



DIGITEAVIK

**KAEVANDATUD
MAA**

Enno Reinsalu

Arvi Toomik

Ingo Valgma

ebassein Vanaküla

kombilaava 7

kombilaava 2

laava 133

Trükiversioon – Tallinn 2002

Trükkis Soha OÜ, toetas Eesti Teadusfond: 2002. a grant 5169 ja TTÜ mäeinstituut.

© Enno Reinsalu & Arvi Toomik & Ingo Valgma

ISBN 9985-894-46-4

Digiteavik – trükise parandatud ja täiendatud versioon
Tallinn 2015

ISBN 978-9949-38-396-2 (pdf)

© Enno Reinsalu

Trükise eessõna, 2002

Eesti maavarad lasuvad madalal ja kaeveväljad on suured, seepärast mõjutab nende kaevandamine suuri alasid. Meil on vähemalt 800 maardlat kogupindalaga üle 6000 km². Umbes sama palju on kaevandamiskohtasid – kaevandusi, karjääre, turbavälju, kivimurde, liiva- ja kruusauke. Maardlad võtavad enda alla enama kui 10 % Eesti maismaast. Tegutsevate mäettevõtete mäeeraldiste kogupindala on üle 150 km² ehk 0,3 % Eesti maast.

Raamatus leiduv on mõeldud ennekõike neile, kes elavad ja tegutsevad kaevandatud maal. Kasu peaks meie tähelepanekutest ja uuringutest olema ka geograafia- ja keskkonnahuvilistele, kes jälgivad kaevandatud alade tehnogeense maastiku ilmet ja kujunemist. Raamatust võib leida ka hoiatusi, mida võib juhtuda ettevaatamatu ja hooletuga nii kaevandatud maal kui maa all.

Osa raamatus käsitletud põlevkivi kaevandamise mõju uuringutest ja nende tulemustest on pärit tööddest, mida kaks tähestikulises järjestuses esimest autorit tegid ja juhtisid 1968...1993. a eksisteerinud A. Skotšinski nime-lise Mäendusinstituudi Eesti Filiaalis. 1990. aastast praeguseni jätkas Arvi Toomik seda tööd TPÜ Ökoloogia Instituudi Kirde-Eesti osakonnas. Mäetööde hilist mõju

uuris Enno Reinsalu 1998...2000. a ETF grandi 3403 toetusel TTÜ mäeinstituudis. Mäendusliku geoinfosüsteemi (MGIS) alase töö tegi Ingo Valgma ja siin avaldatu on tema doktoriväitekirja üheks rakenduseks. Täname töös osalenuid: mäeinsener Lembit Uibopuud, kes digitaliseeris ja dešifreeris mäetööde plaanid, abilisi väli- ja sisetöödel: magistrant Erki Niitlaant ja doktorant Oleg Nikitinit, aga ka neid, kes meile maavarade kaevandamise mõjust teada andsid ja nende juurde teed juhatasid. Suur tänu mäeettevõtete markšneideri-teenistuse inimestele mäetööde plaanide ja seletuste eest.

Digiteaviku koostaja kaassõna, 2015

See, Eesti teadusfondi kunagise uuringutoetuse toel koostatud ja trükitud raamatukene, mida esialgu võõristati kui liiga uudset ja avameelset, on osutunud oluliseks andmeallikaks ammendatud kaevandusaladel tegutsejaile. Aeg on läinud edasi ja trükised ei ole enam populaarsed ega operatiivsed. Kaasaegse tegija teatmeallikas on digitaalne. Seepärast võtsingi, ja koostasin kordusväljaande digiraamatuna. Suuremaid muutusi sisus ei ole. Üksikud aegunud kohad on kas uuendatud, redigeeritud, eemaldatud või kommenteeritud.

Üllitise tekst ja formaat on kujundatud mugavaks sirvimiseks tahvli, nutitelefonis ja e-lugeris. Teatmeteosele sobivalt on kõik vajalik seotud hüperlinkidega. Värskendatud on ka fotomaterjali.

Digiraamatu eeliseks on võimalus üles riputatud faili aegajalt parandada, vigu vähendada ja täpsustusi lisada. Kellel on ettepanekuid ja soovitusi, palun kirjutada aadressil: enno.reinsalu@ttu.ee

SISU

1. MAAVARADE KAEVANDAMISE KOHENE MÕJU 10

1.1. Uuritus 10

1.2. Avakaevandamise mõju 11

1.3. Allmaakaevandamise mõju 23

1.3.1. Altkaevandatud alad 23

1.3.2. Maakasutus- ja ehitustingimused altkaevandatud maal 36

1.3.3. Lõuna-Eesti liivakoobaste alad 40

1.3.4. Altkaevandatud alade rehabiliteerimise tehnoloogia Eestis puudub 49

2. HILISED KAEVANDAMISJÄRGSED NÄHTUSED JA PROTSESSID 51

2.1. Tavalised nähtused 51

2.2. Mäetööde järelmõju uurimise metoodika 56

2.3. Hilismoodustised altkaevandatud maal 59

2.3.1. Varingaugud 59

2.3.2. Maa hilisvajumine 67

2.4. Uusmoodustiste loodustumine 69

2.5. Kaevandatud alade vesi 78

2.6. Inimtegevus kaevandatud alal võib olla: 86

2.6.1. Sihipärane ja süüdimatu tegevus 87

2.6.2. Pahatahtlik ja lubamatu tegevus 94

3. KVAASISTABIILSETE ALADE TULEVIK 97

3.1. Kvaasistabiilsuse teoreetilised alused 97

3.2. Vajumisnähtude otsimine 103

- 3.2.1. Tunnuste otsimine aerofotodel 103
- 3.2.2. Maakatte muutuste märgatavus 110
- 3.2.3. Kambriplukkide varingute tegelik 112
- 3.3. Varisenud kambriplukkide iga 113
- 3.4. Kambriplukkide varingute võimalikud ohud 117
- 3.5. Maapõuehäirete mõju varingutekele 119
- 4. UNUSTATUD KAEVANDUSED 123
 - 4.1. SILLAMÄE URAANIKAEVANDUS 123
 - 4.2. ÜLGASE JA MAARDU FOSFORIIDIKAEVANDUS 131
- 5. ALLMAAÕÕNTE OHTLIKKUS 140
- 6. KASUTATUD KIRJANDUS JA VIITEMATERJAL 142

SISSEJUHATUS

Maavarade kaevandamine ja mäetööd muudavad maad.¹ Muutused on silmnähtavad avakaevandamisel kui maa ilmet muudavad karjäärid ja turbaväljad. Siis tekib uus mikroreljeef, pinnas, taimestik ja isegi loomastik. Madalamast karjäärist jääb alles laugete pervedega mold, sügavamast aga järskude või tasandatud pervedega auk. Kui avakaevandamine toimub põhjavee püsitasemest allpool, tekib endisesse kaevandamiskohta veekogu. Eesti põlevkivi- ja fosforiidikarjäärides, kus oli ja on kasutusel vaalkaevandamine², jääb maa pärast kaevandamist laineliseks. Sellist ala lõigustavad järskude pervedega kanjonilaadsed kaevikud (tranšeed). Suurtes karjäärides kaevandati ja kaevandatakse praegugi veeärastusega, seepärast täituvad augud ja kanjonid pärast karjääri sulgemist või hülgamist³ veega. Nii on avakaevandamisega käideldud alal selgelt eristuv tehnogeenne maakate⁴, mille ilme muutub aegamisi looduslähedamaks - loodustub. Väga ammu kaevandatud karjäär võib jääda vilumata silmale märkamatuks.

Kui kaevandatakse maa all, ei tarvitse maakatte muutumine olla märgatav isegi kaevandamise ajal. Siiski on Eestis kohti, kus allmaatööd ei toimunud sügaval, s.t olid madalamal kui 15...20 m. Sellistel kaeveväljadel võib näha altkaevandatud alale omast mikroreljeefi. Maavara madala lasumuse puhul võib ette tulla ka järsuseinalisi, mõnes kohas isegi maa alla avanevaid varingauke. Kui kaevandamine toimub sügavamal, siis maakate oluliselt ei

¹Mäetööd on maapõues tehtavad tööd. Käesolevas käsitleme vaid maavarade kaevandamisega seotud mäetöid, mida tehakse kaevandustes, karjäärides ja turbaväljadel. Tunnelite ning mitmesuguste militaarobjektide rajamiseks tehtud allmaatöid ja nende mõju me siin ei käsitle.

² Vaalkaevandamine – avakaevandamisviis, mille puhul maavaralt eemaldatav katend paigutatakse vaaludesse kaevandatud alal (vt p. 1.2 ja Joonis_ 1 .1)

³ Kaevanduse või karjääri sulgemine pärast maavara ammendamist on sihi- ja seaduspärane tegevus. Hülgamine on sage, kuid mäenduse heale tavale sobimatu toiming.

⁴ Maakate, *land cover*, [Eesti maakate, 1999].

muutu ja kui midagi juhtubki, siis tehnoloogilise hoolimatusse või arvestatamatusse tõttu.

Kõik see, mis toimub kaevandamise ajal, on tehnoloogilise kontrolli all. Maapinna reljeefi muutumine ja suletud kaeveõõntesse jääva vee tase on arvutatav. Mäetööde mõju on üsna täpselt prognoositav, eriti sellel ajal kui kaevandav ettevõtte on oma tegevuse ja tehnoloogia eest vastutav. Mäetööde juhtidel on tavaliselt hea ettekujutus oma tegevuse tagajärgedest, samuti piisavad tehnilised ja tehnoloogilised vahendid mäetööde mõju juhtimiseks. Mäetööstur teab kohustusi, mis tal lasuvad seoses maavarade kaevandamise mõjuga. Selge ettekujutus tagab asjakohase ohjamise. Kuid vaid seni, kuni protsess on kaevandaja juhtida. Mäettevõtte sulgemisel ja/või hülgamisel geotehniliste protsesside juhtimine lakkab ning tavaliselt muutub ka võimatuks. Pikema või lühema aja jooksul, vastavalt sellele, millega on tegu, kaob mäetöösturil vastutus oma tegevuse tagajärgede eest, nii nagu ka võimalus kahju korvamiseks. Samas need isikud, keda tulevikus ilmnev kaevandamise mõju võib puudutada, ei oma head ettekujutust mäetööde võimalikest tagajärgedest.

Nii on kogu maailmas. Ammu on märgatud, et kaevandamise mõju võib ootamatult avalduda ka hulga aastaid pärast mäetööde lõpetamist. Näiteks mõni aeg tagasi jõudis televisiooni vahendusel meieni teade, et Austraalias süttis jõgi. Vesi eritas põlevat gaasi ja see süttis või süüdati. Gaas oli vette imbunud suletud kivisöekaevandusest. Teine juhtum: 2002. a juunis, USA Colorado osariigis lõõmanud metsatulekahju puhul arvati esmalt, ja ilmselt mitte asjata, et see võis alguse saada vana kivisöekaevanduse põlengust. Hiljem selgus siiski tegelik süütaja. Kolmas juhtum: Venemaalt on teateid, et tuntud

soolakaevanduste linnasid - Solikamskit ja Berezniki ähvardavad varingud. Seejuures Solikamski all on 3,5 mln m³ ja Berezniki all 27 mln m³ ammendatud allmaatühemikke [Eesti Päevaleht, BNS, 2001]. Võrdluseks – Ida Viru maakonna allmaatühemike maht on suurusjärgu võrra suurem.

Eestis on kunagiste mäetööde sagedaseks ilminguks ootamatult tekkivad varinguaugud ammu kaevandatud alal. Juhul kui auk tekib intensiivse inimtegevuse alal, jõuab teave ka üldsuseni. 2002. a juuni keskel levis ajalehtede ja televisiooni vahendusel pilt varinguaugust Kukruse bensiinjaamas (foto siinsamas). Varises 80 aastat tagasi rajatud stolle ühendanud lõõr. Kukruse kaevandus oli suletud juba kolmkümmend aastat. Nädal hiljem jõudis ajalehte napp teade Maardu fosforiidikarjääri tasandatud puistangute lokaalsest vajumisest Jõelähtme prügila ehitustandril [Eesti Päevaleht, 2002]. Varinguauke tuleb ette mitte ainult põlevkivimaardlas, neid on ka Maardu fosforiidi-, Piusa liiva- ja Sillamäe uraanimaardla altkaevandatud alal. Märgatakse ka maa jätkuvat vajumist ammuste kaevanduste peal. Ka suletud kaevanduste vesi võib aastaid pärast mäetööde lõppu tekitada uusi allikaid, ojasid, lompe ja järvi. Sedagi võime täheldada Maardus, Kohtla-Järvel ja mujalgi. Märgime, et

kogu mäetööde mõju ei pruugi avalduda kohe, midagi võib ilmnedagi ka hiljem

Mäetööde kohene mõju esineb kaevandamise ajal ja selle eest vastutab mäetööstur, kes peab mõju ohjama ja kahju korvama. Mäenduse hea tava ja mäeõiguse kohaselt peab mäetööstur kaevandamise mõjuga tegelema seni kuni see ilmneb. Aga kuna mäetehnika traditsioonilise kontseptsiooni kohaselt vaibuvad kaevandamise vahetud kaasnähud lõpliku ja üsna lühikese aja (aasta-

paari) jooksul, siis selle ajaga arvestavad ka kõik tehnoloogilised meetmed ja mäeõiguslikud aktid.

Mäetööde hiline mõju ilmneb hulga aega peale kaevandamist, mõnikord alles poole sajandi pärast. Hiline mõju ei olnud mäetehniliselt ette nähtav, enamasti ka mitte prognoositav. Hiliste nähtude tekke ajaks on vastutav isik oma tegevuse lõpetanud.



AS Eesti Põlevkivi keskkonnajuht Kalmer Sokman seob Kukruse varingauku mäetööde plaaniga [Eesti Kaevur, 20.06.2002.].

1. MAAVARADE KAEVANDAMISE KOHENE MÕJU

1.1. Uuritus

Kõige tõhusamalt on mäetööde kohest mõju uurinud ja selle vähendamise meetmeid loonud, soovitanud ning evitanud Eestis aastaid tegutsenud mäetööstusharude instituudid ja konstrueerimisbürood. Eriti tõhusaks osutus nende tegevus kui seda tehti koos maa- ja metsaviljeluse ning maaparanduse ning turbatööstuse erialainimestega, rääkimata keskkonnaspetsialistidest.

Põlevkivi kaevandamise mõju uurimise ja ohjamisega on tegelenud peale käesoleva raamatu autorite karjääride korrastamise ⁵ alal Leopold Lainoja ja Paul Vesiloo. Tööde aktiivses faasis olid kaasatud metsanduse (Elmar Kaar jt), maaviljeluse (Enn Leedu jt), maaparanduse (Ülo Sults jt), hüdrogeoloogia (Niina Domanova jt) ning soode uurimise (Edgar Karofeld jt) erialainimesed. Palju tegid põlevkivi tootmise kahjuliku keskkonnamõju vähendamise alal ära kaevanduskoondise spetsialistid Eduard Parahhonski, Viktor Undusk jt. Teistest Eesti instituutidest on põlevkivi kaevandamise keskkonnamõju ohjamise alal iseseisvaid töid Eesti Metsainstituudist (Guido Paalme jt). Kuni Eesti taasiseseisvumiseni tegi olulisi geomehhaanika alaseid uuringuid Peterburis asuv markšeideriinstituut VNIMI (Gennadi Ivanov, Aleksander Plahhov, Vitali Stecenko jt). Analoogilisi uuringuid fosforiidi kaevandamise alal tegi ja korraldas Boris Naumov tootmiskoondisest Eesti Fosforiit, jätkates seda kaheksakümnendate aastate lõpul Eesti TA (nüüd TTÜ) Geoloogia Instituudis. Mineraalsete loodus-

⁵ Korrastamine on kaevandamisega rikutud maa, maakatte ja maastiku taaskasutuskõlblikuks muutmine, tehnoloogia üldmõiste. Varasemal ajal nimetati korrastamist rekultiveerimiseks, mis uuemas mõistestikus on korrastamise alaliik.

like ehitusmaterjalide – liiva, kruusa ja pae kaevandamise mõju vähendamiseks ja nende karjääride korrastamise eeskirja koostamiseks tegi palju ära Eino Tomberg. Tihti oli uuringute initsiaatoriks Heino Luik keskkonnakaitse ja metsamajanduse ministeeriumist.

Uuringute tulemustel koostati ja rakendati rida normatiivdokumente ning kirjutati traktaate, näiteks Loodusvarade kasutamine ja keskkonnakaitse põlevkivi kaevandamisel (vene k), Tallinn, 1983; Põlevkivikarjääride rekultiveerimise juhend, 1986; Ettekanne Rakvere fosforiidimaardla evitamise võimalustest ja efektiivsusest (töörühm akadeemik Mihkel Veiderma juhendamisel), 1990; Pealmaakaevandamisega rikunud maa rekultiveerimise kord, 1995; Turba tootmisalade rekultiveerimise kord, 1995; Allmaakaevandamisel maa ja ehitiste hoidmise kord, 1997.

1.2. Avakaevandamise mõju

Ava- ehk pealmaakaevandamist kasutatakse kui maavara katend on nii õhukene, et selle eemaldamine ei ole kulukas. Eestis kasutatakse või on kasutatud avakaevandamist kõigi maavarade kaevandamisel. Kui katend tõstetakse ekskavaatoriga või lükatakse buldooseriga vaalu sinna, kust maavara oli äsja väljatud, siis on see **vaalkaevandamine** (Joonis_ 1 .1)

Vaalkaevandamist kasutatakse põlevkivi- ja kasutati fosforiidikarjäärides.

Kui katend lükatakse või veetakse karjääri kõrvale või sellest eemale ja väljatud maavara kohale jääb auk siis selline kaevandamisviis on **aukkaevandamine** (Joonis_ 1 .2)

Ka turba lasundilt eemaldatakse katend, aga väljakut, millel turvast kooritakse, ei saa nimetada auguks. Sel ju-

hul peame sobivaks mõistet **väljakkaevandamine** (Joonis_1.3). Väljakkaevandamine võib saada omaseks ka põlevkivi tootmisel kui seda maavara hakatakse mäefreesi või kobesti abil koorima.

Allveekaevandamine on liiva ja muda ammutamine merest ning järvedest. Karjäärides, kus põhjavee tase on kõrge, ammutatakse mõnikord maavara ka vee alt, kuid see on veealune väljamine⁶. Allveekaevandamine kuulub küll avakaevandamise alla, kuid mitte selle raamatu teemade hulka.

Vaal-, auk- ja väljakkaevandamise tihedat kooslust Ida-Viru maakonnas demonstreerib aerofoto baasil tehtud Joonis_1.4



Joonis_1.1 Vaalkaevandamine Aidu põlevkivikarjääris.

I. Valgma foto

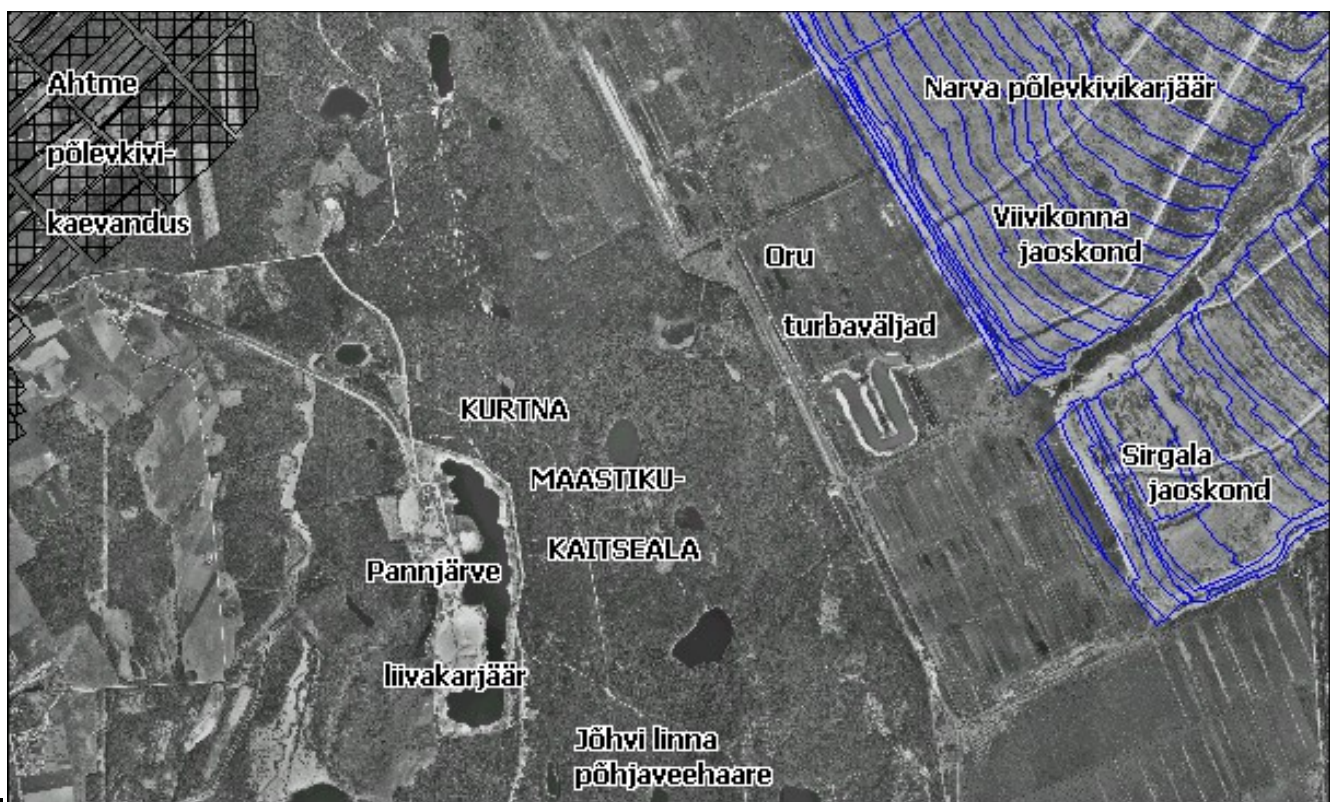
⁶ Väljamine – mäetehniline protsess, kaevisse massiivist eraldamine, kaevandist välja vedamine ja/või tõstmine.



Joonis_1.2 Aukkaevandamine Karinu lubjakivikarjääris.
I. Valgma foto



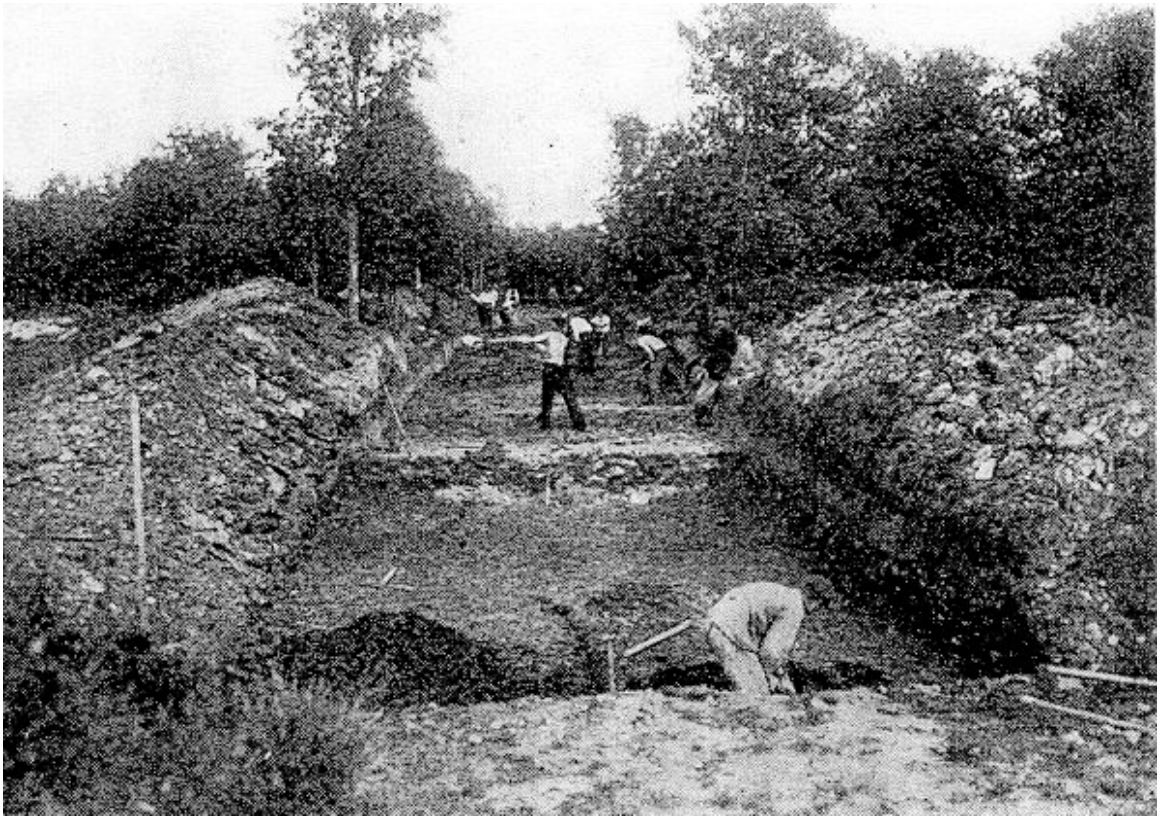
Joonis_1.3 Väljakkaevandamine Sangla rabas.
I. Valgma foto



Joonis_1.4 Ida-Viru maakonnas, Illuka vallas, Kurtna maastikukaitseala ümbruses.

Näha: Pannjärve liivakarjäär (aukkaevandamine), pankrotistunud Oru turbatööstuse väljad (väljakkaevandamine) ja Narva põlevkivikarjääri Sirgala ning Viivikonna jaoskonnad (vaalkaevandamine). Pildil kujutatud ala loodenurgas on Ahtme kaevandusväli, millel erineva viirutusega tähistatud kambritega ja käsilaavadega kaevandatud alad. Maastikukaitseala põhjaveetasel mõjutab tugevalt Jõhvi linna veehaare.

Virumaa pinnavormide muutumine põlevkivi avakaevandamise tulemusel sai teadusliku jälgimise objektiks õige varakult. Esimeseks (maa)teaduslikuks kirjutiseks oli Kohtla-Järve kooliõpetaja H. Soplepmanni fotodega varustatud artikkel ajakirjas Loodusevaatleja [1935], milles ta käsitles kaevandamise esimese 17 aasta mõju maastikule. Siis olid need, mida ta kirjeldas, veel mäetööstuse kohese mõju nähtused. Praeguseks on kaevandid loodustunud ja saanud mäetööde hilise mõju hindamise objektiks.



Joonis_1.5 Põlevkivikaevanduse rajamise esimesed kohad
Üleval – Järve küla puisniit põhja pool Narva maanteed
[Soplepmann, 1935].

All – sama koht 2000. aastal, I. Valgma foto



Joonis_1.6 Aerofoto joonisel 1.5 pildistatud kohast.

Näha on kaarjad vaalud, kus tähis 3 tähistab punkti X 6588651; Y 685007 ⁷ millest ida suunas oli tehtud 2000. a foto.

Aukkaevandamine

on üldlevinud. Liiva-, kruusa- ja savikarjääre ning –auke on kõikjal ⁸. Paekarjäärid ja –murrud on tavalised Põhja- ning Lääne-Eestis. Pärast maavara ammendamist ja/või kaevandamise lõpetamist tuleb karjäärid ja murrud nõuete kohaselt korrastada. Korrastamise, eelkõige rekultiveerimise olulisemad nõuded on Tabel_ 1 .1 [Pealmaakae- vandamisega...1995]. Vanades käestlastud karjäärides kui nõlvad on juba taimestunud, võib nõlvad jätta looduse kujundada, eriti kui on kindel, et seal ei tule ette varinguid, lihkeid ega suuri erosiooninähtusid. See ametlikult lubatud kõrvalekaldumine on väga mõistlik kasvõi

⁷ Nii esitame oluliste kohtade koordinaate Euref EST92 koordinaatsüsteemis. Alade puhul on märgitud mingi oluline punkt kirjeldataval alal, punktobjektide puhul on täpsus ±30...50 m. Ohtlike kohtade koordinaatide esitamisest hoidume

⁸ Karjäär on suurem, kaevandamisloa alusel tegutseva ettevõtja avakaevandamise koht; auk ja murrud on väiksed, tihti omavoliliselt avatud maavara võtukohad.

seepärast, et vanade liiva- ja kruusakarjääride järsud seinad pakuvad kaldapääsukestele parimaid pesakohti. Ka vana paekarjääri järsu perve jätmise looduse kujundada ei tundu pankrannikuga harjunud eestlasele mõistusevastane.

Väljakkaevandamine

on avakaevandamisviis, mida kasutatakse turba tootmisel. Peamised nõuded nende alade taastamisel on toodud Tabel_ 1 .2 [Turba tootmisalade..., 1995].

Vaalkaevandamine

on ainukene avakaevandamisviis põlevkivi ja fosforiidi tootmisel. Mõlema maavara kaevandamisel on muudetud ja mõjutatud suuri alasid (Tabel_ 1 .3). Vaalkaevandamisega käideldud ala korrastamise kord on põhjalikult sätestatud [Pealmaakaevandamisega...1995]. Peamised nõuded lühidalt vt Tabel_ 1 .4.

Allveekaevandamise

(mereliiva ja ravimuda ammutamise) kohtade korrastamise nõuded Eestis puuduvad. Küll aga kehtivad selle kaevandamisviisi kasutamise piirangud, mis lähtuvad kalade kudemise ja lindude rände ajast.

Tabel_1.1 Peamised nõuded aukkaevandamisega muudetud maa korrastamisel

Kaevandatav maavara ja tingimused	Nõuded
Liiv ja kruus, veepealne nõlv peeneteraline keskmiseteraline jämedateraline kruus	Nõlvnurk peab olema väiksem kui püsinurk: 25°...26° 30° 32° 35°
Liiv ja kruus, veealune nõlv peeneteraline keskmiseteraline jämedateraline kruus	Nõlvnurk peab olema väiksem kui püsinurk: 12° 18° 20° 26°
Paas, s.t lubjakivi ja dolomiit	Variandid: Järsud nõlvad (nõlvnurk > 70°) teha laugeks ja katta pinnasega nii, et nõlvnurk ei ületaks katva materjali püsinurka (vastavalt eelpool toodud nõuetele) Jätta järsk nõlv (sein) ja puhastada see ripetest, tõkestada auk ülevalt valliga, põõsastikuga või piirdega, laskumiseks rajada teeradu või treppe

Tabel_1.1 järg

Savi	Vastavalt iga karjääri jaoks seatud tingimustele
Mistahes karjääri kujundamisel veekoguks	Veekogu sügavus > 2 m Kaldaperv > 2 m lai ja > 1 m kõrgemal maksimaalsest veetasemest Veetaimede madalaveeline kasvuala > 5 % veekogu pindalast

Tabel_1.2 Peamised nõuded ammendatud turbaraba korrastamisel

Korrastamise suund	Nõuded
Metsamaaks	Turba jääkkihi keskmine paksus >0,3 m Põhjavee tase keskmiselt 0,4...0,5 m maapinna madalamast kohast
Haritavaks maaks, sh jõhvikaistanduseks	Turba jääkkihi keskmine paksus >0,3 m Sfagnumturba kiht > 0,2 m Põhjavee tase keskmiselt 0,1...0,4 m maapinnast
Soo taastumine	Turba jääkkihi paksus >0,5 m Vallidega ümbritsetud reguleeritava veetasemega ala < 50 ha
Veekogu	Veetaimede madalaveeline kasvuala > 2% veekogu pindalast

Tabel_1.3 Vaalkaevandamisega käideldud alad Eestis

Maa- vara	Maa- kond	Karjäär	2015. aastal	Ala, km ²
Põlevkivi	Ida-Viru	Aidu, endine Oktoobri (nr 3)	Korrastatud	21
		Kohtla	Korrastatud	3,2
		Küttejõu	Hüljatud	1,2
		Narva, endine nr 2	Töötab	25
		Pavandu	Korrastatud	0,7
		Sirgala, endine nr 1	Narva osa, suures osas	33
		Viivikonna	Narva osa	33
	Lään- e- Viru	Vanamõisa	Hüljatud	0,03
		Ubja	Suletud	0,4
Fos- foriit	Har- ju	Maardu	Korrastatud / h üljatud	12
KOKKU				130

Aidu karjääri koosseisu kuulus ka endine Kohtla kae-
vanduse Vanaküla karjäär.

Tabel_1.4 Peamised nõuded vaalkaevandamisega am-
mendatud kaevevälja korrastamisel

Maa sihtotstarve	Nõuded
Metsamaa	Siluda, koristada kivid; silutud pinna ülemine, 0,5 m paksune kiht peab sisaldama peenest (terasuurus < mm) vähemalt 25% (massi järgi) ega tohi sisaldada kive (läbimõõt > 0 mm) enam kui 40 % Maa lainete nõlvnurk <8° Nõlvnurk looduslikul rohumaal (kaevikute nõlvadel) <18° Põhjavee tase >0,7 m maapinnast
Haritav maa	Siluda, lasta vajuda, tasandada, siluda, uuesti koristada kivid, katta 0,4...0,6 m paksuse mullakihiga, lõplikult siluda; mullaalusele silutud pinnale kehtivad samad nõuded mis metsastamiselgi (vaata eelmisi) Põllumaa lainete nõlvnurk <3° Vältida äravooluta sulglohke Põhjavee tase >1 m allpool maapinda
Veekogu	Vastavalt aukkaevandamise nõuetele
Ehitusmaa	Vastavalt konkreetsetele nõuetele

Korrastamise nõuded on ranged ja põhjalikud, sest kümnekond aastat tagasi kui nad lõplikult paika pandi, domineeris eestlaste mõtlemisviisis veel maaviljeluse prioriteet. See on üks põhjus, miks mullale on korrastamise nõuetes osutatud tunduvalt suuremat tähelepanu kui mistahes teisele maakoore elemendile. Seejärel näebki avakaevandamise tehnoloogia ette, et kõigepealt tuleb kaevandatavalt alalt ära koorida muld,

mida siis käideldakse sõltuvalt maa liigist, kaevandamise viisist ja korrastamistingimustest. Muld kas ladustatakse aunadesse, kus seda hooldatakse kuni haritava maa muldatamiseni või müüakse, kui karjäär metsastatakse või tehakse veekoguks.

Ühes varasemas korrastamist korraldavas normdokumendis oli lainelise reljeefiga metsamaa suurimaks nõlvanurgaks lubatud 10°. Tabel_ 1 .4 refereeritud juhendi esimese versioonis nõudsid metsamajanduse spetsialistid nõlvanurgaks 5°. Kompromissiks kujunes 8°. Looduskaitset reguleerivate normide üle kauplemise tava vääriskõne ajalehes Sirp ja Vasar huumoriküljel [Reinsalu, 1986].

Korrastatud maa kvaliteet sõltub erialainimeste ja järelevalveametnike teadmistest ning oskustest. Näiteks avakaevandamisega muudetud maa korrastamise juhendis on pistelise kontrolli kohta kehtestatud nõue, et nõlvanurkade, kihtide paksuse, materjali lõimise jt mõõdetud tulemused peavad vastama piirtingimustele 95 % tasemel. Puuduvad igasugused andmed selle nõude rakendamisest praktikas.

Võrreldes Eestis kehtivat kaevandatud alade korrastamise korda maailma praktikaga torkab kohe silma meie rangem reglementeeritus ja suunitlus anda kaevandatud ala tagasi mitte loodusele vaid maakasutajale, olgu see siis maa- või metsaviljeleja, ehitusettevõtja või kalastaja. Alles viimasel ajal on muutunud majanduse toel hakanud levima arvamus, et

kaevandatud alade loodustumine võib rikastada looduskeskkonda rohkem kui nende korrastamine

1.3. Allmaakaevandamise mõju

1.3.1. Altkaevandatud alad

Allmaamoodust on Eestis kasutatud kukersiitpõlevkivi⁹, fosforiidi, graptoliitargilliidi ja klaasiliiva kaevandamisel (Tabel_ 1 .5). Tabelis loetletud suletud kaevandustest on lahti murtud ja seetõttu üsna hõlpsalt külastatavad Ülgase, Piusa ning Aruküla koopad. Osa Kohtla ja Piusa kaevandustest on korraldatud turismiobjektiks. Mitmeid liivakivisse uuristatud koopaid¹⁰ peetakse kaevandusteks, näiteks Aruküla koopaid Tartus, aga ka Sänna ja Sõmerpalu koopaid Võrumaal ning Tamme ja Trepimäe urgusid Võrtsjärve ääres [Heinsalu, 1987]. Ülo Heinsalu andmeil on Kuke koopad Sindis uuristatud Pärnu jõe kaldasse veel pärast II maailmasõda Järvakandi klaasitehasele liiva tootmiseks. Allmaapaemurdu võis 20. saj alguses näha veel Paide Mündi murrus [Orviku, 1933].

