



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MÄEINSTITUUT



Reg.nr 74000323
Ehitajate tee 5
19086 Tallinn
Kuupäev 19.11.2015

KINNITAN
Instituudi direktor

Ingo Valgma

Põlevkivi altkaevandatud alade planšettide digitaliseerimine ja stabiilsushinnangu andmine

Lep 3-2_15/3275-3/2013
KIK14033

Vastutav täitja: Vivika Väizene



KESKKONNAINVESTEERINGUTE
KESKUS

Tallinn 2015

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS.....	4
1.1. TERMINID	4
1.2. LÄHTEANDMED	5
2. PLANŠETID	5
2.1. MÕÕTKAVA.....	5
2.2. INFOGA KAETUS	5
2.3. INFO PLANŠETIL.....	6
3. METOODIKA	8
4. KAEVANDAMISTEHNOLOOGIAD.....	9
5. STABIILSUSHINNANG	11

TABELID

Tabel 1 Planšeti mõõtkavad ja infoga kaetus kaevanduste kaupa.....	7
Tabel 2 Sidumisvea tähistuste tähendused	8
Tabel 3 Planšeti sidumisvea suurused kaevanduste kaupa.....	9
Tabel 4 Kaevandamistehnoloogiate ja stabiilsusalade selgitus [2, 5, 6]	10

LISAD

Põlevkivi altkaevandatud alade kaart



Töö teostajad

PROJEKTI RAHASTAJA : SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

Narva mnt 7A

Tallinn 10117

Tel: 627 4171

E-mail: info@kik.ee

Registrikood 90005946

TÄITJA: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut

Ehitajate tee 5

19086 Tallinn

Tel: 6203 850

Registrikood: 74000323

Arveldusarve nr. 10052037382001 SEB

Vivika Väizene	Vastutav täitja
Ingo Valgma	Põhitäitja
Lembit Uibopuu	Põhitäitja
Margit Kolats	Põhitäitja
Gaia Grossfeldt	Põhitäitja
Veiko Karu	Põhitäitja
Kaupo Kuusemäe	Põhitäitja
Ain Anepaio	Täitja
Martin Saarnak	Täitja
Fred Rusanov	Täitja
Tiit Rahe	Täitja

Litsentsid

Tallinna Tehnikaülikool on akrediteeritud teadusasutus.

Hüdrogeoloogiliste tööde tegevusluba KHY000015

Veeuuringut teostava proovivõtja litsents 1276/15, 1277/15 ja 1307/15

Keskkonnamõju hindamise (KMH) litsents, KMH0125

Volitatud mäeinsener V, kutsetunnistus 074632

Diplomeeritud mäeinsener, tase 7, kutsetunnistus 098319 ja 098628

Kaevandamise vastutav spetsialist, pädevustunnistus VS-020-11 ja VS-016-12

Kaevandamise ja kaeveõhne teisese kasutamise projekti koostamise vastutav spetsialist, pädevustunnistus VP-004-11 ja VP-004-12

Akrediteeritud Mäeinstituudi labor L266



1. Sissejuhatus

Projekt on valminud SA Keskkonnainvesteeringute Keskus rahastamisel keskkonnaprogrammist maapõu.

Töö on teostatud ajavahemikul 01.01.2014 – 19.11.2015.

Töö eesmärk on digitaliseerida vanad põlevkivi altkaevandatud ala planšetid kaevandatud aladest, siduda need tänapäevasesse koordinaatide süsteemi ning üle digitaliseerida nii, et vastav info oleks kaasaegsete vahenditega kasutatavad. Kaevandatud aladele antakse stabiilsushinnangud.

1.1. Terminid

Kaevandus maapõues, loodusliku kivimi all paiknev allmaakaevandamiskoht.

Suletud kaevandus kaevandus, mis on töötamise lõpetanud.

Šurf vertikaalne ehk püstkaeveõõs, või üksikutel juhtudel või osaliselt kaldkaeveõõs, mis avaneb ülemisest otsast maapinnale. Šurfi kasutatakse tuulutuseks, kaablite viimiseks kaevandusse ja inimeste varuväljapääsuks.

Strekk horisontaalne kaeveõõs, mis on rajatud põlevkivikihihindisse. Strekki kasutatakse maavara, kaevise ja vahendite ning seadmete veoks, tuulutuseks ja veekõrvalduseks.

Planšett kaevandamise täpne plaan. Eesti põlevkivi kaevandamise planšetid on koostatud enamuses mõõtkavas 1 : 1000 või 1 : 2000, üksikud on ka 1 : 500 ja 1 : 5000.

