08

Kaevisse jaotis		Mass, kg	Massi osalus			Kütvus, MJ/kg	Energia, MJ
Klass, mm	Fraktsioon		proovis, %		klassis		
>300	lubjakivi	38.3	0.79	0.008	0.668	0.0	0.000
	kämbud	0	0.00	0.000	0.000	0.0	0.000
	kukersiit	19	0.39	0.004	0.332	20.5	0.080
	kokku	57.3	1.18	0.012	1.000	6.8	0.080
200-300	lubjakivi	213	4.40	0.044	0.663	1.0	0.044
	kämbud	46.8	0.97	0.010	0.146	7.9	0.076
	kukersiit	61.5	1.27	0.013	0.191	19.5	0.248
	kokku	321.3	6.64	0.066	1.000	5.5	0.367
150-200	lubjakivi	151.1	3.12	0.031	0.484	0.0	0.000
	kämbud	97.4	2.01	0.020	0.312	7.1	0.143
	kukersiit	64	1.32	0.013	0.205	19.4	0.257
	kokku	312.5	6.46	0.065	1.000	6.2	0.399
125-150	lubjakivi	103.9	2.15	0.021	0.412	1.3	0.028
	kämbud	101.5	2.10	0.021	0.402	7.5	0.157
	kukersiit	46.8	0.97	0.010	0.186	18.1	0.175
	kokku	252.2	5.21	0.052	1.000	6.9	0.360
100-125	lubjakivi	138.8	2.87	0.029	0.517	2.0	0.056
	kämbud	70.1	1.45	0.014	0.261	7.4	0.107
	kukersiit	59.7	1.23	0.012	0.222	18.5	0.228
	kokku	268.6	5.55	0.056	1.000	7.0	0.391
75-100	lubjakivi	188.5	3.90	0.039	0.523	1.8	0.070
	kämbud	79	1.63	0.016	0.219	6.3	0.103
	kukersiit	92.7	1.92	0.019	0.257	16.8	0.322
	kokku	360.2	7.45	0.074	1.000	6.6	0.495
50-75	lubjakivi	306.6	6.34	0.063	0.515	2.2	0.137
	kämbud	109.6	2.27	0.023	0.184	6.8	0.154
	kukersiit	178.8	3.70	0.037	0.301	16.0	0.590
	kokku	595	12.30	0.123	1.000	7.2	0.881
25-50	kukersiit	873.6	18.06	0.181	1.000	8.0	1.452
0-25	kukersiit	1796.1	37.13	0.371	1.000	10.4	3.851
Kaevis	kokku	4836.8	100	1.000		8.28	8.277

Selle talitusproovi alusel oli koostatud kütvuse jaotuse vasakpoolne diagramm Pilt 3.34.

Kaasaega sobiv arvutamine on tõhusam, kui kaevisse massi ja energia jaotus kaevises on kirjeldatud mitte tabelina vaid sujuvalt, funktsioonidega. Selleks tuleb kaevisse tükisuse ja energia jaotused formaliseerida, kirjeldada kaevisse mass ja kütvus sõltuvana tükide suurusest. Andmed on valemite ja graafikutena esitatud järgmisel pildil (Pilt 3.37)



Pilt 3.37 Massi ja kütvuse jaotumine Estonia kaevanduse kaevise talitusproovis

Raimatud kaevise massi jaotust kirjeldab võrrand 198

$$y = A x^n = 0,18 x^{0,3}$$

kus:

y — osa kaevisest, mis läbib ava läbimõõduga x mm,

A — kaevise jämedust iseloomustav tegur, (= tolmusus), mis näitab, kui suur osa materjalist on peenem kui 1 mm — see osa kaevisest, millest tekib hiib,

n — tükisuse ühtlust iseloomustav tegur (= sõredus).

¹⁹⁸ Vastav meetodika: Reinsalu, E., 2013. Eesti mäendus II, 1.4.2 Purdmaterjali tavalised jaotused.

Rikastusvabrikusse saabuv kaevis on pärast raimamist märgunud ja täiendavalt purunenud, seepärast tuleb jaotusvõrrandit täiendada:

$$y = \eta \times (A x^n + (+\delta)) = 0,8 \times 0,18 x^{0,3} + 0,05$$

lisandusid:

η – sõelumise kasutegur, sõltub kaevisel niiskusesest, siin võetud $0,8 = 80\%$,

$+\delta$ – veol ja kukkumisel lisandunud peenes, mis sõltub veotee pikkusest, ülelaadimiskohtade arvust ning kukkumiste kõrgusest, on siin võetud $0,05 = 5\%$ (protsendipunkti).

Kütvuse jaotust kirjeldab võrrand: ¹⁹⁹

$$q = Q_x \exp(-kx) + Q_k$$

kus:

q – kaevis selle osa kütvus, mis läbib ava läbimõõduga x mm, MJ/kg

Q_x – parameeter (valikpurustamise efekt), MJ/kg, mis näitab, kui palju on ülipeene materjali kütvus kõrgem kui kaevisel keskmiselt; sõltub raimamise viisist, olles lõhkeraimamisel suurem kui mehhaanilisel väljamisel,

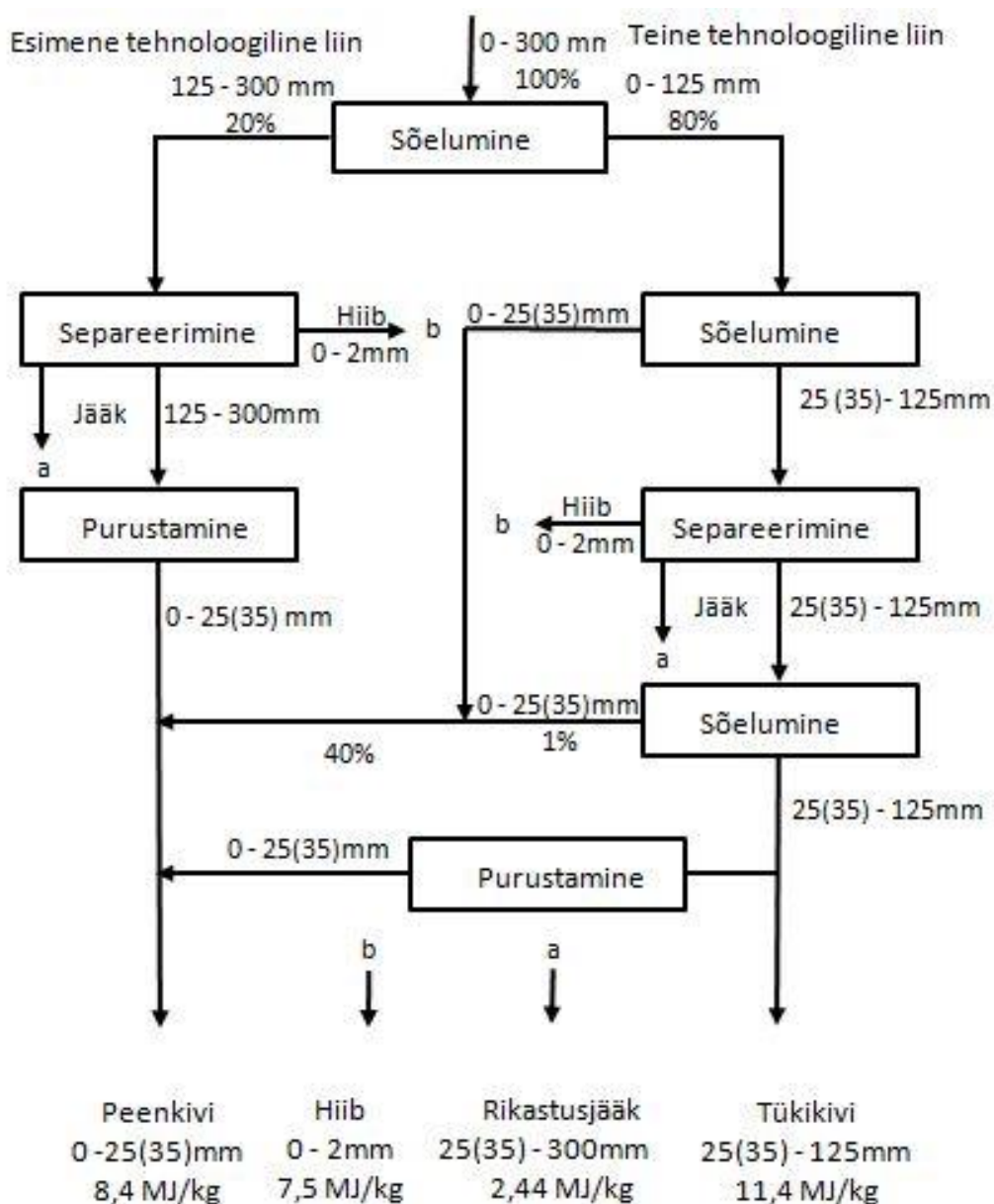
k – jaotusparameeter,

Q_k – kaevisel keskmine kütvus, MJ/kg, vastab väljatud kivimite kooslusele (Tabel 3.32 allreas on see kütvus $6,72$ GJ/t (MJ/kg), mis vastab ühe varuploki väljatavale kõrgusele $2,8$ m; näitena toodud mudelis on sellest erinev Q_k , sest kaevis tuleb kolmest plokist, kus tuleb ette mitmesugust väljatavat paksust).

¹⁹⁹ Valgma, I., Reinsalu, E., Sabanov, S., Karu, V. Quality control of oil shale production in Estonian mines. Oil Shale, Vol. 27, No. 3. 2010. Tallinn, pp 239-249.

Kütvuse võrrand kirjeldab kuiva kaevise energia jaotust. Rikastusbilansis arvutatakse kütvused vastavaks niiskele massile.

Rikastamise väljundiks on kaubakivi ja rikastusjääk. Kaubakivi koosneb kahest klassist: tükikivist 25(35)-125 mm, kütvusega $\approx 11,4$ MJ/kg ja peenkivist 0-25(35) mm, kütvusega $> 8,4$ MJ/kg. Rikastamisprotsessis saadud hiib $< 2 \dots 3$ mm, kütvusega $\approx 7,5$ MJ/kg lisatakse pärast setitamist peenkivile. Kaevise jaotamine vabrikus on skeemina järgmisel pildil.



Pilt 3.38 Estonia kaevanduse rikastusvabriku põhimõtteline skeem

Skeem on näitlik, arvud skeemil on pealiskaudsed.

Sisendiks on skeemil eelsõelumise ja -purustamise läbinud materjal (vt 1. sõelumine, Pilt 3.39). Järgneb sõelumine kahte klassi, mida hakatakse töötleva erinevates liinides: klass 125-300 mm (2. sõelumise produkt jämesepareerimiseks) ja 0-125 mm (teine tehnoloogiline liin) eraldi.

Esimeses liinis töödeldakse raskevedelik-separaatorites klassi 125-300 mm. Enne kaevis pestakse, millest tekib hiib (0-2 mm), kütvusega $\approx 7,5$ MJ/kg. Separaatoris lahutatakse jääk ja separaat. Nende saagised on määratud raske vedeliku tihedusega, mida reguleeritakse vastavalt vajadusele. Jäägi kütvus on harilikult 2 MJ/kg piires. Jämeseparaati võidakse kasutada peenkivi (0-25 mm) kütvuse tõstmiseks (= trimmimiseks).

Teises liinis töödeldakse klassi 0-125 mm. Esmalt sõelutakse see kaheks: peeneseks ehk klassiks 0-25(35) mm ja 25(35)-125 mm (3. sõelumine). Klasside piiri hajusus 25(35) ~ 25...35 mm tähendab, et see parameeter on muutlik. Peenkivi nominaalseks ülemmõõduks on 25 mm, kuid tavaliselt on klassifitseeriva sõela ava suurem, kuni 35...40 mm. Seepärast kasutatakse peenese välja sõelumiseks suuremat ava, et vältida sõelte ummistumist märja savika materjaliga ja sõelumise kasuteguri vähenemist. Peenkivi müügil ei ole ülemine tükisuurus oluline. Samas on müüdavas tükikivis peenese (<25 mm tükide) osalus limiteeritud. Kuna tükikivi peenendub laadimisel ja veol, siis alamõõduliste

tükikivi osa vähendamiseks hoitakse tükikivi alamõõõt suurem, hinnanguliselt 35 mm.

Klass 0-25(35) mm on kaevisest välja sõelutud peenkivi, mis läheb kaubaks. Geoloogilistes oludes, kus Estonia kaevandus töötab, ei vasta klass 0-25(35) mm peenkivi nõuetele, peenese kütvus on $<8,4$ MJ/kg. Seepärast lisatakse peenkivile kvaliteedi parandamises separaati. Trimmimise tulemusel peenkivi kvaliteet paraneb, kuid müüdava tükikivi kogus väheneb.

Klass 25(35)-125 mm läheb edaspidisele töötlusele, kus eraldatakse hiib. (Kesk)separeerimise tulemusena saadakse tükikivi ja jääk, mille saagised sõltuvad raske vedeliku tihedusest.²⁰⁰ Separaat läheb sõelumisele, kus eraldatakse liigne peenkivi. Tükikivi turustatakse. Kui ei õnnestu kogu tükikivi müüa, siis ta purustatakse peenkiviks ja lisatakse varem saadud peenkivile.

Kirjeldatud skeemi alusel on Excel-keskkonnas koostatud rikastamise mudel (Pilt 3.39). Mudeliga on optimeeritud tootmisplaan, mille kohaselt kaevandus müüb kahte liiki põlevkivi. Konkureeriv plaan – müüa ainult ühte liiki kaubapõlevkivi oleks sama mudeliga arvutatav.

Optimeerimine tehakse tavaliselt Exceli protseduuriga Solver. Siinses näites on sihiks maksimaalne toodangu maht. Võimalikud on ka teised sihid.

²⁰⁰ Mõiste 'kesksepareerimine' on siin seetõttu, et projekteerimise staadiumis on mõeldav ka klassi 6...15-25...35 rikastamine. See oleks 'peensepareerimine'. Peensepareerimise arvutusmudel on analoogiline ja seda on kasutatud.

Mudel varieerib teise ja kolmanda sõelumise (sõelte) avadega ning separaatide kütvusega. Muudetavate parameetrite piiranguteks on nende suurimad ja vähimad väärtused ja peenkivi minimaalne kütvus. Optimeerimise parameetrid on ilmutatud mudeli väljundi alumises paremas nurgas (Pilt 3.39). Leitud optimaalne tootmisbilanss vt Tabel 3.34.