⁹ Kuigi Eestis on kaks orgaanikat sisaldavat kivimit – kukersiit ja graptoliitargilliit, mõeldakse põlevkivi all ikka esimest. Mõistet kukersiit kasutatakse ainult rõhuasetuse ja eristamise huvides.

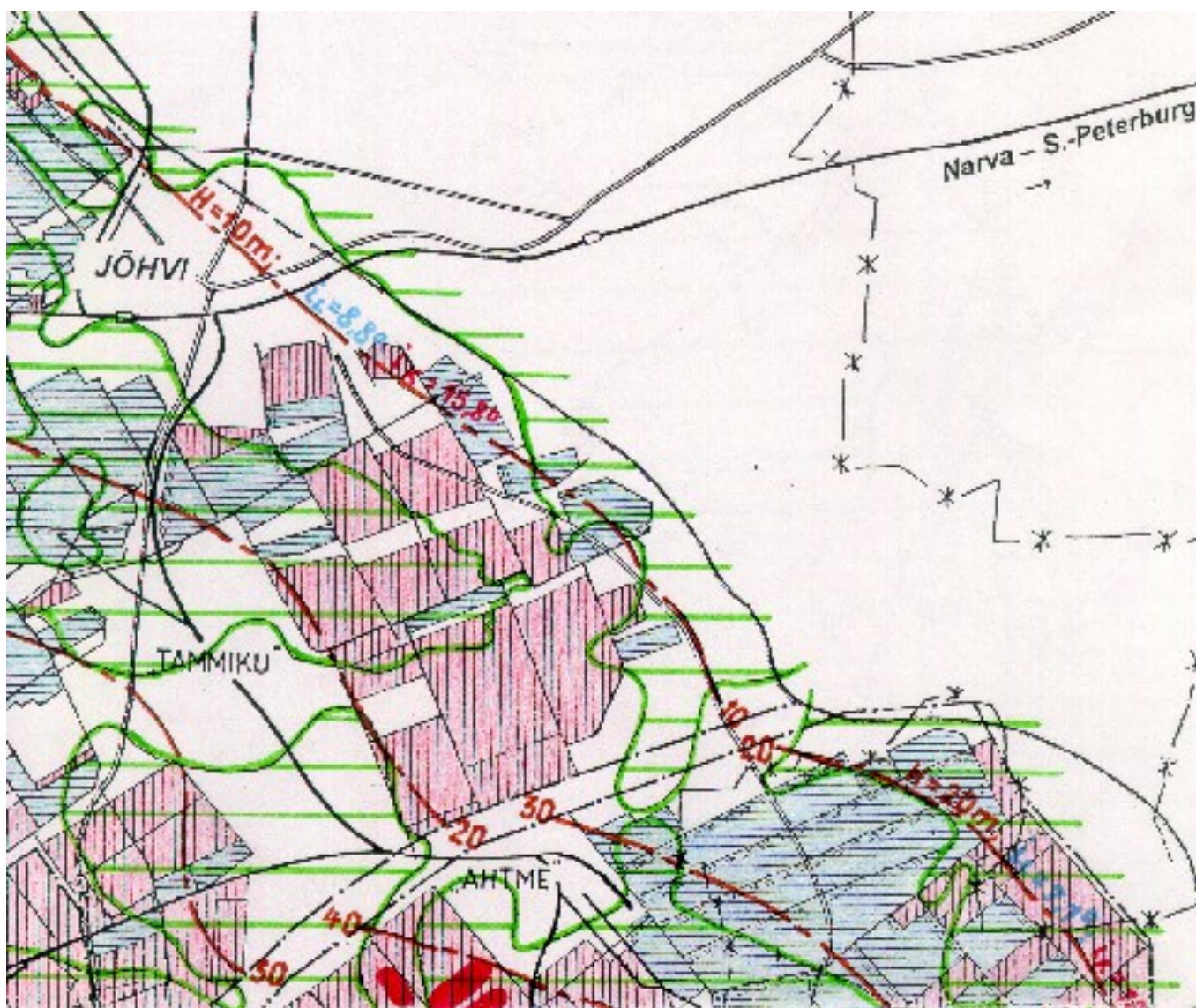
¹⁰ Koobas (*копи*) peaks üldjuhul tähendama allmaakaevandit, tehisõõnt; *копи* on vene keeles ajalooline pisikaevandus. Väikesed looduslikud moodustised võiksid olla urud, urked.

Tabel_1.5 Altkaevandatud alad Ida-Viru maakonnas

Maa- vara	Maa- kond	Kaevandus (koo- pad)	2015. aastal	Ala, km ²
Põlev- kivi	Ida- Viru	Estonia, end. nr 9	Töötab	53
		Ahtme, end. nr 10	Suletud	35
		Kiviõli & Küttejõu		29
		Kohtla, end. Gold Fields	Suletud, korrastatud	17
		Kukruse	Suletud	13
		Käva ja Käva 2		18
		Nr 2		12
		Nr 4		13
		Sompa, end. nr 6		27
		Tammiku, end. nr 8		40
		Viivikonna		0,5
		Viru, end.nr 7	28	
Savikivi		Sillamäe	Korrastatud	1,9
Põlevkivi	L-Viru	Ubja		1
Fosforiit	Harju	Ülgase		0,1
		Maardu		1,6
Liiva- kivi	Tartu	Aruküla	Hävimas	0,01
	Põlva	Piusa	Suletud, korrastatud	0,06
KOKKU				290

Savikivi – teadusliku nimega graptoliitargilliit, kaevanda-
tud uraani tootmiseks.

Põhjalikum teaduslik kokkuvõte põlevkivi allmaakaevandamise mõju uurimistulemustest ilmus 1999. a [Toomik]. A. Toomiku koostatud on ka põlevkivimaardla altkaevandatud maa muutuste prognooskaart, mille fragment on joonisel 1.7. Kaardile on kantud maa võimalike vajumislohkude peamiste parameetrite – sügavuse ja nõlvurga arvutuslikud väärtused, sõltuvalt kaevandamise viisist ja sügavusest (vt Joonis_ 2 .35).



Joonis_1.7 Fragment A. Toomiku käsikirjalisest prognooskaardist

Maapinna suurim vajumine on arvutatud valemiga [Toomik, Stembach, 1987]:

$$\eta_{max} = a \times m$$

ning vajunud ala perve nõlvanurk valemiga

$$i = \arcsin (a \times m / (0,15 \times H + 5))$$

kus:

a on vajumistegur, mis kamberkaevandamisel on 0,65 ja teiste kaevandamisviiside puhul 0,6;

m on kihindi väljatud paksus, m ja

H – kaevandamissügavus, m .

Kaarti koostades on püütud ennustada ka vajumislohkude veega täitumise võimalust sõltuvalt kvaternaarisetete paksusest

Kaardile on kantud ka varingaukude tekke poolest ohtlik ala kihindi avamusjoone lähedal. Kahjuks kiputakse prognoose valesti tõlgendama. Vajumite võimalikku suurimat sügavust käsitletakse kui maa lausvajumist. Nõlva kaldesse, mis on samas suurusjärgus maanteele lubatud tõusu ja langusega, suhtutakse tunduvalt valulisemalt kui mäeveeru kaldesse Lõuna-Eesti kuppelmaastiku haritaval maal. Sulglohkude veega täitumise võimalust trakteeritakse laussoostumisena, andmata võimalust mõttele, et soostumise puhul on oluline kvaternaarisette tüüp, mitte paksus. Pealegi, altkaevandatud maa ei ole tekkinud mitte ühe või teise kaevandamisviisi lauskasutuse tulemusel. Mistahes kaevandamisviisi kasutatakse käikude ja tervikutega piiritletud plokkides, lankides ja paneelides, mis tekitab omaduste ja stabiilsuse poolest erinevaid maa tüüpe. Erineva stabiilsusega alade suurus ja jaotus põlevkivi allmaakaevandamisel on vt Tabel_ 1 .5 [Valgma, 1999, I]. Maa stabiilsuse klassifikatsioon [Toomik, 1998] vt Tabel_ 1 .7

Tabel_1.6 Põlevkivi allmaakaevandamisega käideldud alade jaotus, km² ja %

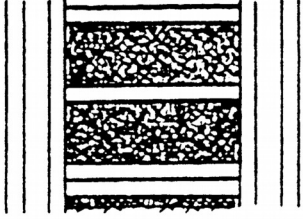
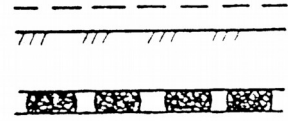
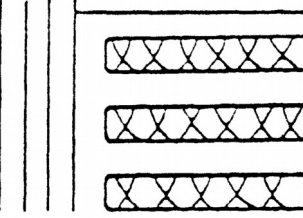
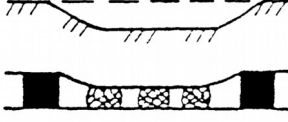
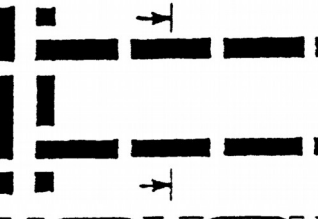
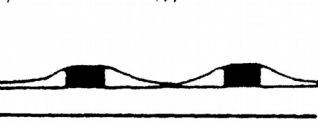
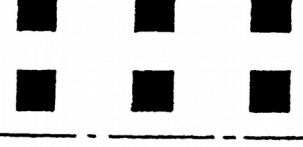
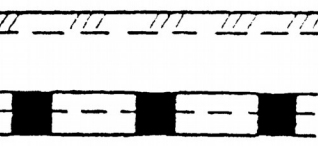
[Valgma, 1999, I]

Kaevandused:	Kaevanduse väli	Kaevandatud ala		Kaevandamata ala	Vajunud ala**		Püsiv ala*				Varisenud ala**	Ebapüsiv ala***		
					Käsi-laavad	Käsi-kambrid	Rikked	Hoide-tervikud	Maha kantud varu	Varin-gud		Kombai-ni-laavad	Strekid ja küsi-tav ala	Kambrid
Estonia	141,1	52,4	37%	88,7	63%	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	0,70	0,0	8,9	39,5
Ahtme	43,3	34,7	80%	8,6	20%	6,3	0,1	0,1	1,5	0,0	1,64	0,5	9,1	17,2
Kohtla	18,3	16,9	92%	1,5	8%	3,8	1,4	0,1	1,4	0,0	0,00	6,4	3,2	0,6
Sompa	33,6	26,7	79%	7,0	21%	12,7	0,1	0,3	1,2	2,0	0,00	3,5	5,0	1,9
Tammiku	40,0	39,6	99%	0,4	1%	4,4	0,0	2,4	8,7	0,0	0,00	2,7	9,6	11,8
Viru	41,7	28,1	67%	13,6	33%	0,0	0,0	3,4	1,6	0,3	0,76	0,0	7,0	15,7
Kaevandus 2 (Jõhvi)	12,3	12,3	100%	0,0	0%	6,8	0,0	0,1	1,0	0,7	0,00	0,0	2,0	1,7
Kaevandus 4	12,7	12,7	100%	0,0	0%	7,7	0,0	0,0	0,6	0,0	0,00	0,9	2,3	1,1
Kiviõli & Küttejõud	28,9	28,9	100%	0,0	0%	14,9	6,6	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	6,0	1,5
Kukruse	13,2	13,2	100%	0,0	0%	6,3	3,5	0,2	0,4	1,1	0,00	0,0	1,4	0,3
Käva	18,0	18,0	100%	0,0	0%	9,1	3,7	0,0	0,4	1,1	0,00	0,0	3,0	0,7
KOKKU	403	283	70%	120	30%	72	15	7	18	8	3	14	57,6	91,9

Veidi hiljem kasutusele tulevad mõisteid:

* Püsiv maa ; ** Langetatud maa; *** Stabiilne ja kvaasistabiilne maa, sõltuvalt sügavusest

Tabel_1.7 Lae käitlemise ja altkaevandatud maa seisundi klassifikatsioon
[Toomik, 2000]

Kaevandamisviis, mõju maapinnale, viide joonisele	Plaan ja lõige	Sügavus m	Väljamispaksus, m	Maa vajumine, m	Nõlvaknurk, °
Paarisstrekidega ehk ruumtervikkaevandamine, nn käsikambrid, lagi toetub täitematerjalile		12...15	2,5	0,7	2...3
Vaevu märgatav vajumine (Joonis_ 1 . 8)					
Paarilaavadega kaevandamine, nn käsilaavad, lagi toetub täiteribadele		12...44	2,5	0,9	2...4
Märgatav vajumine ja sulglohud * (Joonis_ 1 .9)					
Kombainkaevandamine, lagi varistatakse		10...55	1,5	1,0	4...7
Vajumine ja sulglohud					
Kambritega kaevandamine, lagi toetub tervikutele		20...60	2,8	0,025 või 1,5 **	4-6**
Maa püsib, kuid võib kohati vajuda; siis tekivad sulglohud (Joonis_ 1 .11)					

* Sulglohud on vajumid (vajumislohud, mollid), millest puudub vee väljavool.

** Kambrilokki varingu korral



Joonis_1.8 Maa käsitsi kaevandatud ja täidetud koristuslankide kohal Ülgasel.

E. Reinsalu foto, 12.05.2004; X 6595013; Y 561569

Kihi paksus alla 1 m, lagi monoliitne, kaevandatud ala täideti tihedalt. Tänu sellele ei ole vajumine märgatav.



Joonis_1.9 Maa põlevkivimaardlas käsilaavadega kaevandatud alal.

Kihi paksus üle 2,2 m ja kaevandatud ala täideti osaliselt. Maa vajumine on märgatav.

E. Reinsalu foto, 10.05.2006; X 6588207; Y 690197



Joonis_1.10 Kõrgete kombainilaavadega kaevandatud ala Kohtla põlevkivikaevanduse mäeeraldise lõunaosa. Kihi paksus 2,2 m, lagi varistati.

E. Reinsalu foto, 8.06.2006, X 6579244; Y 682040.



Joonis_1.11 Veega täitunud sulglohk raba all Viru põlevkivikaevanduse varisenud kambriploki kohal.

Kihi paksus kohal 2,8 m.

Maa-Amet, Geoportaal, aprill 2015; X 6576288; Y 687743

Edasises kasutame altkaevandatud maa puhul järgmist jaotust:

Püsiv maa

paikneb kaevanduse mäeeraldisel, kuid maavara selle all on jäänud või jääb väljamata. Püsiv maa seisab tervikul, mis teatavasti on mäetöödest puutumata maapõue osa mida ümbritsevad kaeveõõned. Kui tervik jäeti mõne rajatise nagu hoone, tee, puurkaevu või kaitstava loodus- või muinsusobjekti või ka kõlviku hoidmiseks, on tegu hoidetervikuga. Samuti on võimalik, et maavara osutus seal kaevandamiskõlbmatuks ja jäeti väljamata. See on tavaline maapõue geoloogilise häire kohal ja sel juhul on tegu jääktervikuga. Püsival maal ei teki kaevandamise ajal allmaakaevõõnte lae käitlemisest tulenevat maa liikumist. Lõhketöödest ja pinnase kuivenemisest tulenev mõningane maa liikumine on võimalik. Kui selle maa all ei hakata kaevandama, siis ei vaju see maa mitte kunagi. Kaevandama hakkamiseks tuleb aga taotleda uus kaevandamisluba, mis eeldab kooskõlastamist maa kasutajaga. Peab ka teadma, et püsiva maa pindala on väiksem kui selle all oleva terviku pindala, selle määramiseks põlevkivi kaevandamise puhul on vastav metoodika [Allmaakaevandamisel..., 1997].

Langetatud maa

tekib alal, kus kaevandamisel ei jäetud tervikuid või kui jäeti, siis nii lühiealisi, et nad purunesid kaevandamise ajal. Langetatud maa olek võib olla mitmesugune. See sõltub lae käitlemise viisist, väljatud lasundi paksusest ja laekivimite ehk lasumi kooslusest (näited põlevkivi kaevandamisel vt Tabel_ 1 .7). Langetatud maa mikroreljeef sõltub:

- täitmisel – täitematerjali hulgast ja töö kvaliteedist -

mida vähem täitematerjali kasutati ja mida lohakamalt see laoti, seda nähtavamad on kaevandamise ilmingud

- lasundi ja lasumi paksuse suhtest – mida suurem see on, seda sügavamad ja järsemate pervedega vajumislohud tekivad
- lasumi kooslusest – mida pudedam on vahetu lagi, seda rohkem täitub väljatud ruum ja seda väiksemad on ilmingud maapinnal; mida jäigem on põhilagi, seda suurem ala võib jääda seisma tervikutele

Põlevkivimaardlas on mitmesugust langetatud maad, näiteks:

- käsilaavade ja –kambrite alad, kus kaeveõõsi osaliselt täideti – Ahtme kaevanduse idatiib, peaaegu kogu Kiviõli & Küttejõu, Kukruse, Käva, Ubja ja Viivikonna kaevandusväli, suur osa Kohtla, Sompa ning kaevanduste nr 2 ja nr 4 väljadest
- kombainilaavade ala, kus kihindi osalisel väljamisel kasutati madalat murdetoestikku – Ahtme, Kohtla, Sompa ja Tammiku kaeveväljadel
- üksikud kihindi laus- või kihtväljamise katselangid Ahtme, Estonia, Tammiku ja kaevandus nr 2 väljadel
- kambriplokkide katselise varistamise alad Ahtme kaeveväljal

Lae langetamist on kasutatud veel fosforiidi kaevandamisel Ülgasel ja Maardus ning graptoliitargilliidi kaevandamisel Sillamäel.

Langetatud maa vajub kaevandamise käigus. Vajumite sügavus ja pervede nõlvus võib olla mitmesugune. Madala lasumuse puhul on tehnogeenne mikroreljeef silmaga nähtav ja kaardistamisel mõõdetav (vt Joonis_1 .9, Joonis_1 .10). Juba 1946.a põlevkivimaardlas alustatud mõõtmised näitasid, et kui kaevandamis-

sügavus (maapinnast põlevkivikihi põhjani) on kuni 15 m, on lae vajumisel läbimurde iseloom ja maapinnal tekivad varingut kontuurivad praod [Allik, 1958]. Sellist vajumist nimetame varinguks. Samas tõdeti, et varingut ei toimu kui kaeveõõne laius on alla 17 m. NSVL ettevõtte Sojusmarkštrest 1949...1950. a. mõõtmistulemusi tsiteerides märgib Anatoli Allik, et 30...36 m sügavusel kaevandades ei teki langetatud maal pragusid ja vajumise kiirus, mis esimese pooleteise tunni vältel on 30 mm/h, väheneb kolme kuu jooksul olematuks. Suurimad, kuni paari meetri sügavused, üldsust eriti ärritanud vajumid tekkisid põlevkivimaardlas siis kui katsetati põlevkivikihi lausväljamist. Neid katsed tehti peamiselt selleks, et vähendada maavara kadu, mille suurus (25...30 % põlevkivi varust) samuti üldsust ärritas. Katsetööde tähtsaimaks tulemuseks oli maavara kao ja maa kao vahelise seose tunnetamine ning suhte määramine. Langetatud maa vajumine on märkamatu Ülgase fosforiidikaevanduse peal (vt Joonis_ 1 .8). Seal väljati lasundit minimaalselt ja kasutati kaeveõõnte osalist täitmist käikude rajamisest saadud liivaga. Pealegi, pude vahetu lagi täitis väljatud ala ja käikude hoidetervikutele toetuv jäik põhilagi moodustas kandva plaadi.

Langetatud maal võib esineda väiksemat maa järel- ja hilisvajumist¹¹. Sellisele maale on ehitud ajutisi rajatisi ja kergeid hooneid Maardu, Käva, Viivikonna jt vanade kaevandusasumite aiandusmaadel. Valdavalt on tegemist tagasihoidlike, ehituseeskirju ignoreerivate kogukondadega, kust vajumisnähtude kohta eriti palju avalikkuse ette ei tule.

11 Järelvajumisest ja -varingust räägime kui need toimuvad peatselt pärast kaevandamist, kuid kaevanduse töö ajal; hilisnähtud - hilisvajumine ja -varing ilmnevad hiljem, pärast kaevanduse sulgemist või hülgamist.

Stabiilne maa

tekib kui väljatakse vaid osa maavara või kivimit. Juhul kui maa alla on jäetud tervikud, on stabiilsuse kriteeriumiks nende tugevusvaru. Stabiilsuse teiseks tingimuseks on, et kaeveõõned on nii ahtad, et nad ei varise maapinnani. Stabiilne maa vajub kaevandamise ajal kuni paarkümmend millimeetrit. Võib esineda ka veidi väiksemat külgliikumist. Seejuures ei ole välistatud, et osa maa liikumisest tuleneb kuivenenud pinnakatte tihennemisest ja lõhketöid saatvatest seismilistest lainetest. Suure tõenäosusega stabiilne maa hiljem ei vaju.

Maa jääb stabiilseks käikude kohal kui nende hoidetervikud jäetakse alles, s.t neid ei väljasta kaevanduse sulgemise eel. Põlevkivikaevandustes tehtud uuringute alusel [Allik 1957, Toomik 1999] on püstitatud hüpotees, et maa jääb stabiilseks kui lasum käikude peal on paksem kui 10...12 m (Joonis_ 2 .27). Väiksema paksuse puhul on võimalikud järel- ja hilisvaringud ning maa kuulub juba järgmisena kirjeldatavasse kategooriasse. Fosforiidi- ja uraanikaevanduste väljadel pole meie andmeil sellekohaseid uuringuid tehtud ega hinnanguid antud, kuid meie 1998...2000. a vaatlused kinnitasid, et seda stabiilsuse kriteeriumi võib laiendada ka sinna. Midagi analoogilist võib märgata ka Piusa klaasiliivakaevanduste alal, kuid mistahes kriteeriumite seadmiseks liivakaevandustele puudub meil alus.

Tänaste teadmiste kohaselt on stabiilne see põlevkivi-maardla osa, kus kamberkaevandamist kasutati madalamal kui 35...40 m, s.t Käva, Tammiku ja kaevandus nr 2 väljal.

Kvaasistabiilne maa

tekib kui lae ja maa hoidmiseks ette nähtud tervikud, täi-

teriidad ja toestikuelemendid ei purune kaevandamise ajal, kuid see võib toimuda hiljem. Tänapäevaste teadmiste kohaselt on põlevkivimaardla maa kvaasistabiilne:

- kambritega kaevandatud alal kui kaevandamis-sügavus on suurem kui 35...40 m; selline on maa Ahtme kaevanduse läänetiiva ning kogu Estonia ja Viru kaevanduse väljal
- langetatud alal vajumismolli perve ja moldi ümbritseva püsiva või stabiilse maa vahel, eriti kaevelangi või -ploki alguses ja lõpus
- käikude peal kui lasum on õhem kui 10...12 m; sellist maad kohtab avamusjoone lähistel

Kvaasistabiilne ala käitub esialgu samuti kui stabiilne, kuid hiljem võib seal esineda maa vajumist ja varinguid. Tõenäosust, millega kvaasistabiilsel maal hilised vajumis- ja varingu nähud ilmnevad, ei oldud enne meie uuringuid üritatud hinnata. Samuti pole suudetud hinnata kõiki mõjureid, mis võivad soodustada maa hilist vajumist ja varisemist, samuti kui nende nähtuste iseloomu. Sellest tulenevalt hoiatame:

kaevandatud maa kvaasistabiilsus on üks peamistest altkaevandatud maaga seotud probleemidest

Selle probleemi juurde naaseme 3. peatükis.

1.3.2. Maakasutus- ja ehitustingimused altkaevandatud maal

Niisiis, altkaevandatud maa on mitmekesine. Sellest tulenevalt on mitmekesised ka altkaevandatud maa harimise ja sellele ehitamise tingimused. Ametlikult ei ole Eestis neid tingimusi kehtestatud. Ilmselt ei saagi seda üheselt teha ning iga konkreetse maatüki, kinnistu või ehitise puhul tuleb lähtuda maapõueseadusest ja selle normdokumentidest. Kasutada tuleks võimalikult täpset mäetööde plaani ning soovitatavalt ka meie poolt järgnevas toodud soovitusi.

Tabel_1.8 Maakasutus- ja ehitustingimused ning -piirangud altkaevandatud maal

Maa tüüp	Hoonete ja rajatiste ehitamine	Põllu- ja metsamajanduslik maaviljelus
Püsiv	Piirangud puuduvad	
Stabiilne	Võib rajada kergeid ehitisi	Piirangud puuduvad
Langevad	Tuleb silmas pidada maa hilise vajumise võimalikkust ja suurust	Tuleb silmas pidada võimalikku niiskuserežiimi muutumist, eriti kvaternaarisetete ebasoodsa koosluse puhul
Kvaasistabiilne	Ehitamine on üldiselt keelatud, lubatav vaid erandkorras, geotehnilise ekspertiisi läbinud projekti alusel	Tuleb arvestada kultuuride hävimise riskiga, eriti kvaternaarisetete ebasoodsa koosluse puhul

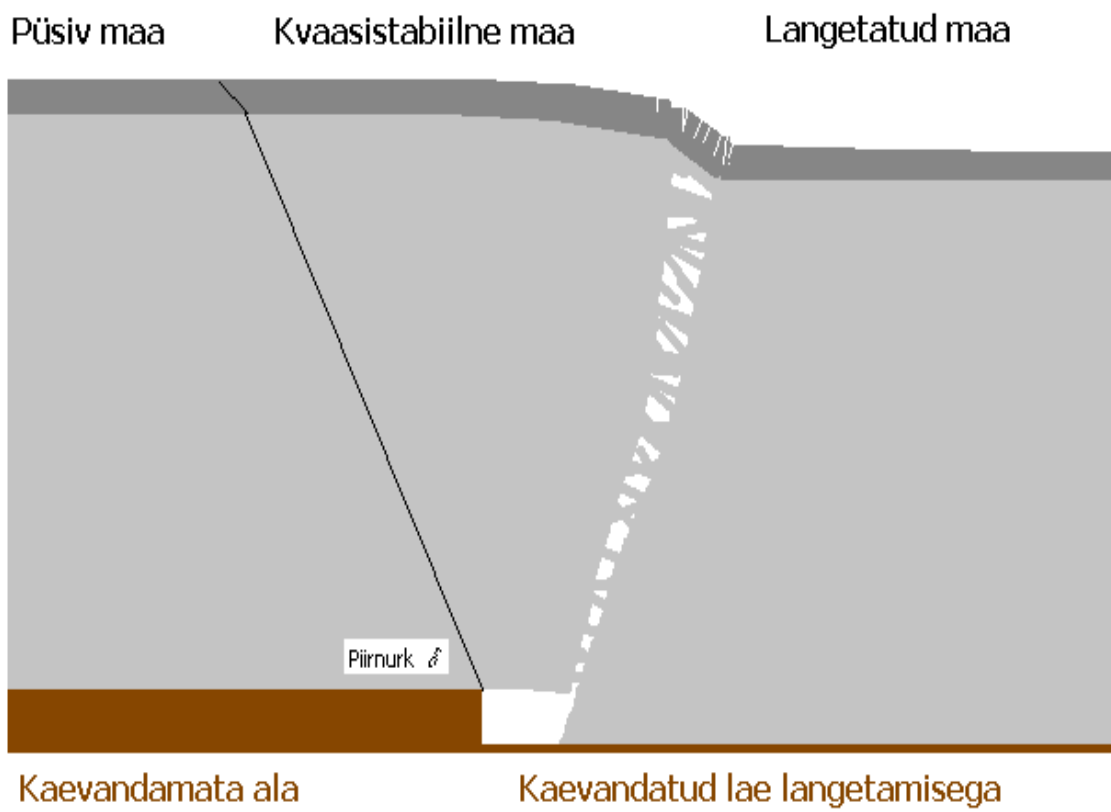
Altkaevandatud maa harimis- ja ehitustingimuste hin-

damine pole lihtne. Isegi ühe kinnistu piires võib maa olek olla väga mitmekesine – geotehnilised parameetrid sõltuvad sellest, milliseid kaevandamisviise kasutati, kuidas kaeveõõned paiknevad, kui sügaval nad on, millised on lasumi pehme ja kaljuse osa kivimid, nende suhe jne.¹²

Piirnurk δ , mis määrab püsiva ja stabiilse maa piiri, on kaljuses katendis 60° ja pinnakattes 50° [Allmaakaevandamisel..., 1997]. Rebenemisnurk, mis määrab joonistel 1.12 ja 1.13 esitatud juhtumil kvaasistabiilse ala laiuse vajumismolli suunas, on põlevkivimaardlas vastavalt 70° ja 50° (vt ka Joonis_Joonis_ 2 .35).

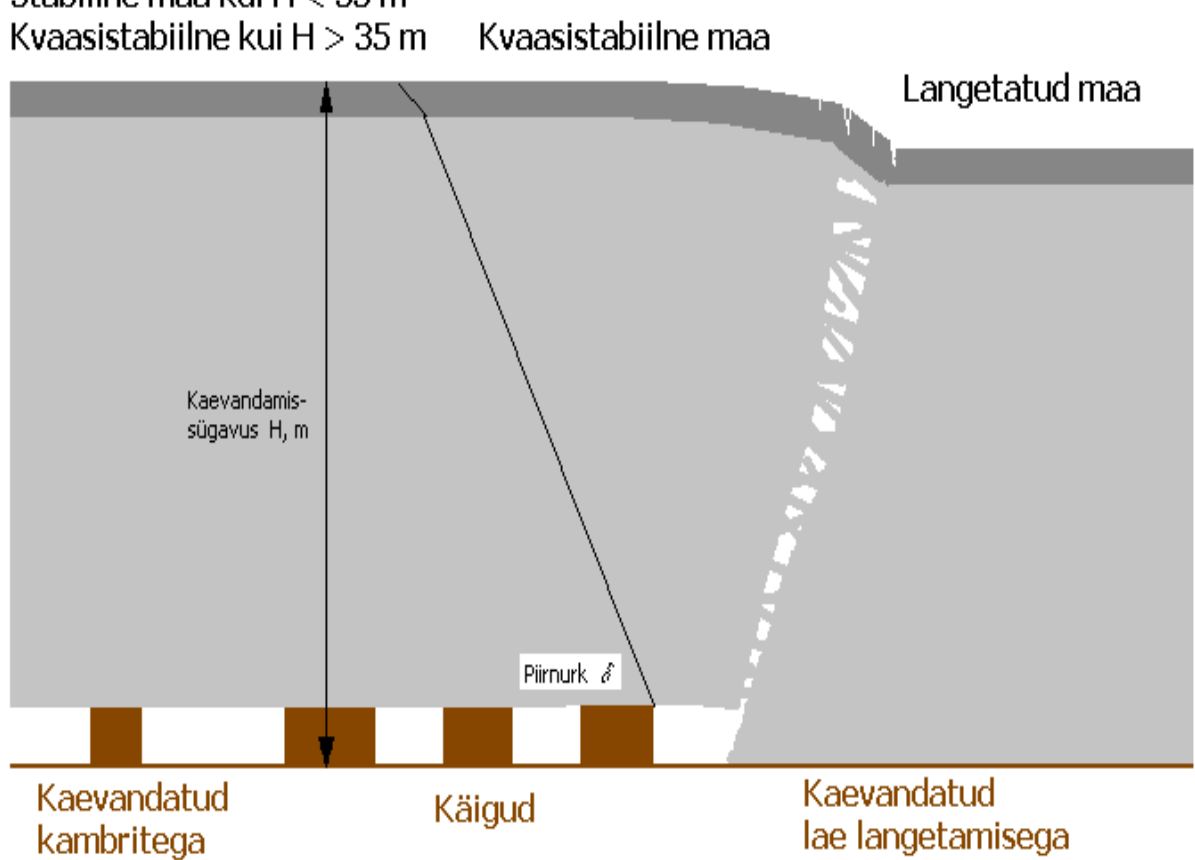
Kaevandatud ja kaevandamata ala vahelise konsoolse lae alumine mõõde sõltub sellest, kas tegemist on kaevelangi alguse, külje või lõpuga. Viimasel juhul veel sellestki, kui võrd langi lõpp langes kokku just sellele kohale omase varingusammuga, mis sõltub lasumi ehitusest. Lõpuks sõltub rippuva ala laius veel sellestki, kuidas kaevelank oli orienteeritud lõhelisuse suhtes. Seepärast saab kinnistu maakasutus- ja ehitustingimusi konkretiseerida vaid detailse mäetööde plaani ja geoloogilise andmestiku abil, kusjuures töö tegijal peavad olema piisavad teadmised mäetööst ja geotehnikast. Kaevandatud maa mitmekesisust illustreerime fragmendiga Kohtla kaevandusvälja lõunaosa maa mosaiiksusest.

¹² Mõned olukorra keerukust illustreerivad skeemid vt Joonis_ 2 .35 ja Joonis_ 2 .36.



Joonis_1.12 Püsiv, kvaasistabiilne ja langetatud maa laavade ja terviku piiril.

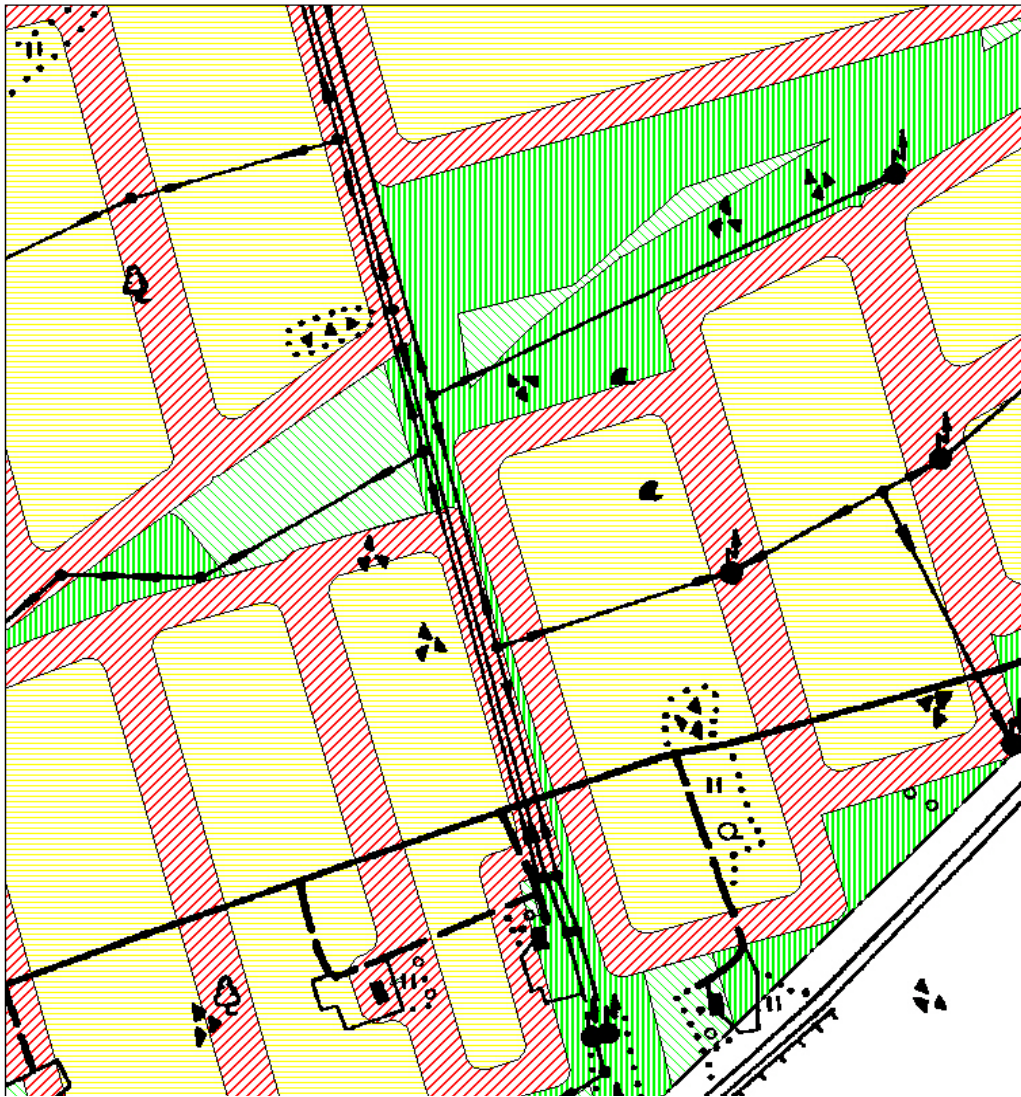
Stabiilne maa kui $H < 35$ m
 Kvaasistabiilne kui $H > 35$ m



Joonis_1.13 Stabiilne, kvaasistabiilne ja langetatud maa kahe erineva kaevandamisviisiga käideldud kaavelankide piiril.