Mäetööde plaan kaevandamise vähemtäpsem plaan. Enamasti mõõtkavas 1 : 10 000 või 1 : 25 000.

Sidumistäpsus planšeti koordinaatteljestiku ja digitaalkoordinaatteljestiku vahe meetrites planšeti kõige suurema veaga kohas.

1.2. Lähteandmed

Põlevkivikaevanduste planšette koguti töö jooksul kõigist võimalikest kohtadest. Enamus planšette on pärit AS Eesti Energia Kaevanduste arhiivist. Sompka kaevanduse planšetid on pärit OÜ VKG Kaevanduste arhiivist.

Andmete hankimiseks kasutati lisaks muuseumide ja arhiivide materjale, milles oli üksikuid mäetööde plaane, kui mitte detailseid planšette. Kasutatud infomaterjali asukohad:

- EEK AS peakontori arhiiv Jõhvis
- EEK AS Narva karjääri arhiiv
- EEK AS Estonia kaevanduse arhiiv
- Viru Geoloogia arhiiv
- Kukruse põlevkivimuuseum
- Ubja muuseum
- Kunda tsemendimuuseum
- Kohtla Kaevanduspark-muuseum
- Sillamäe muuseum

Rakvere ning Tartu arhiividest saadud tagasiside põhjal neil põlevkivi planšette pole. Digitaliseerimisel on kasutatud ala reljeefi hindamiseks Maa-ameti avaliku WMS-teenuse maapinna reljeefivarjutuse kaarti [3].

2. Planšetid

2.1. Mõõtkava

Töö käigus digitaliseeriti 13 kaevanduse kohta kokku üle 1200 planšeti, enamus mõõtkavas 1 : 1000 ja 1 : 2000. Üksikud kohad on mõõtkavas 1 : 500 ja 1 : 5000 (Tabel 1).

2.2. Infoga kaetus

Enamus kaevandustest on planšettidega terve kaevanduse kaevandatud osas kaetud (Kukruse, Kaevandus nr 4, Kohtla, Viru, Tammiku, Ahtme, Viivikonna ja Ubja). Mõnes kaevanduses on puudu üksikud planšetid (Kaevandus nr 2, Sompka, Estonia ja Kiviõli). Käva kaevanduse lääneosas ja Kaevandus nr 2 idaosas on mitmed planšetid puudu. Kiviõli kaevanduse planšettide paigutus jätab kaevanduse põhjaosas sisse kaks planšettidega katmata ala ega kata kõige põhjapoolsemat kaevandatud osa (Tabel 1).

Kaevandatud alad, mis ei ole kaetud planšetiga või planšeti info antud kohas on puudulik, on hinnatud ning märgitud eraldi (vt peatükk 3).

2.3. Info planšetil

Töö on tehtud eeldusel, et kaevanduse markšneiderite tööde tegemise täpsus on maksimaalne võimalik, e. viga ei eksisteeri ja planšetil esitatud info vastab tõele. Küsitavate kohtade infot on võrreldud erinevate andmeallikate infoga, et saada tõenäolisem tulemus.

Töö tulemus on digitaliseeritud planšettide pealt. Töötavate kaevanduste tänapäevaseid osi see ei sisalda (Estonia, Viru, Ojamaa, Sompa uus osa, Lõuna-Ahtme, Uus-Kiviõli).

Tabel 1 Planšeti mõõtkavad ja infoga kaetus kaevanduste kaupa

Kaevanduse nr	Kaevanduse nimi	Mõõtkava	Mõõtkava selgitus	Kaevanduse kaetus planšettidega
1	Kukruse kaevandus	1 : 1000, 1 : 2000	Kaevanduse põhjaosas on mõõtkavas 1 : 2000 ja lõunaosas 1 : 1000	Terve kaevandus on kaetud
2	Kaevandus nr 2	1 : 1000		Kaevanduse keskosas on 2 planšetti puudu ning kaevanduse idaosa on puudu
3	Käva kaevandus	1 : 2000, 1 : 5000	Kaevanduse loodenurgas on mõõtkavas 1 : 5000, ülejäänud on 1 : 2000	Kaevanduse lääneosa on puudu
4	Kaevandus nr 4	1 : 1000		Terve kaevandus on kaetud
5	Kohtla kaevandus	1 : 1000		Terve kaevandus on kaetud
6	Sompa kaevandus	1 : 1000		Põhjaosast on 1 planšett puudu
7	Viru kaevandus	1 : 1000		Terve planšetiaegne kaevandus on kaetud, puudu on hilisem pärastplanšetiaegne kaevandamine
8	Tammiku kaevandus	1 : 1000		Kaevanduse keskosas on Kohtla-Järve linnaosa, mille alt pole kaevandatud ja kirdeosas kaevandamata osast on puudu
9	Estonia kaevandus	1 : 1000		Kaevanduse keskelt on puudu 5-7 planšetti. Puudu on pärast planšettide perioodi kaevandatud osa
10	Ahtme kaevandus	1 : 1000, 1 : 500	Kaevanduse üks kamber on mõõtkavas 1 : 500, ülejäänud kaevandus on mõõtkavas 1 : 1000	Terve kaevandus on kaetud. Kaevanduse põhjaosas endise Ahtme soojuselektrijaama alt on kaevandamata
11	Viivikonna kaevandus	1 : 2000		Terve kaevandus on kaetud
12	Kiviõli kaevandus	1 : 1000		Kaevanduse lõunaosas on 1 planšett puudu. Planšettide paigutus