Siseneva kaevise tükisparameetrid			Voog, t/h		Arvutus toimub niiske massi kütvuse ja energiaga	
Min	x_{min}	0 mm	Arvut	On		
Maks	x_{max}	400 mm	Toonitud pesades on: Kaevise jaotusparameetrid Sõltuvad raimamisest Valitavad konstandid Valib optimeerija Valemid Mudel, ei muudeta Optimeeritavad parameetrid Valib optimeerija			
Tolmusus	A	0.18				
Sõredus	n	0.3				
Veol lisandunud peenes	$+\delta$	0.05 = 5%				
Sisenev kaevisevoog, t/h						
Massi jaotamine			Energia jaotamine			
Massi jaotuse valem $y = \eta (Ax^n + (+\delta))$			Energia jaotuse valem $q = Q_x \exp(-kx) + Q_k$			
1. Sõelumine						
Ava		300 mm	Kihindi kütvus Q_k 6.53 MJ/kg Valikpurustamise efekt Q_x 2.34 MJ/kg Kütvuse jaotustegur k 0.0159 Kaevise niiskus W 11 %			
Läbib		0.90 = 90% 1813				
Sõelapealne		0.10 = 10% 201				
Kokku (kontroll)		1.00 = 100% 2015				
2. Sõelumine						
Kasutegur	η	0.8	Kommentaarid: Kütvus Energia Läheb: MJ/kg MJ edasisele sõelumisele 6.85 4.47 jämesepareerimisele 5.93 2.06 6.53 6.53			
Ava	x	125 mm				
Läbib	y	0.65 = 65% 1315				
Sõelapealne		0.35 = 35% 699				
Kokku (kontroll)		1.00 = 100% 2015				
3. Sõelumine						
Kasutegur	η	0.8	Kommentaarid: sõltub kaevise niiskusest Kütvus Energia Läheb: MJ/kg MJ kaubaks 7.87 3.61 kesksepareerimisele 4.45 0.87 6.85 4.47			
Ava		35 mm				
Läbib		0.46 = 46% 923				
Sõelapealne		0.19 = 19% 392				
Kokku (kontroll)		0.65 = 65% 1315				
Separeerimine						
1. Jämesepareerimine						
Sisend		125 ... 300 mm	Kommentaarid: Läheb: Kütvus Energia kaubaks $Q_{1 \cdot ko}$ 11.4 1.58 jääk $Q_{1 \cdot o}$ 2.02 0.40 kaubaks $Q_{1 \cdot h}$ 7.5 0.08 arvutuslik tihedus d 1.97			
Jäme separaat	$\delta_{1,ko}$	0.35 = 35% 699				
Jäme jääk	$\delta_{1,o}$	0.14 = 14% 280				
Hüüb	$\delta_{1,h}$	0.20 = 20% 399				
Kokku (kontroll)		0.01 = 1% 20				
Kokku (kontroll)		0.35 = 0.35 699				
2. Kesksepareerimine						
Sisend		35 ... 125 mm	Kommentaarid: Läheb: Kütvus Energia kaubaks $Q_{2 \cdot ko}$ 11.4 0.51 jääk $Q_{2 \cdot o}$ 2.02 0.28 kaubaks $Q_{2 \cdot h}$ 7.5 0.08 arvutuslik tihedus 1.97			
Keskmine separaat	$\delta_{2,ko}$	0.19 = 19% 392				
Keskmine jääk	$\delta_{2,o}$	0.04 = 4% 90				
Hüüb	$\delta_{2,h}$	0.14 = 14% 282				
Kokku (kontroll)		0.01 = 1% 20				
Kokku (kontroll)		0.19 = 0.19 392				
Peenkivi trimmine separaadiga						
Separaati kokku		0.18	Kütvus Energia 11.40 2.09 0.94			
sellest peenkivisse lisaks	δ_+	0.08				
Peenkivi vajalik kütvus	Q_p	8.41				
Toodang kaevisest						
Kokku peenkivi	δ_p	0.54 = 54% 1090	Kütvus Energia Q_p 8.41 4.55 Q_h 7.5 0.15 Q_t 11.4 1.15 Q_{kaup} 8.84 5.85			
Hüüb	δ_h	0.02 = 2% 40				
Kokku tükikivi	δ_t	0.10 = 10% 203				
Kokku kaubakivi	δ_{kaup}	0.66 = 66% 1333				
Kontrollsumma			682	OPTIMEERIMISPLOKK		
Kontrollsumma			2015	Opt	Min	Max
Kauba struktuur						
Peenkivi		0.85 = 85%	Jäme sõel	125	125	150
Tükikivi		0.15 = 15%	Peen sõel	35	25	35
Kokku		1.00 = 100%	Jäme separaat	11.4	11.4	13
			Peenem separaat	11.4	11.4	13
			Peenkivi kütvus	8.41	8.4	8.41
Toodang			Kauba saagis	Tootlus, t/h	Rikastamise kasutegur	Kauba kütvus ja energia
			0.66 = 66%	1333 t/h	90%	8.8 5.85

Pilt 3.39 Rikastamismudeli väljundi näide

Tabel 3.34 Toodangu optimaalne bilanss

Produkt	Osalus kaevises, %	Kütvus, MJ/kg	Materjali voog, t/h
Kaevis sisse, 0-300 mm	100	6,53	2015
Söelumine			
0-125 mm	65	6,85	1315
0-35 mm	44	7,87	923
Rikastamine			
Jämesepareerimine			
Sisend 125-300 mm	35	5,93	699
Jäme separaat 125-300 mm	14	11,4	280
Jäme jääk 125-300 mm	20	2,02	399
Hiib 0-2 mm	1	7,5	20
Kesksepareerimine			
Sisend	19	4,45	392
Keskmine separaat 35-125 mm	4	11,4	90
Keskmine jääk 35-125 mm	14	2,02	282
Hiib 0-2 mm	1	7,5	20
Peenkivi trimmimine			
Lisatakse separaati	8	11,4	166
Toodang, kaevisest:			
Peenkivi	54	8,4	1090
Hiib, lisatakse hiljem peenkivile	2	7,5	40
Tükikivi	10	11,4	203
Rikastusjääk	34	2,44	882
Kokku	100	6,13	2015
Rikastamise kasutegur	90		
	Osalus kaubas, %		
Peenkivi ja hiib	85	8,4	
Tükikivi	15	11,4	

Tabelis esitatud saagiste mõõtemääramatus on +2% (protsendipunkti) ja kütvustel +0,1 MJ/kg. Selle näite koostamise käigus sai samuti uuritud, kuidas 2. sõelumise ava suurendamisel piirini <48 mm kasvab peenese kogus. Kuna sõelaaluse produkti kütvus on madal, siis sel juhul tuleb peenesele lisada kogu rikastamisprodukt, separaat, mis sel juhul ei peagi olema kõrge kütvusega (piisab 10 MJ/kg). Sellise optimeerimisplaani puhul saavutab rikastamise kasutegur väärtuse kuni 95% ja kerogeeni kadu rikastamisjärgis väheneb miinimumini. Tükikivi ei turustata.

Rikastusvabriku projekteerija jaoks on peamine näha kaevise voogusid, nende jaotumist seadmete vahel. Väljundi tabelis (Tabel 3.34) on kaevise vood viimases veerus. Skeemil (Pilt 3.39) on seadmete valimiseks vajalikud osavood (tootlused) veidi suuremas kirja, raamistatud ruutudes. Võrdlemiseks on mudelis toodud vastavas veerus [voog, t/h] on arvud, mis iseloomustavad olemasoleva vabriku seadmete (sõelurite, separaatorite, toiturite) võimalusi.

3.11 Projektide koostamine

Alustasime projekteerimise teemat teesiga, et projekteerimine on looming. Seejärel märgistasime selle inseneritöö loomingulisi radu. Teema lõpetamiseks märgime, et loominguvabadusel on piirangud. See on vältimatu, sest

looming peab mahtuma tellijale ja üldsusele sobivatesse raamidesse

Projekteerimist raamistavad:

- seadused ja normatiivaktid,
- vormistamise nõuded ja tavad,
- keskkonnanõuded.

3.11.1 Maavara varumise projekt

Meie seadusandlikud aktid ei nõua ega nimeta maavara geoloogilise uuringu projekti. Sellest hoolimata ei saa maavara varumisel ignoreerida projekte ja projekteerimise oskust. Esimene asi, mida arendaja mäetööstusettevõtte rajamisel või arendamisel teeb, on see, et koostab

üldgeoloogilise uurimistöö loa või uuringuloa taotluse vormi, järgides üldgeoloogilise uurimistöö ning maavara geoloogilise uuringu korda ja nõudeid ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks.

See lause peegeldab maapõueseaduse ([Eesti maapõueseadus 2017](#)) sellekohase normatiivakti pealkirja. Normatiivakt ise, mille monstrumlik pealkiri üritab kajastada oma täielikku sisu, on

olemuselt maavara geoloogilise töö või uuringu projekteerimise juhend ja vorm.²⁰¹

Maavara geoloogilise uuringu projekteerimist on käsitletud üksikasjalikult õpikus [Eesti mäendus II](#), p 2.4. Maavara uuringu projekteerimine. Vajadusel tuleb sellest juhinduda. Käesolevas õpikus on vaid mõned maavara varumise projekteerimisega seotud näited: [Näide 3.2. Üks kaevandus maardlas](#), kuni [Näide 3.5. Kaevandusvälja koostamine mitmest varuplokist](#).

3.11.2 Kaevanduse projekt

Kaevanduse projekteerimise nõuded olid üksikasjalikult toodud kuni 2017. kehtinud [Eesti kaevandamiseadus](#) 2003...2016 alamaktis [KAEVANDAMISE JA KAEVEÕÕNE TEISESE KASUTAMISE PROJEKTILE ESITATAVAD NÕUDED](#) (vt ka [Kaevandamiseaduse alamaktid](#)). Pärast kaevandamiseaduse annuleerimist on määrava tähtsusega maapõueseaduse alamakt [KAEVANDAMISE OHUTUSNÕUDED](#).

Need ja teised asjakohased normatiivdokumendid järgivad mäenduse tunnustatud kaanoneid. Tugev mõju on kõigi maavarade kaevandamise projekteerimisel olnud põlevkivi, eriti allmaakaevandamise tavadel. Nii mõnigi nõue näib esmapilgul ülepingutatuna, eriti, kui esmapilgu heidab vähese mäendusliku kogemuse isik.

Kuid tavadest on soovita kinni pidada — parem karta kui kahetseda.

²⁰¹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/119122018028>

Projekti koostaja peab olema tõestatud kutseoskusega spetsialist

([MAAPÕUESEADUS](#), § 74).

Projekt on maavara kaevandava või allmaa kaeveõõnt kasutatava ettevõtja kohustuslik dokument ([MAAPÕUESEADUS](#), § 75).

3.11.3 Kaevandamise peatamise või lõpetamise, sulgemise ning kaevandatud ala korrastamise projekteerimine

Peatamine ja/või sulgemine?

Tavaline küsimus on, mis vahe on peatamisel ja sulgemisel? Nii see kui teine olid **2003...2016** kehtinud kaevandamise seaduse kohaselt projektipõhised tegevused. Kuid mitmel põhjusel peatamise projekteerimise kogemus Eesti mäenduse praktikas puudub (vt [Keskkonnahoole kaevandamise lõpetamisel](#)). Sesoone tööga mäettevõttes on tavaline, et maavara mõnda aega ei väljata. Suuresti põlevkivipõhise kaevandamise seaduse kohaselt oli mäetöö pikem paus reglementeeritud kui [kaevandamise peatamine](#), mis võis olla kas ajutine või pikaajaline. Kuna oli kogemus, et peatamine võib kaasa tuua kaevandamise lõpu, kehtestati nõue, et pikaajaliseks peatamiseks tuleb koostada projekt. Nii ajutisest kui pikaajalisest peatamisest tuli teavitada Tehnilise Järelevalve Inspektsiooni ja teisi asjast huvitatuid. Kuid kuna reglement väljus riiklikele organite empiiria piirest ja rutiinsete ehitusmaavarade kasutamisel ei ole kaevandamise peatamise range reguleerimine õigustatud, on alates 2017. peatamise kestuse sätestamisest loobutud. Seda enam, et mäetöö

seiskamist seadmete remondiks või objekti tehniliseks korrastamiseks ei loeta peatamiseks.

Siiski nõuab suure ja laialdase mõjuga mäeettevõtte mäetöö kestvam peatamine erilähenedamist, sisuliselt projekti koostamist ja rakendamist. Kui pikk on projekti nõudva peatamise kestus või milline peatamine nõuab mäetööde keskkonnamõju ohjamist reglementeerivat projekti, on juriidiliselt sätestamata.

Kas projektipõhine peatamine või sulgemine – selle küsimuse püstitamine, lahendamine ja õigustamine eeldab diplomeeritud mäeinseneri kompetentsi nii kaevandavas ettevõttes kui ka riiklikes organites

Sulgemine ja korrastamine

Mäendus on üks vähestest insenerialadest, kus objekt tuleb likvideerida projekti kohaselt (Pilt 3.40). Analoogiat võib leida kosmosetehnikast ja sõjandusest, kus juba projekti on kätketud objekti likvideerimine tema eluea lõppedes, kas siis saladuse hoidmiseks või ohutustamiseks. Kaevanduse sulgemise (= likvideerimise, termin, mida kasutas eelmise majanduskorra juhend) peamine eesmärk on keskkonna, inimeste ja vara ohutuse tagamine.

Ehituses, laevanduses ja mujalgi on elutsükli ammendanud objekti lammutamine rutiinne tegevus. Hoonete ja rajatiste lammutamisel on saanud tavaks kõlblike jäätmete kasutamine sekundaarse ehitusmaterjalina. Kaevanduse sulgemise oluline osa on kaevandamiskõlbliku jäätvaru kasutamisevõimaluse tagamine.



Pilt 3.40 Ülgase projekti kohaselt suletud stoll
7.09.2009. 59°29'18,7"; 25°05'11" Stolli sulgeva
võre silm sai projekteeritud nahkhiirte
tiivasirutuse järgi. Võre varastati pärast
paigaldamist.

Kaevandamise lõpetamine, kaevanduse
sulgemine ja kaevandamisega muudetud maa
ning maapõue korrastamine toimub projekti
alusel. Kaevandamiseseaduse kehtimise ajal oli
projekteerimise aluseks nüüdseks kehtivuse
kaotanud [KAEVANDAMISE PEATAMISE JA
LÕPETAMISE KORD](#). (vt [Kaevandamiseseaduse
alamaktid](#)), normatiivdokument, millest
kompetentne projekteerija leiab palju kasulikku.

Korrastamist ja seda nõudvaid protsesse on
piisavalt käsitletud käesoleva õpiku 2. osas,
punktis [Keskkonnanahhoole maavarade
kaevandamisel](#). Korrastamine projekteerimise
nõuded on sätestatud kehtivas [KORRASTAMISE
JUHENDIS](#). (vt ka [Korrastamise tingimused ja
nõuded](#)).

Mistahes maavara kaevandamisega muudetud
maa ja maapõue korrastamise projekteerimisel

on asendamatuks abiliseks [EHITUSMAAVARADE UURINGU- JA KAEVANDAMISALADE KORRASTAMISE KÄSIRAAMAT](#).²⁰²

Kaevandamata jäänud maavara arvestus ja põhjendus

Kaevandamata jäänud varu tagastamine ja/või kustutamine jääb tavaliselt kaevanduse sulgemise projekteerija hooleks. Kunagi võeti kaevandamiseks varu ja tekitati mäeeraldis. Kaevandamise ajal selgus, et osa varust ei olnud kaevandatav, osa osutus olematuks, osale pandi kaevanduse tegutsemise ajal kaevandamiskeeld. On juhtunud ka, et osa unustati. 20...25 aastat tagasi on kaevanduse sulgemisel ette tulnud, et kunagi saadud varust on pool jäänud väljamata.

Mäenduse hea tava ja kaevandamise sulgemise kord nõuab, et alles jäänud kaevandamisväärne varu tuleb registrisse tagasi kanda, kasvõi naaber-mäeeraldistega liitmise teel. Seepärast peavad kaevandamise sulgemise kõik osapooled: tööstur, projekteerija, mäetehniline järelevalve ja keskkonnateenistus hoolega kaaluma, kas mäeeraldise jäätvaru oli üldse kaevandatav, kas ta on seda veel praegu ja kas jääb kaevandatavaks ka lähitulevikus.

Eelmise riigikorra ajal kehtinud mäeõiguslikes aktides oli nõue, et esildis kaevandamisväärse minetanud varu maha kandmiseks ja kaevandamisväärse varu registrisse

²⁰² Rammul, Ü., Niitlaan, E., Reinsalu, E. ja Keerberg, L. (koostajad) 2017. Ehitusmaavarade uuringu- ja kaevandamisalade korrastamise käsiraamat. OÜ Inseneribüroo STEIGER.

tagastamiseks tehakse kategooriate (aktiivne, passiivne, tarbe-, reservvaru) kaup.²⁰³

Väljatud kaevis- ja kaevandamisjääkide ladustamine ning ladestiste, rajatiste ja teenindusmaa korrastamise eriküsimused

Tehnoplatsi ja mäeeraldise teenindusmaa korrastamisel on juhtunud, et kaevandamisega rikutud maa korrastamisega hoogu sattudes maeti korrastuskihi alla ka töötlemis- ja müügikõlblik mineraaltoodang, potentsiaalne kaup.

Projektis ei tohi unustada mistahes kaevandusehitisi, mis pole ainult hooned ja ehitised vaid ka karjääride veokaevikud ja nendes paiknevad teed, kõik kaevandamise tarbeks rajatud kraavid, settetiigid jne.

Allmaakaevandamisel eriti:

- tuleb teha allmaatühemike püsivuse ja maa edasise liikumise prognoos ning sellekohane tühemike täitmise, sulgemise või kasutamise projekt, tüüpprojekt või pass;
- koostata peatamis- ja lõpetamistöõde ohutusnõuded, milles kajastatakse mitte ainult kaeveõõsi likvideerivate mäetöölaliste vaid ka allettevõtjate ja kaevanduse piirkonna elanike erilaadsed ohutegurid;
- teostada allmaakaevandamisega rikutud maa korrastamine ja koostada tüüpprojekt pärast kaevanduse sulgemist ilmnevate maakahjustuste likvideerimiseks.

²⁰³ Oleks loomulik, kui oleks välja antud vastav keskkonnaministri määrusega kehtestatud kord, kuid seda pole, vaatamata korduvale küsimuse tõstatamisele

3.11.4 Projektide vormistamise nõuded ja tavad

Mistahes projekt on dokumentide kogum. Juhised projekti vormistamiseks on siia kogutud eelviidatud normatiivdokumentidest. Minu varasemas õpikus ([Eesti mäendus II](#), p 2.5.4. Projekti koostamine) on üksikasjalik selgitus, mida ja milleks teha, et tellija ja üldsus projektist paremini aru saaksid. Sealne selgitus on toodud "geoloogilises soustis", otsesuunitlusega maavara uuringu tegijatele, kuid kogedes inseneride baaskoolituse nõrgenemist, pole asjatu põhiseisukohti korrata ka mäeinseneridele.