Üldiselt on põlevkivimaardlas kahte tüüpi kaevandatud maad:

- Langetatud ja stabiilne/kvaasistabiilne maa kombineeritult. Suurem osa langetatud maast esineb ristkülikukujuliste tükkidena (100...200 × 500...800 m) ja vaheldub tervikutele toetuva stabiilse ning seda ääristava kvaasistabiilse maaga. Stabiilne maa piiritleb langetatud maad peenrakujuliste kõrgendike-na, nn lavapeenardena. Seda võib nimetada ka vahvelmaaks.
- Kvaasistabiilne ja stabiilne maa kombineeritult. Esineb üksikuid vajumislohke ja neid võib tekkida juurde. Nende tekkimise koht, aeg ega suurus ei ole ennustatavad.



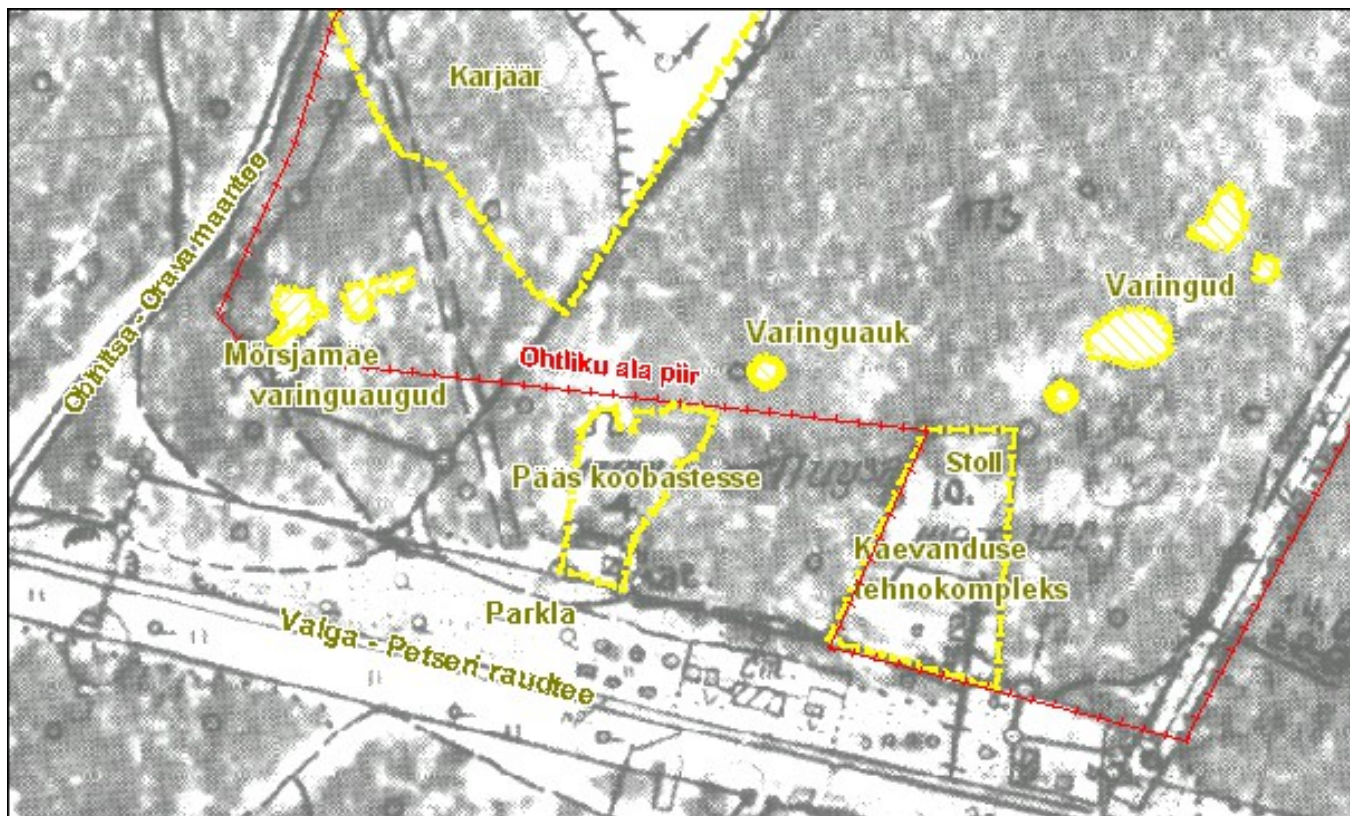
Joonis_1.14 Maa olek Kohtla kaevandusvälja lõunaosas

Väljamata jäänud karstivööndite ja hoonete hoidetervikute peal on püsiv maa, mis on tähistatud helerohelise viirutusega. Stabiilne maa (tumeroheline viirutus) on kambriplokkide ja käikude laiade hoidetervikute kohal. Kvaasistabiilne maa (punasetriibuline viirutus) on langeatud alade piirimail. Langetatud maa (kollane viirutus) moodustub vajumislohkude põhjadest. Mustaga on kaardile kantud hooned, varemed, põõsastikud, teed, elektri-liinid, kraavid ja muud katastrikaardi tavalised asjad.

1.3.3. Lõuna-Eesti liivakoobaste alad

Tuntumad vanad klaasiliiva allmaakaevandused, Piusa koopad, asuvad Piusa raudteejaama juures Valga - Petseri raudteest põhja pool. Ü. Heinsalu [1987]

andmeil on Piusas kuni kaheksa hüljatud kaevandust, millest liiva on kaevandatud alates 1922. aastast.¹³ Allmaakaevandamine lõpetati Piusal 1966. aastal. Nelja suurema koobastiku paiknemine vt Joonis_ 1 .15.



Joonis_1.15 Piusa koopad. punasega on piiritletud ala, kus külatajat ohustavad varingud

Piusa koopad on tüüpilised kambristikud, ristuvate käikude (galeriide) süsteemid. Käike eraldavad põhilae hoidmiseks jäetud sammastervikud (Joonis_ 1 .16). Kuus läänepoolset vanemat kaevandust on üsna väikesed, kus käikude pikkus ulatub vaid mõnekümne meetrini. Ka kambrite laius ja kõrgus pole suur, enamasti 2...3 m. Kaks suuremat, raudteejaama juures paiknevat kaevandust on kõrgete käikude ja sammastega. Neis alustati liiva kaevandamist ülemistest kihtidest ja mindi põranda järkamisega allapoole, mille tulemusena moodustusidki kuni 10 m kõrgused kambrid. Eriti ulatuslik on nn suure koopa kambristik, kus käike on sadu meetreid. Allmaakaevandamise lõpetamisel püüti stolle ja avasid sulgeda,

¹³ Mõningatel suulistel andmetel juba enne I maailmasõda Irboska kipsitööstuse tarbeks.

s.h ka lõhkamise teel, mis liivakivi jaoks ei ole just hea moodus (vt Joonis_ 4 .79ja Joonis_ 4 .80). Seepärast käikude tõkestamine eriti hästi ei õnnestunud ja kaevanduse sulgemine ei toimunud eeskirja kohaselt. Koopad murti lahti ja suudmete varisemine jätkus. Kaevandatud alal on ohtlikke varinguauke (Joonis_ 1 .17).¹⁴

Tartu linna loodepiiril, Emajõe ürgoru põhjaveerul asub valgesse liivakivisse uuristatud Aruküla koobastik.¹⁵ Esiimesed teadaolevad kirjalikud andmed koobaste kohta pärinevad 19. saj kolmekümnendatest aastatest, misjärel neid on aeg-ajalt uuritud, mõõdetud ja kirjeldatud (Joonis_ 1 .18). Koopad on tuntud paleontoloogiliste leidude poolest, nahkhiirte elupaigana ja koopahuviliste külastuskohana. Enamik uurijatest peab koopaid inimtekkelisteks. Jagame seda arvamust ja loeme koopaid ajalooliste liivakaevanduste hulka kuuluvaks.



Joonis_1.16 Piusa kambristiku üks galeriidest

¹⁴ Tänaseks (2015) on ühest, nn Muuseumikoopast kujundatud turismiobjekt (vt 2.6)

¹⁵ Tartu linn, Aruküla tee 22. Looduskaitse all 1959. aastast

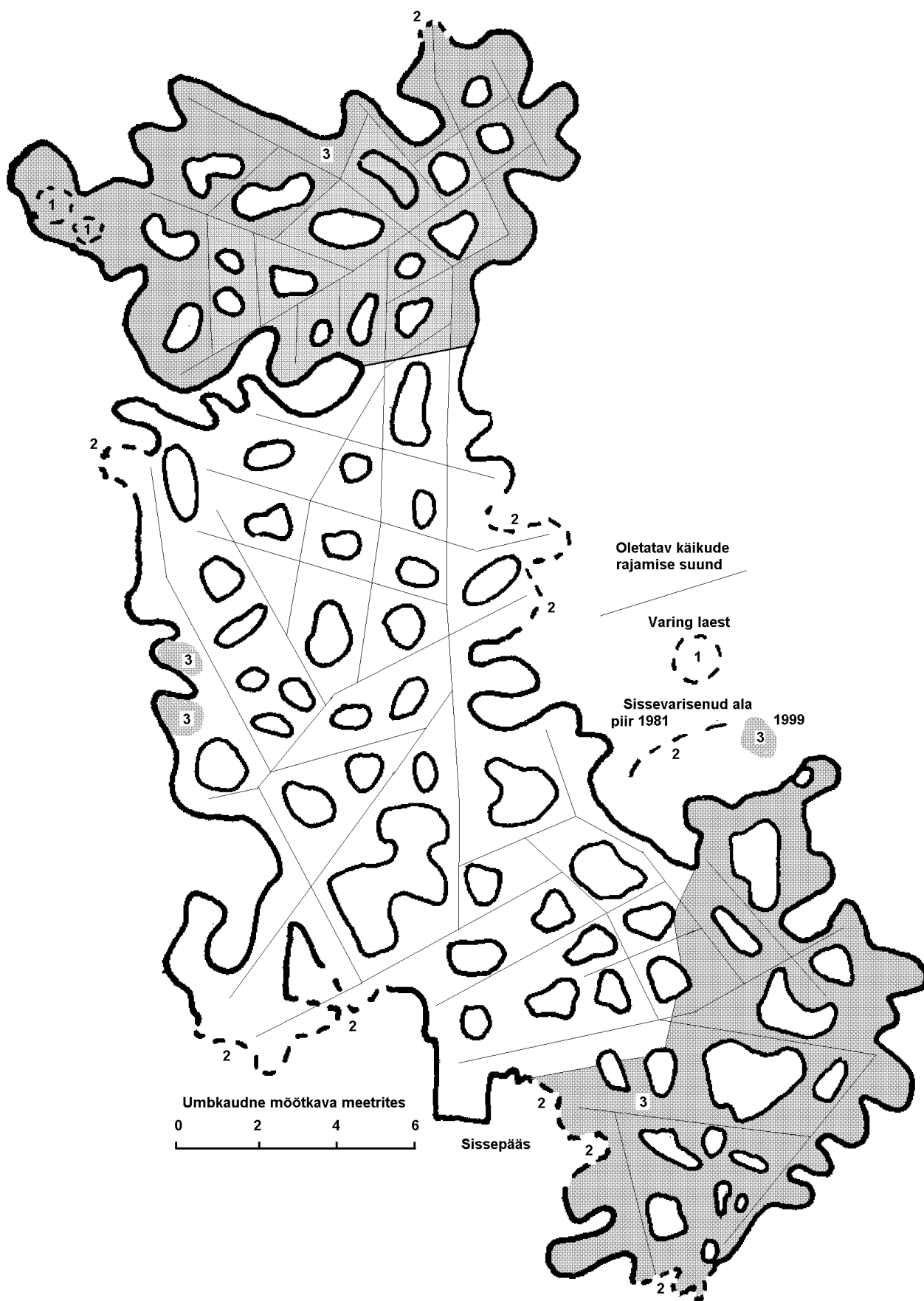
E. Reinsalu foto



Joonis_1.17 Piusa Muuseumikoopa varing.

E. Reinsalu foto 23.09 2010; X 6416999; Y 706263

Pildil – TTÜ mäeinstituudi töötajad koobastikku mõõtmäs.



Joonis_1.18 Ühe Aruküla koopa skeem

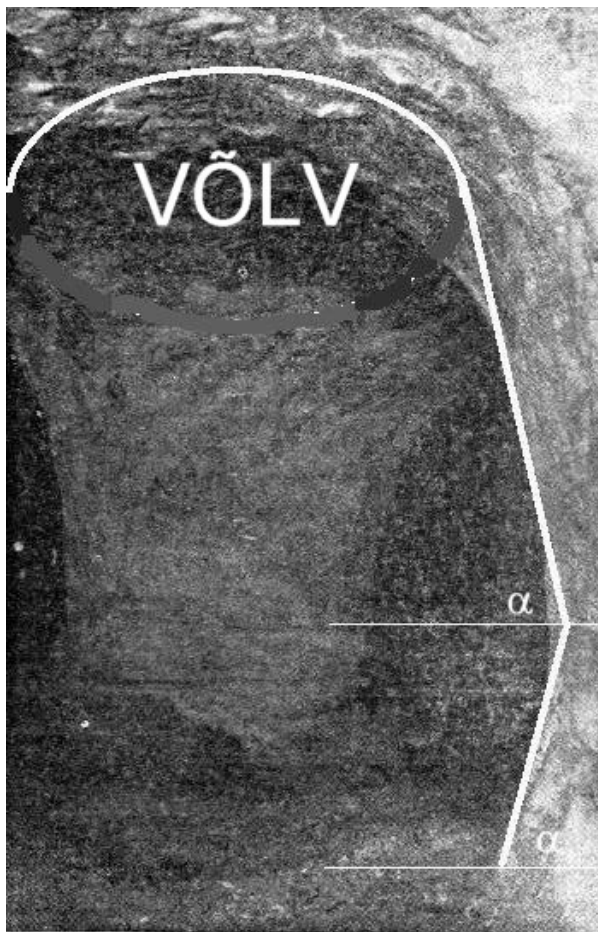
X 6476935; Y 658272

Joonistatud Ü. Heinsalu [1987] skeemi ja Anne Klees-
mendi ning Enn Pirruse 1999.a mõõdistamise alusel Aru-
küla koobaste käigud on rajatud heledasse liivakivvi

(Joonis_ 1 .19). Põrandaks on dolomiitmergel. Heleda liivakivi peal lasub tumedam, punane, pudedavõitu liivakivi. Laekihtide (lasumi) paksus on kuni 3...4 m.



Joonis_1.19 Aruküla koobas 2000. a.
E. Niitlaane foto



Joonis_1.20 Aruküla koobaste geotehnilised elemendid
Sammasterviku külg ja lae võlv on joonistatud E. Wittofi
fotole G. Wilbergi (Vilbaste) artiklist ajakirjas Kodu, 1921,
lk 250

Aruküla koobastiku käikude kõrgus on praegu 1...1,5 m, varem oli see suurem. 1844. aastal nägi prof dr Krause kuni 1,8 m kõrguseid käike. Käikude ristlõige on kergelt ovaalne. Tõenäoliselt oli see kujundatud juba kaevandamise ajal, sest ka Piusas rajati koopad vanasti just sellise kujuga (Joonis_ 1 .21). Võimalik ka, et sammastervikute talje on aja jooksul vähenenud mäerõhu, kulumise ja kuivamise tõttu.

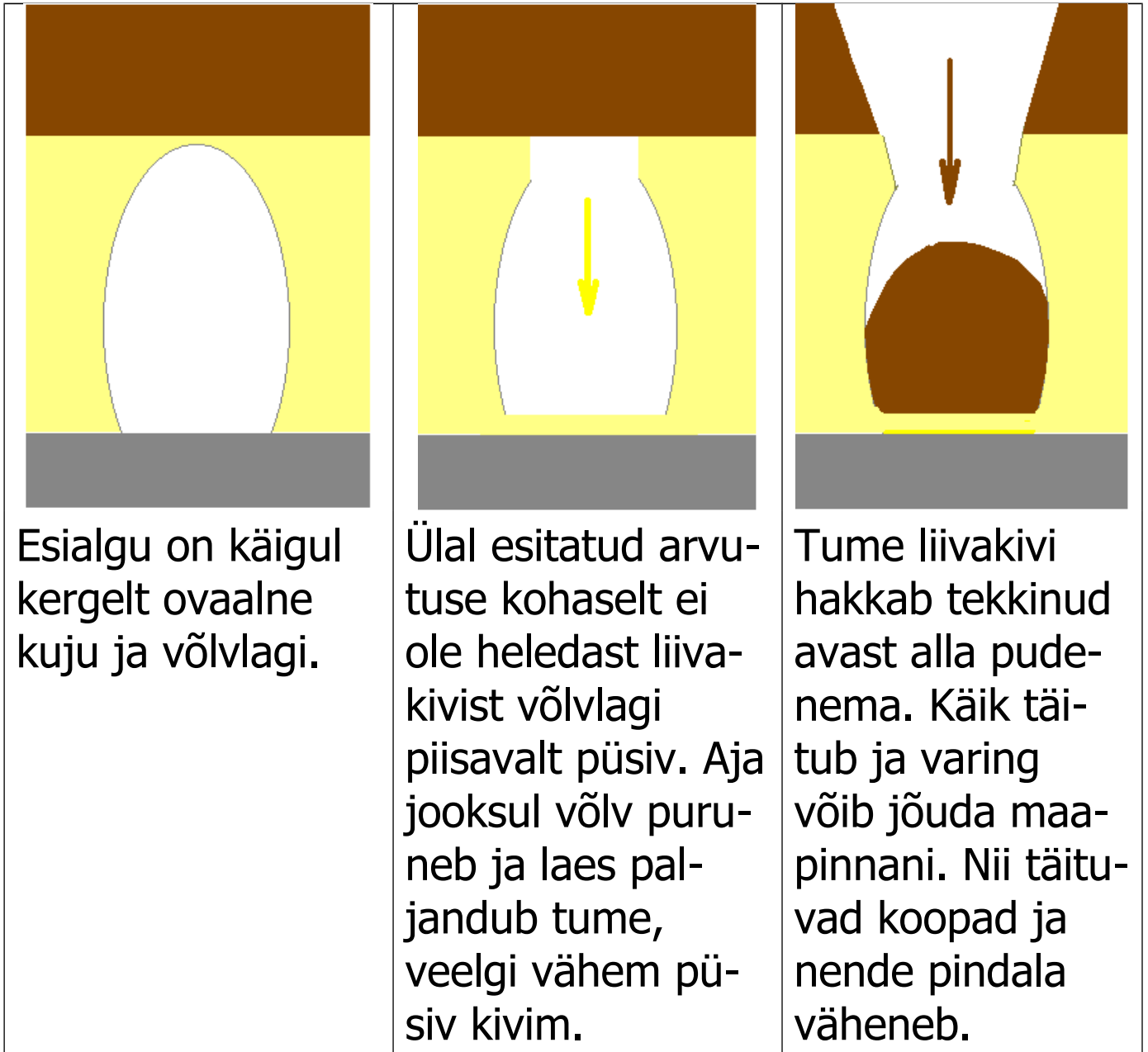
Joonis_ 1 .20 tähistab α tükikoonustest moodustuva sammasterviku iseloomulikku nurka, mis on vajalik sammaste mahu arvutamiseks. Võlvlaega maapõuekäigu lagi on püsiv kui võlvi kõrgus $b \geq a / f$, kus a on $1/2$ võlvi laiusest ja $f = tg \varphi$. Siin φ tähistab laekivimi sisehõõrdenurka, mis liivakivil on umbes 33° . Püsivusarvutuste kohaselt peaks võlvi kõrgus olema enam-vähem võrdne käigu laiusega. Kuna Aruküla koobastes see nii ei ole, on koobas geomehhaanika seisukohalt ebapüsiv.



Joonis_1.21 Piusa kaevanduste algaastad.

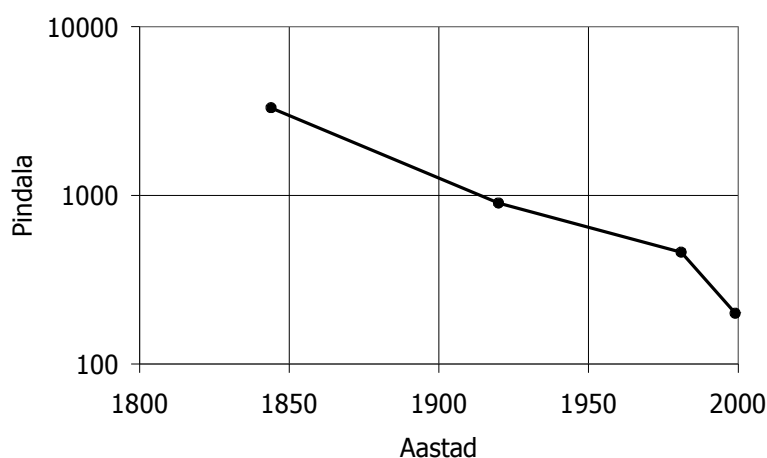
Repro K. Orviku raamatust Maavarad [1933], viitega koguteosele "Eesti. Maa, rahvas, kultuur". On üsna tavaline, et kaevurid jätavad väljatava kaevisse puhtuse ja lae püsi-

vuse huvides lasundi ülaosa väljamata. Ehk tehti nii ka Aruküla koobastes – jäeti lakke õhukene kiht heledat liivakivi. Üritame liivakivisse rajatud käigu kokkuvarisemist kirjeldada skeemiga (Joonis_ 1 .22).



Joonis_1.22 Liivakivisse rajatud käigu kadumise dünaamika.

Kui kirjeldada Aruküla koobaste kadumist matemaatiliselt, siis sobib selleks eksponentsiaalfunktsioon (Joonis_ 1 . 23). Teades, et viimastel aastakümnetel on koobaste varisemine intensiivistunud väliste mõjurite – lahtikaevamise, põllutöömashinade, autode ning lennukite tuleneva vibratsiooni mõjul, siis on mõistetav, miks graafiku lõpp langeb.



Joonis_1.23 Aruküla koobaste külastatava pindala (m²) vähenemine aja jooksul.

Lõuna-Eesti liivakaevandustes toimuvaid geomehhaanilisi protsesse on uuritud vaid Piusas, kus TTÜ mäeinstituut (TPI mäekateeder) tegi läinud sajandi seitsmekümnenadete aastate lõpul mõningaid mõõtmisi [...ammendatud..., 1978]. Püstitati oletus, et tervikute püsivus väheneb põhjavee taseme alanemise tõttu. Täheledati, et liivakivi vastupanu survele ja nihkele on suurem niiskelt, kuigi liivakivi savikate proovide survetugevus oli suurem kuivalt. Hinnati liivakivi anisotroopsust ja mõõdeti, et risti kihistust on kivimi survetugevus kuus korda kõrgem kui piki kihistust.

Üldiselt on Piusa koopad kõrgema võlviga ja tervikud on seal täpsemalt kujundatud ning paigutatud kui Arukülas. Seetõttu on Piusa käigud püsivamad kui Aruküla koobastik. Tähelepanekud näitavad, et Piusas võivad tekkida varingud kohtades, kus lagi on nõrk ja lasum õhukene, s.t seal, kus mäetöödega on mindud maapinnale liiga lähedale. Hoiatame:

Lõuna-Eesti liivakaevanduste pealne ala on kvaasistabiilne

1.3.4. Altkaevandatud alade rehabiliteerimise tehnoloogia Eestis puudub

... kuigi põlevkivimaardlas on tehtud palju vastavaid uuringuid [Reinsalu, Toomik, 1984, Toomik, 1999, Adamson, Toomik..., 2000]. Maapinnadeformatsioonide ulatus, tehiserljeefi liigendatus, maa stabiilsus ja kvaasistabiilsus ning muutused maade veerežiimis on kokkuvõtvalt ja ammendavalt esitatud kogumikus Põlevkivi kaevandamise ja töötlemise keskkonnamõjud Kirde-Eestis [Toomik, 1999]. Sealsamas on toodud ka maapinna deformatsioonidest põhjustatud mõjutuste hindamise metoodilised alused, kriteeriumid, kõlvikute taluvuspiirid ja muu vajalik. Nii on loodud alus allmaakaevandamisest mõjutatud maa hindamiseks ja kahjude ekspertiisideks.

Peale selle on uuringutes soovitatud:

- langetuslohkude korrastamist
- langetuslohkudesse koguneva vee laskmist kaevandusse (veelaset)
- lankkaevandamist purunevate langitervikutega või sootuks ilma nendeta.

Soovitustest on jõustunud on vaid osa [Allmaakavandamisel..., 1998]. Põlevkivikaevandustes valiti lihtsaim, kindlaim ja odavaim tee - järelmõju leevendamiseks hakati kasutama suuri tugitervikuid. Nii on välditud kambrite varingud ja maa vajumine kaevandamise ajal ning suure tõenäosusega ka tulevikus. Kui siiski tekib vajum, tuleb kaevandusel see korrastada siin viidatud normdokumendi kohaselt, mille soovitused ja nõuded lähtuvad pealmaa-töödega muudetud alade korrastamisjuhendist, näiteks:

19. Maa-ala (maatüki) omaniku või valdaja nõudmisel tuleb langetusnõgu korrastada (korrastada) kui maapinna vajumisel haritaval maal tekib langetusnõgu (sulglohk), mille nõlva kaldenurk ületab haritaval maal 3° (nõlvus suurem kui 5/100), metsamaal 8°

(1/7) ja looduslikul rohumaal 18° (1/3), samuti, kui vegetatsiooniperioodil tõuseb haritaval maal põhjavee tase kõrgemale kui 1 m sügavuseni maa pinnast või metsamaal kõrgemale kui 0,7 m sügavuseni langetusnõo madalaimast kohast. Nõlvus on langetusnõo sügavuse (langetusnõo nõlva kõrguse) ja langetusnõo nõlva laiuse jagatis.

20. Langetusnõo korrastamine, hoitava objekti¹⁶ või selle aluse ja ümbruse tugevdamine ning muud hoidemeetmed toimuvad kaevandamisloa valdaja kulul vastava projekti kohaselt. Projekti peab kooskõlastama hoitava objekti omanik või valdaja. Kui langetusnõo kuivendamisel kasutatakse veelaset või muid meetmeid, mis mõjutavad mäetöid või mäetööde lõpetamise tingimusi, peab nende kasutamine olema kooskõlastatud T(tehnilise) J(järelevalve) Inspektsiooniga.

Meil puudub igasugune teave nende sätete rakendamisest praktikas. Kuigi kord kehtib kõigis maardlates, saab seda kasutada vaid tegutsevate põlevkivikaevanduste mõju leevendamisel, sest vastavalt viidatud korrale:

30. Objektile tehtud kahjustused loetakse tuvastatuks aktiga, mis koostatakse hiljemalt üks aasta peale objekti all tehtud mäetööde lõppu. Akti koostab kõiki osapooli rahuldav hindamiskomisjon ja selle alusel korraldatakse kahjude hüvitamine.

31. Objekti omanikul on õigus kuni kaevanduse sulgemiseni esitada pretensioone kahjude kohta, mis on tekitatud mäetööde järelmõjust.

Märgime, et see peaks piisava selgusega näitama, kuidas kehtiva seadusandluse kohaselt

mäetööstur on kohustatud korvama ainult mäetööde kohesest mõjust tekkinud kahju.

¹⁶ Objekt on viidatud normdokumendi mõistes ehitise, kõlviku või loodusobjektina, mida mäetöö mõjutab.

2. HILISED KAEVANDAMISJÄRGSED NÄHTUSED JA PROTSESSID

2.1. Tavalised nähtused

Kõikjal, kus maavara on kaevandatud, esineb pärast mäetöö lõppu moodustisi, mis pälvivad tähelepanu ja mõnikord osutuvad ka ebasoovitavateks. Enamasti on tegu stiihiliste nähtustega, s.t mäetööde hilist mõju ei olnud ette näha. Veel tuleb ette selliseid asju, mille on esile kutsunud kaevandatud ala omapära ignoreeriv ja/või võhiklik tegevus. On ka selliseid hiliseid nähtuseid ja protsesse, mida tekitatakse teadlikult ja sihipäraselt.

Stiihiliste nähtuste seas on tavalised:

- maa liikumine – vajumine, nihkumine, varisemine
- põhja-, pinna- ja pinnasevee loodusliku oleku väärastumine – uute veekihtide teke, põhjavee taseme, vee voolusuundade ning -sängide, vee komponentide sisalduse (kemismi) muutumine, tehnogeensete allikate (väljavoolude) ilmumine
- maa soojenemine ja allmaapõlengud
- tehnogeensed gaasiilmingud – gaasieritus ja -pursked
- elukeskkonna, nii inimasustuse kui ka taime- ja loomakoosluse muutumine

Teadmatusest esile kutsutud nähtuste seas on valdavad:

- ehitiste ja inimtegevuse (liikluse, veekasutuse) koorumustest esile kutsutud maa ja vee liikumine
- kaevandamise järel rahunenud maa (altkaevandatud, korrastatud või loodustunud ala) oleku muutmine, näiteks väljakujunenud vee- ja niiskuserežiimi järjekordne muutmine, allmaapõlengute avamine jms.

Sihipärane tegevus võib olla:

- heatahtlik või heauskne - allmaarajatiste kasutamine turismiobjektina, laona, varjendina, tootmisrajatise-na, nende jätmine või kohandamine loodusobjektiks
- pahatahtlik ja lubamatu - ammendatud kaevanduse ja hüljatud allmaarajatise (s.h militaarobjektide) kasutamine reovee suublaks, jäätmete peitmiseks

Maa liikumine

jätkub kogu altkaevandatud alal. Valdavalt on see märkamatu ega avalda mõju metsa- ja põlumajandusele. See võib aga muutuda märgatavaks kui maa liikumist ergutab inimtegevus. Nii on Tallinn-Narva maantee mitu korda vajunud ja remonti vajanud Kukrusel suletud kaevanduse stollide kohal (X 6589480; Y689529)¹⁷. Ilmselt on seal vajumist kiirendanud liikluskoormus. Vajumist täheldatakse ka Kohtla-Järvel Käva kaevanduse väljale ehitatud eksperimentaalsetes korruselamutes (X 6589107; Y 687233). See on põhjustatud täiteribade tihenemisest maa all. Pidevalt tekib varinguaukusid Piusa ja Aruküla liivakoobaste peal. Seal on ennekõike süüdi inimene, kes koopasse tungimiseks on lõhkunud ukсед ja tõkked.

Vee oleku muutumine

on avaldunud mitmeti. Kui suleti Käva kaevandus, tõusis Kohtla-Järve vanas linnaosas põhjavee tase. Vesi hakkas kahjustama ammendatud Pavandu karjääri põhja (vt Joonis_ 1 .6) ehitatud elamute ja kooli keldreid. Kõikjal, kus kaevandati põhjavee tasemest madalamal, on tekkinud tehnogeenseid allikaid – suletud kaevanduste vee väljavoolusid, mis määravad nüüd vee taseme uppunud kaevanduses (vt Joonis_ 1 .21 ja Joonis_ 2 .45).

Uppunud kaevandus kujutab endast kõrge filtratsioonivõimega mahukat veekihti. Esmakordselt püüti hinnata su-

¹⁷ Viimane juhtum oli mainitud sissejuhatuses

letud kaevanduste vee kogust 1980. aastal [Reinsalu jt. Seejuures võeti arvesse vee tase ja kasutusel olnud kaevandamistehnoloogiatele omane tühemike maht kaevandustes. Siis oli suletud kaevandustes umbes 25 mln m³ vett. Praegu, kui enamik kaevandusi on suletud, on vaba allmaavett palju rohkem. Sulgemisjärgsel ajal oli uppunud kaevanduste vesi tugevalt saastunud. Kukruse ja kaevandus nr 2 vee kvaliteeti on tugevalt mõjutanud aherainepuistangute põlemine. Saastunud vee kasutamise vastu kadus huvi ja seepärast pole selle kvaliteeti põhjalikumalt uuritud. Mõningail andmeil on uppunud kaevanduste vesi aja jooksul oluliselt puhtamaks muutunud.¹⁸

Tehnogeensed gaasiilmingud,

mis oleksid tekkinud kaevandamisest, ei ole Eestis end näidanud. Ei ole ka alust ennustada nende teket muul juhul kui siis, kui veega täitunud kaevandustes tekivad suured varingud, mis võivad kaeveõõntesse jäänud õhu maa alt välja pressida.

Elukeskkonna muutumine

kaevandatud maardlate alal toimub pidevalt – kaevanduse ühendusrajatised hävivad ja metsistuvad. Teed, kraavid, settetiigid ja teised kaevanduste tarbeks tehtud rajatised kaotavad otstarbe ja loodustuvad. Nii stabiliseerub kaevandatud alal uus tehnogeensete sugemetega looduskeskkond.

Maa ja puistangute soojenemine,

isesüttimine ning põlengud on tavalised turba, pruun- ja kivisöe ning sulfiidsete maakide kaevandamisel kogu maailmas. Eesti silmatorkavaim juhtum on suletud

¹⁸ Käesolevaks ajaks (2015) on TTÜ mäeinstituut suletud kaevanduste vett igakülgsest uurinud. Suletud põlevkivikaevanduste veekogumi "vaba" vee maht on hinnanguliselt 200 mln m²

Kukruse kaevanduse allmaapõleng, mis sai alguse 1967. a süttinud aherainemäest ja mis vähesel määral ning varjatult kestab praeguseni (X 6588002; Y 690064). Kohalike elanike (insener Einar Vaino) teatel ei saa Kukruse aherainemäge seni kustunuks lugeda.¹⁹ Talvel lumega võib näha, et täiesti jahe ei ole ka kaevandus nr 2 terrikon (X 6585036; Y 692112), mõningail andmeil ka Ahtme kaevanduse vana aherainepuistang (X 6580321; Y 697698).

Ehitiste ja inimtegevuse koormus

on põhjustanud juba mainitud maantee vajumise suletud Kukruse põlevkivikaevanduse stollide kohal. Meie vaatlused ei anna tunnistust maantee vajumisest kohtades X 6590966; Y 557691; X 6590950; Y 558052 ja X 6590937; Y 558260)²⁰, kus Tallinn-Narva maantee läheb üle Maardu fosforiidikaevanduse lõunajaoskonda siirduvate allmaakäikude (vt ja p. 4.2). Seal maa ei vaju, sest tõenäoliselt täideti need käigud hoolikamalt kui Kukrusel. Pealegi on fosforiidikaevanduse käigud ahtamad ja paiknevad seal sügavamal kui Kukrusel. Samas on Maardus Tallinn-Narva maanteest põhja pool asuvate aianduskruntidele viiv tee iga käigu kohalt vajunud, mõnes kohas ka varisenud (X 6591914; Y 557245; X 6592919; Y 557463). Ehitamisest tekkinud koormuse avaldumise näiteks on ka sissejuhatuses mainitud Jõe-lähtme prügila aluse lokaalne vajumine fosforiidikarjääri puistanguvaalude alal (vt ka Joonis_ 2 .46).

Rahunenud maa oleku muutmine

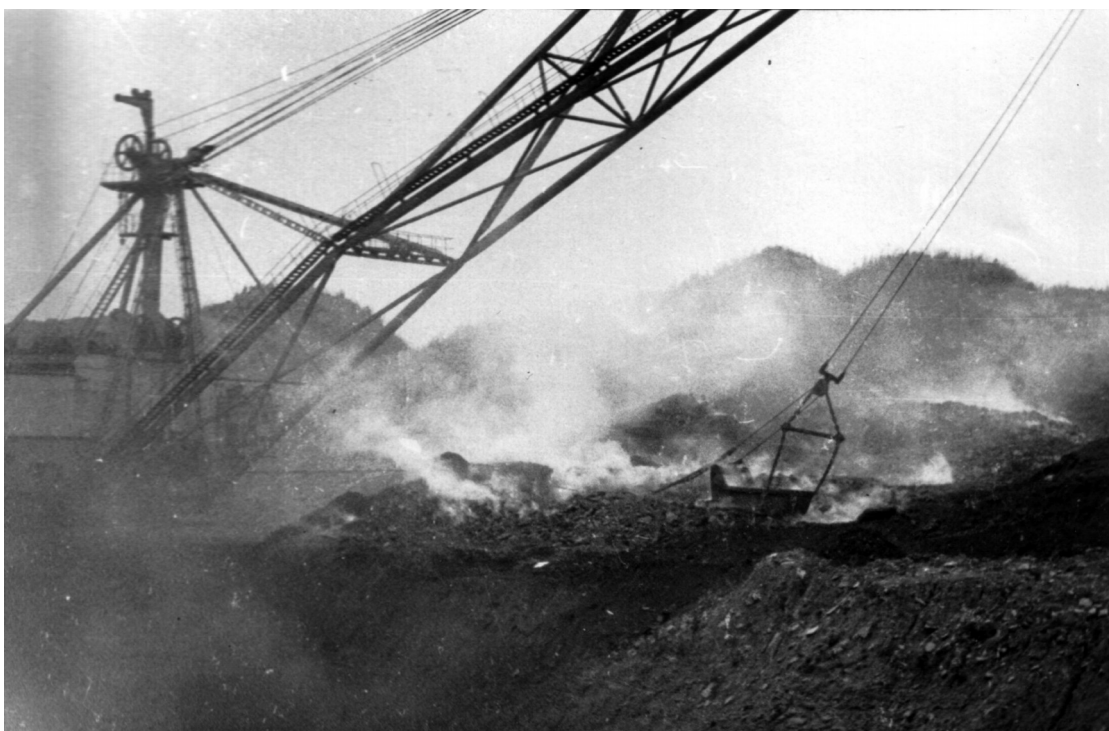
on võimalik näiteks Maardu fosforiidikarjääri ammendatud alal. On fikseeritud juhtum (Joonis_ 2 .249, kui

¹⁹ Protsess on jälgitav tänaseni (2015)

²⁰ Jutt ei ole karjääriteed ületavast viaduktist vaid sellest Tallinna pool olevast kohast, kus mõlemal pool maanteed on altkaevandatud ala.