			jätab kaevanduse põhjaosas sisse kaks katmata ala ega kata kõige põhjapoolsemat kaevandatud osa.
13	Ubja kaevandus	1 : 2000	Terve kaevandus on kaetud

3. Metoodika

Andmete digitaliseerimiseks teostati esmalt pildistatud planšettide fototöötlus, mille jooksul parendati foto kvaliteeti ja pöörati fotod ristkoordinaatide telgede järgi horisontaalseks.

Foto sidumisel koordinaatsüsteemi (georeferentseerimisel) kasutati tarkvara Didger, mis võimaldab valida sidumisel foto venitamise metoodika ning arvutada sidumisviga. Planšetid on seotud esmalt Pulkovo 1942 koordinaatsüsteemi ning digitaliseeritud andmed on konverteeritud hiljem L-Est 97 koordinaatsüsteemi.

Planšeti sidumisel koordinaatsüsteemi on kasutatud mõistet sidumisviga. Sidumisviga väljendab konkreetse planšeti kõige suuremat võimalikku viga. See viga esineb enamasti planšeti ühes või mitmes nurgas või servas, harva üle terve planšeti. Seega on ülejäänud planšeti ala väiksema veaga. Tulemil on objekti küljes kõige suurema võimaliku vea ehk sidumisvea klass meetrites. Üledigitaliseerimisel on arvestatud sidumisel saadud nihke suurust ning vähendatud viga nihutades jooni vastavalt vea suunale ja suurusele. See tähendab, et objekt, millel on sidumisviga üle 5 meetri, võib tegelikult vea suurus üledigitaliseerimisel väheneda alla 5 meetri.

Objektidel märgitudsidumisvea tähiste tähendus on toodud allolevas tabelis (Tabel 2).

Tabel 2 Sidumisvea tähistuste tähendused

Tähis	Sidumisvea suurus, m
A	Kuni 5 meetrit
B	Üle 5 meetri
C	Kasutatakse objektidel, mis ei ole planšetilt joonestatud

Alad tähistusega 200 (Objekti tüüp = 200, 261, 262, 263, 264, 265, 266) on alad, kus on arvatavasti kaevandatud ning objekt on joonestatud ebatäpsemate mäetööde plaanide põhjal. Kasutatud on infot reljeefi varjutuskaardilt. Tabelis on märkuse veerus tehtud vastav märges **tehno** või **reljeef**.

Näiteks nr 261 tähistab käsilaavaga kaevandamise tehnoloogiat. Nr 200 tähistab mitme erineva tehnoloogiaga kaevandatud ala (Tabel 4).

Kaevanduste planšettide sidumisvigade suurus on näha tabelist (Tabel 3).

Tabel 3 Planšeti sidumisvea suurused kaevanduste kaupa

Kaevanduse nr	Kaevanduse nimi	Sidumisviga, m		
		Max.	Keskm.	Min.
1	Kukruse kaevandus	4.40	1.48	0.10
2	Kaevandus nr 2	2.60	0.81	0.20
3	Käva kaevandus	6.40	1.91	0.40
4	Kaevandus nr 4	8.00	2.09	0.40
5	Kohtla kaevandus	5.70	2.08	0.01
6	Sompa kaevandus	9.00	1.00	0.00
7	Viru kaevandus	8.00	2.05	0.20
8	Tammiku kaevandus	16.50	3.26	0.31
9	Estonia kaevandus	14.50	2.91	0.10
10	Ahtme kaevandus	10.50	2.90	0.01
11	Viivikonna kaevandus	2.00	1.17	0.00
12	Kiviõli kaevandus	8.00	1.41	0.20
13	Ubja kaevandus	3.00	1.26	0.20