1. Projekti iga dokument, leht, joonis ja lisad peavad olema identifitseeritavad. Neil peab olema näha:

- a) objekt (kaevandus, karjäär, mäeeraldis, uuringuruum);
- b) subjekt (ettevõtja, kaevandamis- või uuringuloa omaja);
- c) koostaja (büroo, peainsener, projekti juht jt vastutavad isikud) ning nende kehtivate tunnistuste (litsentside) numbrid;
- d) koostamise aeg.

Projekti kõik osad ja joonised peavad kandma kirjet:

millise maardla, kaevanduse või karjääri jaoks see kehtib,
kellel on selle objekti uuringu või maavara kaevandamise luba ning kes ja millal tegi projekti.

Graafilistel lisadel — mõõtkavas koostatud kaartidel, plaanidel, lõigetel ja joonistel

paigutatakse need andmed kirjanurka, mis on projekteerimisbüroo "visiitkaart".

2. Projekt koosneb seletuskirjast ja lisadest. Lisad jaotuvad kaheks — graafilised lisad ehk joonised ning tekstilised ehk dokumendid.

a) Projekti seletuskirjas seletatakse piisava üksikasjalikkusega lahti kõik käsitletavad tegevused.

b) Projekti graafilise osa moodustavad mõõtkavas kaardid, plaanid ja joonised:

- i. uuringuala, kaevandusvälja või mäeeraldise asukoha kaart ja plaanid objekti ning selle elementide (osade, rajatiste, puuraukude jne) paigutusega; samuti naaberobjektide (kaevandused, karjäärid ja nende rajatised, naaberalala uuringuruum jne) kontuurid ning iseloomulikud asjad;
- ii. maapõue iseloomustav geoloogiline materjal — lõiked, mudelid jne;
- iii. objekti ligipääsuteed, kommunikatsioonirajatised;
- iv. uuringuruumis ja kaevanduses toimuva keskkonnamõju ala, nii tegevuse ajal kui ka pärast;
- v. kõigi väljuvate maapõueavade: puuraukude, kaevandite, kaevikute, **stollide, kaevude, šahtide, kaevude, galeriide, varingaukude** jne sulgemise dokumendid (passid, tüüpprojektid, projektid) ja
- vi. muud vajalikud.

Mistahes graafiline materjal ei ole joonis – joonis on mõõtkavas dokument mille tunnus on kirjanurk

Hea tava kohaselt märgitakse graafilisele materjalile joonestustarkvara kasutamiseõiguse tunnused (litsentsi nr ja kehtivus).

Fotod, joonistused (visandid, skitsid, abrissid), graafikud, skeemid, diagrammid jne, mis ei ole mõõtkavas, on pildid, illustratsioonid ²⁰⁴. Pildid, mida ei ole otstarbekas paigutada teksti, võivad olla graafiliste lisade seas eraldi.

3. Projekti tekstilisad on:

- a) Lähteülesanne;
- b) kõik projekteerimiseks vajalikud load, (korrastamis)nõuded, kirjad jne – kõik, mida asjaosalised peavad vajalikuks eesmärgi saavutamiseks ja
- c) muud vajalikud, näiteks kooskõlastusdokumendid, arvamused jne.

3.11.5 Tolerantsid projektides ja mäenduse praktikas

Tolerants on parameetri lubatud hälve. Kõige lihtsam ja arusaadavam on tolerantsi selgitada mõõtemääramatuse kaudu –

ükski mõõde ei saa olla täpsem, kui täpselt saab seda mõõta. ²⁰⁵

Masinaehituses on tolerantsid igapäevased asjad, mäenduses suhtutakse neisse vaikimisi.

²⁰⁴ See on ka põhjus, miks ma illustratsiooni ei nimetata joonisteks vaid pildiks.

²⁰⁵ Meelespidamiseks – lubatav hälve on kui mõõte vari. Ei saa hüpata üle oma varju.

Täppisteaduses, eelkõige füüsikas, on tavaks tolerantsi väljendada mõõtarvu kaudu nii, et lubatud hälve on \pm pool mõõtearvu viimasest kehtivast kohast.²⁰⁶

Näide 3.8 Tolerantsid

- Kui projektis on märgitud kaugus 263 m, siis see tähendab, et mõõtme lubatav hälve on $\pm 0,5$ m, sest mõõtarvu viimane kehtiv koht on 1 m. Teisisõnu — see mõõt arv on usaldatav vahemikus 262,5...263,5 m. Kui suure tõenäosusega, on leppe küsimus. Vaikimisi on see 95%.
- Kui 263 m kirjutada 0,263 km, siis see ei vähenda täpsust. Kirjutusviis tähendab selle mõõtme lubatavat hälvet $\pm 0,0005$ km, sest viimane kehtiv koht on 0,001 km. Ei muuda täpsust, kui kirjutada 0,260 või 0,265 km, st ümardada viimane koht "mugavaks" numbriks, lubatud hälve jääb ikka piiridesse $\pm 0,5$ m.²⁰⁷
- Mõõtemääramatus suureneb kümme korda, kui kirjutada sama mõõt 0,26 km. Siis on lubatud hälve ± 5 m, st mõõde kehib vahemikus 0,255...0,265 km.
- Looduskeskkonna määramatus ehk parameetrite muutlikkus on suur. Muutlikkus, nii süstemaatiline (= trend) kui ka juhuslik

²⁰⁶ Sellest tavast lähtuvalt on naeruväärt kirjutada käikude ning toetus- ja lõhketööde passides mõõtmeid millimeetrites.

²⁰⁷ Mugavad arvud on 0 \approx olematu, 2 \approx topelt, 5 \approx ühe käe sõrmede arv, 10 \approx kahe käe sõrmede arv, 20 \approx sõrmed + varbad. Mugavaid, tegelikult põhjendamata arve kohtab pahatihti: mainitud 0-tolerants, astangu kõrgus 2 m ja 5 m (oli kaevandamisseaduses), 10 aastat (oli maapõueseaduses), 20 mln t kehtestati põlevkivi kaevandamise (tegelikult väljamise) aastamääraks jt.. Mugavate arvude kasutamine iseloomustab nende sätestajate ja kasutajate kompetentsust.

(= variatsioon), on mäendustingimuste omaette kategooria (vt [Mäemajandus](#), 1.1.5. Mäendustingimused, tabel 1.10). Suure määramatusega keskkonda mõõdistades tuleb taluda suurt mõõtemääramatust – mõõdete hälbimine on lubatav, tolerantsitus on võimatu.

'Null-tolerants' on populistlik vormel lubamatu tegevuse täielikust keelamisest ja sellele kaasnevast paratamatust karistamisest. Keskkonnajärelevalve on deklareerinud null-tolerantsi ülekaevandamisele, mäeeraldise piiridest väljumisele, maavara väljamisele allpool põhjavee taset jne.

Robustse lõhkamise käigus kujunenud karjääri perve, nõlva ja põhja piirjoonte mõõtemääramatus on suur, +10 m (Põhjäjärv 3.08.2004; 59o27'32,3"; 25o03'38,9").

Pilt 2.28 Maardu karjäärijärved:...Pilt 2.30 Puhkealaks korrastatud Lasnamäe paemurd Tallinnas). Isegi heaperemehelikult kujundatud karjääri elementide mõõtemääramatus ei saa olla väiksem kui +1...2 m (Pilt 3.13, Pilt 3.15, Pilt 3.41).



Pilt 3.41 Kivimurru nurk

13.05.2011. 58°53'27,4"; 23°28'8,3"

Vasakul on soonuriga lõigatud sein, mille tasandi mõõtemääramatus horisontaalsuunas on $\pm 0,1$ m. Keskel ja paremal on tavaline olukord, kus nii nõlva ülemise serva (perve ja nõlva piiri) kui ka alumise, karjääri põhja kontuuri mõõtemääramatus on kindlasti $> \pm 1$ m.

Väljatud maavara mahtu arvutatakse selliste mõõtmete alusel. Kui lõhutud kivimi kontuur väljub varuploki piirest, loetakse seda ülekaevandamiseks ka siis, kui see tekkis nõlva varingust. Formaaljuriidiliselt võib nii väita, sest varisenud kivim on "looduslikust olekust eemaldatud" (vt [maapõueseadus](#), § 2, 6)). Kuid kui see kivim ei ole võõrandatud, ei ole ta kaevandatud.

Enamasti varisevad kaljuste kivimite karjääride nõlvad ja perved piki tektoonilisi lõhesid, mis lõikuvad varuploki piiridega. Kui selline varing ületab mäeeraldise piiri, on see mäetehniline

paratamatus, mille esinemine tuleb projektis reglementeerida kui karjääri mõõtmete lubatavad hälbed. See tuleb selgeks teha ka kontrollorganitele.

Skolastikat tekitab ka lubatav kaevandamissügavus, eriti karjäärides, kus alampiiriks on seatud põhjavee tase. Väljamist allpool ette antud tasandit loetakse ülekaevandamiseks, põhjavee rikkumiseks jne. Probleemi tekitab piirangute seadja ebamäärased lähtekohad, millest peamised on:

1. Põhjavee tase ei ole püsiv suurus.²⁰⁸ Tavaliselt võetakse aluseks geoloogilise uuringu hetkel määratud põhjavee tase, mõtlemata, kui suur on selle mõõtemääramatus — kui suures ulatuses tase kõigub sõltuvalt sademetest, maaparandustööst, kaevandamisest jne.
2. Deklareerides tasandi, milleni võib ulatuda karjääri põhi, jäetakse tähelepanuta, et mäeeraldis, mille moodustab lasund (kiht, keha) on määratud oma geoloogilise põhjaga, lamami pinnaga, mitte põhjavee muutliku tasandiga.
3. Kaevandamisloa andjad sageli ei tavaliselt tea, et pudedate ehitusmaavarade ja turba kaevandite põhja kõrgus muutub külmudes ja sulades, kuivades ja vettides, liikurmasinatega sõitmisel ja materjali puistamisel, teisisõnu — geomehhaaniliste mõjurite toimel.

²⁰⁸ Ei teata, et põhjavee tase st veekihi ülemine pind ei ole tasapinnaline vaid kumer, kaldu alanemise suunas..

Seepärast on oluline projektidesse sisse viia tolerantsid, mõõtemääramatused, et nendega arvestada mõõdistamisel.

Näide 3.9. Soovitavad tolerantsid mäeprojektides

Mäeprojektide joonistel tuleb deklareerida mõõdete mõõtemääramatus, tolerantsid, kas kõigil või üksikutel, kas igaühel eraldi või grupiti. Võiks lisada joonise iga lehe kirjanurga juurde märkuse (näiteks):

a) <selles joonisel on mõõtemääramatus>:

varuplokkide ja mäeeraldise horisontaalmõõtmetel	± 5 m
varuplokkide ja mäeeraldise vertikaalmõõtmetel	± 1 m
karjääri nõlva ülemisel kontuuril	± 10 m
mõningatel mõõdetel	$\pm 0,1$ m
põhjavee tasemel	-1 +2 m
karjääri nõlvadel	$\pm 5^\circ$

jne

Näidet aluseks võttes tuleb teada, et eri kivimite (kaljuste, halgaste, sitkete) ja puistete (peene- ja jämedateraliste) mõõtarvude määramatuse rajad erinevad.

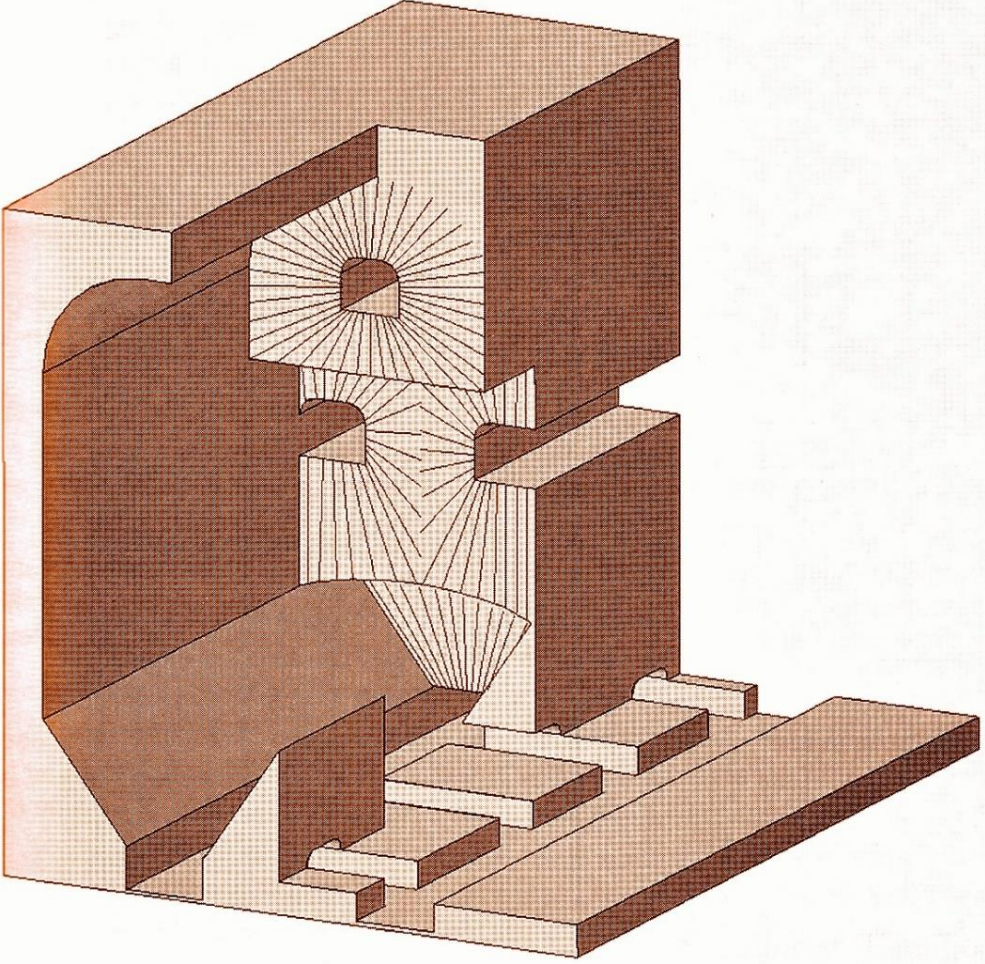
3.12 Kolmanda osa lisad

3.12.1 Allmaakaevandamisviiside ja -mooduste skeemid

Tabel 3.35 Illustratsioonid Tabel 3.14 juurde. Kavandamise ja väljamise viisid kihtmaardlates

Kaevandamisviis	Väljamisviis	Skeem
Umbkaevandamine	Kamberväljamine <i>Stoping</i> <i>Камерная выемка</i>	Pilt 3.17
<i>Stope and pillar method</i>	"Käsikambrid" <i>Drift and fill stoping, longwall with handfilling</i> <i>Ручные камеры</i>	Pilt 3.18 Umbkaevandamine endisaegse Kukruse põlevkivikaevanduse lõunaosas, praeguse terrikoni all.
<i>Сплошная система разработки</i>	Kamberväljamine <i>Сплошная выемка</i>	Pilt 3.20 Viktor Unduski umbkaevandamise skeem põlevkivikaevandusse
Kamberlankkaevandamine	Kamberlaava <i>Longwall rooms</i> <i>"Камера-лава"</i>	Vt Pilt 3.21 Kamberlaava Oudova põlevkivimaardlas
<i>Longwall rooms and pillars method</i> <i>Комбинированная система разработки</i>	Sammas-tervikutega kamber-väljamine <i>Room-and-pillar</i> <i>Камерная система выемки со столбча-тыми целиками</i>	Vt Pilt 3.22 Kamberväljamine lankideks jaotatud kaevandusväljal
Lankkaevandamine <i>Longwall method</i> <i>Столбовая система разработки</i>		Laava, pikk-esi <i>Longwall</i> <i>Лавы</i>