üheksa aasta vanuse puistangu avamisel süttis graptoliitargilliit.

Drastiline juhtum toimus 1999. a kevadtalvel Oru turba-kombinaadi hüljatud väljal. Naabruses tegutseva Viivikonna põlevkivikarjääri mäetöö käigus rajati vee sissevoolu tõkestamiseks ette nähtud tamm külmunud maale. Kevadise sula ajal lõhkus turbaväljale kogunenud vesi tammi ja tungis põlevkivikarjääri (X 703741; Y 6581768). Veevool lõhkus jääkturba kihi ja võttis selle kaasa koos turba all lasunud peene liivaga. Hüljatud turbaväljale tekkisid uhtorud (Joonis_ 2 .25). Kahju tekitati mitte ainult põlevkivi kaevandamisele vaid ka turba jääkväljade loodustumisele.



Joonis_2.24 Maetud graptoliitargilliidi põlemine Maardu fosforiidikarjääri avatud puistangus.

B. Naumovi foto



Joonis_2.25 Uhtorud Oru briketivabriku hüljatud turbaväljadel.

I. Valgma foto

2.2. Mäetööde järelmõju uurimise metoodika

Nagu eelnevast üldjoontes selgus, ilmneb maavarade kaevandamise järelmõju ettearvamatult, juhuslikult ja ootamatult. Kuna kaevandatud ala on suur ja mitte eriti tihedalt asustatud, ei pruugi paljutki sellest märgata. Pealegi on kaevanduspiirkondade elanikud tehnogeensete moodustiste suhtes üsna tolerantsed ja uurivate võõraste isikute suhtes mõnikord isegi tõrjuvad.

Selleks, et saada uuritava nähtuse kohta võimalikult mitmekülgset teavet:

- koguti suulisi, käsikirjalisi ja trükis avaldatud andmeid mäetööde kõikvõimaliku mõju kohta
- hangiti eri aegadel tehtud mäetööde plaane ja tehnoloogilisi dokumente
- osteti Eesti peamiste kaevandatud alade digitaliseeritud aerofotosid

- koostati Eesti baaskaardiga ühildatavad kaevandatud alade digitaalkaardid
- vaadeldi, mõõdeti ja pildistati tüüpilisi uusmoodustisi
- koostati matemaatilisi mudeleid, leidmaks vastust mõningatele keerulisematele küsimustele

Töö käigus valmisid praktiliselt kõigi Eesti allmaakaevanduste ja kõigi põlevkivikarjääride mäetööde plaanide digitaalversioonid. Kaartidele kandi esmajoones uurimiseks vajalik andmestik, nagu maad mõjutav kaevandamistehnoloogia, väljamise aeg, teada olevad varin-
gud jms. Arusaamatuste ja liigsete lootuste vältimiseks olgu mainitud, et vastavalt töö eesmärgile ja tegijate võimalustele on plaanide digitaalversioon mõõduka täpsusega, kasutatav ennekõike territoriaalplaneerimisel. Üksikobjektide jaoks sobib digitaalkaart vaid maa oleku indikaatoriks. Kaartide lähteandmestik vt Tabel_ 2 .9

Tabel_2.9 Digitaliseeritud mäetööde plaanid

Objekt	Alus	Mõõtkava
Põlevkivikaevandused:		
Ahtme	Mäetööde plaan	1:10000
Estonia	Mäetööde plaan	1:10000
Kiviõli & Küttejõu	Mäetööde plaan	1:10000
Kohtla	Mäetööde plaan	1:10000
Kukruse	Mäetööde plaan	1:5000
Käva ja Käva 2	Mäetööde plaan	1:5000
Kaevandus nr 2	Mäetööde plaan	1:5000
Kaevandus nr 4	Mäetööde plaan	1:10000
Sompa	Mäetööde plaan	1:10000
Tammiku	Mäetööde plaan	1:10000
Viivikonna *	Mäetööde kontuur	1:10000
Viru	Mäetööde plaan	1:10000
Ubja	Mäetööde plaan	1:2000
Fosforiidikaevandused:		
Ülgase *	Kaeveõõnte skeem	1:10000
Maardu	Mäetööde plaani koopia	1:5000
Piusa koopad **	Kaeveõõnte skeemid	>1:100
Sillamäe kaevandus	Mäetööde plaani koopia	1:2000
Põlevkivikarjäärid:		
Aidu	Mäetööde plaan	1:10000
Kohtla *	Mäetööde kontuur	1:10000
Küttejõu *	Mäetööde kontuur	1:10000
Narva	Mäetööde plaan	1:10000
Pavandu	Mäetööde kontuurid	1:5000
Sirgala	Mäetööde plaan	1:10000
Viivikonna	Mäetööde plaan	1:10000
Vanamõisa ***	Mäetööde kontuur	1:50000
Ubja *	Mäetööde kontuur	1:2000
Maardu fosforiidi- karjäär	Mäetööde kontuur	1:50000

* Mäetööde plaanilt; **Arhiivimaterjalidest, *** Eesti baaskaardilt

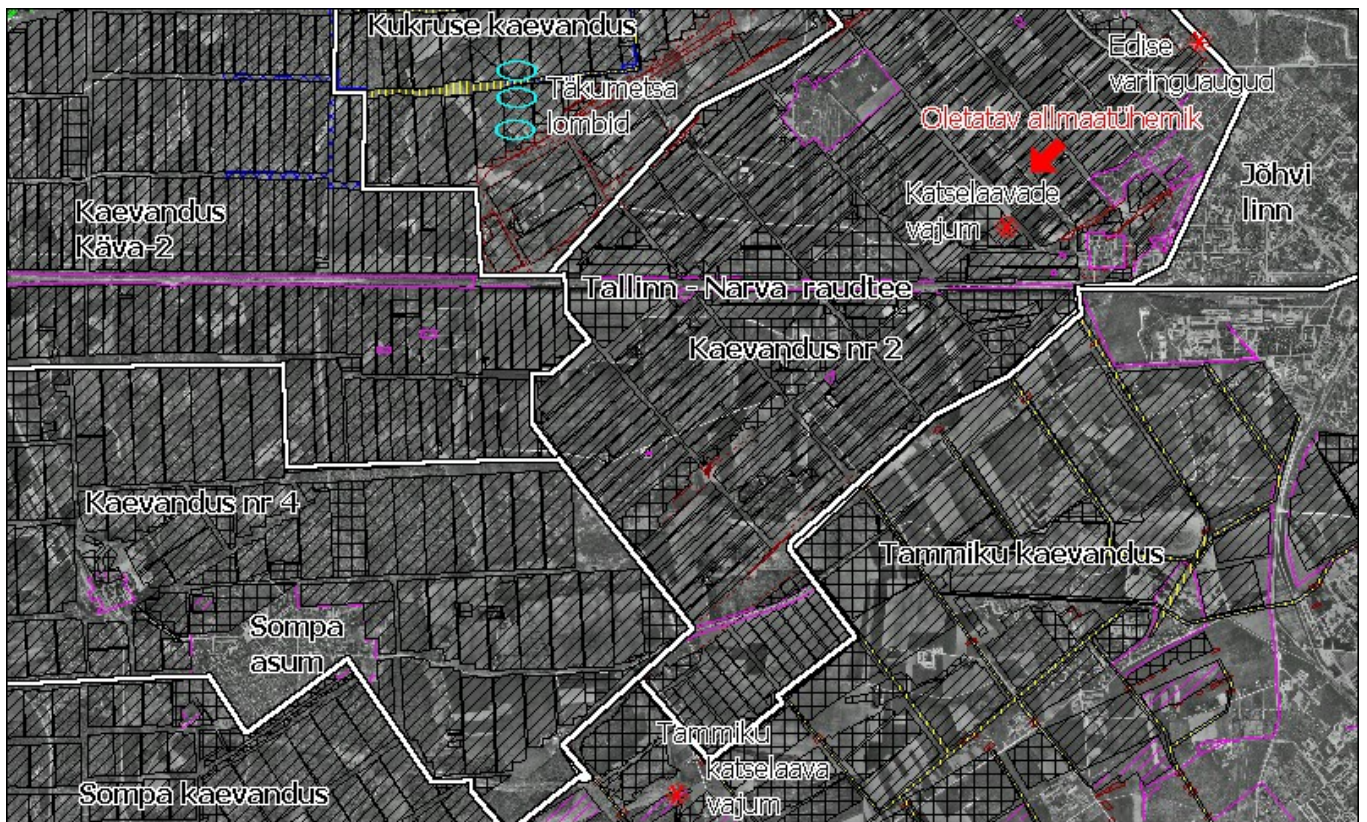
Põlevkivikaevanduste ja -karjääride mäetööde plaanide sidumisel geograafilise koordinaatsüsteemiga raskusi ei

tekinud, välja arvatud Ubja kaevandus ja karjäär. Fosforiidikaevanduste ja -karjääride sidumise täpsus kannatas seetõttu, et õnnestus leida vaid plaanide vanu tõmmised. Teatavasti moonutasid endisaegsed koopiamasinad joonise formaati eri suunas erinevalt. Liivakaevanduste leitud plaanid ei olnud seotud geograafiliste koordinaatidega. Sillamäe uraanikaevanduse koordinaadid olid tahtlikult moonutatud. Raskematel juhtudel olid sidumisel abiks aerofotod. Kõiki ebatäpsusi arvestades on hinnanguline maksimaalne sidumisviga ± 30 m.

2.3. Hilismoodustised altkaevandatud maal

2.3.1. Varinguaugud

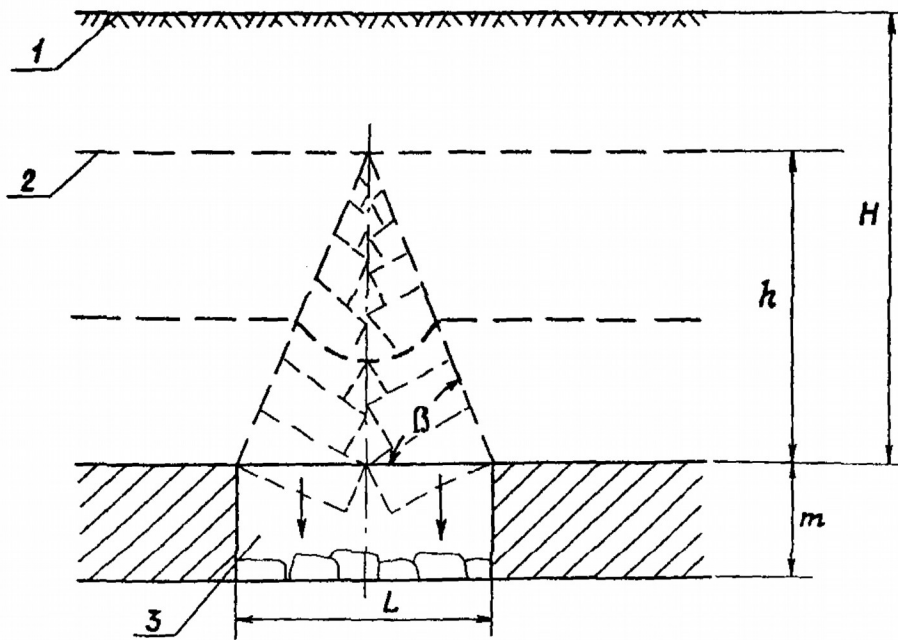
on kõige ohtlikumad altkaevandatud alal tekkivad moodustised. Sageli tekib auke vanade põlevkivikaevanduste põhjapiiril, seal, kus kihind ei olnud sügaval. Leida võib neid näiteks Edise küla maadel Jõhvi linna põhjapiiri lähedal (X 6586200; Y 693123), endise põlevkivikaevanduse nr 2 väljal (Joonis_ 2 .26).



Joonis_2.26 Mäetööde plaaniga ühitatud aerofoto kaevandatud alast Jõhvi linnast läänes.

Käikude varingud Edisel

said teatavaks lähedal elava mäeinsener Andre Lüüde kaudu. Lähem tutvumine olukorraga lubab nentida, et tegemist on tüüpilise madalale kaevandamissügavusele kaasneva varinguga, mille mehhanismi kirjeldab skeem Joonis_ 2 .27 [Toomik, 1999].



Joonis_2.27 Murenenud laekivimite varingu skeem vanades kaeveõõntes.

1 – maapind, 2 – varingu kõrgus (h), 3 – kaeveõõs ristlõikes; m – kihi väljamispaksus, β – laekivimite rebene-
misnurk, H – kaevandamissügavus, L – streki laius.

Varisenud kaevanduskäik (Joonis_ 2 .28) oli läbitud piki kaevevälja kirdepiiri. Koristustöö paneelis lõpetati 1957. aastal lae püsimatuse tõttu enne viimase langiga mäe-eraldise piirikäiguni jõudmist. Varu kanti maha. Tekkinud terviku tõttu jäi käik maapõue kauaks püsima ja muutus varisemisohtlikuks. Lahtised varingud on ohtlikud kasvõi seepärast, et nende kaudu on võimalik pääseda maa alla.

Põlevkivikihi avamuse lähedal tuleb allmaakäikude varinguid ette mujalgi. Eriti sageli on neid Kukruse kaevevälja põhjaosas Järve küla maadel Kohtla-Järve linna ja Kukruse asumi vahel. Varinguauke ja -lohke esineb seal mõlemal pool Tallinn-Narva maanteed. Juhul kui AS Eesti Põlevkivi teavitatakse lahtisest varingust tema valduses olnud kaevanduse maadel, korraldab ta nende täitmise.



Joonis_2.28 Käigu lahtine varing kaevandus nr 2 väljal Jõhvi linna põhjapiiril.

E. Reinsalu foto; 10.05.2006; X 6586207; Y 693187

Lääne-Viru maakonnas on samasuguseid uusmoodustisi ette tulnud tsemenditehasele kuulunud Ubja põlevkivi-kaevanduse välja põhjaosas, kus neid on tekkinud ka paarisstrekidega kaevandatud alal.

Varingud Sillamäe linna lääneosas

on teada ka uraanikaevandusest (Joonis_ 2 .29 ka p 4.1). 1952. a kaevandamise lõpetanud ja 1969. a lõplikult suletud kaevandus on jätnud maha veel muidki kaevandamisele kaasnevaid moodustisi (Joonis_ 2 .30 ja Joonis_ 2 .31).

Sillamäe uraanikaevanduse poolt kaevandatud alal, seljandikel mis toetuvad paneelikäikude hoidetervikutele, kohtab mitmeid lahtisi varinguid (Joonis_ 2 .32). Tüüpilised käiguvaringud on kaevandatud ala loodenurgas, kus lasumi paksus on minimaalne (Joonis_ 2 .33). Selliste varingute tekkemehhanism on kirjeldatav skeemiga Joonis_ 2 .27.



Joonis_2.29 Sillamäe uraanikaevanduse paiknemine

Joontega on kujutatud käigud, rastriga on kaetud kaevandatud ala.

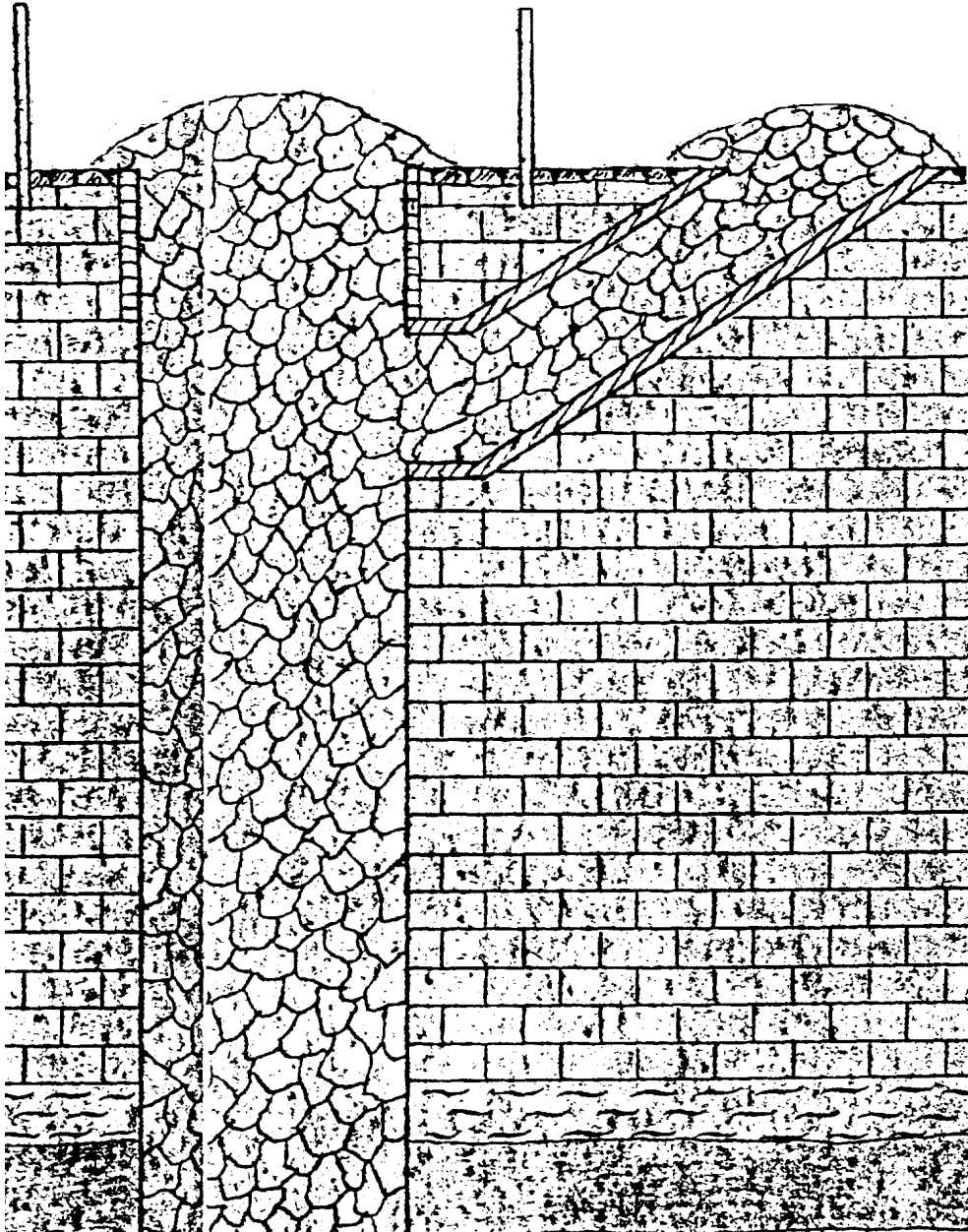
Uraanikaevanduse nr 1 peatuulutusšaht (X 711640; Y 6591097) oli äärmiselt ohtlikult lahti varisenud (Joonis_2 .30), kuigi sulgemisprojekti kohaselt pidi see olema täis puistatud nii, nagu näitab Joonis_ 2 .31.



Joonis_2.30 Sillamäe uraanikaevanduse peatuulutusšahti nr 1 lahtine varing.

I. Valgma foto; 2003; X 6591092; Y 711640

Vastavalt kehtinud korrale ja sulgemisdokumentatsiooni kohaselt pidi šaht olema täis puistatud, nii nagu näidatud kõrval (Joonis_ 2 .31.)



Joonis_2.31 Šahti täitmise Joonis_Sillamäe uraanikae-
vanduse likvideerimise projektist.



Joonis_2.32 Sillamäe uraanikaevanduse käigu varing
E. Niitlaane foto; 2003; X 6591364; Y 711591
Võimalik, et kunagise tuulutuspuraugu jälg.



Joonis_2.33 Sillamäe uraanikaevanduse käigu lahtine
varing
E. Niitlaane foto; 2003; X 6591845; Y 711337



Joonis_2.34 Tenniseväljaku vajum Kohtla-Järvel.

A. Toomiku foto; X 6588767 ; Y 686268

2.3.2. Maa hilisvajumine

Kohtla-Järve linna asfalteeritud tenniseväljak

(Joonis_ 2 .34) vajus 44 aastat pärast kaevandamist. Väljak oli rajatud altkäevandatud maa omadusi arvestamata. Madala lasumusega ala, kus kihind oli maale lähemal kui 10 m, kaevandati 1954. aastal, valdavalt pikkade ettega. Kohati, eriti nõrga lae puhul väljati nn mehhaniseeritud kambritega, sisuliselt käikudega. Milline oli vajumise geomehhaaniline protsess, pole päris selge, sest tegemist on kohaga, kus oli kasutusel kaks lae käitlemise moodust. Tõenäoliselt oli tegu pika ee lõppkonsooli murdumisega, mida kirjeldab skeem (Joonis_ 2 .35).

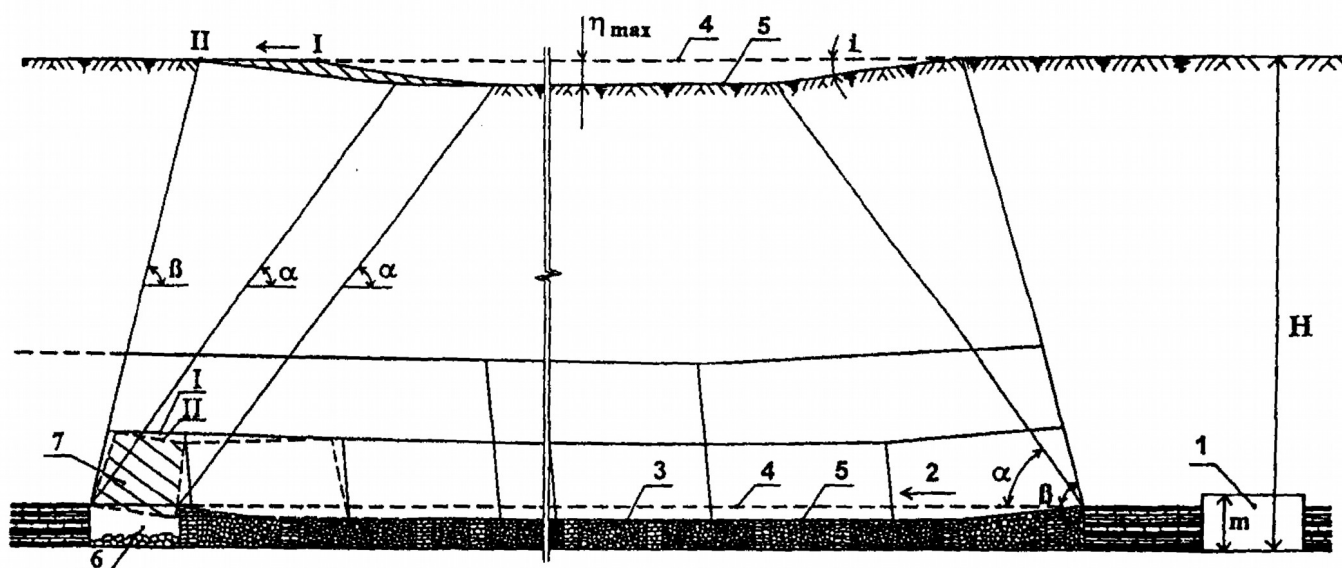
Analoogilisi hilisvajumisi on täheldatud põlevkivikaevanduste alal mujalgi. Suuremat tähelepanu on pälvinud elamute kahjustumine Sompas asulas. Kuigi Sompas oli kihindi lasumissügavus suurem, olid nähtuse põhjused samad, mis eelkirjeldatud juhtumil.

Kõige sagedamini kahjustuvad hooned ja rajatised altkaevandatud maal seepärast, et:

- ignoreeriti ehitamise eeskirju
- ei teatud maa kvaasistabiilsuse ulatust
- maa- ja/või mäeplaanid ei olnud adekvaatsed

Leiame, et need tüüpjuhtumid peaksid piisavalt selgita-

altkaevandatud maale ehitamisel tuleb täpselt järgida eeskirju ning juhinduda mäetööde plaanidest.



Joonis_2.35 Hilisvajumise mehhanismi selgitav skeem

[Toomik, 1999].

1 – paneelikäik, 2 – laava liikumise suund, 3 – paest laotud täiteriidad, 4 ja 5 - kaevandatud ala kõrgus enne ja pärast lae vajumist, 6 – laava seis koristustöö lõpetamisel, 7 – vahetu lae lõppkonsool: I – enne ja II pärast murdumist, vastav hilisvajumise ala on viirutatud; H – lasumis- ehk kaevandamissügavus; m – kihindi väljatav paksus, i – vajunud ala perve kaldenurk, η_{max} – maa suurim vajumine; β - rebenemisnurk; α - maa täieliku vajumise nurk.

2.4. Uusmoodustiste loodustumine

Põlevkivi kaevandamise algaastail töötati käsitsi. Koristuskaeveõõnte lage toestati puitpostidega ja hoiti üleval paest laotud riitadega. Riitade ladumine oli küll töömahukas, kuid sellest olenes töö ohutus. Oluline oli ka, et korralikult laotud riidad ja neil püsiv lagi võimaldasid maavara täielikumalt väljata. Vaba tööjõu, vilumuse ning tööharjumuse kadudes alanes mäetöö kvaliteet. Hiljem muutus ka kaevandamise tehnoloogia. Kamberkaevandamise tulles asendusid käsitsi laotud paeriidad põlevkivist tugitervikutega. Tervikud on jäigemad kui paeriidad, seetõttu uuel viisil kaevandatud alal maa ei vajunud enam nii palju kui varem. Kuid tervikutesse jäetud põlevkivi on kadu.

Kogu põlevkivi kaevandamise aja jooksul on otsitud võimalusi maavara kao vähendamiseks. Katsetati mitmesuguseid kaevandamisseadmeid ja väljamisvõtteid, mis alati viisid ühele ja samale tulemusele –

mida täielikumalt väljata maavara, seda suuremad on muutused kaevandatud maal

Nii on põlevkivi kaevandamise vältel mitmes kohas ja eri aegadel tekkinud altkaevandatud maale mitmesuguseid uusmoodustisi. Kõige suurem on avalik huvi olnud just katsekaevandamise jälgede suhtes.

Üheks huvitavamaks jäljeks on põlevkivikaevanduse nr 2 väljal paiknev Jõhvi vajum, mis aerofotol (Joonis_ 2 .26) on leitav tumeda korrapärase laiguna (märgitud noolega). Suureamplituudiline vajumismold on kantud ka nõukogude sõjaväekaardile. Langetusala alune kaevelank 43/44 väljati 1957. aastal kahekordsete laavadega. Praegu on seal kuiv lohk, perve kõrgusega üle 2 m (Joonis_ 2 .36).



Joonis_2.36 Katsetöödel tekkinud varingumold.

I. Valgma foto; X 6585020; Y 691865

Vajumi pervel on märgatavad rebenemispraod. Inimesed, kes ei tea, millega tegu, võivad langetusala pidada kunagiseks kivimurruks. Lohu põhi ja perved on sellised, et maa on kasutusel kultuurrohumaana.

TTÜ erudotsent Heino Aruküla andmeil toimusid katsetööd ka naabruses asuvas langis 23/24, kuid maa vajumise tunnuseid seal (X 65852139; Y 691819) ei ole. Küll on aga teada (H. Aruküla ja mäetehnik Valdeko Piiri suulised teated), et sealne allmaavaring oli pärast katsetöö lõppu nii kõrge, et maa all sai varisenud kivimikuhila ja selle kohal seisva toestamata lae vahel kõndida (1,5... 1,8 m). Seega on geomehhaanika seisukohalt tegemist osaliselt varisenud kaeveõõnega, mille põhilagi toetub tervikule. Kuna maa peal vajumit ei ole, on põhjust arvata, et mäetöid jätkati uuest lõõrist ja võlv on püsinud nende ridade kirjutamiseni.

Ohutunnet tekitab fakt, et meie käsutuses oleval mäetöö-

de plaanil on sellele kohale joonistatud tervik. Nii pole välistatud, et keegi selle peale maja ehitab.

Tegemist võib olla äärmiselt ohtliku moodustisega – olematule tervikule ehitatud maja variseb kokku

Kolmanda võimaliku katsetööde ala kohal kaevanduse nr 2 väljal võib aimata tavalisest suuremat vajumist (X 6585331; Y 692299).

Täkumetsa lombid

paiknevad Jõhvi vallas, Somp ja Täkumetsa külade vahelises lodumetsas (Joonis_ 2 .37). Lombid torkasid aerofotodel silma tänu oma tüüpilisele tehnogeensele kujule ja heale kokkulangemisele kaevandatud langi kontuuriga. Kohaliku rahva jutu järgi tekkisid lombid kohe kaevandamise ajal.



Joonis_2.37 Käsilaavade lõpukonsoolide läbivajumisest tekkinud tehnogeensed lombid madalas savipõhjaga lodumetsas.

I. Valgma foto

Lompide tekkimise põhjuseid on nii looduslikke kui tehnolo-

loogilisi. Peamiseks looduslikuks eelduseks oli madal kaevandamissügavus (umbes 20 m), mistõttu maa vajumine oli üsna suur. Teiseks on seal vettpidav savikas moreenpinnas. Tehnoloogilisteks põhjusteks oli elektrijaamadele tarnitava põlevkivi kvaliteeditingimuste alandamine, mis lubas suure osa täiteriitadeks vajalikust paest kütusena maha müüa. Ilmselt mängis rolli ka töökultuuri ja järelevalve nõrgenemine kaevanduse sulgemise eel.

Aerofotodel on hästi nähtavad ka analoogilised, kuid suuremad ja hägusema piirjoonega käsilaavade vajumid Sompa kaevanduse väljal, kogupindalaga kuni 0,8 km², keskpunktiga X 6579875; Y686654 . Väiksemaid, muutuva veerežiimiga lohkusid leidub veel paljudes kohtades nii kaevandatud kui kaevandamata alal. Kuigi kaevandamata ala lombid ei saanud tekkida maa vajumise tagajärjel vaid näiteks põllu kuivendussüsteemi ummistuse tõttu, ei ole harvad juhtumid, et nende tekkimises süüdistatakse kaevandust.

Tehnogeensete lohkude tekkimine kaevandatud alal kuulub mäetöö vahetu, mitte hilise mõju hulka. Hilise mõju aspektist on käsitletav tehnogeensete lompide loodustumine. Vaatlus ja küsitlus tunnistavad, et

madalasse lodumetsa tekkinud arvukad lombid toetavad elustikku

ja moodustavad olulise lüli Kirde-Eesti ökovõrgustikus [Luud, 2000]. Kukruse lompidel pidid jahimehed parte küttimea.

Kahula varistamisala

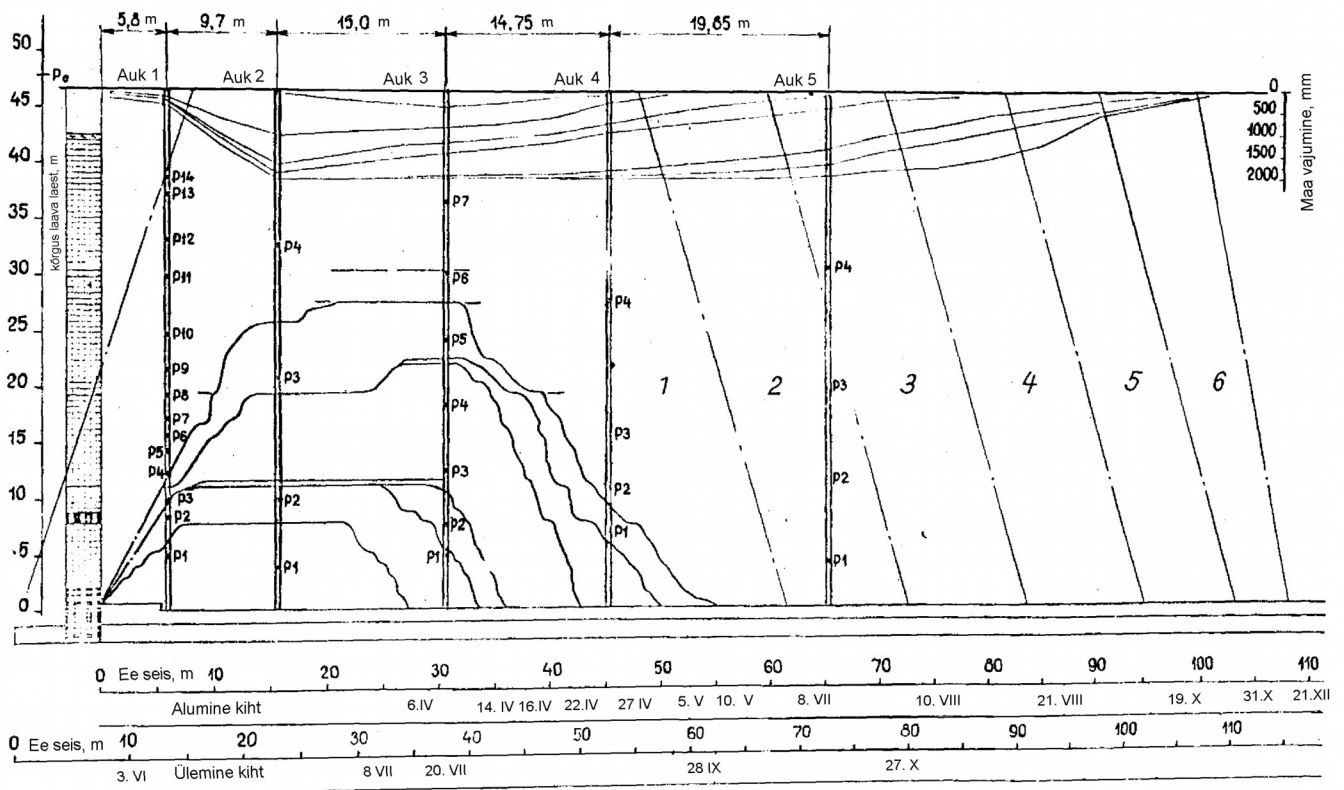
soisel külakarjamaal (Joonis_ 2 .38) on Tammiku põlevkivikaevanduse väljal. Seal katsetas A. Skotšinski nim Mäendusinstituudi Eesti Filiaal 1982. a kihindi lausväljamist. Maa vajumise mõõtmiseks paigutati ridamisi

pinnasereepereid. Lasumi käitumise uurimiseks puuriti ning manteltati sügavreeperite auke. Kui kohalikud elanikud said teada, et maa sellel alal kannatab, kasutasid nad juhust ja vedasid alalt ära suure koguse turbamulda. Nii muudeti maad tunduvalt rohkem kui seda tegid katsetööd. Praegu on varingulohk võsastunud, kuiv, kuid määrandamiseks kõlbmatu. Katsetööde ajal paigaldatud reeperid ja mantelkorud on jäetud koristamata. Lohus on rästikuid.



Joonis_2.38 Sügav varingulohk ja katsetööde jäljed Tammiku kaevanduse lausväljamise alal 2000. a kevadtalvel. Esiplaanil puurvardast pinnareeper. I. Valgma foto; X 6581403; Y 689783

Laekivimite liikumise mõõtmist ja käitumist Tammiku katsetöödel kirjeldab skeem Joonis_ 2 .39, mis on koostatud veidi varem, 1977...1978. aastal Ahtme kae-
 vanduse kombainilaavas nr 3 (X 6578337; Y 697148)
 tehtud katsetööde alusel. Ahtme katsetööde tulemused
 kajastuvad maapinnal analoogilise varingulohuna
 (Joonis_ 2 .40).



Joonis_2.39 Lasumi liikumist kirjeldav skeem põlevkiviki-
 hendi lausväljamisel

[Tammelaan jt, 1978]. 1...6 – vajumise sammud.



Joonis_2.40 Sügav varingulohk Ahtme kaevanduse kohal
Juhan Lasmani foto; 1979. a kevad
Jälg 1977...1978. a katsetatud kahekordsetest laavadest.