4. Kaevandamistehnoloogiad

Igale kaardiobjektile vastab kaevandamistehnoloogia tüübi tähis reas (Tabel 4). Igale tehnoloogiale kehtib põlevkivi väljamispaksus meetrites. Osa stabiilsusklasse sõltub kaevandamissügavusest. Väljamispaksus vastab tehnoloogiale, kuid kohati leidub erandeid, näiteks ebapüsiva laega piirkondades või katsejaoskondades. Planšettidel vastavat infot pole esitatud. Sama tehnoloogia puhul on erineval ajal ja erinevates kohtades väljatud peamiselt tabelis näidatud paksusi, kuid esineb ka erandeid, mis käesoleva töö kontekstis ei ole olulise mõjuga. Välja on toodud hoonete ja rajatiste ehitamise võimalused, põllu- ja metsamajandusliku maaviljeluse võimalused.

Näiteks käsilaavaga kaevandades on väljamispaksus 2,5 m. Selle ala keskel on stabiilsusala objekti tüübiga nr 82, so langetatud ala ning servadesse moodustub servakonsool stabiilsusala objekti nr 81 ja püsivuse klassiga nr 4 ehk kvaasistabiilne ala (Tabel 4). Servakonsoolid on näidatud vajunud alade plokkide servades. Kuna samad plokid on näidatud mitmel planšetil, siis koosnevad kontuurid osadest. Servakonsoolide ala kehtib vajunud servade kohta.

Tabel 4 Kaevandamistehnoloogiate ja stabiilsusalade selgitus [2, 5, 6]

Objekti liik	Objekti tüübi tähtis	Objekti tüüp	Väljamis- aksus, m	Püsivuse klass	Püsivuse klassi nr	Hoonete, rajatiste ehitamine	Põllu- ja metsamajanduslik maaviljelus	Kaevandamis- stigavus (kattekivimite ja põlevkivi paksus), max, m	Kaevandamis- stigavus (kattekivimite ja põlevkivi paksus), min, m	MapInfo faili nimi
Tehnoloogia	61	Käsilaava	2,5	Langetatud	-	Arvestada maa hilise vajumise võimalikkust ja suurust	Arvestada niiskuserežiimi võimalikku muutust	-	-	Kaevandamine
Tehnoloogia	62	Kombainilaava	1,5	Langetatud	-	Arvestada maa hilise vajumise võimalikkust ja suurust	Arvestada niiskuserežiimi võimalikku muutust	-	-	Kaevandamine
Tehnoloogia	63	Kamberkaevandamine tulptervikutega	2,8	Kvaasistabiilne	-	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	>34	<11	Kaevandamine
Tehnoloogia	63	Kamberkaevandamine tulptervikutega	2,8	Stabiilne	-	Kerged ehitised	Piirangud puuduvad	<=34	>=11	Kaevandamine
Tehnoloogia	64	Käikambrid	2,5	Langetatud	-	Arvestada maa hilise vajumise võimalikkust ja suurust	Arvestada niiskuserežiimi võimalikku muutust	>34	<11	Kaevandamine
Tehnoloogia	64	Käikambrid	2,5	Langetatud	-	Arvestada maa hilise vajumise võimalikkust ja suurust	Arvestada niiskuserežiimi võimalikku muutust	<=34	>=11	Kaevandamine
Tehnoloogia	65	Kambrid (nt laavade vahel)	2,5	Stabiilne	-	Kerged ehitised	Piirangud puuduvad	>34	<11	Kaevandamine
Tehnoloogia	65	Kambrid (nt laavade vahel)	1,5	Stabiilne	-	Kerged ehitised	Piirangud puuduvad	<=34	>=11	Kaevandamine
Tehnoloogia	66	Linttervikutega kamberkaevandamine	2,5	Kvaasistabiilne	-	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	>34	<11	Kaevandamine
Tehnoloogia	66	Linttervikutega kamberkaevandamine	2,5	Stabiilne	-	Kerged ehitised	Piirangud puuduvad	<=34	>=11	Kaevandamine
Tehnoloogia	67	Tugevdatud tervikud (Estonias) kamberkaevandamisel	2,8	Kvaasistabiilne	-	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	>34	<11	Kaevandamine
Tehnoloogia	67	Tugevdatud tervikud (Estonias) kamberkaevandamisel	2,8	Kvaasistabiilne	-	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	<=34	>=11	Kaevandamine
Tehnoloogia	200	Kaevandamine, mille kohta puudub info planšetil	-	-	-	-	-	-	-	Kaevandamine
Strekk	11...17, 19...20... 22	Strekid	3...4	Kvaasistabiilne	-	Kerged ehitised	Piirangud puuduvad	-	-	Kaevandamine
Kaeveõõs	51, 52	Šurf	-	Kvaasistabiilne	-	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	-	-	Kaevandamine
Stabiilsusala	81	Langetatud ala servakonsool	-	Kvaasistabiilne	4	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	-	-	81
Stabiilsusala	82	Langetatud ala	-	Langetatud	3	Arvestada maa hilise vajumise võimalikkust ja suurust	Arvestada niiskuserežiimi võimalikku muutust	-	-	82
Stabiilsusala	83	Strekkide mõjuala	-	Kvaasistabiilne	4	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	>34	<11	83
Stabiilsusala	84	Strekkide mõjuala	-	Stabiilne	2	Kerged ehitised	Piirangud puuduvad	<=34	>=11	84
Stabiilsusala	85	Kamberkaevandamise mõjuala (servaala)	-	Kvaasistabiilne	4	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	>34	<11	85
Stabiilsusala	86	Kamberkaevandamise mõjuala (servaala)	-	Stabiilne	2	Kerged ehitised	Piirangud puuduvad	<=34	>=11	86
Stabiilsusala	87	Kamberkaevandamise mõjuala (sisemine)	-	Kvaasistabiilne	4	Keelatud*	Kultuuride hävimise risk	>34	<11	87
Stabiilsusala	88	Tervikud	-	Püsiv	1	Piirangud puuduvad	Piirangud puuduvad	-	-	88