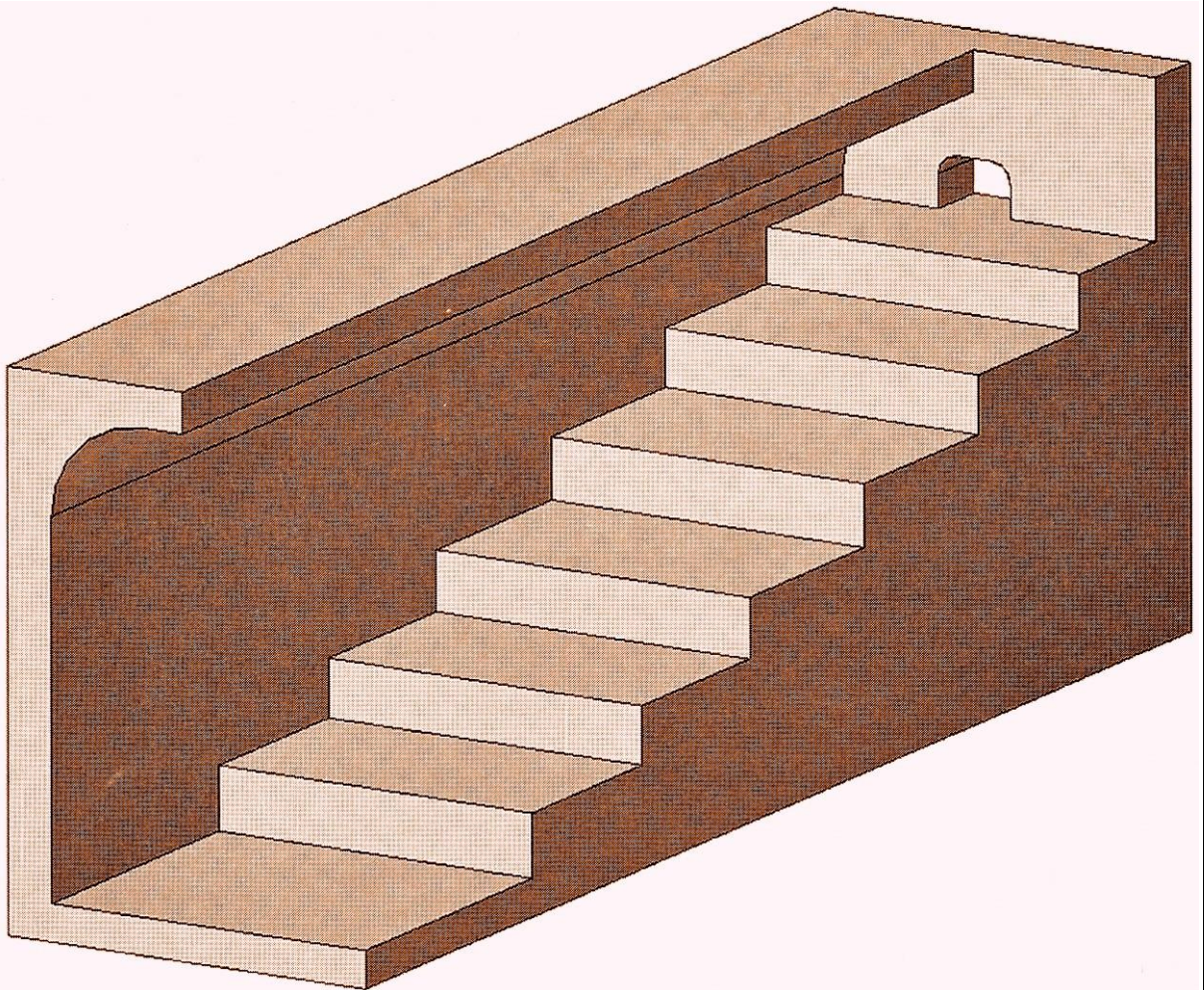
Tabel 3.36 Illustratsioonid Tabel 3.14 juurde. Kaevandamise ja väljamise viisid keha- ja soonmaardlates lae hoidmisega

Keha- ja soonmaardlad ²⁰⁹	
Kaevandamisviis	Väljamisviis
	
<p>Lae hoidmisega</p> <p><i>Selective methods</i></p> <p>Системы поддержанием (кровли, массива)</p>	<p>Kamberväljamine kehamaardlas: Korrusvaristamine suurkambrites (= löövides), lööv-väljamine ²¹⁰ <i>Stoping, stope-and-pillar</i> Камерная выемка</p>

²⁰⁹ Maakide kaevandamise skeemid ja ingliskeelsed terminid: Kaivossanasto, 1967, Vuorimiesyhtistys, Hanko, 155 s.

²¹⁰ Graniidikaevanduse joonised inseneribüroost Steiger, artiklist: Raukas, A., Niitlaan, E., Adamson, A., Siitam, P., 2009. Maardu graniidikaevandus on keerukas mäetehniline ettevõtte. EMS kogumik Mäenduse maine, lk 76...79.

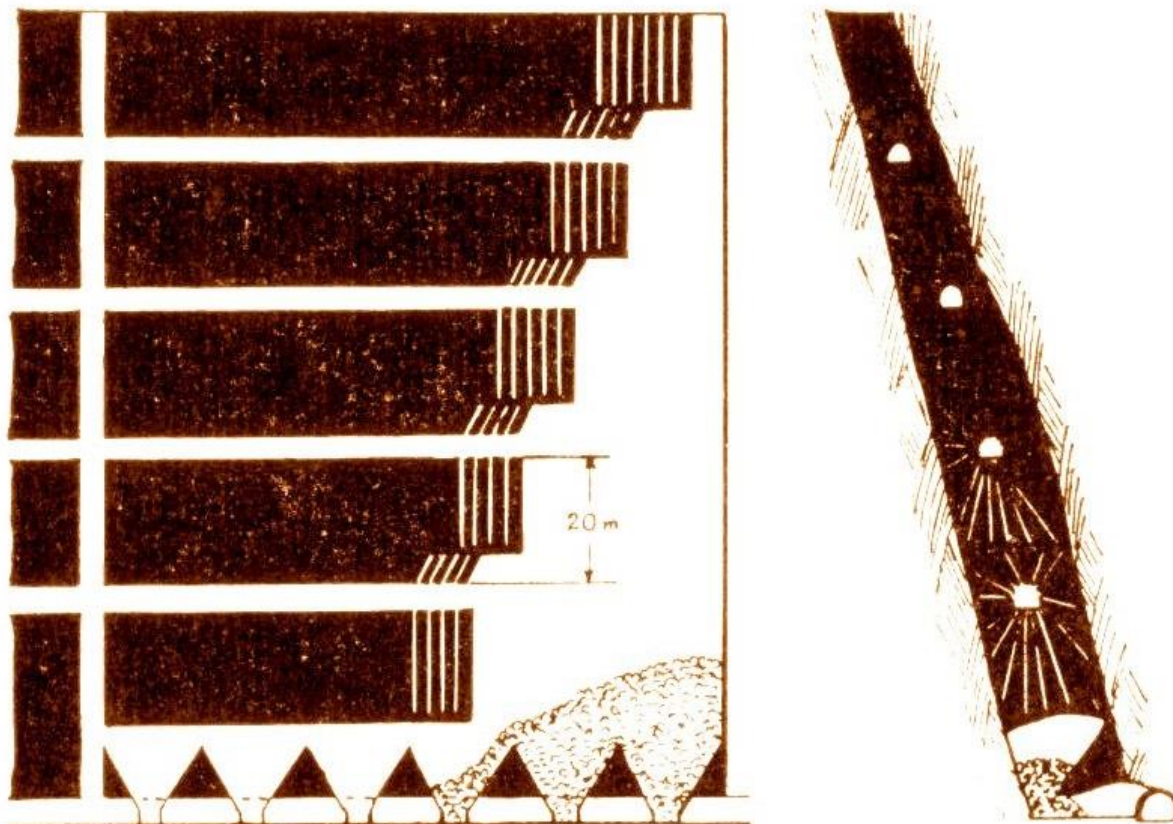
Kamberväljamine kehamaardlas:



Lae hoidmisega
Selective methods
Системы с
поддержанием (кровли,
массива)

Astangväljamine löövis,
põrandaastangutega
väljamine
Benching in stope
Камерная выемка
уступами

-Kamberväljamine soonmaardlas



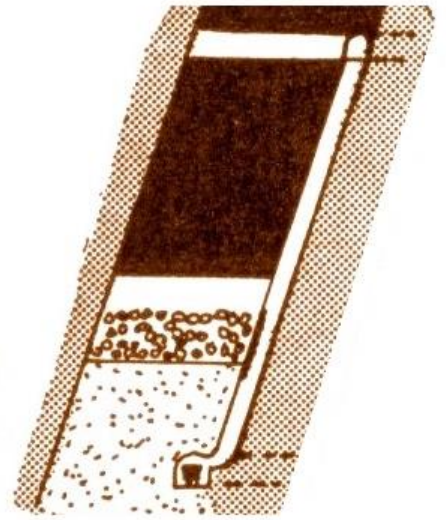
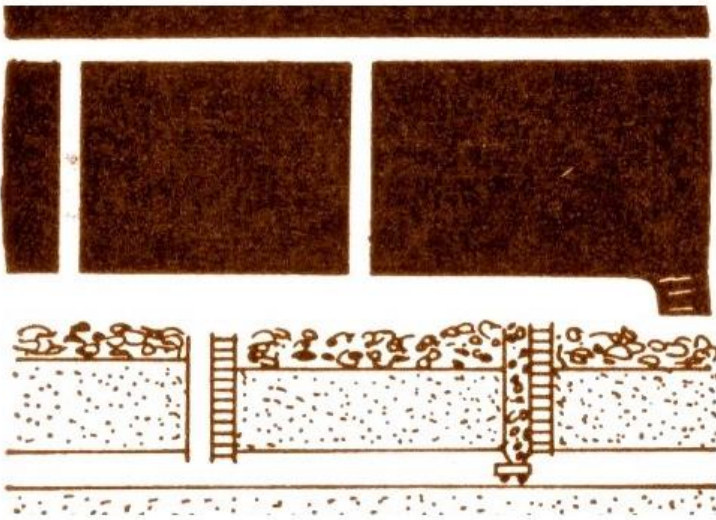
Lae hoidmisega
Selective methods

Системы с
поддержанием (кровли,
массива)

(Ala)korrusväljamine, -vari
stamine, -järkamine
- laeastangud

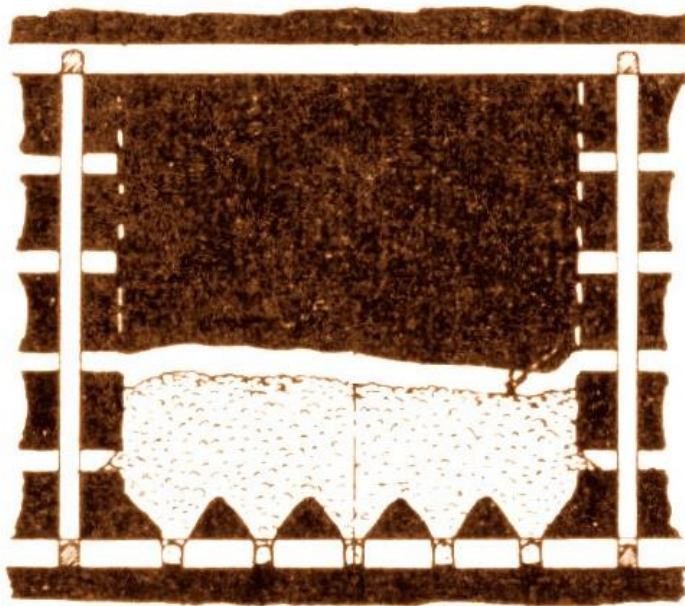
*Sublevel
stopping, -caving, -ben-
ching,
overhand stopping*

Подэтажная выемка
самообрушением



Lae hoidmisega
Selective methods
 Системы с
 поддержанием (кровли,
 массива)

Täitväljamine
*Cut and fill stoping,
 drift and fill*
 Выемка с закладкой



Lae hoidmisega
Selective methods
 Системы с
 поддержанием (кровли,
 массива)

Magasinväljamine
Shrinkage stoping
 Выемка с
 магазинированием

Tabel 3.37 Illustratsioonid Tabel 3.14 juurde. Kaevandamise ja väljamise viisid keha- ja soonmaardlates lae varistamisega

Kaevandamisviis	Väljamisviis
	
<p>Lae varistamisega <i>Bulk (caving) method</i> Сплошные системы с обрушением</p>	<p>Plokk-varistamine <i>Block caving, undercut caving</i> Обрушение по блокам, блоковая выемка самообрушением</p>
	
<p>Lae varistamisega <i>Bulk (caving) method</i> Сплошные системы с обрушением</p>	<p>Korrusvaristamine <i>Top slicing</i> (Под)этажное обрушение</p>

3.12.2 Eesti suuremad kaevandusprojektid

Kuremäe põlevkivikaevanduse projekt 1979...89

Kuremäe kaevanduse ehitamine oli aktuaalne eelmise sajandi viimasel veerandil tagasi (Kuremäe mäeeraldis vt Pilt 3.11). 1979. märtsis sai Moskva mäendusinstituudi Eesti Filiaal ülesande anda kavanduse tehnilis-majandusliku hinnangu lähteandmed, kaasaegses mõistes eelprojekt tasuvusuuringuks. Töögrupi (teema) juht ja edasiste projekteerimistööde vahendaja oli käesoleva õpiku autor. Peamised probleemid olid:

1. Väljamise tehnoloogia. Eesti Põlevkivi tahtis kaevandusse proovitud ja töökindlat sammastervikutega kamberväljamist. Põlevkivi kadu kutsus vastuseisu Tallinna asutustes, kus tunti muret põlevkivi ressursi piisavuse üle. Leningradi projektinstituut **Giprošaht pakkus Oudova põlevkivimaardlas** kasutuses olnud kamber-laavasid. Need vajasid paksu monoliitset lage (vt Kamber-lankkaevandamine), mida Kuremäe mäeeraldise idaosas ei ole (vt Näide 3.1 Oudova põlevkivimaardla tehnoloogiline rajoneerimine). Pealegi oleks kamberlaavades tulnud loobuda A-kihi väljamisest, mistõttu maavara tegelik kadu veelgi suurenenud. Siis üritas projektinstituut A-kihi varust maha arvata — pole varu, pole kadu. Vaatamata sellele, et Eesti põlevkivimaardlas oldi katsetanud mitmeid mehhaanilise väljamise ja lae langetamise tehnoloogiaid, ei võetud neid projekti sisse seadmete kõrge maksumuse

tõttu. Nii soostutigi 19.12.1984. kamberlaavadega, sest Eesti Põlevkivil oli vaja kiiresti investering kätte saada. Edasist pidi näitama aeg. Ja näitaski...

2. Rikastamise "sügavus". Põlevkivi tarbijad — elektri jaamad ja toona projekteerimisjärgus olnud tahke soojuskandjaga utmisseadmed ei soovinud kütuse ja toorme kvaliteedi alanemist — nõuti kõrgemat, kui perifeerse kaevandusvälja varu oleks taganud. Seepärast üritasid projekteerijad sügavamalt rikastada, separeerida jämedamat kaevist alates tükisuurusest 6...15 mm. See oleks peensepareerimine (vt Näide 3.12. Estonia põlevkivikaevanduse rikastamisskeemi optimeerimine) kõige sellest tulenevaga — kallid, keerukad, suure koguse hiivaga, mis oleks nõudnud press-filtrite ja tihkestite kasutamist.
3. Veeärastus. Kui kavandati kaevandusvesi lasta Vasavere jõkke, hoiatati projekteerijaid ohust Jõhvi ja Kohtla-Järve linnade veehaardele Vasavere mattunud ürgorus. Ka Peipsi järve ei saanud vett saata, see oli veepuuduses vaevleva Tallinna tööstuspiirkonna võimalik veereservuaar. Seepärast lubati Kuremäe kaevanduse vesi pumbata survetoru kaudu Soome lahte.
4. Keskkonnahoid. Kuremäe kaevandus kavandati Puhatu rabamassiivi alla. Esialgulooduskaitsejate jutt ohust soodele ei ületanud üldsuse ega valitsusametnike tähelepanu lävi. Kui protest kasvas, loodi, laiendati ja kinnistati Agusalu, Permisküla ja Muraka sookaitsealad, kompensatsiooniks Puhatus tekkivale kahjule.

Nii piirati maardla aktiivne varu potentsiaalsele varule tekitatud kaitsealadega.

1987. otsustasid Eesti ametkonnad Kuremäe kaevanduse, kui tehnilisi ning sotsiaalseid probleeme tekitava ettevõtmise vastu kasutada sama taktikat, mis Toolse fosforiidimaardla puhul — pakuti välja uus ja parem põlevkivi kaevandamise koht — Uus-Kiviõli kaevandus. Olulisi muutusi see samm ei toonud, sest varsti oli NSVL pankrotis ja kaevanduste projekteerimine peatati. Kuremäe projekt suleti ametlikult 1989. augustis ENSV valitsuse tasemel.