Ahtme kambriplukkide varingulohud

(Joonis_ 2 .41 ja Joonis_ 2 .42) on mäetööstuse kriitikute lemmikobjektid. Vajumid tekkisid eksperimentaalplukkide kohal, kus katse ja eksimuse meetodil otsiti tehnoloogiat tugitervikutesse jääva põlevkivi kao vähendamiseks. Soosetete alal täitusid vajumid veega ja mets hukkus.

Tol ajal oli põlevkivi kaevandamisega seonduvate keskkonnauuringute rutiinseks osaks uppunud metsa demonstreerimine otsuseid langetavatele isikutele selleks, et uuringute jaoks raha saada. Tänapäevaks on varingulohkudele viiv rada rohtunud nii otseses kui kaudses mõttes. Ka lombid on loodustunud.

Enamik Ahtme kaevanduses toimunud kambriplokkide varingutest on dokumenteeritud ja kandud mäetööde plaanile. Teada olevate varingute tunnuseid ei leia aga mitte sugugi kõikjal. Võib-olla teatava maakattetüübi puhul neid ei olegi? Selle oletuse kontrollimiseks käisime läbi mitmeid vajumisalasid. Kontrollisime, kuivõrd märgatavad on kambriplokkide varingutest tekkinud vajumid kui nende jälgi ei ole aerofotodel (vt 3.2.1). Sülearvutiga ühendatud GPS-seadet kasutades otsisime metsas üles Ahtme kaevanduse kambriplokkide nr 31 (X 65772000; Y 695668), nr 41 (X 6576888; Y 695278) ja nr 60 (X 6576029; Y 697065) ning plokkide nr 31 ja nr 41 naabruses paikneva kombainilaava (X 6576836; Y 694547) varingulohud.



Joonis_2.41 Vajum Ahtme kaevanduse peal

Seda fotot kasutasid paljud kirjeldamaks kaevandamisest tingitud keskkonnakahjustusi



Joonis_2.42 Sama koht 2001. aastal.

A. Toomiku foto

Valdavalt liustikusettelise tekkega maakatte puhul polnud märgata mitte mingeid maastikumutusi. Varingulohku võis aimata vaid teades, et ta peab siin olema. Isegi kombainilaavast tingitud vajumine ei olnud märgatav.

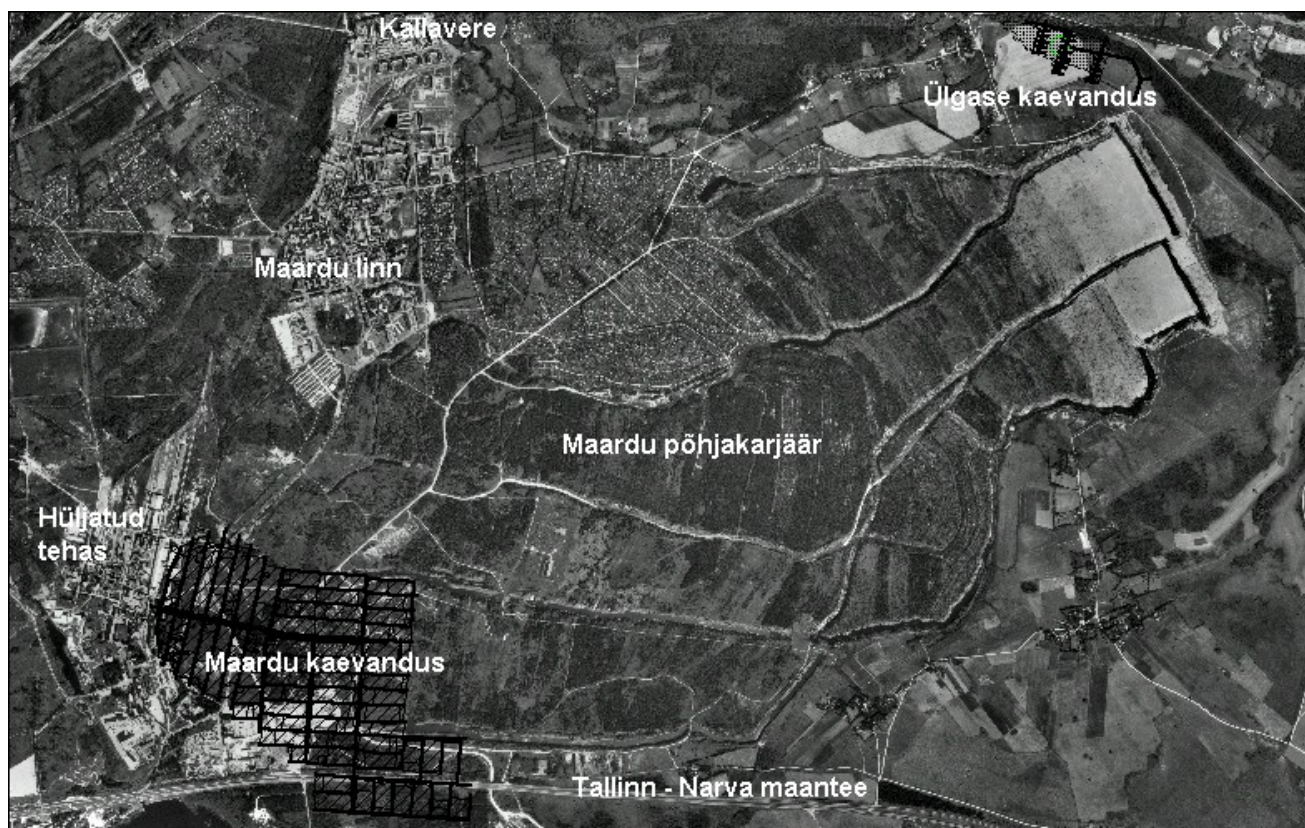
Võib teha esialgse järelduse, et paarkümmend aastat tagasi protesti esile kutsunud

maa- ja metsakahjustused põlevkivi kaevandamisalal on jäänud üksikjuhtumiteks ja nüüdseks loodustunud

Ülgase fosforiidikaevandus

(vt 4.2) oli Maardu fosforiidimaardla põhjaosas, Harju maakonna Jõelähtme vallas, Ülgase külast 0,5 km idas (). Praegu on mahajäetud kaevandus, nii nagu ka Piusa koobastik oluline nahkhiirte elu- ja talvituspaik. Teades, et inimeste tungimist allmaakäikudesse ei õnnestu takistada, arendatakse kava, kuidas muuta osa kaevandusest

muuseumiks või turismiobjektiks.



Joonis_2.43 Ülgase ja Maardu fosforiidikaevanduse ning põhjakarjääri aerofotoga ühitatud mäetööde plaanid.

Joontega on kujutatud käigud, viirutusega kaevandatud ala.

Vaatlused näitavad, et peakäikude hoidetervikud püsivad. Lõõridest ja kaevandatud alasse suunduvate veokäikude otstest on näha varisenud lagi. Varisenud on ka fosforiidi kohal lasuv graptoliitargilliit. Kaevanduse peal on haritav maa, vaatluse ajal kultuurheinamaa. Kindlasti on seda maad haritud raskete põllutöömashinatega. Maal ei ole toimunud mitte mingeid nähtavaid vajumisi. Sama kinnitas ka kauaaegne Eesti Fosforiidi tehniline juht mäeinsener Hans Vinkman.

2.5. Kaevandatud alade vesi

Uppunud kaevanduste vesi moodustab iseseisva küsimusliku, mida seni ei ole põhjalikult ega lõplikult käsitletud. Ka käesoleva raamatu aluseks olnud uuringus oli see vaid kõrvalküsimuseks.



Joonis_2.44 Tehnogeneenne allikas

A. Toomiku foto; X 6586280; Y684067; Z ≈ 50 ²¹,

Siin oli kunagi Käva kaevanduse stoll. Vesi voolab Vahtsepa kraavi. Allikas reguleerib vee taset suletud Käva ja Kukruse kaevanduses.



Joonis_2.45 Tehnogeneenne allikas, millest väljub Maardu fosforiidikaevanduse vesi

E. Reinsalu foto; X 6593203; Y557040; Z \approx 30).

Osa veest tuleb kaevandusega külgnevast suletud karjäärist.

Pikemat aega on uppunud kõik suletud põlevkivikaevandused ja Sillamäe ning Maardu kaevandus. Ülgase ja Piusa kaevandused on kuivad. Teada on veetase põlevkivikaevandustes ja seda reguleerivad väljavoolud (vt Joonis_ 2 .55) ning tehnogeensed allikad, millest üks suuremaid on Käva väljavool (Joonis_ 2 .44).

Maardu põhjakarjääri ja sellega seotud allmaakaevanduse kaeveõõnte vee suhtes nägi sulgemisprojekt [Naumov, 1991] ette, et pärast pumpade seiskamist jääb veetase pidama suurvee tavalisele tasemele, mis oli umbes 30 m üle merepinna. Vee äravool põhjakarjääri lõunatranšeest pidi toimuma läbi allmaatöödega kaevandatud ala ning mööda kraavi läbi tehase territooriumi Kroodi ojja. Projektis nähti ette hüdro- ja litosfääri seirevõrgu rajamine,

millega loodeti jälgida radiatsiooni, puistangute soojusrežiimi, vee kemismi jms. Seoses fosforiiditööstuse lagunemisega seirevõrku ei rajatud. Rajamata jäi ka kraav tehase territooriumil, mistõttu praegu uputab kaevandusest välja tungiv vesi endist tehaseplatsi. Maardu piirkonnas on tekkinud mitmeid tehnogeenseid allikaid (Joonis_2 .45).

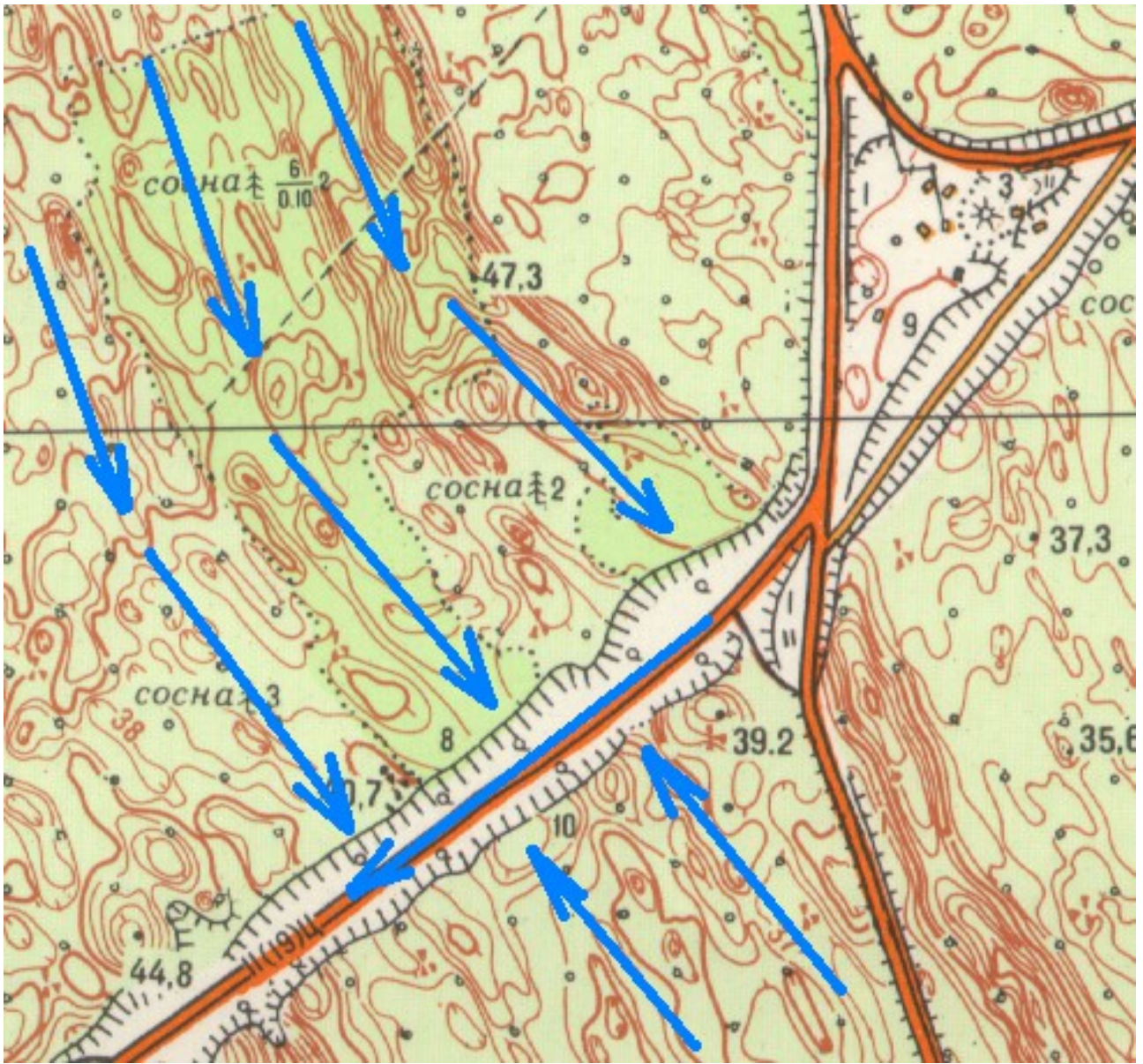
Suletud põlevkivikaevanduste vett on varem käsitletud põgusalt [Reinsalu jt, 1980]. Selle raamatu kirjutamise aegu, seoses enamiku põlevkivikaevanduste sulgemisega, on vanade kaevanduste vee probleem muutumas omaette uurimisteemaks, mis lubab meil siin loobuda selle põhjalikumast käsitlemisest. ²²

Vaalkaevandamisega ammendatud karjääride vesi

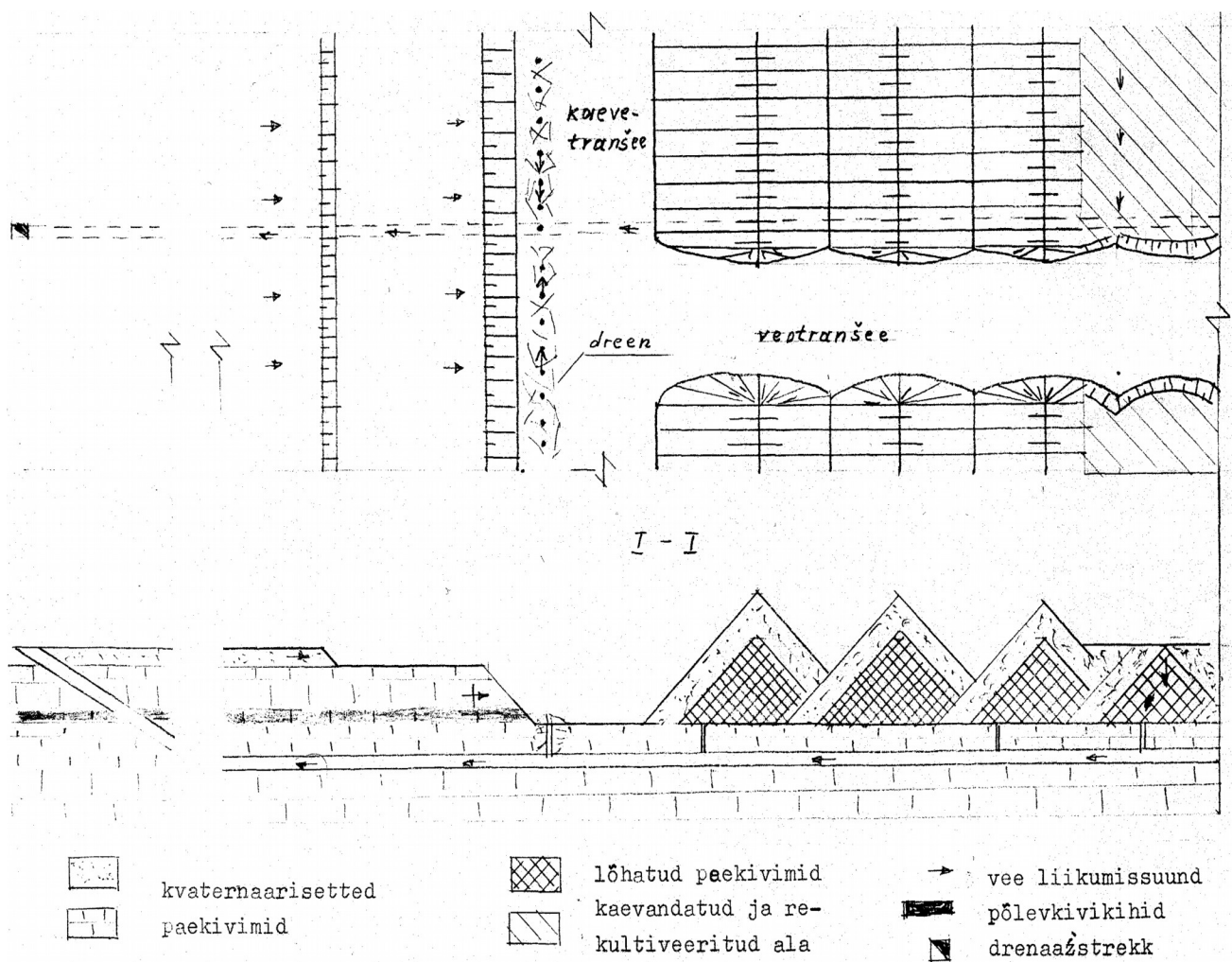
on omaette probleem, mille üksikasjad ilmnevad alles karjääride sulgemisel. Vaaludesse puistatud katend ei moodusta homogeenset pinnast. Pinnase ebaühtlus ilmnes probleemset juba katsepõldude rajamisel Aidu põlevkivi- ja Maardu fosforiidikarjääris. Sellest tulenevad ka põhjalikud nõuded karjääride korrastamisel haritavaks maaks (Tabel_1 .4). Tükiline materjal jaotub puistangu moodustumisel nii, et vaalude alla jääb jämedatükilisest kivimist moodustunud kõrge veejuhtivusega vöönd (Joonis_2 .46 ja Joonis_2 .47). Puistangute tasan-damisel vööndid mattuvad, kuid säilib kõrge veejuhtivus piki vaalude suunda (Joonis_2 .47). Seevastu põiki vaalused võib veejuhtivus olla sedavõrd madal, et vaalude vahele moodustuvad üsna suure kõrgusevahega järved (Joonis_2 .48 ja Joonis_2 .49). Lisaks vaalude ebaühtlasele ehitusele suurendavad ammendatud põlevkivikarjääride ala veejuhtivuse anisotroopiat veel kaevandamise

²² Suletud põlevkivikaevanduste põhjaliku veeuuringu teostas TTÜ mäeinstituut 2004. a, Maardu põlevkivikaevanduse vett uuris mäeinstituut 2012...13

ajal lamamisse rajatud kraavid, lõhatud drenid ja läbitud veekäigud ehk nn tunnelid.

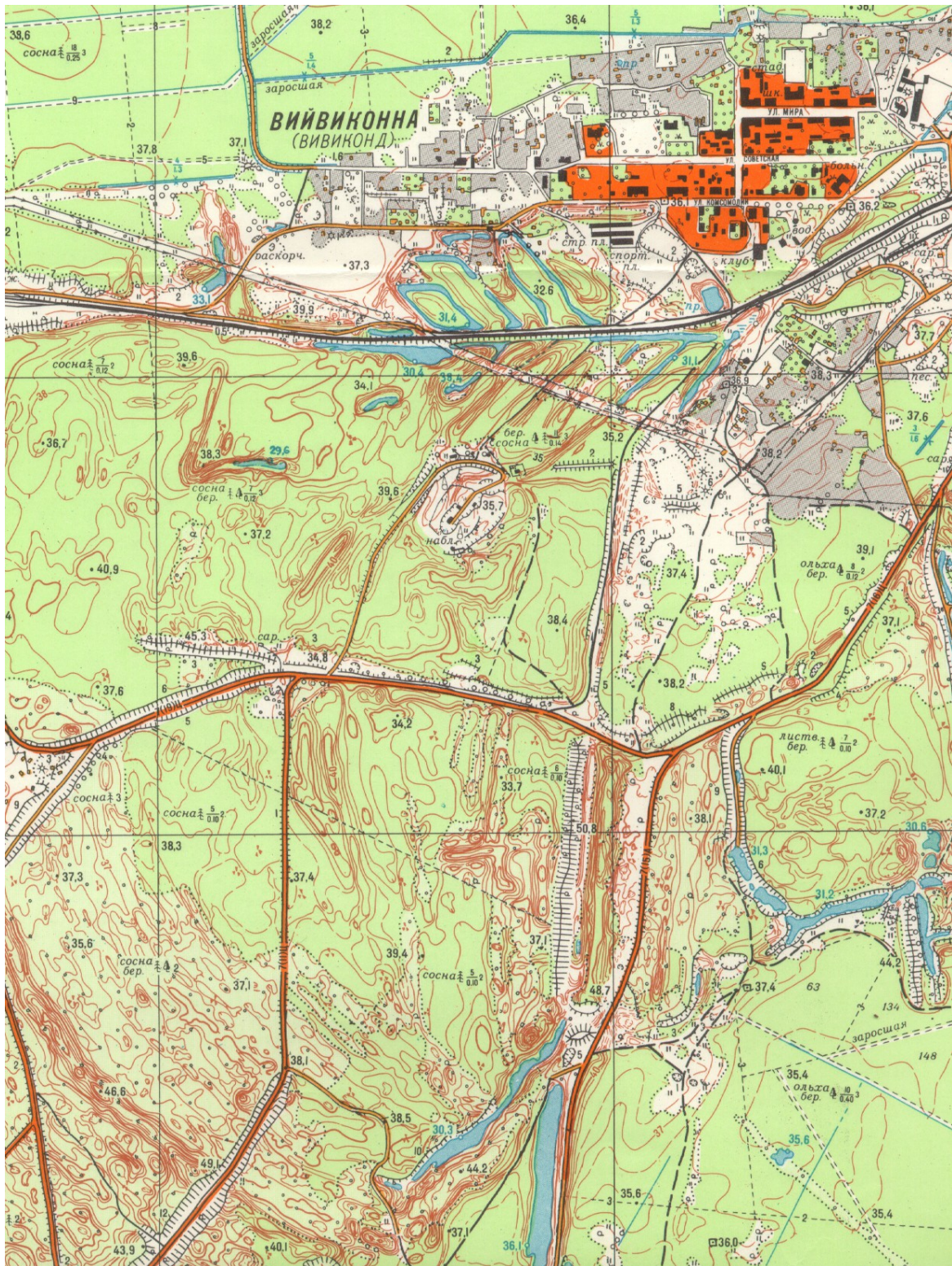


Joonis_2.46 Vee võimalikud voolusuunad Viivikonna karjääri ammendatud alal



Joonis_2.47 Karjäärivaalude veejuhtivuse ja pinnasemehaaniliste omaduste anisotroopia.

Mäeinsener Paul Vesiloo († 2012) joonistatud skeem



Joonis_2.48 Tüüpilised karjäärijärved Viivikonnas, vaal-kaevandamisega käideldud alal.

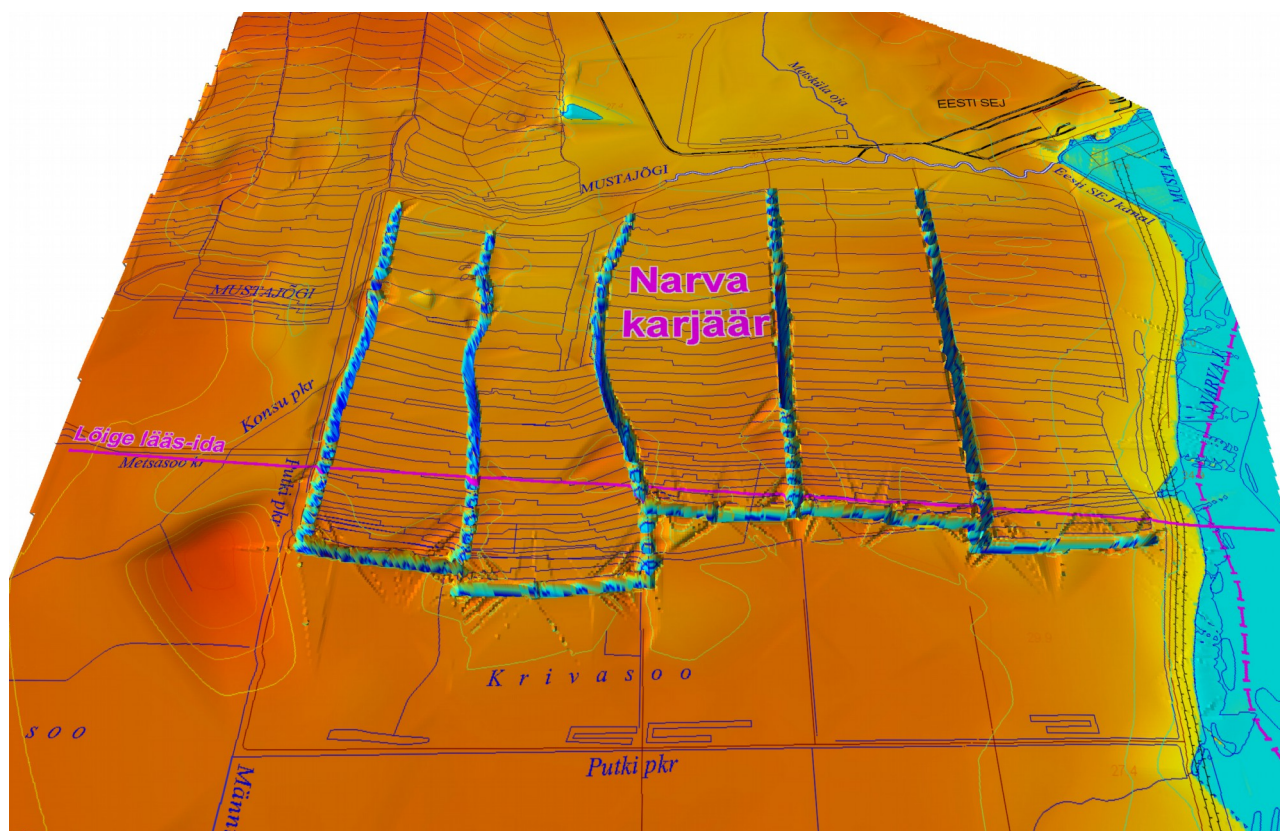


Joonis_2.49 Vesiloo järv

Eelmise pildi allserva keskel paiknev põhja-lõunasuunaline 18 ha suurune Vesiloo²³ tehiskjärv [Vesiloo, 1998]; koht X 6581453; Y 709603 järve kirdekaldal. I. Valgma foto.

²³ Järve rajas omaaegne Viivikonna karjääri tehniline juht mäeinsener Paul Vesiloo kohaliku rahva supluskohaks.

Tüüpilised vaalkaevandamisele järgnevad karjäärijärved kujutavad endast haraliste kanalite süsteemi, mille veetaseme kõrguse määrab väljavool. Selline järv on moodustunud Maardu lõunakarjääri, kusjuures veetaset reguleerib kraav 32 m kõrguse tasemega Maardu järve. Ettekujutuse võimalikust järvest Narva karjääris annab Joonis_2.50. Ilmselt esimene põlevkivimaardla karjäärijärv tekib Aidus pärast selle sulgemist. Kui veetaset ei reguleerita, ujutab tulevane järv üle suure osa metsastatud alast, sealhulgas ka Kohtla karjääri. Seoses sellega tõuseb küsimus metsastamise otstarbekusest aladel, millelt pole tagatud vee äravool pärast karjääri sulgemist.



Joonis_2.50 Arvutipilt uppunud Narva karjääri kaevikutest pärast selle sulgemist

[Valgma, 2000, I]

2.6. Inimtegevus kaevandatud alal võib olla:

- sihipärane, näiteks kaevanduste kasutamine turismi- või õppeobjektina, laona, tööstusruumina; selleks tuleb hankida või on saadud vastav luba; kui luba

puudub, on tegevus

- sihipäratu, olemuselt süüdimatu; selline tegevus on taunitav kui see tekitab ohtu loodusele, kaasa arvatud loomadele ja inimestele; selliseks tegevuseks tavaliselt luba ei anta ega hangitagi; süüdimatu tegevuse alla kuulub uudishimulike sisenemine suletud ja hüljatud kaevandustesse
- pahatahtlik on vanadesse kaeveõõntesse sissemurdmine, neisse rämpsus ja reovee peitmine, kaevanduse süütamine.

2.6.1. Sihipärane ja süüdimatu tegevus

Turismiobjektina on tuntud

Piusa koopad.

Üldsusele suunatud teave sisaldab turismimarsruute, puhkemaju ja matkaradu, milles ühe üritusena on sees Piusa koobaste külastamine. Suvel on koobastes pidevalt turiste. Ühest neist nn Muuseumikoopast²⁴ on tehtud turismiobjekt – ehitatud paviljon, korrastatud külastamisava (portaal) ja suletud muud sissepääsud. Suurem osa Muuseumikoopast on varisemisohtlik (vt Joonis_1 .17) ja külastajatele tõkestatud. Nii ei saa ka näha enam kahtlase väärtusega uusmoodustisi. Muuseumikoobas on ka Eesti ainukene koobas, mille kasutamiskõlblikkuse kohta on tehtud mäetehniline eeluuring.²⁵

Piusa ulatuslikud paljandid on pakkunud pikka aega huvi ka geoloogidele ja speleofauna uurijatele.

Õppeobjektina on kasutanud Piusa koopaid Tartu Ülikooli loodusteaduskonna üliõpilased, ka skaudid. Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia- ja mäetudengite regulaarse külastamise jaoks on Piusa koopad liiga kauged, nemad

²⁴ Tuntud ka kui Sammas-, Kiriku-, või Galeriikoopas

²⁵ Teostas Johannes Viru markšeideribüroo.

kasutavad lähemat analoogilist objekti – Ülgase kaevandust. Kuna koopad on nahkhiirte eluasemeks ja talvituspaigaks, samuti varisemis-ohtlikud, saab õppeotstarbelist külastamist lubada ainult sobival ajal, kogunud mäemehe või geoloogi juhtimisel. Koobastes ööbimine, pallimäng, alkoholi pruukimine ja pseudokultuslikud üritused ei tohiks kuuluda üliõpilaste hea tava hulka.

Laona (juurviljahoidlana) on kasutatud Piusa koobast (Joonis_ 2 .52). Projekti mäetehnilise eeluuringu tegi TTÜ mäeinstituut [...ammendatud...,1978]. Praegu on koobas suletud ja õhuvahetus minimaalne, mistõttu tervikute ja lae püsivus on hea.



Joonis_2.51 Piusa Muuseumikoopa portaal

E. Reinsalu panoraamfoto; 22.02.2011; X 6416999;;
Y 706263



Joonis_2.52 Ainus korralikult suletud stoll Piusas.

E. Reinsalu foto; X 6416999; Y 706263

Ülgase fosforiidikaevandus

(vt 4.2) Jõelähtme vallas on olnud kõne all kui võimalik turismiobjekt. Jõelähtme muuseumi initsiatiiv kujundada kaevanduskäikudest turismiobjekt, vaibus, sest koobastik on nahkhiirte oluline elu- ja talvituspaik.²⁶ Kuigi nüüd on (2015) kaevandus uuesti suletud, tungivad sinna ikkagi hulkur turistid ja metallivargad. TTÜ mäeinstituudi tudengid, kes varem käisid seal praktika korras fosforiidikihindit mõõtnas enam kaugematesse käikudesse ei jõua. Eba-kohase jälje jätsid kaevanduse peakäigu seinale filmi Karu Süda tegijad (Joonis_ 2 .53).

Aruküla koopad

on tänu oma linnalähedusele olnud mitmesuguse huvi objekt. 1998. aastal üritati looduskaitsealustes koobastikus avada turismiobjektina nn Tartu päkapikumaa (Joonis_ 2 .54), mis kutsus esile looduskaitsejate protesti. Positiivse järelkajana üritati mõõdistada koobastikku geofüüsikaliselt.

²⁶ Oma osa mängis ka maaomaniku vastuseis, kes pidas turismiobjekti kasumlikuks arenduseks.



Joonis_2.53 Näide kaasaegse inimese tegevusest Ülgase fosforiidikaevanduses.

I. Valgma foto

Samas olid maha jäetud filmi rekvisiitideks kasutatud loomakorjused.



Joonis_2.54 Päkapikumaa üritus Aruküla koobastes.

Kohtla kaevandusmuuseum

rajati 2001. aastal pärast kaevanduse allmaaosa sulgemist. Muuseumis antakse huvilistele algteadmisi põlevkivi allmaakaevandamisest, näidatakse kaeveõõsi ja -seadmeid ning sõidutatakse allmaarongiga. Küllastajale on tagatud täielik ohutus ja elamus.

Tööstus- või laoruumidena on pakutud kasutusse Jõhvi linna vahetus läheduses suletud põlevkivikaevanduse nr 2 püsivaid kambriplukke [Reinsalu, Toomik jt, 1999]. On olnud ka ettepanekuid kasutada kaevandusvett kaugkütte soojusallikana, tarbeveena ja puhastatult isegi joogiveena (mäeinsener Jakov Fraimani idee). Viimastel aastatel on ellu viidud idee kasutada uppunud põlevkivikaevanduste vett soojuse hankimiseks soojapumpade abil.²⁷ Ideed puhta vee kasutamisest ei ole jõudnud projekti staadiumi. Enamasti ei ole lähtunud teenuse tarbija otsingust, turuuringust. Samuti ei ole arvatud ka võimalikke kulusid, rääkimata kaasaja nõuetele vastava äriplaani koostamisest.

Seenekasvatuseks üritati kuuekümnendatel aastatel kasutada ühte põlevkivikaevanduse Käva-2 kambriplokki. Mäetehnilise eeluuringu tegi Põlevkivi Instituudi kaevandamisviiside laboratoorium. Settebasseinina Põhja-Kiviõli (Sonda) põlevkivikarjäärist pumbatava vee jaoks on eelprojekti tasemel käsitletud suletud Kiviõli kaevandust. Selle idee kohaselt pumbatakse vesi karjäärist suletud kaevandusse, kus see settib ja voolab Küttejõu asula juures Purtse jõkke (Joonis_ 2 .55).