Ainukene, mis Kuremäe kaevanduse ehitamiseks ära tehti, oli palgimetsa langetamine tootmisplatsil. Seda võimalust ei saanud riiklik metsamajand mööda lasta. Mõningane positiivne fakt oli ka täiendav, väga üksikasjalik geoloogiline uuring kaevanduse avamiskohas. Tehti kindlaks, et kavandatava kaevandushoovi piirkonnas ei ole ootamatusi tekitavaid geoloogilisi rikkeid.

Tänaste teadmiste tasemel võib kinnitada, et Kuremäe kaevandus polnuks halb kaevandus, sest:

- Mäeeraldis on sügavamal kui teistel kaevandustel, kaeveõõned ei võtaks ülevalt palju vett sisse. Pealegi — suur osa mäeeraldisest on üsna vettpidavate Oandu ja Devoni lademetete all. Välja idaosa on täielikult Puhatu soode ja rabade all — sealt vett maa alla ei tule ja soo ei kuiva. Vastupidi, kui väljatakse lae langetamisega, suureneks veerohkus nii kaevanduses kui ka märgalal.
- Kaevandada võiks välja lääneosas lae hoidmisega, mille puhul maa ei vaju. Idaosas

tuleks käidelda lage langetades, mille tulemusel soode-rabade veerohkus kasvab.

- Kuremäe klooster ja tema kultusobjekt, püha allikas jäetakse kaevandamisalalt välja. Esiteks — mäe +40 m lisab sedavõrd palju mäerõhku, et kaevandamine mäe all ei ole mõistlik. Teiseks — kloostri all saavad kokku Viivikonna geoloogiline rike ja Vasavere mattunud oru lõunaots, mis segavad kaevandamist. Püha allikas säilib, sest ta toitub mäele sadavast taevaveest, mis nõrgub alla läbi kalmistu pühade säilmete.

Ojamaa põlevkivikaevanduse eskiisprojekt, 2002

Eelprojekti tellis TTÜ mäeinstituudilt Viru Keemia Grupp AS (VKG). Töö teostasid Alo Adamson, Enno Reinsalu ja Ingo Valgma.

Visandati 4 mln tonnise aastatoodanguga allmaakaevanduse avamine ja kolmest varuplokist koosnev mäeeraldis. Mäeeraldisel kontuurimisel soovitati taotleda kaevandamisluba Ojamaa uuringuvälja plokkide 1 ja 2 piires, jättes 3. ploki reservi. Loa vormistamisel oldi sunnitud järgima maavara varu haldava ametkonna nõudeid ja kaasata madala usaldusväarsusega 3. plokk. Seetõttu sai kaevandusvälja kuju ebamõistlik ja kamberlankkaevandamise olnuks keerukas. Kui kaevandus alustas tööd, saadi sellest raskusest üle umbkaevandamise põhimõtteid kasutades ja ebamäärast varu täiendavalt uurides.

Lõpuni projekteeris kaevanduse VKG ise. Rikastamine [projekteeriti masinapõhiselt](#). Kui kaevandus rakendus, said TTÜ

mäendusinstituudis tehtud majandushinnangu näitarvud (kaevise maksumus, kaevandamishind ja investeeringud kaeveõõnte rajamiseks) piisava kinnituse. Eskiisprojektis soovitatud lõhketöödeta väljamist, mis oli kohalike elanike nõue, ei saadud rakendada, sest mehhaaniline raimamine lühiee-kauritsatega poleks taganud vanadele õlivabrikutele vajalikku tükikivi.

Ojamaa kaevandus avati 31.01.2013. ²¹¹

Uus-Kiviõli põlevkivikaevanduse eskiislahendus, 2006

Projekti tellis TTÜ mäeinstituudilt kontsortsium: Eesti Põlevkivi, Viru Keemia Grupi ja Merko Kaevandused. Teostasid Alo Adamson (tehnika ja tehnoloogia), Enno Reinsalu (arhitektoonika) ja Ingo Valgma (projekti juht) ning Katrin Erg (vee-eemaldus ja keskkonnahoid), Veiko Karu (avamisskeem ja MGIS), Jüri-Rivaldo Pastarus (tuulutus ja elektrivarustus), Viktor Undusk (tehnika ja tehnoloogia) jt, koostöös tellijate esindajatega.

Põhiparameetrid saadi tellijalt ja pärast lähteülesande korrigeerimist kujunesid nad sellisteks:

- tootmisvõimsus 4,2 mln t kaevist;
- mäeeraldis — Uus-Kiviõli varuplokid 1, 2 ja 3, kogupindalaga 6206,7 ha;
- toodang — rikastamata põlevkivi A...F kihid kütvusega 8,3...8,5 MJ/kg (kuiv) ≈ 6,8...7,1 MJ/kg (niiske);

²¹¹ Sellest on näha, et 10 aastat on kaevanduse projekteerimise ja käivitamise aeg.

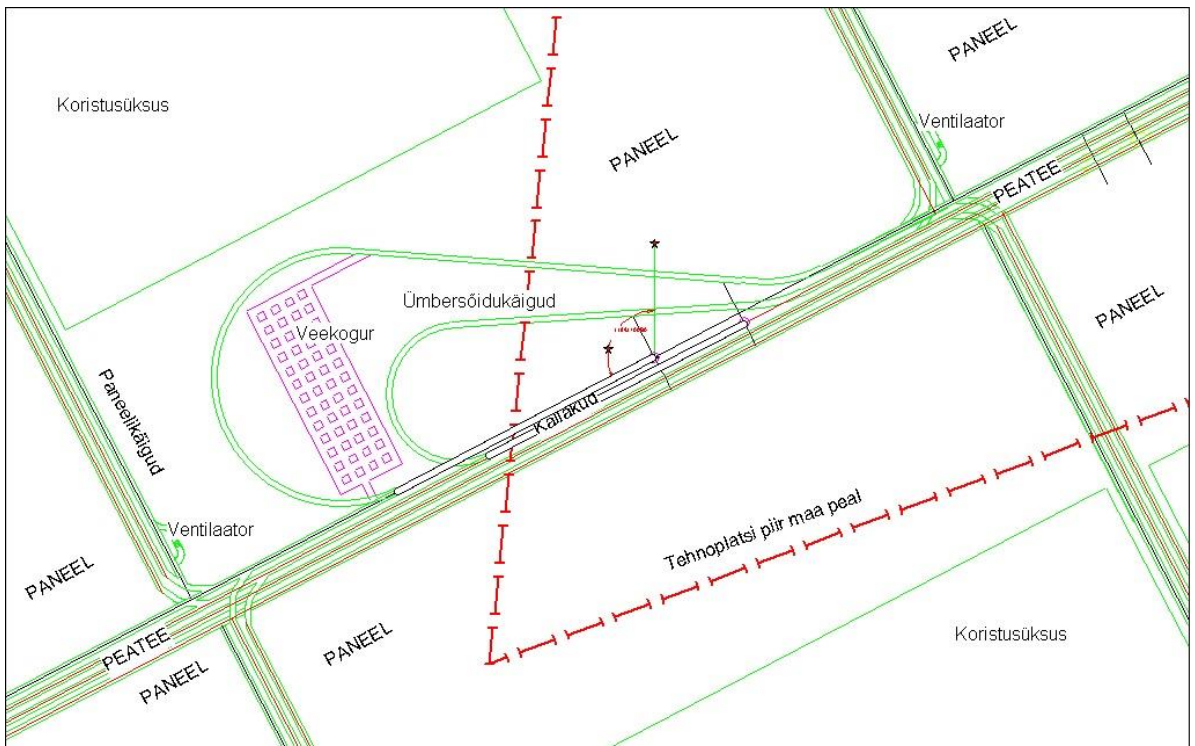
- aktiivne tarbevaru 207 867 tuh t \approx 207,9 mln t, millest langeb ära mittekaevandatav osa:
 - geoloogiliste häirete (karsti) juures, kuni 20%;
 - tõkketervikutes vastu uppunud Kiviõli kaevandust, 20...100 m laiuse ribana;
 - hoidetervikutes oluliste rajatiste ja hoonete all;
- ligikaudu 70% varu on kaevandatav, millest tugitervikutesse jääb omakorda kuni 30%; seega:
 - väljatav varu, sõltuvalt lae hoidmise viisist 128...142 mln t ja
 - kaevanduse iga üle 30 aasta.

Peamised nõuded.

1. Kaevandamine peab olema:
 - keskkonnasõbralik, sest toimub asustatud ja viljeldava maa all,
 - vähese töömahukusega,
 - ohutu nii kaevandustöölisele kui ka piirkonna elanikele, nende varale ja loodusele.
2. Tehnoloogia peab olema paindlik - mäetööde suunda ja mahtu peab saama muuta sõltuvalt konjunkturist, keskkonnapiirangutest, tarbimise eripärast jne.
3. Asukoht, tehnoplats peab olema optimaalses kohas. Kolmest võimalikust asukohast: Oandu, Rääsa ja Aidu külade lähisel osutus parimaks plats Rääsa külast põhja pool, riigi metsamaal.

Arhitektuur Arhitektuur Kaeveväli avatakse kahe kallakuga (= kallakšahtiga):

- tõusev, 139 m, kaldega 4°
- laskuv, 129 m kaldega 7°.
- Kaevanduse hoovini rajatakse kaks surfi: üks veetorudele, teine värske õhu andmiseks.
- Kihindi tasandist 4 m allapoole rajatakse veekogur, mahuga 52 tuh m³ (Pilt 3.42).



Pilt 3.42 Uus-Kiviõli avamise skeem

Välja lõigustamine algab kirde-edelasuunaliste peaveo, peatuulutuse jt strekkidega, mis üheskoos moodustavad kaevanduse peatee (Pilt 3.43).

Lõigustus ja mäetööde areng toimub tava kohaselt:

- paneelid ja paneelikäigud peateega risti, loode- ja kagusuunas,
- mäetööd toimuvad 2/3 mahus põhja- ja 1/3 välja lõunaosas,
- üldine mäetööde areng (varukasutus) on läänesuunaline.

Kaevanduse hoov, avamis- ja lõigustuskaeveõõned rajatakse 3..6 paralleelse käiguga (strekiga) kõrgusega 3..4 m ja laiusega 5..6 m. Veokäigu põhi betoneeritakse. Avamis- ja lõigustuskaeveõõnte rajamiseks kasutatakse läbinduskombaini (= kauritsaid). Tehniliste riskide vähendamiseks peab avamisele eelnema piisava võimsusega kauritsate mäetehniline katsetamine.



Pilt 3.43 Uus-Kiviõli peatee ristlõige

Täiendava ehitusgeoloogilise ja maavarageoloogilise uuringu alusel vähendatakse geoloogilisi riske – täpsustatakse avamiskoha olek ja pannakse paika peatee täpne suund. Hüdrogeoloogilise uuringu alusel otsustatakse, kas avamisel peab kasutama põhjavee tõrjet – eelkuivendamist või muid meetmeid.

Vedu.

Avamise ja lõigustamise ajal veetakse kaevist kalluritega (= autovedu), mis on tehnoloogiliselt ja majanduslikult paindlikum. Seejärel otsustatakse, kas jätkatakse autodega või (lint)konveieritega.

Koristustöö.

Kavandati umbkaevandamine, kasutades kas kauritsaid või puur- ja lõhketööd. Käsitleti ka täitmist, mis annaks võimaluse vähendada maavara kadu ja maapealseid jäätmeid, kui hakatakse rikastama kohapeal. Täitmisega kaevandamise tehnoloogiline risk on sedavõrd kõrge, et nõuab eelnevat katsetööd ja keskkonnamõju hinnangut.

Võimalik on lankkaevandamine lae varistamisega maakatte seisukohalt sobivates kohtades, näiteks märgaladel (soode all). Ka selle tehnoloogia kasutamise ja keskkonnamõju riskitegur on kõrge.

Tugiprotsessid.

Imituulutus toimub kolmes autonoomses üksuses, milleks on kaks koristusüksust ja peateed. Ventilaatorid on maa all, millega väheneb nende keskkonnamõju peamine faktor – müra. Kasutatud õhku väljavad ventilaatorid paiknevad piki peateed, mis on projekteeritud, elamutest eemale. Keskkonnamõju vähendamiseks on kogu kõrgepingemajandus maa all. Vee-eemaldus on mäetööde esimesel etapil tsentraalne – (pea)pumbajaam paikneb kaevanduse hoovis, veekoguri kambriks.

Rikastamine

on võimalik, kuid seda eelprojekt ei käsitlenud. Tootsa kihindi (A...F) kaevis vastab ette antud nõuetele. Kõrge laega ete (A...G) kaevis kvaliteedinormidele ei vasta.

Keskkonnahoole ja -mõju.

Kaitsealused alad ja objektid, peale mõningate vääriselupaikade, mille seisundit kaevandamine ei mõjuta, mäeeraldisel puuduvad. Maapealset elu häiriv mõju mehhaanilisel raimamisel puudub. Lõhketöödel oleks nõrk häiriv mõju, seismiline mõju jääb lubatavatesse piiridesse. Kaevandusvesi, keskmise mahuga 3 tuh m³/h (algaastail) kuni 9 tuh m³/h (lõpuaastail) selitatakse settetiigis Ojamaa jõe luhal ja suunatakse Ojamaa jõkke. Ojamaa jõe, mis seni oli Aidu karjäärivee eesvool, vee kvaliteet ei muutu. Tektooniliste rikkevöönditega paralleelselt kulgeva Mehide oja ja Purtse jõgi vooluhulk tõenäoliselt väheneb ja nende roll viljelusmaade eesvooluna paraneb.

Kaevandus alandab põhjavee taset väheväärtusliku Keila-Kukruse põhjaveekihi, mis kaevevälja põhjaosas on "kaitsmata". Mõjuraadius on kuni 4,5 km. Asumite veevarustus — kuni 14 puurkaevu ja nende veetrassid ehitatakse välja kaevanduse esimese viie tööaasta jooksul. Kaeveõõned, välja arvatud veekogur, ei läbi kaevanduse põhjaks olevat Uhaku suhtelist veepidet, mis tähendab, et kaevandamine ei mõjuta Lasnamäe-Kunda veekihti.

Majandushinnang.

Projekteerimise staadiumis võrreldi nelja tehnoloogilist varianti: kaks raimamismoodust – puur-lõhketööd versus mehhaniline ja kaks veomoodust autodega versus konveierid (Tabel 3.38). Parima variandi valikuks esitati otsuseid langetavatele isikutele süsteemhinnangu tabel (järgneb)

Tabel 3.38 Uus-Kiviõli kaevanduse projektvariantide majandusnäitajad

Tehnoloogia tunnus Majandusnäitaja	Variant			
	1	2	3	4
Raimamine	Puur- ja lõhke		Mehhaaniline	
Vedu	Auto	Konveier	Auto	Konveier
Töötajate arv	130	83	127	98
Kaevandmishind täisvõimsuse saavutamisel, EEK/t	93	75	85	80
Piisav müügihind, EEK/t	145	118	145	135
Põhikapital käivitamise aastal, mln EEK	546	425	600	570
s.h masinad ja seadmed	414	293	467	438

Süsteemhinnang

Variandid			Aspektid				
Nr	Rai m	Vedu	Hinne	Tehnoloogia	Majandus	Inimfaktor	Keskkonna- mõju
1	Puur- ja lõhketöö	Auto	Hea	koristustöö evitatud, paindlik, väikene elektriline võimsus	paindlik	töö kahes vahetuses	Nõrk seismiline häiring
			Halb	vedu evitamata	suur käituskulu	palju töötajaid, s.h rutiinse režiimiga autojuhte, intensiivne tuulutus	
Konveier		Hea	koristustöö ja vedu evitatud	minimaalne kapitalikulu, minimaalne käituskulu	vähe töötajaid, töö kahes vahetuses, mõõdukas tuulutus		
		Halb	suur elektriline võimsus				
3	Mehhaaniline	Auto	Hea	minimaalne elektriline võimsus, paindlik	paindlik	loob uusi töökohti autojuhtidele	Olematu mõju
			Halb	raimamine katsetamata, vedu evitamata	maksimaalne kapitalikulu, suur käituskulu	palju rutiinse töörežiimiga autojuhte, töö kolmes vahetuses, intensiivne tuulutus	
Konveier		Hea	vedu evitatud		minimaalne tuulutus		
		Halb	raimamine katsetamata, maksimaalne elektriline võimsus		töö kolmes vahetuses		

Märkused tabeli juurde:

Paindlik tehnilises mõttes — võimaldab paremini arendada mäetöid geoloogiliste häirete puhul.

Paindlik majanduslikus mõttes — võimaldab hõlpsamini manööverdada tootmisvõimsusega muutuva konjunktuuri tingimustes.

Tuulutus (vajalik õhu kogus) ei ole probleem iseeneses; intensiivne tuulutus tähendab, et diisli- ja lõhkegaaside kogus on suur.

Keskkonna seisukohalt võib kõigi variantide puhul pidada positiivseks kohaliku veevarustuse üleviimist madalakvaliteedilise pinnasevee kasutamisel kvaliteetse põhjavee tarbimisele.

Kaevanduse rajamine takerdus lahkkelide tõttu projekti tellinud konsortsiumis. Eesti Energia Kaevanduste meeskond liikus projektiga edasi.

Ida-Kabala fosforiidi ja põlevkivikaevanduse eelprojekt, 2011

Uuringulise eelprojekti tellis Viru Keemia Grupp (VKG), et saada hinnang, kuidas oleks võimalik kaevandada põlevkivile kaasnevat fosforiiti Eesti põlevkivimaardla lääneosas. Võimaliku mäeeraldisena käsitleti Ida-Kabala kaevevälja Lääne-Viru maakonna idaosas (vt [Näide 3.7. Ida-Kabala komplekskaevanduse sidumine keskkonda](#) ja [Näide 3.8. Ida-Kabala liitkaevanduse avamisskeemi valimine](#)). Töö teostasid Alo Adamson, Margit Kolats, Merle Otsmaa, Jüri-Rivaldo Pastarus, Enno Reinsalu (projekti juht), Karin Robam, Viktor Undusk, Ingo Valgma ja Vivika Väizene.

Määrati otstarbekas kaevandusvälja kontuur (Pilt 3.28 ja Pilt 3.29) ja lähtuvalt

keskkonnapiirangutest, mäendusoludest ning ühendusliinidest valiti võimalikud avamiskohad. Esitati kahekorruselise liitkaevanduse ruumilise lõigustamise skeem (Pilt 3.29). Korruste avamise ja lõigustamise kavandamisel võeti aluseks Uus-Kiviõli arhitektoonika

Väljamise tehnoloogilisi võimalusi analüüses leiti, et põlevkivi kaevandamist on otstarbekas alustada riskivaba kamberkaevandamisega. Fosforiidi suhtes jõuti järeldusele, et kuni varu tehnoloogiline usaldatavus on madal, on kaevandamine kõrge riskiga. Peamised riskitegurid on seotud kaevanduse sisekeskkonna ohutusega: kaaskivimid on nõrgad, fosforiit abrasiivne, teisesed ohutegurid on veerohkus ning radooni ja silikoosioht (vt [Kaevanduskeskkond](#)) Tuleb taasalustada geoloogilisi uuringuid, milleks projekti lisati soovitusi geoloogilise uuringu projekteerimiseks.

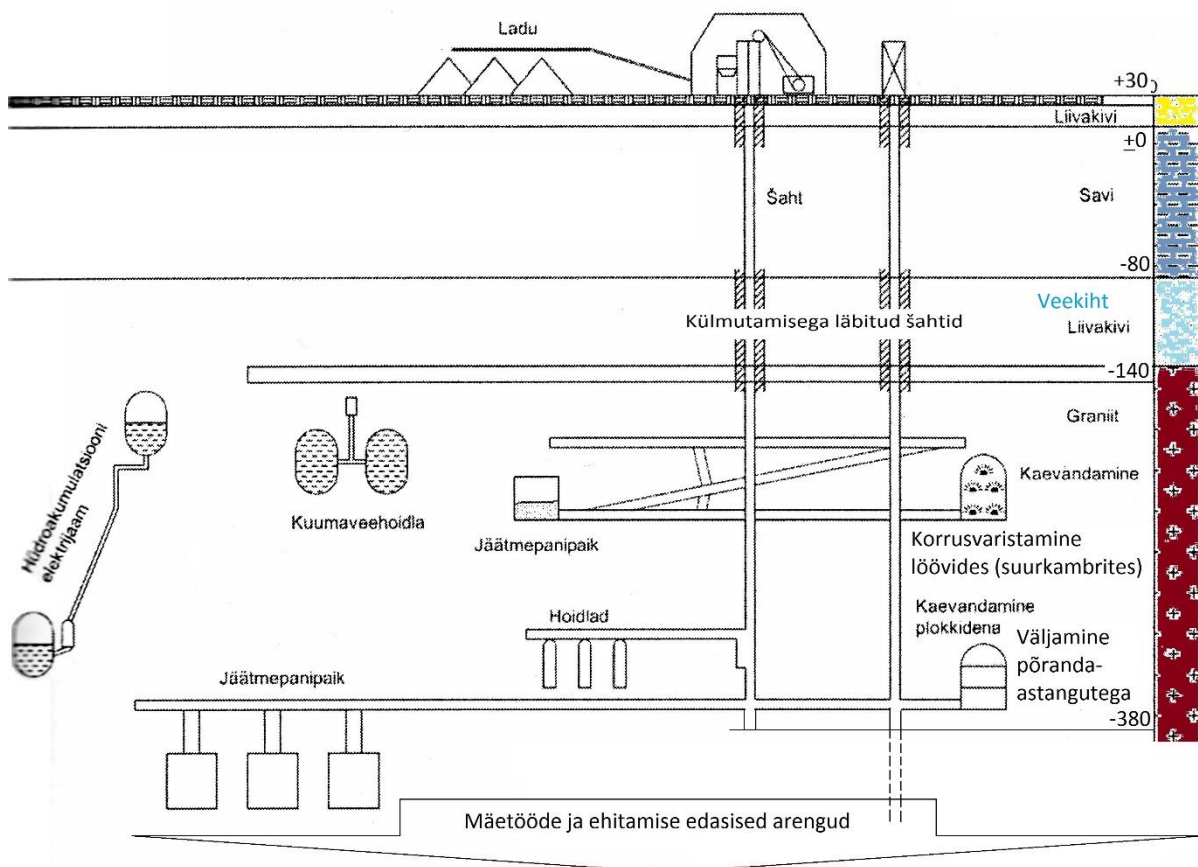
Et fosforiidi väljamine oleks tehniliselt võimalik ja keskkonnale ohutu, tuleb raimamise, täitmise, ja allmaaveo tehnilised üksikasjad lahendada järkjärgult, geoloogilise uuringu, fosforiidikorruse avamise ja lõigustamise käigus. Fosforiidi lasumi üksikasjaliku ja keskkonnaohutu geoloogilise uuringu saab korraldada maa all, põlevkivikorruselt, pärast seda, kui see on avatud.

Fosforiidi vahtrikastamise võimalusi uurides hinnati kontsentraadi võimalikku saagist ([Näide 3.11. Fosforiidi vahtrikastamise bilansi hindamine](#), Tabel 3.30).

Maardu graniidikaevandus 1993...2009

Maardu graniidikaevanduse kavandamise ja projekteerimisega on tegelenud mitmed ettevõtjad ja asutused. Idee alusepanija ja eestvedaja oli TTÜ mäeprofessor Alo Adamson. Tema juhendamisel koostas mäeinstituudi diplomand Erkki Kaisla 1993. Maardu raniidikaevanduse rajamise tehnilis-majandusliku eelhinnangu. Kuna tasemel majandushinnangut ei saa teha ilma kaevanduse eelprojektita, siis projekt oli diplomitöö oluline osa. Tööle eelnes diplomandi välisõpe allmaaehitamise projekteerimise suure kogemusega Helsingi tehnoloogiaülikoolis (nüüd Aalto Ülikool) ja praktiline tegevus [Tytyri lubjakivikaevanduses](#).

Kaevanduse põhitoodanguks võeti graniitkillustik ja plokkidena turustatav dekoratiivkivi. Väärtust andva lisandina kavandati sadama tarbeks ja riigi kütusevaru hoidmiseks allmaa-õlimahutid. Killustiku väljamisel tekkivaid allmaatühemikke pakuti kasutamiseks kuivaine ladudena, jäätmehoidlatena jne. Silmas peeti ka võimalust kasutada allmaa-kaeveõõsi akumuleeriva hüdroelektrijaama tarbeks. Kaugema tuleviku jaoks kavandati maapõueruum veeldatud maagaasi mahutitele, mille säilitamiseks vajalik vee rõhk saavutataks >600 m sügavusel.



Pilt 3.44 Maardu graniidikaevanduse arhitektuurika ²¹²

Kaevanduse avamise, lõigustamise ja kasutamise arhitektuurika lähtus kaeveõõnte multifunktsionaalsest kasutamisest. Maardu kaevanduse arhitektuurilised põhielemendid olid:

- peašaht, läbimõõduga 7,5 m, puuritud 380 m tasandini läbi külmutatud või tihkestatud veekihi;
- kallakšaht 1367 m, ristlõike pindalaga 58 m²; skeemil näitamata kallak oli mõeldud täitma Tallinn-Helsingi raudteetunneli abikaeveõõne rolli;
- tuulutusaht, puuritud 880 m sügavuseni läbimõõduga 5,8 m;

²¹² Skeemi alus: Väizene, V., Anepaio, A., 2009. Graniidikaevandus, võimalik või võimatu, EMS kogumik Mäenduse maine, Tallinn, lk 73...74.

- killustiku tootmisosakond, aastatoodanguga 1,8 mln m³ (kaup), väljamine löövides, korrusvaristamisega;
- allmaa-purustuskompleks tootlikkusega kuni 4 milj m³ massiivi;
- plokikivi töötlemise allmaajaoskond, aastatoodanguga 400 plokki 4×4 m, väljamine löövides põrandaastangutega;
- õlijaoskond ehk naftaterminaal mahuga 500 000 m³;
- kuivainehoidla mahuga 200 000 m³;
- maapealne sotsiaal- ja esinduskompleks;
- laadimiskompleks killustiku laadimiseks laevadele, rongidele, autodele;
- gaasimahutid üldmahuga 1 milj m³ ja neid teenindav kallakšaht pikkusega 5,8 km, hilisem ehitusjätk.

Killustiku materjali (muru, kaevis) väljamine oleks toimunud lae hoidmisega suurkambrites (= lööv, *stope*), mõõtmetega: kõrgus 175 m, laius 50 m, pikkus 75...120 m, linttervikud ehk seinad paksusega 60 m. Väljamine oleks toimunud korrusvaristamisega (Tabel 3.36). Soontena esineva dekoratiivkivimi plokke kavandati murda "pehme lõhkamisega" eraldi allmaajaoskonnas astangväljamisega (= *benching*) löövides (Tabel 3.36). Tasuvushinnang tehti vastavalt toleaegsele turusituatsioonile, mis tundus olevat kaevanduse rajamist soosiv. Ületamatuks raskuseks osutus investorite leidmine sedavõrd mahukale projektile.

Maardu graniidikaevanduse projekti arendati äriühingute initsiatiivil edasi. Maardu II graniidikaevanduse tehnilised lahendused tegi

inseneribüroo Steiger.²¹³ Tehnilis-majandusliku eelhindangu tegi TTÜ mäeinstituut (Näide 3.13).

214

Näide 3.13. Väljavõte Maardu II graniidikaevanduse tasuvusuuringust²¹⁵

MAARDU II GRANIIDIKAEVANDUS		Projekt 2009		Version 1 Otse arvatud ja käsiraamatutest võetud diskonteeritud hinnad							
2. MASINAD JA SEADMED		Variant 1 4.5 mln B.m3									
Töö koht	Masin, seade	Võimalik tüüp (parim näide)	Vahetusi päevas	Koormustegur	Meeskond	Elektriline võimsus kW	Diiselmootor (on=1, ei ole=0; kasutab ainult sõiguks 0<)	Variant: on / pole / on mitmekordselt	Mass, t	Tavaline arv	
Ettevalmistus	Puurmasin ettevalmistusse	Boomer	3	1	1	30	0.3	1	12	9	
	Kopplaadur	Scooptram 3.5	3	1	1		1	1	15	2	
	Lõhkeainelaadur	XX	3	1	1		1	1	10	3	
	Ankurdaja	Boltec	3	0.5	1		1	1	18	2	
	Kohalik ventilaator	XX	3	1	0	10	0	1	1	30	
	Kallur	Minetrack 50 kor	3	1	1		1	1	60	3	
	Lae ja seinte rookija	XX	3	0.5	1		1	1	14	2	
Abiseadmed ettevalmistusse	XX	3	1	0	30	0.5	1	10	1		
Koristus	Puurmasin	Simba	3	1	1	50		1	15	9	
	Lõhkeainelaadur	XX	3	1	1		1	1	10	5	
	Sõiduauto	XX	3	0.5	0		1	1	3	3	
	Kopplaadur	Scooptram 7.5	3	1	1		1	1	22	6	
	Abiseadmed koristusees	XX	3	1	9	30	0.5	1	10	1	
Vedu	Kallur	Minetruck 60	3	1	1		1	1	44	16	
	Abiseadmed veol	XX	3	0.8	0		1	1	10	1	
	Tõste	Kong	3	0.8	2	4200	0	1	600	1	
Seadmed	Tõste	Skipp	3	0.9	2	4200	0	1	600	1	
	Pumbad	?	3	0.5	0.1	250	0	1	100	1	
	Ventilaator	?	3	0.9	0.1	2000	0	1	20	1	
	Elektrivarustus	?	3	1	0.1	20	0	1	20	1	
	Töökoda		3	1	2		0	1	20	1	
	Allmaapurustid	Metsomineral	3	0.9	1	700	0	1	100	2	
	Šahtipuurmasin (laskudele, pimesahtidele)	XX	3	0.5	1	500	0	1	20	1	

Toonitud pesadesse sisestatakse lähteandmed

²¹³ Steiger, 2008. Maardu II graniidikaevanduse mäetööde tehnilised lahendused. I köide. Töö nr O8/O339.

²¹⁴ TTÜ mäeinstituut, 2009. Maardu II graniidikaevanduse tootmisprotsessi tehnilis-majandusliku eelhindangu koostamine. Lep9005. 5.01.2009 - 28.02.2009

²¹⁵ Arvutuse alused on tinglikud, esitatud andmed on näitlikud ja majanduspõhjendusteks kõlbmatud.

MAARDU II GRANIIDIKAEVANDUS													Projekt 2009	
3. MASINATE SOETUSMAKSUMUS														
Version 1 Otse arvatud ja käsiraamatutest võetud diskonteeritud hinnad														
Variant 1 4.5 mln B.m3													<<erihind, USD/kg	
Töö koht	Masin, seade	Võimalik tüüp (parim näide)	Ostmise aeg	Hind teatati	Müügi koht	Mass	Hind ja raha			Inflatsioon	Kurss	Ajal- datud hind	Veo- maksu- mus	Soetus- maksu- mus
			y	y		t	milj.	ühik	%	kr/1	kr		mln kr	
Ettevalmistus	Puurmasin ettevalmistusse	Boomer	2013	2009	SWE	12	0.18	USD	3	12	2.42	0.12	2.54	
	Kopplaadur	Scooptram 3.5	2013	2009	SWE	15	0.23	USD	3	12	3.03	0.15	3.18	
	Lõhkeainelaadur	XX	2013	2009	SWE	10	0.15	USD	3	12	2.02	0.10	2.12	
	Ankurdaja	Boltec	2013	2009	SWE	18	0.27	USD	3	12	3.63	0.18	3.81	
	Kohalik ventilaator	XX	2013	2009	SWE	1	0.02	USD	3	12	0.20	0.01	0.21	
	Kallur	Minetrack 50 kor	2013	2009	SWE	60	0.90	USD	3	12	12.11	0.60	12.71	
	Lae ja seinte rookija	XX	2013	2009	SWE	14	0.21	USD	3	12	2.83	0.14	2.97	
	Abiseadmed ettevalmistusse	XX	2013	2009	SWE	10	0.15	USD	3	12	2.02	0.00	2.02	
Koristus	Puurmasin	Simba	2014	2009	SWE	15	0.23	USD	3	12	3.12	0.15	3.27	
	Lõhkeainelaadur	XX	2014	2009	SWE	10	0.15	USD	3	12	2.08	0.10	2.18	
	Sõiduauto	XX	2013	2009	SWE	3	0.05	USD	3	12	0.61	0.00	0.61	
	Kopplaadur	Scooptram 7.5	2014	2009	SWE	22	0.33	USD	3	12	4.57	0.22	4.79	
	Abiseadmed koristusees	XX	2014	2009	SWE	10	0.15	USD	3	12	2.08	0.00	2.08	
Vedu	Kallur	Minetrack 60	2014	2009	SWE	44	0.66	USD	3	12	9.15	0.44	9.59	
	Abiseadmed veol	XX	2014	2009	SWE	10	0.15	USD	3	12	2.08	0.10	2.18	
	Töste	Kong	2013	1993	GER	600	9.00	AUD	1	10	109.73	12.00	121.73	
Seadmed	Töste	Skipp	2013	1993	GER	600	9.00	AUD	1	10	109.73	12.00	121.73	
	Pumbad	?	2013	2009	GER	100	1.50	USD	3	12	20.21	2.00	22.21	
	Ventilaator	?	2014	2009	GER	20	0.30	USD	3	12	4.16	0.40	4.56	
	Elektrivarustus	?	2014	2009	GER	20	0.30	USD	3	12	4.16	0.40	4.56	
	Töökoda	Metsomineral	2014	2009	GER	20	0.30	USD	3	12	4.16	0.00	4.16	
	Allmaapurustid	XX	2014	2009	GER	100	1.50	USD	3	12	20.82	2.00	22.82	
	Sahtipuurmasin (laskudele, pimesahtidele)	?	2015	2009	GER	20	0.30	USD	3	12	4.29	0.20	4.49	