²⁷ Karu, V., Valgma, I., Robam,, 2011. K. Lõputu soojusenergia. EGK XIX aprilikonverentsi teesid "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ja arukast kasutamisest". <http://www.egk.ee/wp-content/uploads/2011/05/Teesid.pdf>



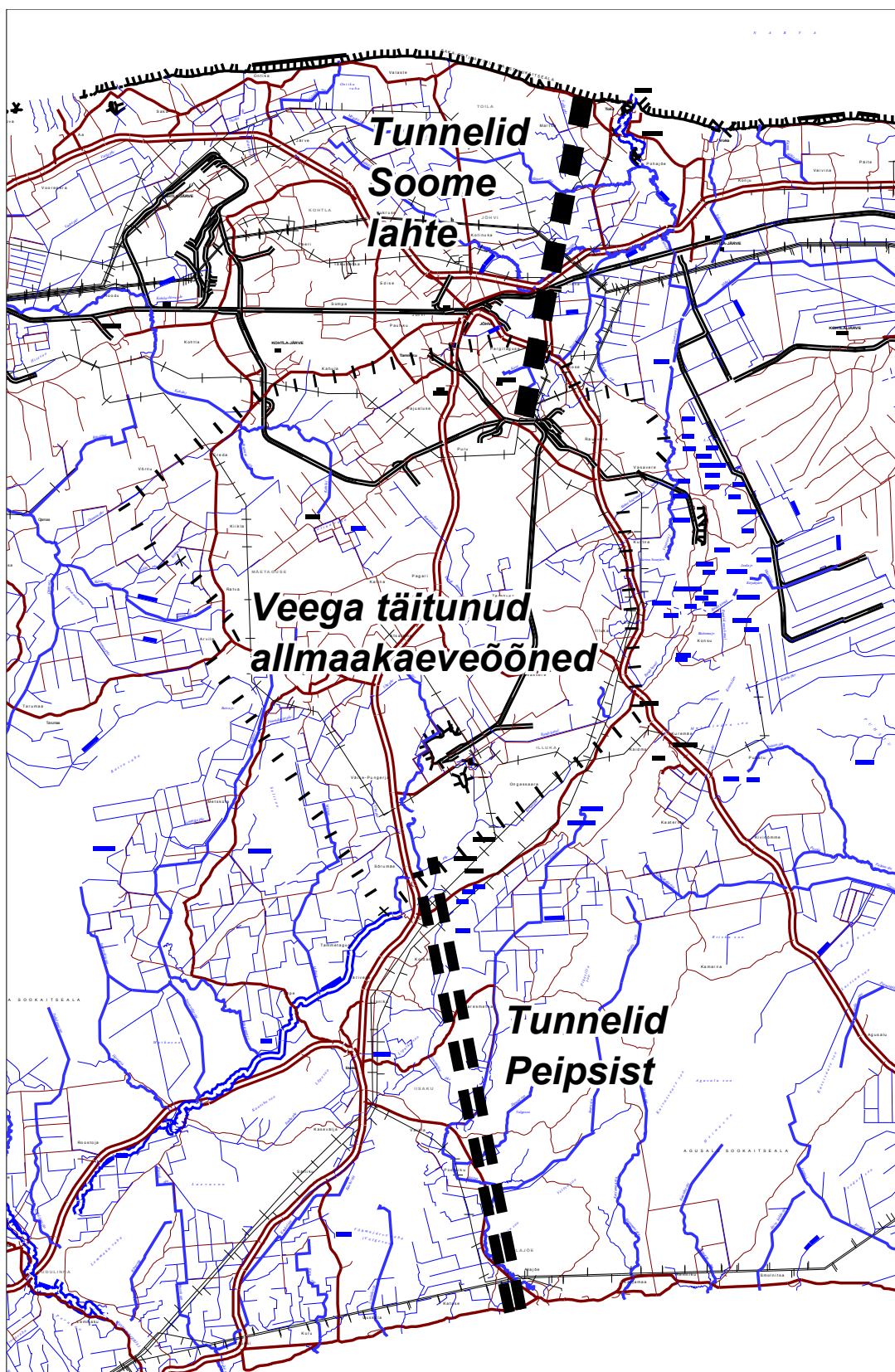
Joonis_2.55 Suletud Kiviõli kaevanduse vee korrastatud väljavooluava Küttejõus

E. Reinsalu foto; X 658477; Y 671500

Akumuleeriv allmaahüdroelektrijaam

on pelgalt idee, mis esitati 1998. a [Reinsalu, Toomik jt, 1999]. Teatavasti kasutab Jaanilinnas paiknev Narva hüdroelektrijaam piirijõe vett, millest 31% tuleb Eesti valgalalt. Seega Narva jõe keskmisest vooluhulgast ($400 \text{ m}^3/\text{s}$) kuulub rahvusvahelise tava kohaselt $120 \text{ m}^3/\text{s}$ Eestile. Kui seda osa veenergiast ei saa kätte Narva hüdroelektrijaamalt, võiks otsida teisi lahendusi. Intrigee-riv võimalus on sadade miljonite kuupmeetritega mõõdetavate allmaaõõnsuste kasutamine hüdroelektrijaama veemahutina. Selleks tuleks rajada 20 km tunnelid Estonia kaevandusest Peipsini ja 15 km Viru kaevandusest mereni. Vee vajaliku voolukiiruse tagamiseks peaks nii vett jõujaama toovate kui ka merre viivate tunnelite summaarne põiklõikepindala olema piisavalt suur, mis eeldab 5...6 paralleelse käigu läbimist. Läbimine ja teh-

nika pole probleem, küsimus on rahas. Ainuüksi tunnelite rajamise maksumus on miljardi krooni (70 mln €) tasemel.



Joonis_2.56 Ideekavand - allmaa-hüdroelektrijaam kunagi suletava põlevkivikaevanduses

Kuigi sellise hüdroelektrijaama võimsus oleks suurem kui kogu Eesti veejõu potentsiaal ilma Narva jõeta, vastaks

see kõige jämedamal hinnangul ikkagi vaid umbes 0,5 mln t põlevkivi põletamisele soojuselektrijaamas. Teiseks on selline projekt vastunäidustatud nii ökoloogiliselt, seonduvalt pankrannikuga ja Peipsiga kui ka poliitiliselt, kuna tegemist on riikidevahelise valgala vee- kasutusega. Kolmandaks võimalikuks vastunäiduks hüdroelektrijaamale oleks veelöögid kaevandatud alal (vt 3.4).

2.6.2. Pahatahtlik ja lubamatu tegevus

Sissemurdmine

on ohtlik kõigepealt allmaakäikudesse sisenejale (ptk 5). Tavaline inimene ei tea, et kaevanduskäigud kui maapõue uusmoodustised ei ole nii stabiilsed kui looduslikud koopad. Mäetöö ajal olid käigud toestatud, kuid hiljem on toestik kõdunenud. Nii võivad laekivimid kaua püsida varisemiseelses olekus ja langeda nõrgast mõjutusest (Joonis_ 2 .57). Mäemeestele teada olevaid ohuindikaatoreid ja ohutusvõtteid tavainimene kasutada ei oska. Praegu on hulkurturistidele avatud kõik Piusa koopad peale Muuseumikoopa portaali ja nn Juurviljahoidla (Joonis_ 2 . 51, Joonis_ 2 .52). Pidevalt on lahti murtud Aruküla koopaid sulgevaid ukseid. Ülgase fosforiidikaevanduse stollid on mitu korda lahti murtud ja tõkestavaid raudvõresid vanarauaks müüa. Ohtlikult avar on suletud Ubja põlevkivikaevanduse stollid, millest teadaolevalt on kaevandusse sisenetud (Joonis_ 2 .58). Samuti lahti varisenud mõned Jõhvi kaevanduse käigud (Joonis_ 2 .59).



Joonis_2.57 Pehastunud toestik ja lae varing ühes Sillamäe uraanilevila uuringustollis.

I. Valgma foto

Eriti ohtlik koht!



Joonis_2.58 Suletud Ubja põlevkivikaevanduse avatud suue.

I. Valgma foto

Eriti ohtlik koht!



Joonis_2.59 Lahti varisenud kaevanduskäik Edise külas Jõhvi põhjapiiril.

E. Reinsalu panoraamfoto

Eriti ohtlik koht!

Peale selle, et allmaakäiku siseneja seab ohtu enda ja oma kaaskonna, võivad allmaakäikude külastajad põhjustada ka olulisi looduskahjustusi. Lubamatu on nahkhiirte häirimine, eriti talvel. Kuid välditud ei ole ka tahtlik või tahtmatu allmaasüütamine.

Reovee juhtimine suletud kaevandustesse

on sedavõrd lihtne ja kontrollimatu, et peame võimatuks, et seda ei tehta. Tõenäolised alad, kus fekaale ja olmereovett suletud kaevandusse võidakse juhtida, paiknevad Jõhvi ja Kohtla-Järve vahel põhja pool Tallinn-Narva raudteed, Küttejõu ja Kiviõli vahel lõuna pool raudteed ning Kiviõlist läänes. Ilmselt tehakse seda ka Maardu aiandusmaadel hüljatud tehases idas. Siiski puuduvad mistahes andmed reovete suunamisest suletud kaevandusse, sest asjaosalised varjavad seda kiival. Lihtsam on tabada neid, kes varinguauke kasutavad jäätmete matmiseks enne kui need täis puistatakse.

Süütamine

on suletud põlevkivikaevanduste ja -karjääride suur oht. Enamasti on allmaatulekahju tekitatud tahmatult. Seni on teada taluniku põhjustatud Kiviõli allmaapõleng kohas X 6583340; Y 665325, kus põlevkivi süttis lohakalt suletud tuulutuskäevu heidetud majapidamisjäätmest.

Tuleohtlikud on mitte ainult suletud põlevkivikaevandused, sealhulgas Sillamäe uraanikaevandus vaid ka Ülgase fosforiidikaevandus, mille kaevandatud alas avaneb varisenud graptoliitargilliit. Paar korda on süttinud või süüdatud hüljatud Küttejõu kaevandus ja karjäär. Kuigi see ettevõtte ei kuulunud kunagi Eesti Põlevkivile, vaid rajati kui Tallinna Tselluloosivabriku kütusetsehh, kustutas ikkagi kaevanduskoondis kui oskav ja suutev.

3. KVAASISTABIILSETE ALADE TULEVIK

3.1. Kvaasistabiilsuse teoreetilised alused

Põlevkivi kamberkaevandamisel liigub lasum ja maapind esialgu vaid mõne sentimeetri piires ega ole märgatav. Kaevandamisjärgne maa jääb suure tõenäosusega püsima ja nii tekib, sõltuvalt kaevandamissügavusest, stabiilne või kvaasistabiilne ala (vt Viga: viidatud allikat ei leitud). Neljakümne aasta jooksul on Eestis kvaasistabiilset ala tekkinud umbes 70 km² (Ahtme, Estonia ja Viru kaevanduste kambritega kaevandatud ala – Tabel_ 1 .6). Kvaasistabiilse ala peamine eripära on see, et lasumit hoidvad tervikud võivad ootamatult puruneda ja maapind vajuda. Seoses kaevanduste sulgemisega ja ettevõtete vastutuse kadumisega on teravnenud küsimus, kuivõrd püsivaks jäävad kambritega kaevandatud alad. Problee-

mile lisab pinget asjaolu, et suletud kaevandused upuvad ja tervikute püsivust hakkab mõjutama vesi. Kambriploki varing on märgatav kui see toimub koristustöö ajal või vahetult peale ploki lõpetamist. Seevastu kaevandatud ala kaugemas osas toimunud varinguid võidakse mitte märgata või jätta registreerimata, eriti kui nad ei tekita märgatavaid muutusi maa peal. Seepärast valdab mäe-meeste seas arvamus, et kambriplokkide hilisvaringuid ei toimugi ja kaevandatud ala jääb igavesti püsivaks.

Edasises võtame vaatluse alla, kuivõrd tõeseks saab seda seisukohta pidada ja kuidas võib mõjutada suletud kaevanduste vesi tervikute püsivust. Probleemi teoreetilise poolega võib tutvuda vastavas erialases artiklis [Reinsalu, 2000, III].

Tervikute arvutamise meetoodika aluseks on teadmine, et kivimkonstruktsiooni tugevus aja jooksul väheneb. Seepärast arvutatakse tervikud kahe kivimi tugevustunnuse – alg- ja püsitugevuse alusel. Algtugevus iseloomustab kivi- mit kiire koormamise puhul, näiteks survekatsel. Pideva surve all, nii nagu see on tervikutes, kivimi tugevus väheneb seni kuni saab võrdseks püsitugevusega. Väga suure surve all tugevuse vähenemine ei pruugigi lakata ja kivim puruneb. Püsivate tervikute arvutamise aluseks võetakse püsitugevus.

Alg- ja püsitugevust saab määrata laboratooriumis kivi- miproovide katsetamise teel. Kuid laboratoorsed katsed ei suuda kunagi kirjeldada ega mõõta seda, mis maapõues tegelikult toimub. Loodusliku kivimimassiivi tugevust mõjutavad mitmesugused maapõuehäired, nagu lõhed, kivi- mi moone, varieeruv poorsus, niiskus jne. Seepärast peetaksegi püsivaks projekteeritud tervikute ootamatut puru- nemist hälbeks, kusjuures põhjuseks võivad olla geo- loogilistest protsessidest tulenenud kivimi nõrgenemine,

lubamatud või juhuslikud kõrvalekaldumised tehnoloogiast, kivimi tugevuse harvaesinevad anomaalsed muutused jms. Hälvete elimineerimiseks kasutatakse arvutustes varutegurit, mis põlevkivikaevandustes kasutusel oleva meetoodika kohaselt võib olla 1,1...1,4. Teisisõnu, tervik projekteeritakse 10...40 % suurem kui tugevusõpetuse alused ette näevad. Samavõrra suureneb maavara kadu tervikutes. Muudel juhtudel võidakse kasutada ka teistsuguseid varuteguri väärtusi. Näiteks käigu lagede igavese püsivuse tagamiseks soovitatakse võtta varuteguriks 2 [Stecenko jt 1979]. USA uurijad [Pula jt 1990] viidates Z. T. Bieniawskile [1984] märgivad, et üldiselt võiks varutegur võiks olla vahemikus 1,5...2,0, kusjuures konkreetne suurus peab arvestama muu hulgas ka mäetöö tegemise kvaliteeti.

Terviku tugevust iseloomustav suurus on piirkandevõime, mis määratakse sõltuvalt terviku otstarbest. Maa all on kasutusel tugi-, hoide- ja tõkketervikud. Tugitervikute piirkandevõime arvutatakse vähemalt kaheks aastaks, hoide- ja tõkketervikutel lõpmata pikaks ajaks. Vastavalt sellele kasutatakse valemis kas seda suurust, milleni kivimi tugevus on vähenenud kaheaastase perioodi lõpuks või püsitugevust. Mõlemal juhul kasutatakse varutegurit: tavaliselt tugitervikute jaoks 1,1...1,2 ja teiste jaoks 1,2...1,4.

Varuteguri suurus on kindel vaid projekteerimise staadiumis. Tegelikuses kujundatud või töö käigus kujunenud tervikute mõõtmed erinevad projektmõõtmetest väga mitmel mäetehnilisel põhjusel.

Üheks põhjuseks on väljamissammu (ee edasiliikumise pikkus tsükli) ebaühtlus, millest tulenevalt terviku külje pikkus ee liikumise suunas võib lahknedada projekteeritust. Kui juhtub, et tervikute pindala on mitme töötsükli jook-

sul osutunud projekteeritust väiksemaks, siis oma ülesannetesse hoolikalt suhtuv mäetööde juht taastab tervikute keskmise pindala nii, et jätab rea või paar suuremaid tervikuid. Sellisel juhul võib mäetööde plaanidelt mõõdetud tervikute pindala jaotus osutada mittenormaalseks (ei ole kirjeldatav normaaljaotusega), vaid on kõigi eelduste kohaselt kahemodaalne (on kaks kogumit - väikesed ja suured tervikuid). Tervikute pindalade jaotust kui ploki varingu indikaatorit on uurinud Jüri-Rivaldo Pastarus ETF grandi 3651 raames [Pastarus, 2000].

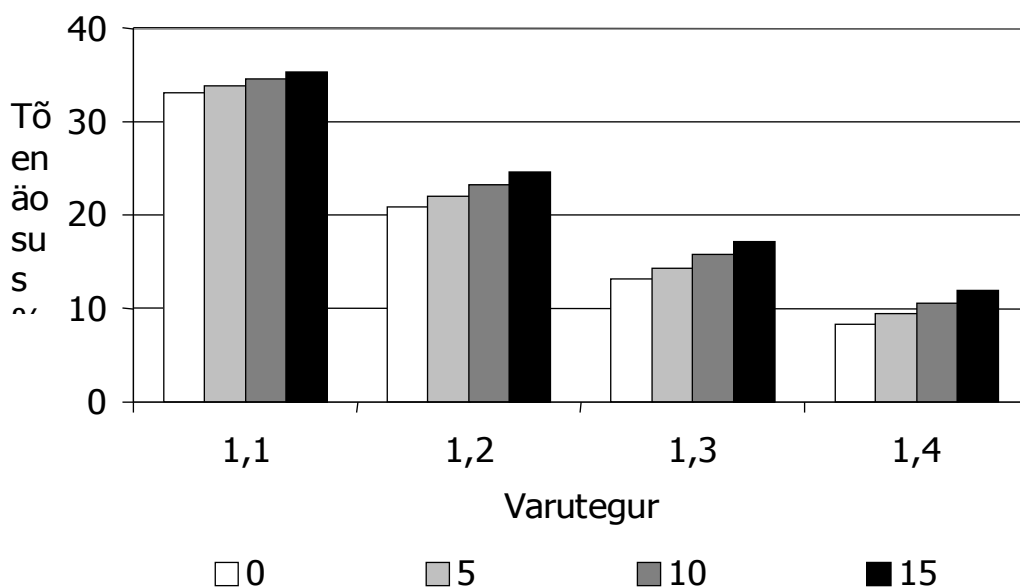
Teise põhjusena võib oletada, et omal ajal on plaanile kantud tervikute mõõtmeid korrigeeritud. Teisisõnu - võltsitud andmeid väljamata jäänud maavara koguse kohta selleks, et varjata juurdekirjutusi toodangu mahule või ka tehnoloogia rikkumist. Aluse selleks oletuseks annab tähelepanek, et plaanimajanduse ajal väljatud plokkide plaanidel võib piisava kogemuse korral leida märgatavaid erinevusi kalendrikuu lõpus ja alguses moodustatud tervikute mõõtmetes. Ka see muudab tervikute pindala jaotuse mittenormaalseks. Üldiselt peaks kehtima seaduspärasus, et kui mingil perioodil oli kaevanduse kaubapõlevkivi aherdumine suurem kui rikastamisjääk (tavaliselt Ahtme ja Estonia kaevanduses), siis viidi kaubatoodangu ja väljatud maavara kogus vastavusse kas kihindi tootlikkuse või väljatud pindala korrigeerimisega. Kuna suuremat väljatud pindala näidates vähenes maavara kadu, siis kindlasti oli see tee auväärsem. Kaasajal on sellised juurdekirjutused kaotanud mõtte. Kõigest hoolimata soovitame silmas pidada, et

**kambriplokkide püsivusarvutused mäetööde plaanide alusel
ei tarvitse anda objektiivseid tulemusi**

Kuna tervikute tõelist tugevusvaru ja sellest tulenevat kambriplokkide varisemise aega, nii nagu ka maa vajumise asukohta ei ole võimalik piisava täpsusega määrata, on seda püütud teha neid protsesse teoreetiliselt analüüsi-des ja matemaatiliselt modelleerides [Reinsalu, 2000, III]. Modelleerimise abil on hinnatud kui suur on tõenäosus, et tervikud purunevad kaevandamisjärgse 20 aasta (240 kuu) jooksul. Tulemused on tabelis 3.1.

Tabel_3.10 Kambrite varisemise tõenäosus 20 aasta jooksul

Nn igavese terviku varute-gur	Varisemise tõenäosus erinevate arvutusmudelite kasutamisel, %
1,1	28...32
1,2	14...21
1,3	7...13
1,4	3,4...8,2



Joonis_3.60 Tõenäosus, et kambriplokk variseb 20 aasta jooksul,

sõltuvalt tervikute püsivuse varutegurist (1,1...1,4) ja niiskuse sisaldusest (0...15 %)

Tabelis toodud andmed kehtivad kivimi nn loodusliku niiskuse juures. Kuid kivimi tugevus sõltub veesisaldusest. Enamike, eriti savikate sette kivimite tugevus on veega küllastunud olekus madalam kui kuivalt. Kuivade ja veega küllastunud katsekehade tugevuse erinevus võib olla mitmekordne. Mõnedel Ida-Donbassi savikatel kivimitel on mõõdetud see kuni 8,3 kordne [Ivanov jt, 1981]. Põlevkivihindi kivimitel on niiskuse mõju erinev: veega küllastunult on põlevkivi tugevus 1,4...1,7, kihindi merglil ja savikal pael 1,4 ja dolomiidil ning vähese savisisaldusega pael 1,1...1,25 korda madalam kui kuivalt [VNIMI, 1972]. Kaevanduse uppudes kivimid küllastuvad veega ja tervikute kandevõime väheneb. Seejuures pole aga täpselt teada kui suur on kivimi niiskus nn kuivas kaevanduses ja millise määrani niiskub kivim kaevanduse uppudes. Pealegi, kuiv kaevandus ja kuiv katsekeha on eri asjad. Kuiv katsekeha on spetsiaalselt kuivatatud ega sisalda vett. Kuiva kaevanduse (nn looduslikult niiske) kivimi veesisal-

dus on keskmise ja küllastunud oleku vahel. Kaevanduses on käikude ja tervikute seinad vähemal poole meetri sügavuses mõjutatud lõhkelainetest, mistõttu vähemalt selles mahus on kivimi veeimavus suurem kui katsekehadel. Need on peamised asjaolud, mis ei luba täpselt arvutada, mil määral tervikud kaevanduste uppudes nõrgenevad. Saame vaid püstitada oletusi. Näiteks teades, et kivimi tugevuse vähenemiseks 10 % võrra piisab pae niiskuse suurenemisest 1 % ja põlevkivi niiskuse suurenemisest 4 % võrra. Oletades, et selline niiskuse kasv on reaalne, saab arvutada, kuidas kasvab varingu tõenäosus tervikute niiskuse suurenedes. Arvutustulemuste graafik on joonisel 3.1.

Kuid mitte kõik kivimid ei käitu nii nagu savikad kivimid ja savikihid. Nõrgalt tsementeerunud liivakivi, millesse on rajatud koopad Lõuna-Eestis, võivad nõrgeneda hoopis kuivades.

Kvaasistabiilset maad tekitavate protsesside uurimine ja modelleerimine andis olulist kaks järeldust:

- kaevandatud ala hoidvate tervikute nõrgenemine jätkub ja kambriplokkide varisemise tõenäosus säilib ka pärast mäetööde lõpetamist
- kaevanduse uppudes kambriplokkide varisemise tõenäosus kasvab

3.2. Vajumisnähtude otsimine

3.2.1. Tunnuste otsimine aerofotodel

Selleks, et leida märke, kas kambriplokkide varingud jätkuvad ja selgitada, milliseid muutusi on oodata altkaevandatud maal, uuriti kaevandatud ala maakatet eri aegadel tehtud aerofotode ja kaevandatud alade kaartide ühitamise teel [Niitlaan, 2000]. Lähtekohaks olid kir-

janduses avaldatud [Laigna, Joosep, 1989]²⁸ ning mäetööde plaanidele kantud kambriplokkide varingute andmed. Ajaliste muutuste hindamiseks võeti vaatlemiseks 1972...1995 aastate aerofotosid, igast kümnendist üks ülesvõtete seeria.

Aerofotode uurimine näitas ka uusi varinguid, enamasti sellises maastikus, kus maa vajumine tekitab märgatavaid maakatte muutusi (Joonis_ 3 .61). Uute avastatud vajumite tekkimise aeg ei ole täpselt määratav. Ülelendude ja mingil määral ka ploki väljamisaja alusel saab oletada vaid ajavahemikku, millal maa vajus. Täpsem dateerimine osutus võimalikuks kui vajumise hetke juhuslikult märgati maa peal või varing on märgitud kaevanduse dokumentatsioonis. Viimast tavaliselt ei ole, sest järelvaringud avaras kaevandatud alas ei pruugi tekitata tajutavat õhulainet ega müra. Juhul, kui maa all märgataksegi varingule kaasnevaid nähtusid, ei saa toimimiskohta kindlaks teha, sest kaevandatud ala küllastamine on eluohtlikkuse tõttu lubamatu.

Töös aerofotodega tuleb arvestada, et fotol paistab vajum eri maastikul erinevalt. Hästi on näha uued lohud soises metsas - seal on maakatte muutus silmatorkav. Siiski vajavad uued võimalikud lohud kontrollimist, sest tihti ei anna foto ühest vastust. Aerofotol märgatu võib osutada raielangiks, kobraste paisjärveks jm. Vanad ja püsivad veekogud on siiski hästi eristatavad (Joonis_ 3 .62). Kui kõige paremini on varingu jälg näha soisel metsaalal, kus lohk tavaliselt täitub veega, siis halvemini on nad märgatavad madala taimestikuga aladel ja juba eelnevalt soostunud aladel. Täiesti märkamatuks jäävad vajumid kultuurmaastikel, põllu- ja heinamaal.

²⁸ Eesti Põlevkivi markšneiderite poolt kogutud andmeid avaldanud infobülletään.



Joonis_3.61 Aerofotode uurimisel leitud uus vajumislohkude paar Ahtme kaevandusväljal

X 6577980; Y 696865

Kuival ajal tehtud fotol võib ka looduslik veekogu olla sama häguse kontuuriga kui varingust tekkinud lohk Joonis_3.62 toodud fotofragmendi ülaosas paremal. Antud juhul, nii nagu mõnel teiselgi korral, aitasid looduslike veekogusid, s.h kopratiike ja poollooduslikke (paisjärvi ja tiike), eristada vajumislohkudest kaardid ja plaanid. Kahjuks osutusid mõnikord needki ebaadekvaatseteks.



Joonis_3.62 Kalina järv all vasemal, mida sellel fotol ei saa kuidagi pidada veega täitunud vajumislohuks, sest pildistamise ajal piiras vett selgepiiriline kallas; koht X 6576146; Y690163 on tee otspunkt järve kirdesopi rannal.



Joonis_3.63 Vajumid Ahme kaevanduse väljal

iseloomulikud on kaks lohku iga poolploki alguses; koht X 65787774; Y 695246 on metsasihtide ristil pildi keskel.

Aerofotodel kambriplukkide varingulohkusid uurides kinnistus varasematel maastikuvaatlustel tehtud tähelepanek, et kui kõrge pinnasevee tasemega aladel on kambriplukkide varisemisest tekkinud lohud suuremalt jaolt soostunud või veega täitunud, siis samas maastikus on kombainilaavade sama sügavad vajumislohud kuivad. Mäetehniliselt on see seletatav nii, et kambrite varingu kohal ühe hetkega tekkiva liudja vajumi alla ei teki laiud alla suunduvaid lõhesid. Seevastu kombainkaevandamisel, s.t lae langetamisel, murdub lasum sammhaa-

val. Tekkiv lohk on järsuperveline ja selle põhjas on iga langetussammu kohal maapinnalt kaeveõõnteni kulgev lõhede kimp (vt Joonis_ 2 .39). Pealegi juhivad kombainkaevandamisel tekkivad maapinnalõhed pinnasevett alla paremini kui kambrite vajumisala lõhed. Viimased on väiksemad ja täituvad kergemini ning kiiremini kui kombainkaevandamise puhul.

Kõrvale ei saa jätta ka geoloog Rein Perensilt pärinevat seletust, et kombainilaavadest tekkinud mollid võivad olla kuivad seepärast, et nad paiknevad vett hästi juhtivate karstivööndite läheduses. Tõepoolest – kombainkaevandamist kasutati valdavalt nende lankide väljamiseks, kus kamberkaevandamine oli lähedase karsti tõttu raskendatud. Siiski tundub meile usutavam esimene seletus, kasvõi sellepärast, et näiteks Sompal väljal, kahe karstivööndi vahelisel alal punktis X 6578844; Y 686322, mille all kaevandati käsilaavadega, on vajum vesine, aga 100 m eemal, punktis X 6578791; Y 686246 on kombainilaava pealne kuiv. Käsilaavadega, s.t täiteriitadega väljamisel maapinnale tekkivad lohud on liudjamad kui kombainkaevandamise puhul.

Ahtme kaevanduses

oli enne siin kirjeldatava uuringu alustamist teada 21 kambriploki varingut. Nende võrdlemine mäetööde plaaniga ja aerofotodega näitas, et kokkulangevus on osaline. Palju, mis oli kantud mäetööde plaanile, erines sellest, mida võis näha varingu kohal looduses. Kümne teadaoleva varingu asukohta ei olnud fotol võimalik foonist eristada ja teiste plaanile kantud varingute kontuur ei ühtinud vajumisala kontuuriga fotol. Näiteks kambriplakkide nr 26, 27 ja 35 kohal olid tekkinud lohud kohe plakkide algusse ja hiljem ka lõppu (Joonis_ 3 .63). Mäetööde plaanil on näidatud varisenuna kogu plakk. Ae-

rofotode uurimisel fikseeriti Ahtme mäeeraldisel ligi kümme-kond uut võimalikku vajumit, millest hilisemal täpsustamisel kolm leidsid tõestuse. Uued lohud jäävad ajavahemikus 1969...1987 kaevandatud alasse. Mõned vajumid olid tekkinud juba enne 1986. a, kuid ei ole märgitud ei avaldatud allikates ega mäetööde plaanil. Suurim ja iseloomulikum lohk on plokk nr 10 kohal. Plokk väljati 1977. aastal, kuid varingu aeg ei ole täpselt teada.

Viru kaevanduses

on mäetööde plaani ja aerofotode andmestiku kokkulangetus parem kui Ahtmes. Ilmselt on see tingitud asjaolust, et sel ajal kui maavara kao vähendamine oli aktuaalne ja Viru kaevandus tegi seda kambriplokke teadlikult langetades, toimus see soise metsamaa all, kus iga varingut markeerib veega täitunud lohk.

Mäetööde plaanile kantud varingud on allikates nummerdatud, tõenäoliselt ajalises järjekorras. Siiski on loetelu katkendlik ja mäetööde plaanilt puuduvad varingud nr 3, 12, 15 ja 16. Fotodel võis märgata hulga registreerimata varinguid, varingu laienemisi ja/või nende võimalusi, millest tõestatuks võib lugeda 11. Üks suurematest uutest varingulohkudest vt Joonis_ 1 .11.

Estonia kaevanduse väljal on peaaegu kakskümmend vajumislohu. Neljast uuest seni teadmata lohust võib lugeda tõestatuks kaks. Kuna palju teadaolevaid varinguid on haritava maa all, ei ole fotode abil võimalik neid lokaliseerida ega nende vajumislohu kuju hinnata. Ka maastikul pole neid hõlpus leida, sest Estonia pealne maa ei ole lauge.

Seni registreerimata vajumitest on huvitavaim näidatud Joonis_ 3 .64, kus varasema lohu kõrval on hiljem vajunud veel suur ala. Vajum tekkis ploki stiihilisest varingust,

mis toimus kümmeaastat peale mäetööde lõppu.



Joonis_3.64 Vajumisala Estonia kaevanduse alal

Esmalt on varisenud pildil üleval paiknev plokk, hiljem alumine; koht X 6569681; Y 694028 paikneb nende vahel.

3.2.2. Maakatte muutuste märgatavus

Altkaevandatud alade maakatte muutumine sõltub mitte ainult varingu tüübist (kamberkaevandamisele on omane liudjas, kombainkaevandamisele – moldjas lohk), kaevandamise sügavusest, millest sõltub lohu sügavus ja perve kaldenurk, vaid ka kvaternaarisetete tüübist ja paksusest. Väga oluline on ka pinnasevee tase. On täheldatud, et varingutekkelised muutused avalduvad soisel alal selgelt,

kuid võivad jääda täiesti märkamatuks reljeefsel kultuurmaastikul. Siin kirjeldatava uurimistöö raames on püütud hinnata ka kindlaks tehtud varingutele kaasnevate vajumite nähtavust aerofotodel ja maastikul, sõltuvalt kvaternaarisetete tüübist. Maakatte muutumist sõltuvalt setete paksusest on uurinud A. Toomik [1998].

Settetüübi määramiseks kasutasime Eesti Geoloogiakeskuse kvaternaarisetete digitaalkaarti, mille ühitasime kaevandatud alade kaardiga. Tulemused on tabelis 3.2. Looduses vaatlesime ja mõõdistasime üheksat mitmesugust vajumit. Kokkulangevus aerofotol ja maastikus nähtavaga osutus niivõrd heaks, et aerofotod võib lugeda piisavalt informatiivseteks. Nähtavuse analüüsist saab kaks järeldust:

- 42 % vajumislohkudest ei ole üldse märgatavad, s.t nad ei tekita olulisi muutusi maakattes
- maapealsed tunnused ei võimalda tuvastada kõiki varinguid; teatavasti on samuti ka allmaatunnustega

Tabel_3.11 Vajumite märgatavus

Märgatavus⇒ Settetüüp ↓	Ei näe	Aima- tav	Märga- tav	Nähtav	Kokku
Vajumite arv					
Jääjärvesetted	2	2			4
Antropogeensed setted	8	1			9
Liustikusetted	12	3	1	4	20
Soosetted	8	5	6	20	39
Kokku	30	11	7	24	72
Vajumite suhteline märgatavus %					
Jääjärvesetted	3	3	0	0	6
Antropogeensed setted	11	1	0	0	13

Liustikused	17	4	1	6	28
Soosused	11	7	8	28	54
Kokku	42	15	10	33	100

Antropogeensete setete alla on liigitatud mitte ainult puistangud ja muud tehnogeensed rajatised vaid ka nn kultuurmaastik, näiteks aianduskooperatiiv, intensiivselt kasutatav põllumaa jms.

3.2.3. Kambriplokkide varingute tegelik

arv, mida, nagu selgus, pole võimalik määrata ei all- ega pealmaavaatlustega, võib olla hinnatav valemiga

$$N = n_1 n_2 / m,$$

kus n_1 on ühe meetodiga, antud juhul allmaavaatlustega määratud varingute arv ja n_2 - teise, s.o aerofotode ja maastikuvaatluse abil määratud varinguilmingute arv ning m on varingute arv, mis tuvastati mõlema meetodiga.

Valem lähtub eeldusest, et kumbki meetod ei võimalda kokku lugeda täielikku varingute arvu. Küll aga võimaldab kumbki meetod märgata varingutest teatava osa, mis on väljendatav tuvastamisteguriga n_i / N . Tuvastamistegur (või -protsent, kui seda väljendada 100 korda suurema arvuga) sõltub allmaavaatlusel ammendatud ala suuruselt ja varingu kaugusest ning maapealsel vaatlusel setete ja maastiku tüübist. Kuna tuvastamistegurit väljendab ka suhe $p_1 = m / n_2$ ja vastupidi, siis asendustega tekibki ülal esitatud valem. See, nn kaksikloendusmeetod on laenatud astronoom Ernst Öpiku teaduspagasist, kes rakendas seda lendtähtede loendamisel [Müürsepp, Preem, 1968]. Arvutuste tulemused on tabelis 3.3. Nende alusel saab hinnata, et tõenäoline varingute arv 1998. a lõpu seisuga võib olla $57 \times 39 / 24 > 90$.

Lähtudes enam-vähem kindlaks tehtud varingute arvust 73, saame väita, et

20% kambriplokkide varingutest ja nende tagajärgedest jääb tuvastamata

Tabel_3.12 Varingute kaksikloendusandmed

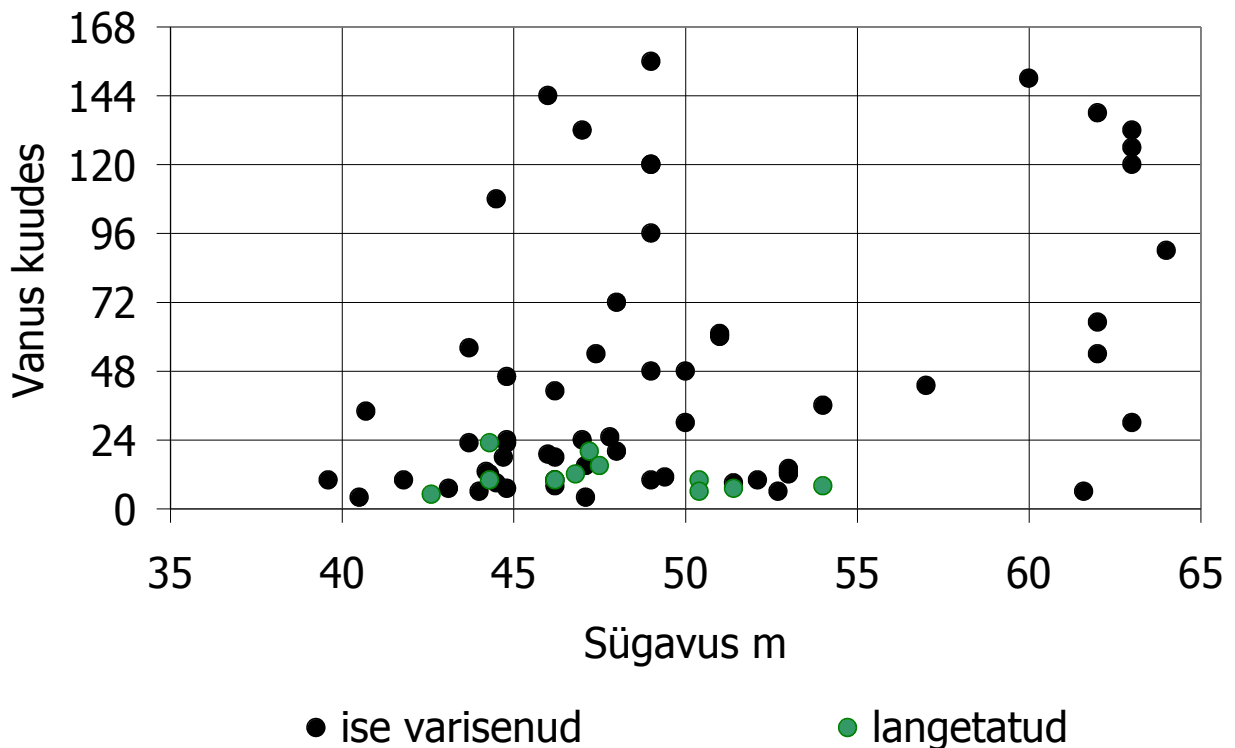
Kaevandus	Tuvastatud maa all n_1	Tuvastatud aerofoto- del n_2	Tuvastatud mõlema meetodiga m	Allmaavaatluse tuvastamis- egur p_1	Pealmaavaatluse tuvastamis- egur p_2
Ahtme	21	12	9	0,75	0,43
Estonia	16	6	4	0,67	0,25
Viru	20	21	11	0,52	0,55
Kokku	57	39	24	0,62	0,42

3.3. Varisenud kambriplokkide iga

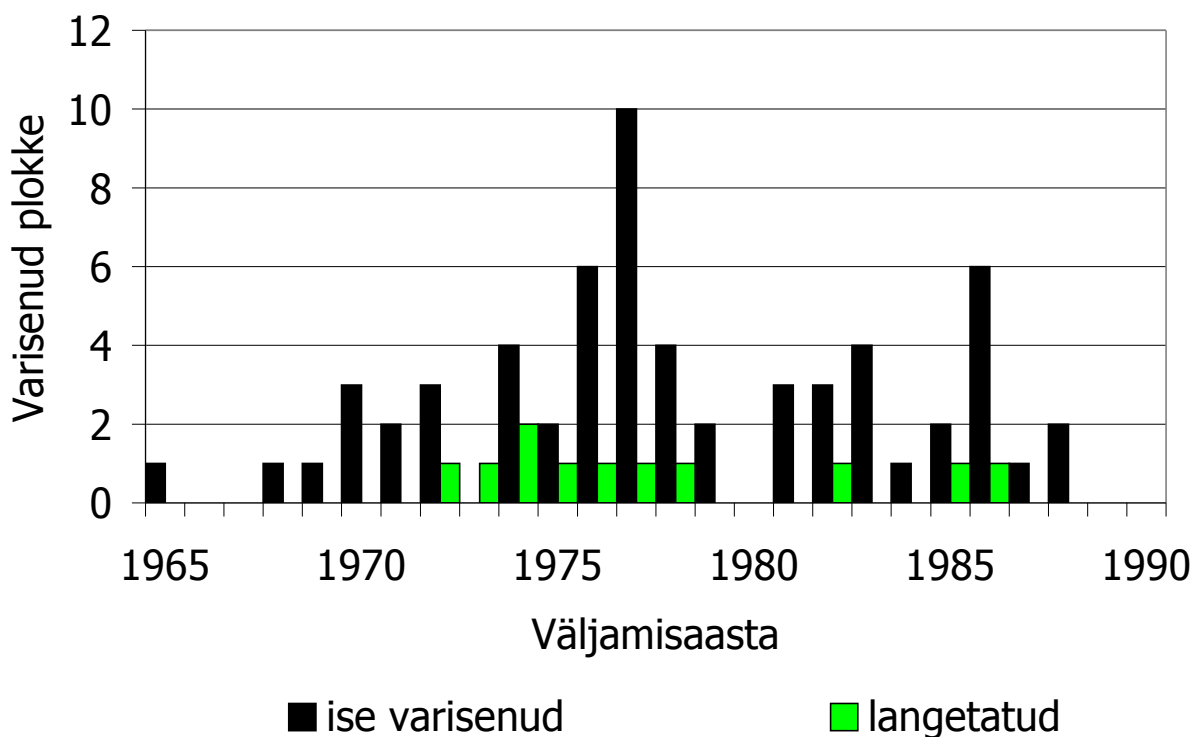
Oma uuringute alusel loeme peaaegu kindlalt tuvastatuks 62 kambriplokkide stiihilise varingu ja 11 juhitud lange-
tamise juhtu. Otsides varingujuhtumite alusel vastust kü-
simusele, kui kaua läheb aega selleks, et kambriplokk
variseks ja millest see aeg (kambriploki vanus, eluiga,
tööiga või lihtsalt iga) sõltub, me selget vastust ei saa-
nud. Kuigi küsimus on püstitatud juba varem [Toomik,
1994], ei ole seni olnud piisavalt vaatlusandmeid, et
üritada teha konkreetsemaid prognoose. Ilmselt ka see
kvaasistabiilsete alade probleemi osa ei kuulu üheselt la-
hendatavate valdkonda.