MAARDU II GRANIIDIKAEVANDUS													Projekt 2009			
4. MASINATE SOETAMISE GRAAFIK																
Version 1 Otse arvatud ja käsiraamatutest võetud diskonteeritud hinnad																
Variant 1 4.5 mln B.m3																
Masin, seade	Võimalik tüüp (parim näide)	Arv	Avamine		Käivitusetapid						Täisvõimsus					
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Puurmasin ettevalmistusse	Boomer	9			2	5	2		0	2	5	2	0	0	2	5
Kopplaadur	Scooptram 3.5	2			2				0	2	0	0	0	0	2	0
Lõhkeainelaadur	XX	3			1	1	1		0	1	1	1	0	0	1	1
Ankurdaja	Boltec	2			1	1			0	1	1	0	0	0	1	1
Kohalik ventilaator	XX	30			15	10	5		0	15	10	5	0	0	15	10
Kallur	Minetrack 50 kor	3			2	1			0	2	1	0	0	0	2	1
Lae ja seinte rookija	XX	2			2				0	2	0	0	0	0	2	0
Abiseadmed ettevalmistusse	XX	1			1				0	1	0	0	0	0	1	0
Puurmasin	Simba	9				5	4		0	0	5	4	0	0	0	5
Lõhkeainelaadur	XX	5				3	2		0	0	3	2	0	0	0	3
Sõiduauto	XX	3			1	2			0	1	2	0	0	0	1	2
Kopplaadur	Scooptram 7.5	5				4	1		0	0	4	1	0	0	0	4
Abiseadmed koristusees	XX	1				1			0	0	1	0	0	0	0	1
Kallur	Minetrack 60	16				10	6		0	0	10	6	0	0	0	10
Abiseadmed veol	XX	1				1			0	0	1	0	0	0	0	1
Töste	Kong	1			1				0	0	1	0	0	0	0	0
Töste	Skipp	1		1					0	1	0	0	0	0	0	1
Pumbad	?	1		1					0	1	0	0	0	0	0	1
Ventilaator	?	1		1					0	1	0	0	0	0	0	1
Elektrivarustus	?	1			1				0	0	1	0	0	0	0	0
Töökoda	?	1			1				0	0	1	0	0	0	0	0
Allmaapurustid	Metsomineral	2			2				0	0	2	0	0	0	0	0

MAARDU II GRANIIDIKAEVANDUS		Projekt 2009						
6. AASTASED MASINAKULUD		1. osa tabelist 6						
Version 1		Otse arvatud ja käsiraamatutest võetud diskonteeritud hinnad						
Variant 1 4.5 mln B.m3		1.4 << erivahendite kordaja diisli hinna ees						
Masin, seade	Võimalik tüüp (parim näide)	Remont ja	Eri-	Kindlus-	Kokku	Kütusekulu		Elektri-
		varuosad	vahendid	tus	käitus-	l/h	l/y	kulu
		tuh.kr	tuh.kr	tuh.kr	tuh.kr			MWh/a
Puurmasin ettevalmistusse	Boomer	127	399	0	526	3.6	19656	164
Kopplaadur	Scooptram 3.5	159	1663	0	1821	15	81900	0
Lõhkeainelaadur	XX	106	1108	0	1214	10	54600	0
Ankurdaja	Boltec	191	998	0	1188	18	49140	0
Kohalik ventilaator	XX	11	1.4	0	12	0	0	55
Kallur	Minetrack 50 kor	636	6650	0	7286	60	327600	0
Lae ja seinte rookija	XX	148	776	0	924	14	38220	0
Abiseadmed ettevalmistusse	XX	101	554	0	655	5	27300	164
Puurmasin	Simba	163	21.0	0	184	0	0	273
Lõhkeainelaadur	XX	109	1108	0	1217	10	54600	0
Sõiduauto	XX	30	166	0	197	3	8190	0
Kopplaadur	Scooptram 7.5	240	2438	0	2678	22	120120	0
Abiseadmed koristusees	XX	104	554	0	658	5	27300	164
Kallur	Minetruck 60	479	4877	0	5356	44	240240	0
Abiseadmed veol	XX	109	887	0	996	10	43680	0
Töste	Kong	6086	840.0	0	6926	0	0	18346
Töste	Skipp	6086	840.0	0	6926	0	0	20639
Pumbad	?	1110	140.0	0	1250	0	0	683
Ventilaator	?	228	28.0	0	256	0	0	9828
Elektrivarustus	?	228	28.0	0	256	0	0	109
Töökoda		208	28.0	0	236	0	0	0
Allmaapurustid	Metsomineral	1141	140.0	0	1281	0	0	3440
Sahtipuurmasin (laskudele, pimesahtidele)	XX	224	0	0	224	0	0	1365

6. AASTASED MASINAKULUD

2. osa tabelist 6

1.2			1.2								1.2	← Muude kulude tegur
Aastakulu ühele masinale			Masinaid ja seadmeid on:									
Käitus-	Kütust t	Ei	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
kulu,		en.GWh										
milj.kr												
42.3	1092.5	82.8	0	3	35	79	100	100	100	100		
0.5	19.7	0.2	0	0	2	7	9	9	9	9		
1.8	81.9	0.0	0	0	2	2	2	2	2	2		
1.2	54.6	0.0	0	0	1	2	3	3	3	3		
1.2	49.1	0.0	0	0	1	2	2	2	2	2		
0.0	0.0	0.1	0	0	15	25	30	30	30	30		
7.3	327.6	0.0	0	0	2	3	3	3	3	3		
0.9	38.2	0.0	0	0	2	2	2	2	2	2		
0.7	27.3	0.2	0	0	1	1	1	1	1	1		
0.2	0.0	0.4	0	0	0	5	9	9	9	9		
1.2	54.6	0.0	0	0	0	3	5	5	5	5		
0.2	8.2	0.0	0	0	1	3	3	3	3	3		
2.7	120.1	0.0	0	0	0	4	5	5	5	5		
0.7	27.3	0.2	0	0	0	1	1	1	1	1		
5.4	240.2	0.0	0	0	0	10	16	16	16	16		
1.0	43.7	0.0	0	0	0	1	1	1	1	1		
6.9	0.0	27.5	0	0	1	1	1	1	1	1		
6.9	0.0	31.0	0	1	1	1	1	1	1	1		
1.3	0.0	1.0	0	1	1	1	1	1	1	1		
0.3	0.0	14.7	0	1	1	1	1	1	1	1		
0.3	0.0	0.2	0	0	1	1	1	1	1	1		
0.2	0.0	0.0	0	0	1	1	1	1	1	1		
1.3	0.0	5.2	0	0	2	2	2	2	2	2		
0.2	0.0	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0		

3. osa tabelist 6

3. osa tabelist 6																			
Masinaid ja seadmeid on:												Kululiigid kasvasvalt, aastate kaupa							
Masinaid ja seadmeid on:												Elekter, GWh							
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
8	43	126	167	167	167	167	1074	4738	6502	6502	6502	6502	47	87	91	94	94	94	94
0.00	1.05	3.68	4.74	4.74	4.74	4.74	39	138	177	177	177	177	0.00	0.49	1.72	2.21	2.21	2.21	2.21
0.00	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	164	164	164	164	164	164	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.21	2.43	3.64	3.64	3.64	3.64	55	109	164	164	164	164	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.19	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	49	98	98	98	98	98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.18	0.30	0.36	0.36	0.36	0.36	0	0	0	0	0	0	0.00	1.23	2.05	2.46	2.46	2.46	2.46
0.00	14.57	21.86	21.86	21.86	21.86	21.86	655	983	983	983	983	983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	76	76	76	76	76	76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	27	27	27	27	27	27	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.00	0.00	0.92	1.66	1.66	1.66	1.66	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	2.05	3.69	3.69	3.69	3.69
0.00	0.00	3.65	6.09	6.09	6.09	6.09	0	164	273	273	273	273	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.20	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	8	25	25	25	25	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	10.71	13.39	13.39	13.39	13.39	0	480	601	601	601	601	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0	27	27	27	27	27	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.00	0.00	53.56	85.70	85.70	85.70	85.70	0	2402	3844	3844	3844	3844	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	44	44	44	44	44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	0	0	0	0	0	0	0.00	27.52	27.52	27.52	27.52	27.52	27.52
6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	0	0	0	0	0	0	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96
1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0	0	0	0	0	0	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0	0	0	0	0	0	14.74	14.74	14.74	14.74	14.74	14.74	14.74
0.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0	0	0	0	0	0	0.00	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
0.00	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	0	0	0	0	0	0	0.00	10.32	10.32	10.32	10.32	10.32	10.32
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Osa aastate veergudest on peidetud

AVAMIS- JA ETTEVALMISTUSKAEVEÕÖNTE MAHUD. Lisa tabelile 6

Käigu tüüp	Käigud	Pikkus, m	Arv	Kogu-pikkus, m	Laius, m	Kõrgu s, m	Pindala, m ²	Maht, m ³	Kogumaht, tuh m ³
15	Veokäik	440	2	880	10	6	49	43384	43
15	Veokäik tasand 1	440	2	880	10	6	49	43384	43
15	Veokäik tasand 2	440	2	880	10	6	49	43384	43
	kokku tüüp nr 15			2640				130152	130
16	Tulutuskäik	440	2	880	10	6	49	43384	43
17	Ramp	500	2	1000	10	6	49	49000	49
18	Puurkäik	500	16	8000	5	4	18	144000	144
18	Puurkäigu lõõr	65	20	1300	5	4	18	23400	23
	kokku tüüp nr 18			9300				167400	167
19	Alumine puurkäik	500	4	2000	10	6	49	98600	99
19	Kogumislõõr	55	100	5500	10	6	49	269500	270
19	Kogumiskäik	500	2	1000	10	6	49	49300	49
	kokku tüüp nr 19			8500				417400	417
20	Kaaviselask	45	20	900			7	6300	6
	KOKKU/KESKMINE			23220				813636	814

Liik	RAJATIS	Käigu tüüp, nr	Kogu-pikkus, m	Pindala, m²	Maht, tuh m³	Ühikhind		Maksumus, mln kr	Tööde maht aastas, %							Maksumus, mln kr							sum
						tuh kr/m	kr/m³		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017			
								569.7								76	76	32.9	74.8	249	61.1	570	
Avaldamiskaeveõhõned	Peašaht	1	330	51	18.1	337	4202	76.0	50	50						38	38	0	0	0	0	76	
	Abišaht	2	330	51	18.1	337	4202	76.0	50	50						38	38	0	0	0	0	76	
	Töötasandi laadimiskamber	3	100	100	10.8		384	4.1			100					0	0	4.15	0	0	0	4.15	
	Tasand 330, laadimiskäik	4	200	49	5.6		283	1.6			100					0	0	0	1.57	0	0	1.57	
	Ramp tasandile 330	5	500	49	62.4		911	56.8			50	50				0	0	28.4	28.4	0	0	56.8	
	Veekogur	6			0.2		600	0.1			100					0	0	0.12	0	0	0	0.12	
	Pumpla	7			0.6		300	0.2			100					0	0	0.17	0	0	0	0.17	
	Dosaatorikäik	8		49	3.5		283	1.0			100					0	0	0	1	0	0	1	
	Eelpunker	9			10.2		911	9.3			100					0	0	0	9.29	0	0	9.29	
	Peapunker	10			29.6		911	27.0			100					0	0	0	27	0	0	27	
	Eelpurustikamber	11			1.2		911	1.1			100					0	0	0	1.11	0	0	1.11	
	Peapurusti kamber	12			0.4		911	0.3			100					0	0	0	0.35	0	0	0.35	
	Peadosaatori käik	13		49	5.7		283	1.6			100					0	0	0	1.6	0	0	1.6	
	Peaveokäik	14		49	31.7		283	9.0			50	50				0	0	0	4.49	4.49	0	8.98	
Veokäik	15		49	130.0		283	36.8			80	20	0	0	0	0	0	0	0	29.4	7.36	0	36.8	
Tuulutuskäik	16		49	43.0		283	12.2			80	20	0	0	0	0	0	0	0	9.74	2.43	0	12.2	
Ramp	17		49	49.0		283	13.9			80	20	0	0	0	0	0	0	0	11.1	2.77	0	13.9	
Puurkäik ja laadimisloõrid	18		19	167.0		718	119.9			80	20	0	0	0	0	0	0	0	95.9	24	0	120	
Kogumiskäik, loõrid, alumine puurkäik	19		49	417.0		283	118.0			80	20	0	0	0	0	0	0	0	94.4	23.6	0	118	
Kaeviselask	20			7	6.0		800	4.8			80	20	0	0	0	0	0	0	3.84	0.96	0	4.8	

Osa veergudest on peidetud

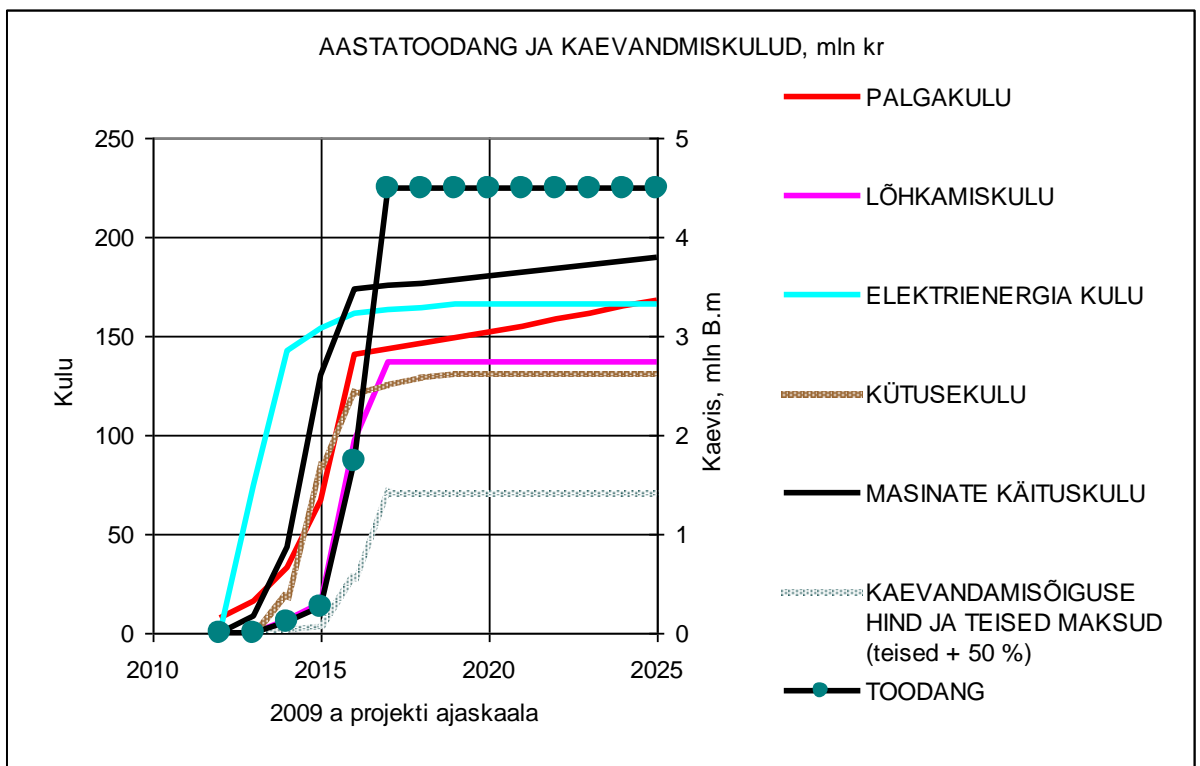
2. osa tabelist 7

Müüdava kaevise kogus, tuh t							2.6 t/m³		
0	0	111.2	268.3	1730	422.2	0	0	0	
Müüdava kaevise kogus, tuh m³									
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0	0	42.75	103.2	665.5	162.4	0	0	0	
0	0	10.8	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	5.556	0	0	0	0	0	
0	0	31.19	31.19	0	0	0	0	0	
0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	
0	0	0.557	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	3.528	0	0	0	0	0	
0	0	0	10.2	0	0	0	0	0	
0	0	0	29.6	0	0	0	0	0	
0	0	0	1.22	0	0	0	0	0	
0	0	0	0.379	0	0	0	0	0	
0	0	0	5.651	0	0	0	0	0	
0	0	0	15.87	15.87	0	0	0	0	
0	0	0	0	104	26	0	0	0	
0	0	0	0	34.4	8.6	0	0	0	
0	0	0	0	39.2	9.8	0	0	0	
0	0	0	0	133.6	33.4	0	0	0	
0	0	0	0	333.6	83.4	0	0	0	
0	0	0	0	4.8	1.2	0	0	0	

Osa aastate veergudest on peidetud

MAARDU II GRANIIDIKAEVANDUS		Projekt 2009		
8. TÖÖTAJAJD		Version 1 Otse arvatud ja käsiraamatutest võetud diskonteeritud hinnad		
		Variant 1 4.5 mln B.m3		
Põhitöökoht	Masin	Inimesi	Aasta	2020
Puurmasin ettevalmistusse	Boomer	27	Seejuures:	
Kopplaadur	Scooptram 3.5	6	abitöönormatiiv, %	15
Lõhkeainelaadur	XX	9	juhtkonnannormatiiv, %	5
Ankurdaja	Boltec	6	PÕHITÖÖKOHTADEL	220
Kohaik ventilator	XX	0	KÕIK KOKKU	264
Kallur	Minetrack 50 kor	9	MUUD TÖÖKOHAD:	
Lae ja seinte rookija	XX	6	ABITÖÖLISED	33
Abiseadmed ettevalmistusse	XX	0	JUHTKOND	11
Puurmasin	Simba	27		
Lõhkeainelaadur	XX	15		
Sõiduauto	XX	0		
Kopplaadur	Scooptram 7.5	15		
Abiseadmed koristusees	XX	27		
Kallur	Minetruck 60	48		
Abiseadmed veol	XX	0		
Töste	Kong	6		
Töste	Skipp	6		
Pumbad	?	0		
Ventilaator	?	0		
Elektrivarustus	?	0		
Töökoda		6		
Allmaapurustid	Metsomineral	6		
Šahtipuurmasin (laskudele, pimešahtidele)	XX	0		

MAARDU II GRANIIDIKAEVANDUS		Projekt 2009														
9. PALGA- JA MUUD KASVAVAD KULUD		Version 1 Otse arvatud ja käsiraamatutest võetud diskonteeritud hinnad														
		Variant 1 4.5 mln B.m3														
PALGAKULU	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
KULU LIIK / AASTAD:																
KESKMINE KUUPALK,kr		30000	30600	31212	31836	32473	33122	33785	34461	35150	35853	36570	37301	38047	38808	
PALGATOUSUTEGUR		1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	
TÖÖTAJAJD	8	16	32	64	128	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	
PALGAFOND,milj.kr		5.8	12.0	24.5	49.9	104.9	107.0	109.1	111.3	113.5	115.8	118.1	120.5	122.9	125.3	
SOTSIAAL- JT.MAKSUD, %	34	2.0	4.1	8.3	17.0	35.7	36.4	37.1	37.8	38.6	39.4	40.2	41.0	41.8	42.6	
KOKKU,milj.kr		7.7	16.1	32.8	66.8	140.5	143.4	146.2	149.1	152.1	155.2	158.3	161.4	164.7	168.0	
LÕHKAMISKULU	0.00	0.00	6.22	15.02	96.89	136.80	136.80	136.80	136.80	136.80	136.80	136.80	136.80	136.80	136.80	
Toodang ettevalmistusest mln Bm3 /a	0	0.00	0.11	0.27	1.73	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
Lõhkeaine hind ettevalmistustöö, kr/kg	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Lõhkeaine erikulu ettevalmistustöö, kg/m3	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
Toodang koristusest mln tBm3/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	
Lõhkeaine hind koristustöö, kr/kg	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Lõhkeaine erikulu koeistustöö, kg/m3	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
Lõhkeaine maksumus, milj.kr/a	0.00	0.00	3.11	7.51	48.45	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	
Lõhketöö ja -vahendite maksumus, %	100	0.00	0.00	3.11	7.51	48.45	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	68.40	
ELEKTRIENERGIA KULU																
Elektri hinna tõusutegur		1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	
Elektrienergia taandatud hind, kr/kWh,	1.5	1.55	1.59	1.64	1.69	1.72	1.74	1.76	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.86	1.88	
Elektrienergia maksumus, milj.kr/a		0.00	74.35	142.09	153.69	161.13	162.74	164.37	166.01	166.01	166.01	166.01	166.01	166.01	166.01	
KÜTUSEKULU																
Kütuse hinna tõusutegur		1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Kütuse hind, kr/l	14.5	15.23	15.99	16.79	17.62	18.51	19.25	19.82	20.22	20.42	20.42	20.42	20.42	20.42	20.42	
Kütuse maksumus, milj.kr/a		0.00	0.00	18.03	83.50	120.33	125.15	128.90	131.48	131.48	131.48	131.48	131.48	131.48	131.48	
MASINATE KÄITUSKULU																
Kulude kasvutegur	1	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12	1.13	1.14	
Arvestades kulude kasvu, aastaprotsendiga		0.00	8.52	43.83	130.13	173.38	175.11	176.86	178.63	180.42	182.22	184.04	185.88	187.74	189.62	
KAEVANDAMISÕIGUSE HIND JA TEISED MAKSUD (teised + 50 %)																
Maavara kadu, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kaevandamisõiguse hind, kr/t	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	
KOKKU, mln kr / a		0.00	0.00	1.75	4.23	27.25	70.88	70.88	70.88	70.88	70.88	70.88	70.88	70.88	70.88	



TOODANGU NAITAJAD / AASTAD:		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
KOGUTULU		0	0	62	149	958	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492
TOODANG		Üleminekutegurid													
mln B.m ³	Maht masiivis	1	0.00	0.00	0.11	0.27	1.73	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
mln L.m ³	Maht kobestunult	1.6	0.00	0.00	0.18	0.43	2.77	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
mln t	Mass toodanguna	2.6	0.0	0.0	0.3	0.7	4.5	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
sellest:															
Toodang ettevalmistusest															
KOGUS	mln m ³	0	0	0.111	0.268	1.73	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
HIND	kr/t	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213
MUUGIGARANTII	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TULU	mln kr	0.0	0.0	61.6	148.6	958.2	498.4	498.4	498.4	498.4	498.4	498.4	498.4	498.4	498.4
Toodang koristusest															
KOGUS	mln m ³	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
HIND	kr/t	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213
MUUGIGARANTII	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TULU	mln kr	0	0	0	0	0	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994

Toodangu hind (213 EEK/t) ilmub siia tulukuse sisenormi hindamise käigus. Siin on see valitud nii, et tulukus oleks vähemalt 5% (vt näite viimane tabelit ja seda illustreerivat graafikut).

NAITAJAD		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
INTRESSIMAAR, % aastas		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
INFLATSIOON, % aastas		5														
PÕHIVARA SOETAMINE, s.h.		2237.7	76.04	224.5	263.5	251.7	336.9	61.11	0	203	353	88.02	0	0	54.53	325.4
masinad ja seadmed			0	148.5	230.6	176.9	88.02	0	0	203	353	88.02	0	0	54.53	325.4
ehitised			76.04	76.04	32.85	74.79	248.9	61.11	0	0	0	0	0	0	0	0
maa			1													
PÕHIVARA KASV																
		0	77.04	300.6	564	815.7	1153	1214	1214	1417	1770	1858	1858	1858	1912	2238
seadmed		0	0	148.5	379.1	556	644	644	644	847.1	1200	1288	1288	1288	1343	1668
ehitised		0	76.04	152.1	184.9	259.7	508.6	569.7	569.7	569.7	569.7	569.7	569.7	569.7	569.7	569.7
maa		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KULUMINORMATIIV																
seadmed		0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
ehitised		0.025	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

MAARDU II GRANIIDIKAEVANDUS

Projekt 2009

12. MAJANDUSTEGEVUSE BILANSS, mln kr

Version 1 Otse arvatud ja käsiraamatutest võetud diskonteeritud hinnad

Variant 1 4.5 mln B.m3

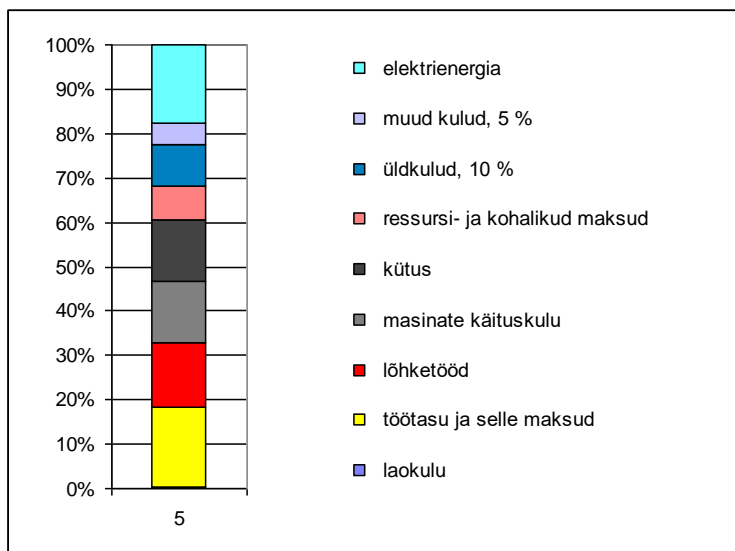
MAJANDUSNÄITAJAD / AASTAD	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
KASUM														
REALISEERIMISE BRUTOKÄIVE	0	0	62	149	958	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492
MAHAARVESTUSED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NETOKÄIVE	0	0	62	149	958	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492
TOOTMISKULUD, s.h.	9	114	283	524	833	945	957	967	973	978	984	990	996	1002
laokulu	1	0	0	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
töötasu ja selle maksud	8	16	33	67	141	143	146	149	152	155	158	161	165	168
lõhketööd	0	0	6	15	97	137	137	137	137	137	137	137	137	137
elektrienergia	0	74	142	154	161	163	164	166	166	166	166	166	166	166
masinate käituskulu	0	9	44	130	173	175	177	179	180	182	184	186	188	190
kütus	0	0	18	84	120	125	129	131	131	131	131	131	131	131
ressursi- ja kohalikud maksud	0	0	2	4	27	71	71	71	71	71	71	71	71	71
üldkulud, 10 %	1	10	24	45	72	82	83	84	84	85	85	86	86	87
muud kulud, 5 %	0	5	13	25	40	45	46	46	46	47	47	47	47	48
KASVIKUD:	0	6	32	71	124	149	79	2	0	0	0	0	0	0
VAHETULEMUS	-9	-121	-254	-447	1	1398	1456	1523	1519	1514	1508	1502	1496	1490
KULUM, sh.:	0	0	0	0	1	104	104	133	182	195	195	195	202	248
masinad, vajalik	0	21	53	78	90	90	119	168	180	180	180	180	188	234
masinad, võimalik	0	0	0	0	1	90	90	119	168	180	180	180	188	234
ehitised, vajalik	2	4	5	6	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14
ehitised, võimalik	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14
BRUTOKASUM	0	0	0	0	0	1293	1352	1390	1337	1319	1313	1308	1294	1243
TULUMAKS	26	0	0	0	0	336	351	361	348	343	342	340	336	323
PUHASKASUM	0	0	0	0	0	957	1000	1029	989	976	972	968	958	920
nn. OMAHIND, kr/t	0	0	1090	853	213	102	97	94	99	100	101	101	102	107
A.SISSETULEK KÄIVE														
PUHASKASUM	0	0	0	0	0	957	1000	1029	989	976	972	968	958	920
KULUM, s.h.	0	0	0	0	1	104	104	133	182	195	195	195	202	248
masinad ja seadmed	0	0	0	0	1	90	90	119	168	180	180	180	188	234
ehitised	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14
LAEN JOOKSVA VÕLGNEVUSE KATTEKS	10	130	273	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAEN VARA SOETAMISEKS	82	241	283	271	361	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KOKKU SISSETULEK	91	371	556	751	362	1061	1105	1162	1172	1171	1167	1162	1160	1167
B.VÄLJAMINEK														
RAJAMISKULU JA SEADMETE OST	76	225	263	252	337	61	0	203	353	88	0	0	55	325
LAENUST MAKSTUD KASVIKUD	6	26	39	53	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JOOKSVA VÕLGNEVUSE KUSTUTAMINE	9	121	254	447	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAENU TAGASTAMINE (kulum+puhaskasum)	0	0	0	0	0	1000	1105	959	0	0	0	0	0	0
KOKKU VÄLJAMINEK	91	371	556	751	362	1061	1105	1162	353	88	0	0	55	325
KASSA JÄÄK	0	0	0	0	0	0	0	0	819	1083	1167	1162	1105	842
AKTIVA VARA														
PÕHIKAPITAL, s.h.	0	77	301	564	816	1153	1214	1214	1417	1770	1858	1858	1858	1912
masinad ja seadmed	0	0	148	379	556	644	644	847	1200	1288	1288	1288	1343	1668
ehitised	0	76	152	185	260	509	570	570	570	570	570	570	570	570
KULUMINE, s.h.	0	0	0	0	0	1	106	210	343	525	720	914	1109	1311
masinad ja seadmed	0	0	0	0	0	1	91	182	300	468	649	829	1009	1197
ehitised	0	0	0	0	0	14	28	43	57	71	85	100	114	128
JÄÄKVÄÄRTUS, s.h.	76	301	564	816	1151	1108	1004	1074	1245	1138	943	749	601	2110
masinad ja seadmed	0	148	379	556	643	553	462	547	732	640	459	279	145	1668
ehitised	76	152	185	260	509	555	541	527	513	499	484	470	456	442
KAPITAALMÄETÖÖD	15	147	292	499	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KÄIBEKAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	819	1901	3068	4230	5336	6178
KOKKU	92	447	857	1315	1178	1214	1214	1417	2588	3759	4926	6088	7248	8415
PASSIVA														
VÕLG	0	91	463	1018	1769	2130	1130	25	0	0	0	0	0	0
OMAKAPITAL	1	0	0	0	0	84	1188	1417	2588	3759	4926	6088	7248	8415
KOKKU	92	447	857	1315	1178	1214	1214	1417	2588	3759	4926	6088	7248	8415

Otsustav tabel – hinnang vastavalt tulu sisenormi oodatavale väärtusele 5%

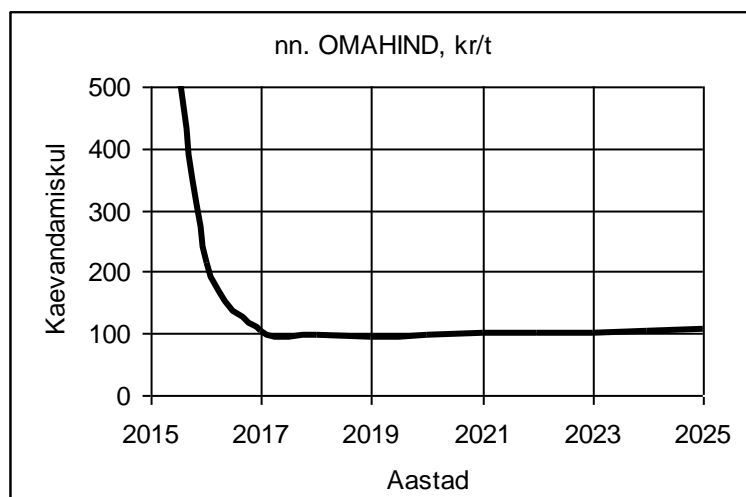
TULU SISENORMI OTSING	Norm >	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.15	0.20
13 aasta diskonteeritud kassavoog, milj.kr		6178	5510	4921	4400	3940	3533	3172	2851	2566	2312	2086	1267	790
13 aasta diskonteeritud investeringud, mln kr		4150	4007	3874	3751	3636	3529	3430	3337	3250	3168	3091	2767	2518
ÄRIPLAANI HINNANG		HEA	HEA	HEA	HEA	HEA	HEA	PAHA	PAHA	PAHA	PAHA	PAHA	PAHA	PAHA
Äriplaani rahuldav hind	213 kr/t													

Mõned illustratsioonid

Kaevandamis- kulu struktuur



Kaevandamis- hind



Tulukust tagava hinna valimise diagramm