Nagu näha Joonis_ 3 .65 graafikult, ei sõltu kambriploki
iga kaevandamissügavusest. See on mäetehniliselt lihtsalt
seletatav – tervikud arvutatakse vastavalt sügavusele.
Küll aga võimaldas olemasolev andmestik kujundada

Joonis_ 3 .66 graafiku, mis kirjeldab varisenud kambri-
plokkide ea jaotust.



Joonis_3.65 Varisenud plokkide vanuse ja kaevandamis-
sügavuse diagramm



Joonis_3.66 Varisenud kambriplokkide ea jaotus

Graafikult on näha, et varisenud plokkide väljamisaeg koondub seitsmekümnendate aastate teise poole ja kaheksakümnendate keskele. Seitsmekümnendate kesk-

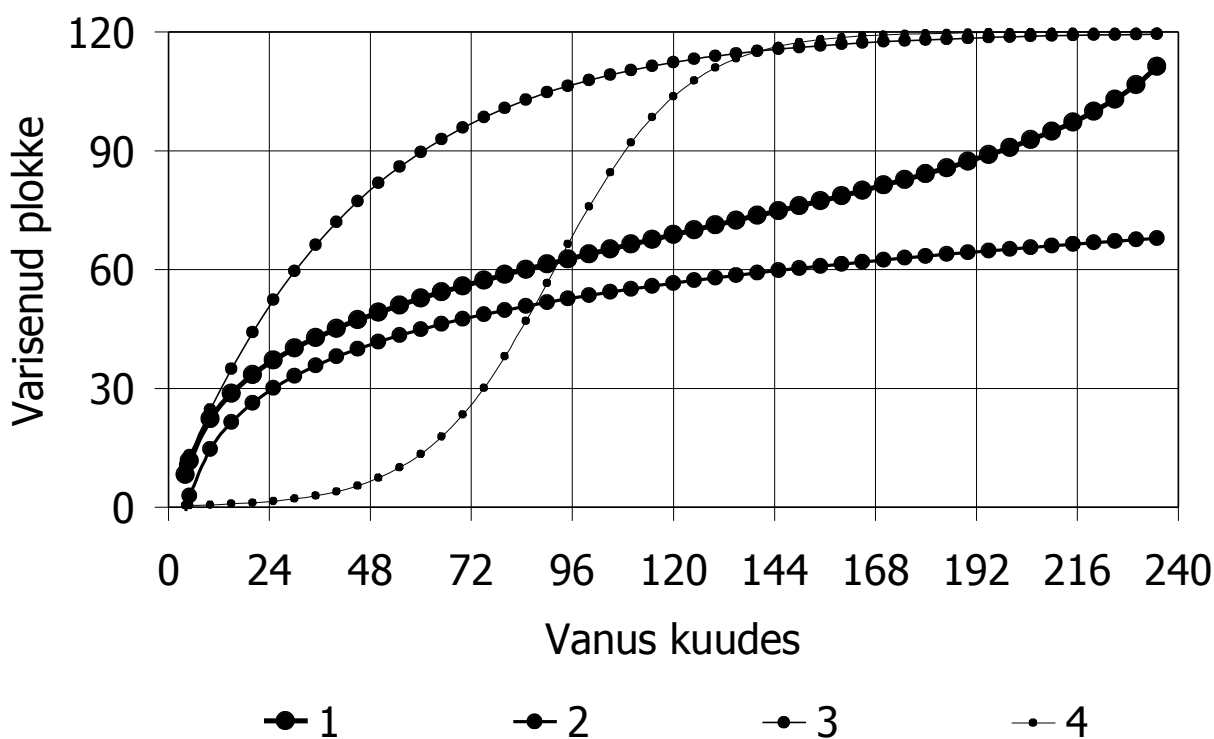
paigas tekkis hulga varisemisohtlike plokke seepärast, et nõuti maavara kao vähendamist. Siis tegid uurimis-instituudid kaevandustes katseid kambriplokkide juhitava varistamise (lae langetamise) tehnoloogia väljatöötamiseks, mis julgustas ka kaevanduspraktikuid tervikuid vähendada. Kaheksakümnendate alguses, kui ilmnedid varingutekkelised lohud, tekkis tugev vastuseis keskkonnakaitsjate ja eriti metsaviljelejate poolt ning kaevandajad hakkasid maapinna hoidmise huvides tervikuid suurendama. Alates kaheksakümnendate keskpaigast, kui keskkonnakaitsset ja põllu- ning metsamajandust ületähtsustav hoiak muutus poliitiliseks, muutus kaevandamine suurte tervikutega, sisuliselt maavara kao arvel, valdavaks.

Kui lähtuda eelpool toodud väitest, et kaevandatud ala hoidvate tervikute nõrgenemine jätkub ja kambriplokkide varisemise tõenäosus säilib, siis varisenud kambriplokkide arv peaks aja jooksul kasvama. Joonis_ 3 .66 kujutatud graafiku ajaline ulatus on 156 kuud ehk 13 aastat. Seejuures varisenud kambriploki vanus, s.t ajavahemik väljamisest varinguni, on määratud vaatlusega ja seda ei saa lugeda kuigi täpseks. Kaevanduses fikseeritud varingute puhul, kui varinguhetk on teada päevapealt ja väljamisaeg varingualal kolme kuu täpsusega, võib ploki vanuse mäetööde plaani abil määrata $\pm 2...3$ kuu täpsusega. Kaevanduste andmestikus on varinguid märgitud ka aasta täpsusega. Sel juhul on viga $\pm 6...9$ kuud. Aero-fotodel avastatud hilisvaringute aega saab hinnata vaid pildistamislendude vahelise perioodi, s.t $\pm 2,5...3$ aasta, ehk $\pm 30...40$ kuu täpsusega, kui mäetööde plaanid ja muud andmed ei võimalda aega täpsustada. Sellest hoolimata pakub huvi, kas kogutud andmestik ja nii lühikene vaatlusvahemik sobivad pikemaajaliseks prognoosiks, et

vastata küsimustele:

- Kas kambriplokid jäävad seisma või varisema ja
- kui varisema, siis millise intensiivsusega: kasvava, konstantse või kahaneva?

Nendele vastamiseks konstrueerisime plokkide ea matemaatilisi mudeleid, millest nelja kirjeldavad teoreetilised kõverad (Joonis_3.67).



Joonis_3.67 Kambriplokkide ea mudelid:

1 - kollapsi mudel, 2 - pideva kasvu mudel, 3 – stabiliseeruv mudel, 4 - S-mudel

Kollapsi mudel (1) kirjeldab hüpoteesi, mille kohaselt osa kambriplokke variseb varsti peale väljamist. Seisma jäänud plokkides tervikute ja lae nõrgenemise protsess jätkub, hakates tulevikus vähehaaval intensiivistuma kuni mingiks ajaks on kõik varisemisohtlikud plokid kokku kukkunud.

Pideva kasvu mudel (2) kirjeldab olukorda, mille puhul varisenud plokke tekib kogu aeg juurde, kuigi juurdekasv aja jooksul aeglustub. Selle mudeli kohaselt varingud ei lakka enne kui kõik plokid on varisenud.

Stabiliseerumise mudel (3) kirjeldab levinud arvamust, et plokid, mis mingil põhjusel on määratud varisema, varisevad üsna pea ja need, mis pole seda teinud, jäävadki seisma.

S-mudel (4) kirjeldab hüpoteesi, mille kohaselt plokkide varisemise intensiivsus ei ole suur mitte kohe peale väljamist, vaid veidi hiljem. Analoogiliselt mudeliga 3 variseb osa plokkide mõne aja jooksul, osa jääb igavesti seisma.

Kogutud andmete sobitamine mudelitega andis tulemuseks, et kõige paremini sobivad varisenud kambriplokkide arvu kasvu kirjeldama mudelid 1 ja 2, mille kohaselt varisenud kambriplokkide arv kasvab kogu aeg. Seejuures:

- kollapsi mudeli (1) kohaselt on mingi reaalse aja, näiteks 200 aasta (2400 kuu) pärast varisenud mõni plokk üle saja (kaasa arvatud mudeli aluseks olnud 62 stiihiliselt varisenud plokki)
- pideva kasvu mudeli (2) kohaselt on 200 aasta pärast varisenud umbes sama palju plokkide.

Üldse oli 1998. aastaks Ahtme, Estonia ja Viru kaevandustes väljatud umbes 400 kambriplokki. Seega

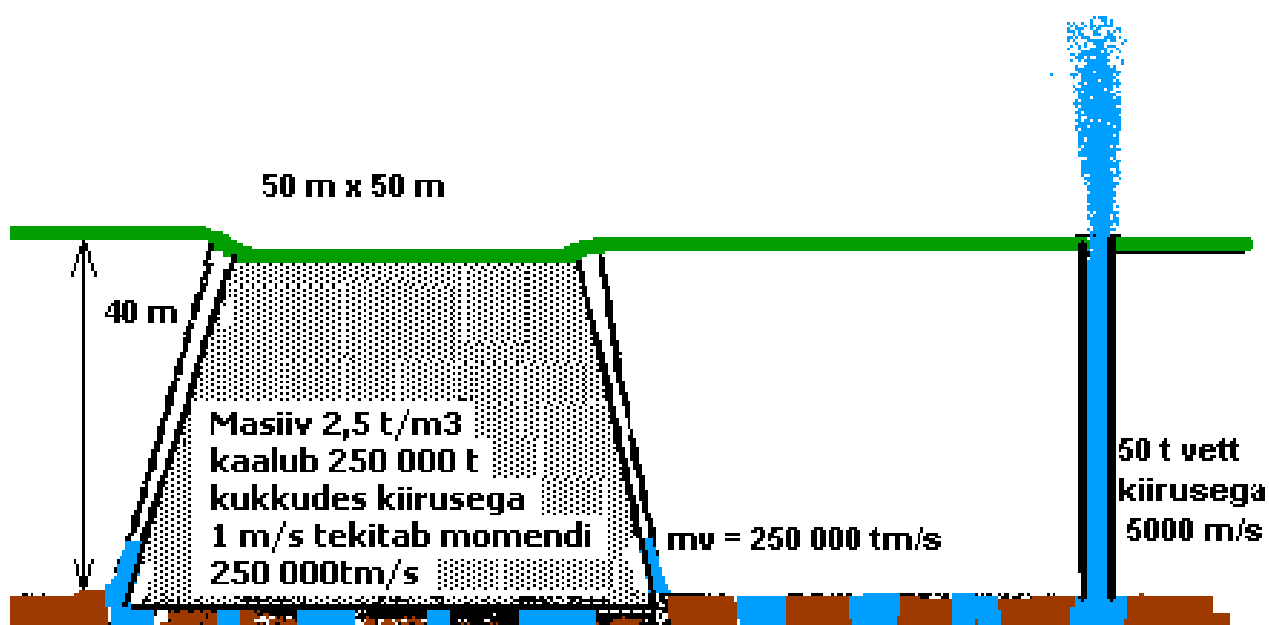
arvutustulemused ei kinnita kambriplokkide varingute arvu olulist kasvu lähitulevikus

Arvutustulemused kehtivad tingimusel, et kaevandused ei ole uppunud.

3.4. Kambriplokkide varingute võimalikud ohud

Kogu eelneva alusel jääb ebaselgeks, mis saab kui kaevandused upuvad? Eelpool, p.3.1 toodu alusel võib oletada, et põlevkivikaevanduste veega täitudes tervikud nõrgenevad ja varingute tõenäosus kasvab. Seejuures oleks maa vajumisest palju ohtlikum uppunud kaevandustes tekkida võiv veelök. Võime kujutada ette

kambriploki 40 m sügavusel, mis on veega täitunud, kuid vee tase pole nii kõrge, et mäerõhku mõjutaks koolifüüsikast teada olev Arhimedese seadus. Kui tervikud annavad järele, siis lae vajumine kiireneb, kuni see läheb üle varinguks. Kui näiteks lae vajumise kiire faas ehk varing kestab ühe sekundi ja kollapseeruv ala on 2500 m², saab vesi impulsi 2,5 Ggm/s. Allmaabasseinis hakkab levima surveaine. Sellisel lainel on mõningane sarnasus tsunamiga, kuid kaevanduskäikude labürindis on nii keeruline massilevi, et surveaine parameetrite arvutamiseks puuduvad täpsed meetodid. Laine leviku kiirus langeb varingust eemaldudes. Edasine oleneb sellest kui palju on kaeveõõntes õhku. Õhu mahust sõltub laine amplituudi sumbumine. Täielikult uppunud kaevanduses on laine järsk. Leviv surveaine otsib väljapääsuks nõrgemaid kohti, milleks on maa peale suubuvad kaabliaugud, šurfid ja šahtid aga ka käigud teistesse kaevandustesse. Leidnud väljumiseks koha, paiskub vesi sellest välja, kusjuures väikestes avades võib surve all oleva vee kiirus tõusta väga suureks. Survelaine võib välja paisata suletud šurfide ja šahtide kümneid tonne kaaluvaid troppe, räakimata kaabliaukude mantelkorudest. Seda hüpoteetilist nähtust kirjeldab Joonis_ 3 .68.



Joonis_3.68 Hüpoteetilise veelöögi tekkemehhanism kambriploki varingul uppunud kaevanduses

Veelök võib osutada üliohtlikuks.²⁹ Kuigi nähtus on vähetõenäoline, oleks suurema ohu vältimiseks mõistlik ühendada suletavad kaevandused omavahel nii, et neisse jääks õhku. Teadaolevalt Ahtmes, mis on esimene varisemisohtlike plokkidega suletud kaevandus, seda ei tehtud. Samuti tuleks kaevanduse sulgemisel hoolikalt jälgida šurfide, šahtide ning puuraukude likvideerimise eeskirju. Kindlasti tuleks täiendada kaevanduste sulgemise korda ja uppuvatest kaevandustest maa peale suubuvatest avadest ja nende olukorrast.

3.5. Maapõuehäirete mõju varingutekele

Juba A. Allik [1958] juhtis tähelepanu asjaolule, et kivimi omaduste muutumine kaeveõõnes viitab võimalusele, et kaeveõõne lähedases maapõues, all või üleval, võivad esineda ootamatusi esile kutsuvad (karsti)nähud. Jutt on mäetööl märkamatuks, kaeveõõnega avamata jäänud karstist. Juhul, kui peitunud karsti mõju osutus nõrgaks, ei pruukinud see tekitada varingut kaevandamise ajal.

²⁹ Loe ka sellekohast müstifikatsiooni "Jõulud Alutagusel"
<http://maavara.blogspot.com/2012/10/joulud-alutagusel.html>

Küll aga võib kaevandamine käivitada pikaajalise protsessi, mille nähtused ilmnevad hiljem.

Selle seisukoha fikseerisime 2000. a kevadtalvel, käesoleva raamatu aluseks olnud uuringuaruandes. Kaks aastat hiljem, 2002. a. varakevadel tekkis Tammiku kaevanduse väljal Puru linnaosa ja Jõhvi-Tartu maantee vahelisel alal varinguauk. Kuigi varing tekkis kaevanduskäigu kohal, ei saanud see olla käigu maapinnani ulatuv varing, sest kaevandamissügavus sellel kohal on umbes 30 m. Mäetööde plaanilt on näha, et käik oli läbimise ajal takerdunud karsti. Seepärast võib arvata, et ülalpool kaevandamistasandit oli karstitühemik, mis variseski maapinnani.

Kaevandatud alade digitaalkaardi ja Kirde-Eesti struktuurkaardi [Vaher, 1982] meie poolt digitaliseeritud versiooni kooskäsitlemine lubas tõstatada hüpoteesi, et vähemalt osa stiihilisi kambriplokkide varinguid on toimunud seetõttu, et mäetöö toimus karstist mõjutatud alal. Estonia kaevanduses, kus kaevandamissügavus on valdavalt üle 60 m, on alasid, kus maapealne geofüüsikaline uuring (elektrimeetriline profileerimine) viitas anomaalsele vööndile maapõues. Teatavasti on profileerimine tõhus karstirikete avastamiseks kuni 30 m sügavuses. Estonia kaevevälja lõigustamisel kogeti tihti, et maapealse geofüüsikalise uuringuga märgitud vööndis põlevkivikihi tasandil karsti ei ole. Sellel ala kaevandati karstinähtused märkamata, kuid mitmel juhul plokid (näiteks 306, 406, 507, 720) varisesid. Mõnelgi teisel juhul on alust eeldada, et varing toimus alal, millest kirde- või loodesuunas oli olnud karstivöönd. Teisisõnu, kaevandati karstivööndi pikenduse alal või üles siirdunud karsti all. Illustreerime oma väiteid fragmendiga ühildatud kaardist Joonis_3 .69.



Joonis_3.69 Fragment anomaalsete vööndite ja kaevandatud ala ühitatud kaardist Estonia kaevanduse välja keskosas ³⁰.

³⁰ Vabandan, joonis moondus digitaliseerimisel (ER)

KOKKUVÕTE

Eesti põlevkivi-, fosforiidi-, uraani- ja klaasiliiva maardlate suletud kaevanduste ja karjääride ammendatud alade uurimine ja nende olukorra analüüs näitas:

- maavarade kaevandamise mõju keskkonnale avaldub kohese ja hilise mõjuna
- kohene mõju on tehnoloogilise kontrolli all ja seadusandlikult normeeritud, see on lühiajaline, määratud ettevõtte tööeaga
- tegutsevad ettevõtted kontrollivad kohest mõju, mäetöödega mõjutatud maa, loodusobjektide, vee jm rehabiliteerimist ning osalevad vastutuses ettenägematu hilise mõju puhul
- hilist mõju tekitavad nii geomehhaanilised protsessid kui ka vesi suletud kaevandustes, mõnikord ka inimeste teadlik ja/või ebateadlik tegutsemine kaevandatud alal
- hiline mõju on raskesti prognoositav, selle rehabiliteerimine ei ole sätestatud ja sellel ei tarvitse olla vastutavat isikut
- kaevandatud maad kasutades, seda viljeledes ja sellele ehitades tuleb arvestada, et jalgealune võib olla püsiv, langetatud, stabiilne või kvaasistabiilne; peamised probleemid on seotud kvaasistabiilse maaga
- kaevandatud alade peamised probleemid on seotud hüljatud või lohakalt suletud kaevanduste ja karjääridega, valdavalt pankrotistunud mäettevõtete objektidega

4. UNUSTATUD KAEVANDUSED

4.1. SILLAMÄE URAANIKAEVANDUS

rajati pärast teist maailmasõda Vaivara valda, kunagise Tüksamäe mõisa maale. Praeguses mõistes on see vana kaevandus Sillamäe linnast läänes (vt Joonis_ 2 .29). Kaevandati graptoliitargilliiti, et toota sellest uraani. Maa, pindalaga 3202 ha, millele ehitati NSVL Siseasjade ministeeriumi kombinaat nr 7, kaevandus ja Sillamäe linn, võeti Vaivara vallalt Eesti NSV Ministrite Nõukogu otsusega nr 082 31.12.1948. a. Kaevandus nr 1 sai valmis 1949. aastal³¹. Kaevandati kuni 1952. a juulikuuni. Tegelikult oli alustatud kahe kaevanduse rajamisega, kuid teine kaevandus (nr 2) ei käivitunudki ja likvideeriti 1957. a. Kaevanduse tehnilisest dokumentatsioonist on praegu võimalik tutvuda sulgemisprojekti ja selle lisadega [Sillamäe..., 1969]. Kaevandusega seonduvat on põgusalt kirjeldanud ka Endel Lippmaa ja Ello Maremäe [2000].

Sulgemisprojekti andmeil oli Sillamäel keskmine kaevandamissügavus 14 m, laeks kihiline, püsiv paas. Sama dokumendi kohaselt täideti koristuskaeveõõsi graptoliitargilliidi peal lasuva saviga (ilmselt nii aleuroliidiga kui glaukoniitliivakiviga). Lagi langeti. Käikude netoristlõiked (toestatult) olid: peaveokäigul 5,6 m², paneelkäigul 10,9 m², lõigustuskäikudel 4,68 m², seega üsna ahtad. Käikude toestamiseks kasutati osalist puitraamistikku, sammuga 0,8 m. Käikude ristumis- ja hargnemiskohtades oli kasutusel puitraamidest laustoestik.

Kaevanduse töötamise vältel väljati 240,5 tuh t maaki (graptoliitargilliiti) keskmise uraanisisaldusega 0,036 %, s.t ühtekokku 63,3 t potentsiaalset metalli. Varude kasu-

³¹ Kuna allmaakaevandust ei ole võimalik ehitada nii kiiresti, isegi mitte vangide elu hinnaga, siis on ilmne, et kombinaadi alla hõivatud maa võõrandamise akt koostati tagantjärele, vormi täiteks.

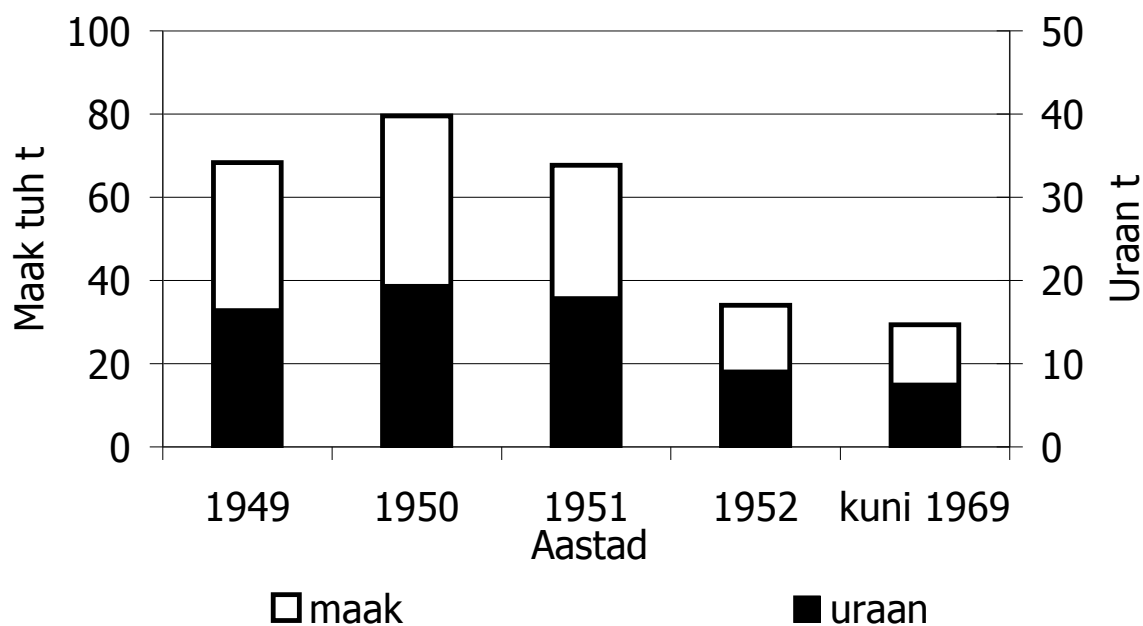
tamise bilanss on tabelis I.1, toodangut iseloomustab graafik joonisel I.1.

Tabel_4.13 Sillamäe uraanimaardla varukasutus.

Aasta algul	Bilansiline varu		Kasutatud varu		Väljatud varu		Kadu	Kaotegur
	Maak	Metall	Maak	Metall	Maak	Metall		
1949	1696,3	441,0	98,0	25,5	68,3	16,6	29,7	0,30
1950	1598,3	415,0	86,2	22,4	79,5	19,5	6,7	0,08
1951	1512,1	393,1	78,1	20,3	67,7	18,0	10,4	0,13
1.07.1952	1434,0	372,8	40,9	10,6	34,0	9,2	6,9	0,17
Kuni 1969	1393,1	362,2			29,4	7,6		
Kanti maha	1363,7		Kokku		278,9	70,9		

Maak (graptoliitargilliit) tuhandetes tonnides ja metall (potentsiaalne uraan) tonnides; bilansiline varu – kaas-aegse eesti mäeterminoloogia kohaselt aktiivne varu.

Kuigi kaevanduse geoloogiateenistuse aruandest võib lugeda, et väljal esines väikeseid kirdesuunaliste vöön-ditena esinevaid rikkeid, pole mäetööde plaanil näha, et nende tõttu mõni lank oleks kaevandamata jäänud. Uraa-nisisaldus kaevises oli väljal ühtlane, veidi kõrgem välja põhja ja edelaosas. Mingil määral on sellega seletatav, miks lõpu eel kaevandati just seal, kuigi avamuse lähedal oli töö ohtlikum ja veotee sealt pikem.



Joonis_4.70 Maagi ja potentsiaalse uraani toodang

Kaevanduse geoloogiateenistusel oli tekkinud vastuolu NSVL maavaravarude komisjoniga, kes arvestas maavara kogust looduslikult niiske mahumassi $1,85 \text{ t/m}^3$ alusel. Ilmselt oli see osaliselt kuivanud graptoliitargilliidi mahumass. Geoloogiateenistuse määrangute alusel oli mahumass $2,09 \text{ t/m}^3$. Seda komisjon ei tunnistanud ja nii käis plaanimajandusele väga omane kahekordne varu arvestus – üks tegelik ja teine Moskva jaoks.

Käikude rajamisest tekkinud aheraine paigutati tehase jäätmeoidlasse. Aheraine jääkmaht oli 1969. a 5 tuh m^3 . Dokumentidest ei selgu üheselt, kas kõik see kogus paigutati jäätmeoidlasse või jäi midagi ka sinna paigutamata.

Alates 01.07.52., kui sai selgeks, et graptoliitargilliidi kui ülimalt vaese maagi kaevandamine ja töötlemine on mõtetu, seisis kaevandus nn kuivalt konserveerituna (uputamata). Siiski olevat väljatud kaevandusest veel kuni lõpliku sulgemiseni kaevist mitmesugusteks katsetusteks.

Võimalik, et sellega tasandati vahet varu arvestuses.

Kogu väljatud pindala oli 14 388 m², keskmine väljatav paksus 1,24 m, õhkuiva maavara mahumass 1,65 t/m³. Kui kaevandus keskmise masinaehitustööstuse³² ministri käskkirjaga 06.05.1969 nr 0122 alusel likvideeriti (suleti lõplikult), siis kanti maha 1363,7 tuh t bilansilist varu (01.07.52 seisuga oli kahes kaevanduses 1393,1 tuh t jääkvaru, millest konserveeritud oleku ajal väljati kaevandusest nr 1 29,4 tuh t, seega maha kantud jääkvaruks jäi 1363,7 tuh t).

Kaevanduse sulgemisel nähti ette rida korrakohaseid meetmeid, näiteks:

- puistata täis 1. lõuna-paneelstreki varing (viide sellele, et varinguid toimus juba kaevandamise ajal)
- piirata see varing ja teine võimaliku varingu koht 3. veestolli kohal raudbetoonpostidele tõmmatud okastraadiga; dokumentide seas leiduvas sulgemisaktis mainitakse piiratavate kohtadega seonduvalt kahte, 1. ja 3. stolli ning betoonsamba kõrguseks märgitakse 2,7 m
- puistata täis 1. ja 2. püstšaht, 7. tuulutussurf ja 1. käik ning kald-(toestus)puidukäik põhjapaneelil nr 0; sulgemisaktis märgitaksegi, et kõik on täis puistatud ja okastraattaraga piiratud; tegelikkust näitab Joonis_2.7
- müürida betoonplokkidega kinni 1. stolli suue
- toestada betoonplokkidest müüritisega 1. stoll tehase ajutise raudtee all

Peale selle on sulgemisaktis kirjas, et 1. ja 7. surf, samuti põhja-paneelstrekk nr 0 on täis puistatud. Likvideerimise ajal peeti käikude seisundit rahuldavaks, lahtitoestamist ette ei nähtud. Käike ei peetud sobivaks pommivarjendi-

³² Nii nimetati NSVL tuumatööstuse ministeeriumi.

ks. Kaevanduse nr 2 stollid nr 3 ja nr 4 toestati tehase raudtee all kivimüüritisega, 4 m kaugusel suudmest laoti 1 m paksune täitesein ja suudmed varistati.

Kaevanduse sulgemise materjalide hulgas on Sillamäe tehase eriosakonna³³ juhataja A. K. Burovi õiend, dateeritud 08.09.1969. a., milles väidetakse, et kuna kaevandus oli tehase tsehh, siis sellel pole ega pole olnud mitte midagi ühist ENSV geoloogia ja keskkonnakaitse ministeeriumiga ega naabruses olevate mäeettevõtetega. Sellega seoses puuduvat vajadus kohalikke ametkondi korra kohaselt teavitada. Selles ilmneb tehase juhtkonna absoluutne ignorantsus kohaliku võimu ja olude suhtes - sellenimelist ministeeriumi ENSV-s ei olnudki.

Samas kaustas on ka hüdroteoloog Leonid Savitski kaevanduse sulgemise aegne õiend stollide mõjust põhjaveerežiimile. Õiendist saab teada, et kogu vesi (alla 1 l/s !) suunatakse kanalisatsiooni (ilmselt tehase territooriumil). Samas märgitakse, et kuna vee väljavoolukraav (teadmata milline) on ummistunud, võib stolli (ilmselt siiski kaevandusse) koguneva vee maht olla 2500 m³.

Praegu on rajatistest säilinud kaevanduse nr 1 peahoone (X 6591116; Y 711998), mille juurde väljusid Sõtke oru vasemast veerust maa alla läinud stollid 1 ja 2. Tehase territooriumil on alles ka stollide 3 ja 4 väljumiskohas paiknenud kaevanduse nr 2 peahoone (X 6590675; Y 712341), mida ilmselt on kogu aeg kasutatud mingil muul otstarbel. Kaevanduse nr 1 peatuulutusseade on lagunenud ja rüüstatud, samuti selle juures olev elektrialajaam. Sellest põhja pool on aherainepuistangu tunnustega vall, mis võis olla rajatud ka kaitse-eesmärgil – lennürünnaku vastu. Kaevandatud alal on osaliselt säilinud settebasseini valle. Teadmata täpselt, mida neis basseini-

³³ Nii nimetati salastamisosakonda kõigis NSVL asutustes, ettevõtetes, instituutides jm.

des on setitatud ja mida sellel alal oli varem ladustatud, ei saa teha ka oletusi, mida sealt võis alla imbuda ja milline on vee seisund kaevanduskäikudes.

Puistangust põhja pool on kaevandatud ala. Suurel osal sellest on kooritud ja eemaldatud pinnast. Mitmes kohas on pinnakatte all lasuva porsunud pae värskaid kaevandamise jälgi. Tõenäoliselt on paasi võetud tehase jäätme-
hoidla moodustamiseks ja katmiseks. Seejuures pole min-
geid andmeid maa-ainese kaevandamise loast.

Peatuulutussahti juurest algav käigutervikutel seisev sel-
jandik lõpeb endisele Tüksamäe kalarannale laskunud tee
paremal veerel paikneva hüljatud karjääri tunnustega
kaevandeis. Võimalik, et sealt väljati esimesed kaevise
kogused. Võimalik ka, et allmaakaevandus avati üheaeg-
selt mitmest kohast, ka stollidega karjäärist.

Mäetööde plaani vaadates võib oletada, et läänepoolsete
käikude põhjaotsad avati kaevanduse tuulutamiseks
klinti. Sellele viitavad ka kuulujutud nende kaudu põge-
nema pääsenud ja kätte saaduna maha lastud vang-kae-
vuritest. Kõik võimalikud käigusuudmed klindis ja karj-
ääris näisid kindlalt kaetud.

Peatuulutushoonest põhja pool, kaevandatud alal, kohta-
des, kus pinnakate on kooritud, on selgesti jälgitav hoide-
tervikutel seisev maa. Tervikutel seisvate seljandike vahel
on langetatud maa (Joonis_I.2). Nähtavad on ka langeta-
tud maad piiravad lõhede vööndid.



Joonis_4.71 Laavade lõppkonsoolide murdumise kohal vajunud maa

E. Niitlaane foto X 6591225; Y 711639

Erilist huvi pakkuvat, kõige läänepoolsema käigu võimalikku ava Ukuoja³⁴ kanjonist läänes seni pole leitud.

Kogu Sillamäe uraanikaevanduse ala, s.h allmaakäikudes olev vesi vajab uurimist

... arvasime toona. Kuid pärast käesoleva raamatu (trükise) aluseks olnud uuringu lõppemist 2003. a ja mõneti ka vastukajana uuringule, tuli Ida-Viru maakonnavalitsusest teade Päite pankra avanevatest käikudest³⁵. Selgus, et noored huvilised olid süstemaatilise otsimise teel leidnud vähemalt kolm graptoliitargilliidi geoloogilise uuringu käigus rajatud, sulgemata jäetud stollit ja neis sees käinud³⁶.

Tulles vastu Ida-Viru maakonnavalitsuse palvele hinnata, millega on tegu, laskusime pangalt alla ja sisenesime

³⁴ Uku, rannikumurdes *ugo*, vastavalt ka *ugooja* tuleneb randlaste muinasjumala nimest (soomlaste Ukko)

³⁵ Teatas ja stollit näitas Urmas Majaääs

³⁶ Taoliste stollitidele Saka pangas viitab ka Ü.Heinsalu [1987]. Käesolevaks ajaks (2015) on kookohta uurijatele enamik stollit teada, positsioneeritud ja pildistatud.

ühte stollidest. Kogenud mäemehena soovitame tungivalt kõigil sellest hoiduda. Stollides on säilinud raamtoestiku jäänused, kuid selle toed on täiesti pehastunud (vt Joonis_2.34). Graptoliitargilliidi peal lasuvad pudedad kivimid on osaliselt varisenud, osaliselt varisemas. Kuigi me ei anna stollide suudmete koordinaate ja teame, et neisse laskumine on ilma alpinisti varustusega peaaegu võimatu, ei saa välistada, et keegi nad üles leiab ja neis kadunuks jääb. Seepärast oleme seisukohal, et

Päite uraanistollid tuleb sulgeda



Joonis 4.72 Sillamäe sadama ehitamisel uraanikaevandus likvideeriti

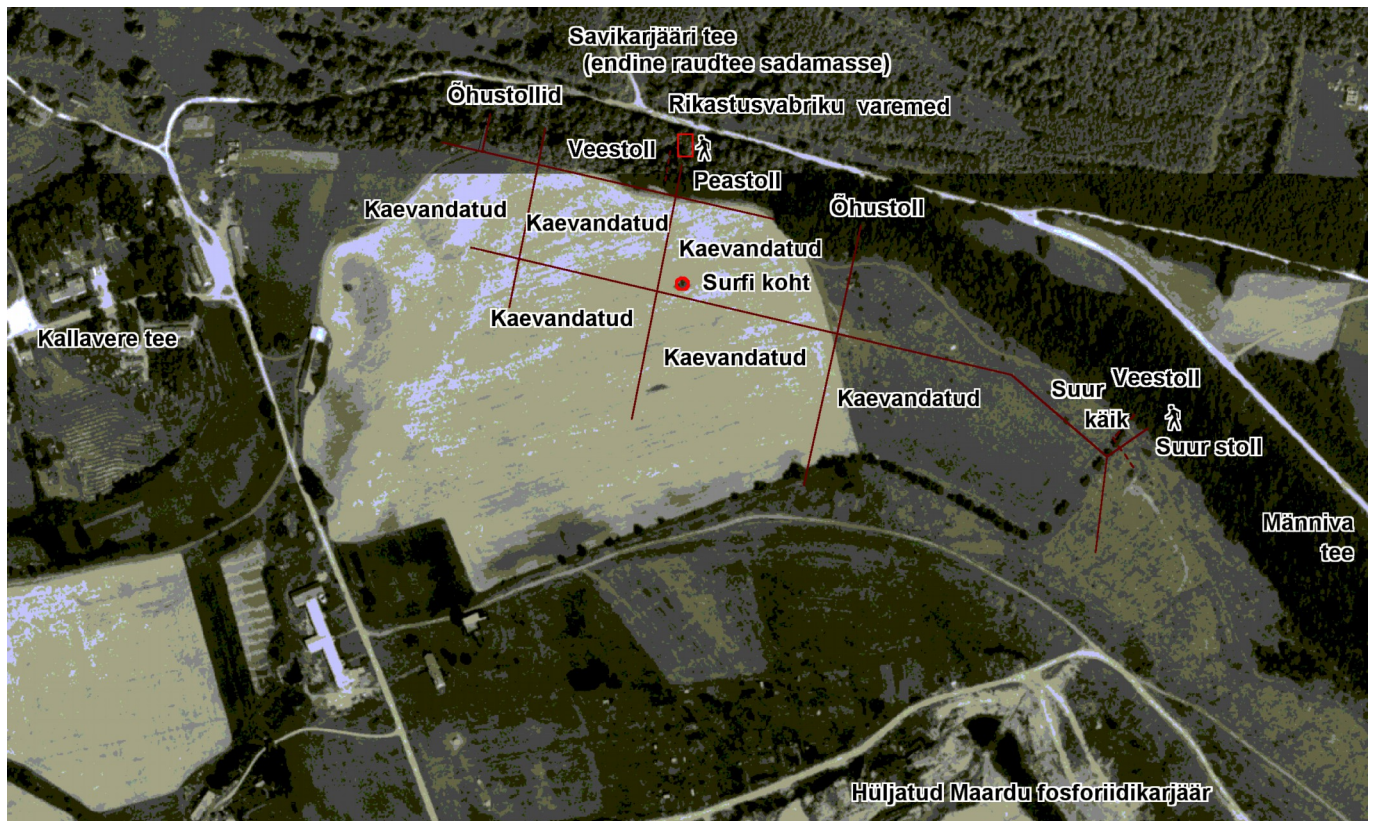
I. Valgma foto, 30.04.2004, X 6591225; Y 711639

Kaevandus avati, sest altkaevandatud maa ei osutunud sadama raudteede ehitamiseks piisavalt stabiilseks. Ehitussüvendist väljatud kivim läks sadama täiteks.

4.2. ÜLGASE JA MAARDU FOSFORIIDIKAEVANDUS

Ülgase kaevandus

oli Maardu fosforiidmaardla põhjaosas Ülgase külast 0,5 km idas (Joonis_ 4 .73)



Joonis_4.73 Ülgase fosforiidikaevanduse ja käikude paiknemine

Kaevandus rajati 1921...1923. Fosforiidikihind avaneb klindis, mistõttu mäetöid oli sobiv avada stollidega. Klindi jalamile ehitati tehno kompleks (Joonis_ 4 .74), mille ülemiselt tasandilt (20 m kõrguselt) klinti suunduv kaevandus hakkas toodangut andma 1924. Kuna täpseid mäetööde plaane pole seni õnnestunud leida, põhineb mäetööde kirjeldus ja Joonis_ 4 .73 toodud fotoplaan erineva usaldusväärusega allikatel ja vaatlustel. ³⁷

Tehnokompleksi juurest kaevevälja avavad veo- ja

³⁷ Nüüdseks on Ülgase allmaakäigud Johannes Viru markšeireribüroo pool täpselt mõõdistatud

veestoll suundusid klindist lõuna suunas. Paarikümne meetri kaugusel stollide suudmest kulgevad ida ja lääne suunas klindiga paralleelsed peaveokäigud. Peaveokäikudest lõuna pool on 140...190 m laiused paneelid, mis olid 30 m vaheliste strekkidega jaotatud lankideks. Teistel andmetel oli lankide laius 23 m. Vahetu lae moodustasid lasumi liivakivi (2...3 m), umbes 4 m paksune graptoliitargilliit ja 1,7 m paksune glaukoniitliivakivi, kokku umbes 8 m. Põhilaeks, mida hoidsid tervikud, jäi monoliitne pae-kivimite pakk. Paasi katab kuni 2 m paksune kvaternaarisetete kiht. Lasumi kogupaksus on peastolli juures umbes 20 m.

Kasuliku kaevis, ooboluskonglomeraadi kihi väljatav paksus oli kuni 1 m. Raimati³⁸ puur- ja lõhketöödega, puuriti käsipuurmasinatega (perforaatoritega). Kaevis koristati ja veeti välja käsitsi (Joonis_ 4 .75, Joonis_ 4 .76), hiljem hobustega.

1931. a. töötas 34 kaevurit ja 13 tehno kompleksi töölisi [Orviku, 1933]. Käikude kõrguse tagamiseks ja kaevandatud ala täiteks raimati osa kihindi peal lasuvast nõrgalt tsementeerunud liivakivist. Tuulutati loomuliku tõmbega.

Müüdava fosforiidijahu kogus sõltus nõudlusest ja oli 10 tuhande tonni piires (Joonis_ 4 .77). Osa toodangust veeti välja kaevandusest umbes 2 km kaugusel paikneva Koljuotsa sadama kaudu.

Kaevanduse tehno kompleks põles maha 5. detsembril 1938. Pärast seda allmaakaevandus suleti. Ülgase kaevandus oli omal ajal korra kohaselt suletud. Veel mõni aeg tagasi andsid sellest tunnistust terasvõrede jäänused stollide suudmete juures. Praegu on kõik stollid lahti

³⁸ Raimamine – mäetehniline protsess, kaevis eraldamine massiivist.

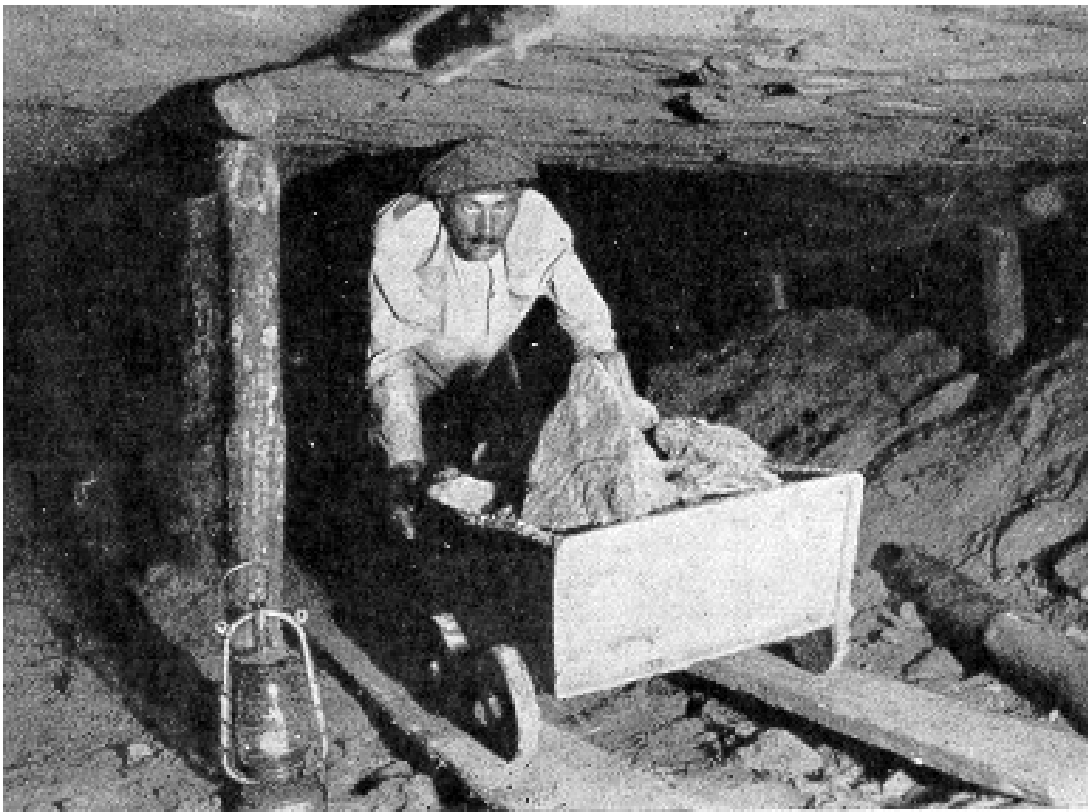
(Joonis_ 4 .78).



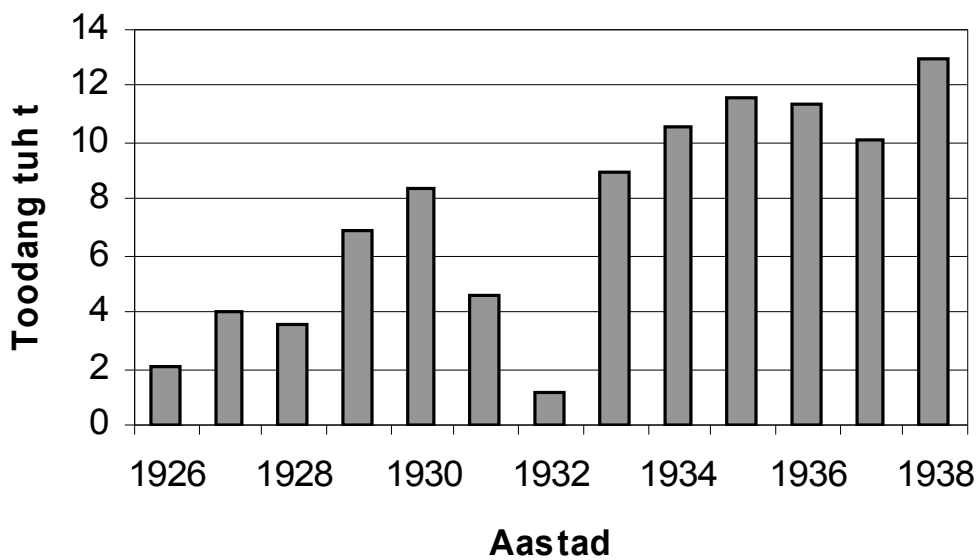
Joonis_4.74 Ülgase fosforiidikaevanduse tehno kompleks kolmekümnendatel aastatel



Joonis_4.75 Koristustöö Ülgasel.
Foto Hans Vinkmani kogust



Joonis_4.76 Kaevise vedu Ülgasel
[Orviku, 1933].



Joonis_4.77 Ülgase fosforiidikaevanduse toodang kolme-
kümne aastatel



Joonis_4.78 Ülgase fosforiidikaevanduse avatud peastollid

60 aastat pärast kaevanduse sulgemist. E Reinsalu foto

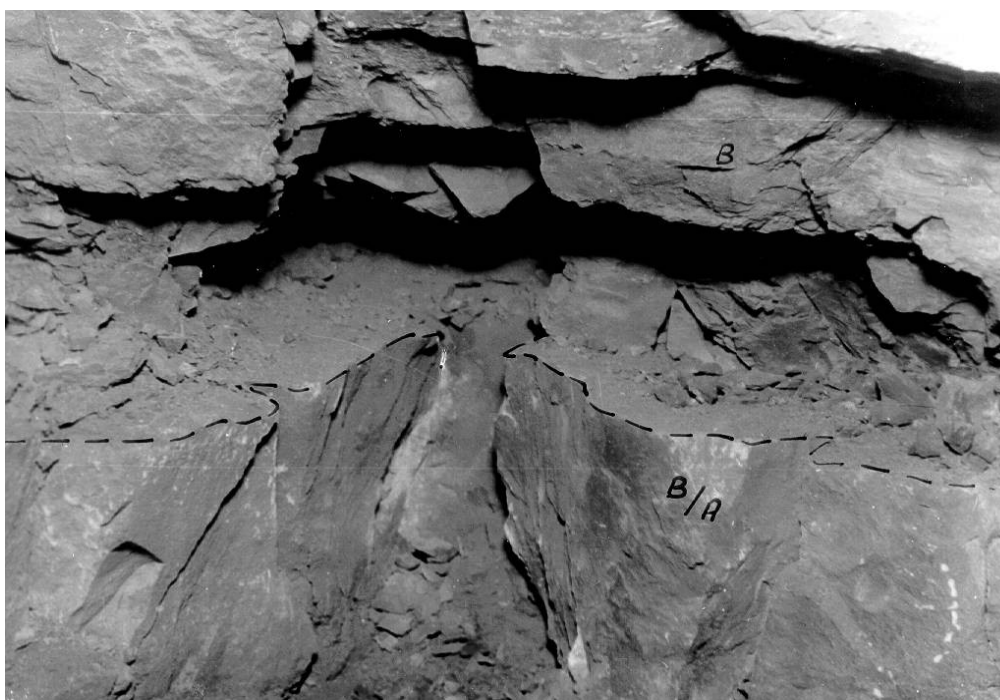
Maa alla saab nii tehno kompleksi juurest peastollide kaudu kui ka 570 m (teed mööda) ida pool olevast veostollist, nn suurest käigust. Stollide ja nende lähedaste käikude lae ning seinte püsivus on hea. Toestamata lagi on kergelt võlvjas, silma järgi stabiilne. Rippeid ja lahtikihistusi on vähe. Koputamise lubab käikude lage hinnata väheohtlikuks. Põrand on kaetud seintelt ja laest pudenenud liiva kihiga, mis enamasti katab põranda lähedal avaneva ooboluskonglomeraadi (tootsa kihi) paljandid. Käikudes on kohati vähesel määral vett. Õhk on puhas, märgatavat õhu liikumist on tunda vaid põhjatuulega. Peakäikude hoidetervikud valdavalt püsivad, kaevandatud ala piires on murenemise tunnuseid. Lõõridest ja lõunasse suunduvad käikude otstest on näha varisenud laekivimeid ka graptoliitargilliiti. Kaugemates varingutes võib näha väikeseid stalaktiite.

Kaevandamisaege tegevuse märkidest on näha laes (sihi)reeperte punne ja seintes jääklõhkeauke

(kannusid). Liivakivis oli kannude vahetus ümbruses kivim kokku pressitud (Joonis_ 4 .79), mitte purunenud nagu põlevkivis ja paes (Joonis_ 4 .80). Veel suuremat pressimisefekti võib täheldada savis, näiteks Volga põlevkivilevila Kašpiri põlevkivi vahekihtides. Kivimi pressitavus lõhkelaengu vahetus ümbruses näitab kivimi plastsust. Kuigi pole teada, millist lõhkeainet Ülgasel kasutati, näitab see tähelepanek siiski, et nõrgalt tsementeerunud liivakivi käitub kui plastne kivim. Sellest võib teha mõningaid mäetehnilisi järeldusi, näiteks, et fosforiidi- ja liivakaevanduste tervikute püsivusarvutusi tehes tuleks põlevkivikaevanduste metoodikat kasutada ettevaatlikult.



Joonis_4.79 Lõhkeaugu jälg fosforiidis.
I. Valgma foto



Joonis_4.80 Võrdluseks lõhkeaugu jälg põlevkivis.
E. Reinsalu foto

Kaevanduse sulgemisjärgsest tegevusest on jälgi selle kasutamisest (hulkurite) elupaigana (Joonis_ 4 .81) – mingisse kambrisse oli tehtud küttekolle ja magamisase. Hulkurturistidest on käikudesse jäänud taarat ja filmi Karu Süda tegijatelt loomakonte ning jooniseid seinale (vt Joonis_ 2 .53).



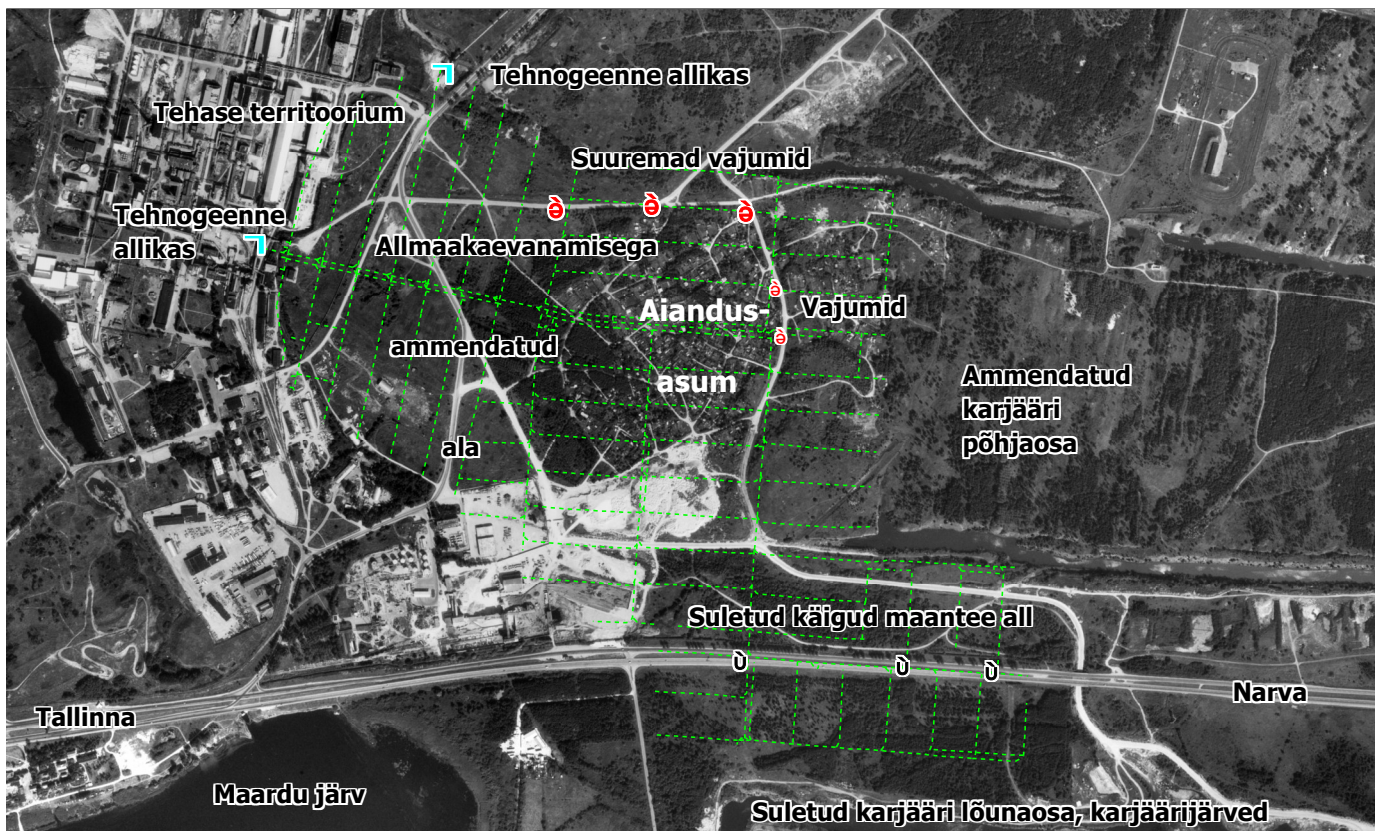
Joonis_4.81 Inimese jäljed Ülgase kaevanduses.
I. Valgma foto

80 m järsaku servast (100 m peastolli suudmest stollis) on keset haritavat maad graptoliitargilliidi kuhi, millel kasvavad puud (vt Joonis_1.8). Sellel põllusaarel on metallvõrega kaetud umbe aetud auk, ilmne surfi jäänus.

Maardu kaevandus

(Joonis_4_82) rajati 1940. a stollidega Kroodi oru paremast veerust. Stollid väljusid tehasesse ja on praegu suletud. Kaevandati 90 m pikkust laavadega, mille lage hoidsid 6-meetrise sammuga jäetud 2×2 m tervikud. Tavaline langi pikkus oli 200 m. Raimati puur- ja lõhketöödega, lähivedu toimus kraapkonveieriga, kaugvedu elektrilise rööbasveoga. Kaevist laaditi käsitsi. Katsed kasutada põlevkivikaevandustes tehnilise pöörde tekitanud masinlaadureid ja kivisöekaevandustes edukalt töötavaid koristuskombaine kukkusid läbi fosforiidi kõrge abrasiivsuse tõttu. Pärast avakaevandamisega alustamist 1954. a. allmaakaevandamise osa vähenes ja lõppes täielikult 1965. a. Kaevandus suleti korra kohaselt.

Praegu on maa alla pääsemine teadaolevalt võimatu ja kaevandamise järelmõju avaldub lokaalsete vajumiste (Joonis_4_82) ning tehnogeensete allikate näol (Joonis_2_45).



Joonis_4.82 Maardu allmaakäikude paiknemine

Näidatud on olulisemate vajumite (N), allikate (O) ja suletud käikude (S) asukohad

5. ALLMAAÕÕNTE OHTLIKKUS

Koopad, vanad kaevanduskäigud, mahajäetud militaar-tunnelid ja muud allmaaõõned võivad olla sisenejale ohtlikud. Esmaseks ja suurimaks ohuks on laest ja seintelt varisev kivim. Allmaaõõntesse on sageli jäetud või peidetud ohtlikku saastet ja nakkuseallikaid - lõhkekehi, radioaktiivseid jäätmeid, mürke, laipu jm. Umbsete allmaaõõnte õhus on gaase, tavaliselt süsihappegaasi, radooni ja väävelvesinikku, mis kõrgema kontsentratsiooni puhul kahjustavad tervist või lämmatavad märkamatult. Arvestades neid ja teisigi ohufaktoreid, pidades silmas erinevate kivimite omadusi, allmaaõõnte tekke ja tekitamise aega ning tehnoloogiat, aga ka mäemeeste kogemusi ja intuitsiooni, koostasime allmaaõõnte ohtlikkuse klassifikatsiooni (Tabel_III.1). Tabelis toodud riski arväärtuse aluseks ei ole siiski arvutused vaid hinnang. Näited on tabelisse paigutatud üsna tinglikult, meie vaatluste ja kogemuste alusel. Kõigest hoolimata tuleks aga esitatusse suhtuda tõsiselt.

Kui esmapilgul jääb arusaamatuks, mida näitab riskiprotsent, siis võib teha lihtsa asenduse: 10 % on üks juhtum kümnest – üks õnnetus kümne sisenemise kohta. 0,001 % seevastu on 1 : 100 000, üks sajast tuhandest, mis vastab umbes loomaaia küllastamise ohtlikkusele. Õnnetus võib olla väga mitmesugune – libastumisel saadud kriimustusest kuni mattumiseni varingu alla. Viimasel juhul võib silmapilkne surm olla ohtu sattunu jaoks kõige kergem lahendus.

Tabel_5.14 Allmaaõõnte ohtlikkuse klassifikatsioon

Klass	Risk %	Näited
Ohutu	0,001	Kohtla kaevandusmuuseum
Väheoh tlik	0,01	<ul style="list-style-type: none"> • Piusa liivakaevanduse külastamiseks avatud ala • Looduslikud ja poollooduslikud liiva-kivikoopad: Allikukivi, Helme jt • Ülgase fosforiidikaevanduse peastol- lid ja -käigud
Mõõ- dukalt ohtlik	0,1	<ul style="list-style-type: none"> • Piusa liivakaevandus väljaspool kor- rastatud ala, • Aruküla koopad • Karstikoopad paekivis
Ohtlik	1	<ul style="list-style-type: none"> • Põlevkivi- ja fosforiidikaevanduste käigud avamuse lähisel • Ülgase fosforiidikaevanduse käigud kaevandatud alal • Allmaa-militaarrajatised
Eriti ohtlik	10	<ul style="list-style-type: none"> • Uraanimaardla uuringustollid • Sillamäe uraanikaevandus

6. KASUTATUD KIRJANDUS JA VIITEMATERJAL

Trükis avaldatud

- Alo Adamson, Enno Reinsalu, Arvi Toomik; Võimalikud protsessid suletud kaevanduses; Mäeõigus ja mäeohutus; TTÜ mäeinstituut; 1999; 8...13
- Alo Adamson, Arvi Toomik, Aleksandr Mihhaltšenkov, Valeri Gabets; Maa seisundi juhtimine kombainkaevandamisel; Põlevkivi talutav kaevandamine; Jõhvi; 2000; 12...16
- Anatoli Allik; Eesti põlevkivikaevanduste ettevalmistuskaeveõõsi ümbritsevates kivimites mäerõhunähtusi esile kutsuvad protsessid; Teaduslik-Tehnilise Mäeühingu infobülletään; Jõhvi; 1957; 19...45; vene k
- Anatoli Allik; Eesti põlevkivi leiupaiga mäerõhu nähtuste mõningate uurimistulemuste kasutamisest praktikas; Mäeühingu Tehnika Bülletään; EVTT Mäeühing; Jõhvi; 1958; 14...26
- Allmaakaevandamisel maa ja ehitiste hoidmise kord; Majandusministri 24.07.1997. määrus 28; Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid; Tln; 1998; 177...205
- Z. T. Bieniawski; Rock mechanics design in mining tunneling; A. A. Balkema; Rotterdam/Boston; 1984; 207
- Eesti Päevaleht; Kaks Uurali linna võivad maa alla vajuda; BNS; 20.06.2001
- Eesti Päevaleht (Tallinn); Piret Peensoo; Jõelähtme prügilasse saab prahti vedada järgmisel aastal; 27.06.2002
- Ülo Heinsalu; Eesti NSV koopad; Tln; Valgus; 1987; 159
- Gennadi A. Ivanov, Aleksandr V. Plahhov; Hajustruktuursetest kivimitest koosnevate tervikute ja lae tugevus; Gorjutsšie slancy 4; 1979; 1...6; vene k
- Gennadi A. Ivanov, A. T. Karmanski, V. A. Andrianov; Niiskuse mõju kivimite tugevusele; Gorjutsšie slancy 3; 1981; 1...7; vene k
- Kustav Laigna, Elmar Joosep; Maa vajumise prognoos põlevkivi ja fosforiidi kaevandamisel Eestis; Tln; 1989; 79; vene k

- Endel Lippmaa, Ello Maremäe; Dictyonema Shale and Uranium Processing at Sillamäe; Oil Shale; 1999; Vol 16 No 4; 291...301
- Endel Lippmaa, Ello Maremäe; Uranium production from the local Dictyonema shale in North-East Estonia; Oil Shale; 2000; Vol 17 No 4; 387...396
- Aarne Luud; Ökovõrgustik Kirde-Eesti kiiresti muutuvast maastikus; Põlevkivi talutav kaevandamine; Jõhvi; 2000; 30...33
- Eesti Maakate; toimet Andrus Meiner; Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus; Tln; 1999; 133
- Peeter Mürsepp, Raimund Preem; Ernst Öpik lendtähtede uurijana; Eesti Loodus; 1968; 584...588
- Erki Niitlaan; Kambritega kaevandatud alade maakatte muutuste hindamine aerofotodelt; Põlevkivi talutav kaevandamine; 2000; Jõhvi; 34...36
- Karl Orviku; Maavarad; Loodus; Tartu; 1933; 179
- Oleg Nikitin, Jüri-Rivaldo Pastarus, Tõnu Tomberg; Maa seisundi juhtimine kamberkaevandamisel; Põlevkivi talutav kaevandamine; TTÜ mäeinstituut; 2000
- Pealmaakaevandamisega rikutud maa korrastamise kord; keskkonnaministri 28.12.1995. määrus 44; Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid; Tln; 1996; 218...223
- V. Plahhov jt; Ehitiste ja loodusobjektide allmaamäetööde kahjuliku mõju eest hoidmise eeskirja väljatöötamine Balti põlevkivilevila jaoks; VNIMI; St.-Peterburg; 1991; vene k
- O. Pula, Y. P. Chugh, W. M. Pytel. Estimation of weak floor strata properties and realated safety factors for design of coal mine layouts. Rock Mechanics Contributions and Challenges – proceedings of the 31st US Symposium on Rock Machanics; Golden; Colorado; 18-19 June 1990; Reprint 1990-7; 93...100
- Põlevkivikarjääride korrastamise juhend; Eesti Põlevkivi; 1986
- Anetta Butakova, Enno Reinsalu; Gorri Jürgenfeldt; Uppunud põlevkivikaevanduste vee mahu määramine; Gorjutšie slancy; 1980; 1...6; vene k

- Enno Reinsalu, Arvi Toomik; On reducing the underground mining impact on the geological storage; Oil Shale; 1/2 1984; p. 141...145
- Enno Reinsalu; Looduskaitsemäng; Sirp ja Vasar; 43...45; 1986
- Enno Reinsalu (koostaja); Põlevkivikarjääride korrastamise juhend; 1986
- Enno Reinsalu, Boriss Naumov, Posttehnoloogilised protsessid suletud mäettevõtetes, TTÜ toimetised 718, 1990, 47...60, vene k
- Enno Reinsalu; Varjatud tehnogeensed struktuurid kaevandatud aladel; Eesti geoloogide kolmas ülemaailmne kokkutulek; Eesti Geoloogia Seltsi bülletään 4/39; 1999; 34...35
- Enno Reinsalu, Urmas Majajäas. Põlevkivitööstuse võimalikud arengusuunad ja selle mõju Ida-Virumaa keskkonnale; Põlevkivi talutav kaevandamine; 2000 I; Jõhvi; 3...6
- Enno Reinsalu; Mis võib juhtuda Virumaal pärast põlevkivi kaevandamise hääbumist? Põlevkivi talutav kaevandamine; 2000 II; Jõhvi; 41...43
- Enno Reinsalu; Stochastic approach to room and pillar failure in oil shale mining. Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised; Tehnikateadused; . 6/3; 2000; 207...216; III
- H. Soplepmann; Uusi pinnavorme "Eesti Siberis"; Loodusevaatleja 3; 1935; 70...75
- Vitali P. Stecenko, Gennadi A. Ivanov; Kihilise anisotroopse lae püsivusarvutuse meetodite täiustamine; Gorjutsje slancy 4; 1979; 7...14; vene k
- Mihkel Tammelaan, Valeri Gabets, Aleksandr Mihhaltšenkov, Aleksandr Trunov; Kattekivimite vajumine põlevkivi kahekihilisel kaevandamisel; Gorjutsje slantsy 2; 1979; lk 28...34; vene k
- Arvi Toomik, Valeri Stembach; Maapinnakahjustuste hindamine lae langetamise kasutamisel põlevkivikaevandustes; Gorjučie slancy; 1/3; 1984; 234...249; vene k
- Arvi Toomik; The Problem of Ground Surface Stability on Oil-Shale Mining Area; Proc. Symp. Land and Soil Protec-

tion; Ecological and Economic Consequences; 6-12 June 1994; Tln; p 124...131

- Arvi Toomik, Erik Kaljuvee; Changes in the Landscape caused by oil shale mining; The influence of natural and anthropogenic factors on the development of landscapes; TPÜ ÖI publikatsioonid 2;1994; 150...160
- Arvi Toomik; Environmental heritage of oil shale mining; Oil Shale; Vol 15; No 2; 1998; 170...183
- Arvi Toomik; Allmaakaevandamise mõjud ja nende hindamine; Põlevkivi kaevandamise ja töötlemise mõjud Kirde-Eestis; TPÜ ÖI publikatsioonid 6; 1999; 109...129
- Turba tootmisalade korrastamise kord; keskkonnaministri määrus 28.12.1995 44; Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid; Tln; 1996; 224...227
- Rein Vaher; Kirde-Eesti struktuurkaart; mõõtkavas 1:100 000; kandidaaditöö; Kirde-Eesti fosforiidi ja põlevkivi levila tektoonika; 1982 vene k
- Ingo Valgma; Using MapInfo Professional and Vertical Mapper for mapping Estonian oil shale deposit and analysing technological limit of overburden thickness.; Proceedings of International Conference on GIS for Earth Science Applications; Institute for Geology; Geotechnics and Geophysics; Slovenia; Ljubljana 17.-21. May 1998 I
- Ingo Valgma; Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline kaardistamine; 60 aastat mäeinseneride õpetamist Eestist; Tln; 1998 II; 39... 42
- Ingo Valgma; Eesti põlevkivimaardla potentsiaalsete vajumisalade kaardistamine; Mäeõigus ja mäeohutus; TTÜ mäeinstituut; 1999 I; 41...47
- Ingo Valgma; Mapping Potential Areas of Ground Subsidence in Estonian Underground Oil Shale Mining District Environment. Technology. Resources. Proc. 2nd Intern. Confer. Rezekne; Latvia; 1999 II; 227...232
- Ingo Valgma; Eesti põlevkivimaardla kaevandatud alade tehnoloogiline digitaalkaart; Eesti Geoloogia Seltsi bulletin 4/99; 1999 III; 41;
- Ingo Valgma; Maakatte kujundamine avakaevandamisel;

- Põlevkivi talutav kaevandamine; 2000 I; Jõhvi; 22...23
- Ingo Valgma; Map of oil shale mining history in Estonia. Proceedings of the 5-th Mining History Congress; Milos; Greece; September 11-18; 2000 II; 116...119
 - Ingo Valgma, Paul Vesiloo; Tähelepanuväärne tehisjärv; Keskkonnatehnika 1; 1998; 6...8
 - VNIMI; Tervikutega laekäitlusega kaevandamisviisi konstruktsioonielementide määramise ajutine juhend põlevkivi-kaevandustele; Leningrad; 1972; 48; vene k

Käsikirjalised ja digitaalmaterjalid

- ENSV ammendatud kaevanduste rahvamajanduslikuks kasutamiseks kohaldamise tingimuste uurimine; Tervikute ja paljandite püsivuse ja mikrokliima uurimine vanades ENSV kaevandustes; TPI mäekateeder; Tln; 1978; vene k
- Eesti baaskaart; digitaalversioon; mõõtkava 1:50 000; AS Eesti Kaardikeskus
- Eesti põlevkivimaardla geoloogiline andmestik ja Kirde-Eesti põhjaveekihtide avamusjoonte kaart; digitaalkaardid; Eesti Geoloogiakeskus
- Boriss Naumov; Tootmiskoondise Eesti Fosforiit põhjakarjääri sulgemise projekt; TTÜ; Tln; 1991; 123; vene k
- Maardu ja Ülgase kaevanduse mäetööde plaanide koopiad; endine koondis Eesti Fosforiit
- Mäetööde plaanid; AS Eesti Põlevkivi
- Ortofotod ja fotoplanšetid; mõõtkava 1:10 000; Eest Maa-Amet.
- Enno Reinsalu; Posttehnoloogilised protsessid kaevandatud aladel; ETF grandi 3403 lõpparuanne
- Sillamäe uraanikaevanduse sulgemise dokumentatsioon; 1969; AS Ökosil. vene k
- Mihkel Veiderma (töökonna juht); Enno Reinsalu (teadustoimetaja); Ettekanne Rakvere fosforiidimaardla evitamise võimalustest ja efektiivsusest; Eesti TA Geoloogia Instituudi aruanne; 1990; 100