*Keelatud - Ehitamine on üldiselt keelatud, lubatav vaid erandkorras, geotehnilise ekspertiisi läbinud projekti alusel

5. Stabiilsushinnang

Altkaevandatud alade klassifikatsioon [1]:

Püsiv maa paikneb kaevanduse mäeeraldisel, kui maavara selle all on jäänud väljamata ja see püsib tervikul. Hoidetervik on jäetud mõne rajatise või ehitise hoidmiseks. Jääktervik aga on jäetud sellel juhul, kui maavara osutus kaevandamiskõlbmatuks (geoloogilised rikked, mahakantud varu jne). Püsiva maa korral ei teki maa vajumist. Piirangud kasutamiseks puuduvad [1].

Langetatud maa tekib alal, kus kaevandamisel ei jäetud tervikuid (kombainkaevandamine), või kui jäeti, siis lühiajalisi, et nad puruneksid kaevandamise ajal, või kui tühimikud täideti täitematerjaliga. Langetatud maa vajub kaevandamise käigus. Selle püsivus sõltub katendi ja kihindi paksuse suhtest, katendi kooslusest, täitematerjali hulgast ja töö kvaliteedist. Eesti põlevkivimaardlas on nendeks aladeks, kus kasutati käsikambreid ja –laavasid, kombainlaavasid, laus- või kihtväljamise katselanke, kambriplokkide katselist varistamist. Langetatud maal võib esineda maa järel- või hilisvajumist. Kasutamisel tuleb silmas pidada maa vajumise võimalikkust ja niiskuse- ja muudatust [1].

Stabiilne maa tekib, kui maa alla on jäetud tervikud. Püsivuse kriteeriumiks on tervikute tugevusvaru ja kaeveõõnte mõõtmed. Kui kaeveõõned on ahtad, siis ei varise need maapinnani. Stabiilne maa vajub kaevandamise ajal kuni paarkümmend mm. Võib esineda ka väiksemat külgliikumist. Suure tõenäosusega stabiilne maa hiljem ei vaju. Võib rajade kergeid ehitisi, maaviljeluses piirangud puuduvad [1].

Maa jääb stabiilseks käikude kohal, kui nende hoidetervikud jäetakse alles ja katendi paksus on üle 10...12 m [1, 4]. Väiksema paksuse korral on võimalikud järel- ja hilisvaringud (kvaasistabiilne maa). Stabiilne maa on põlevkivimaardla osa, kus kamberkaevandamise sügavus on vähem kui 35...45 m [1].

Kvaasistabiilne maa tekib kui lae ülalhoidmiseks kasutatakse tervikuid, täiteriitu jne, mis ei purune kaevandamise ajal, kuid see võib toimuda hiljem. Seega kvaasistabiilne maa käitub esialgu kui stabiilne, kuid hiljem võib seal esineda maa vajumist ja varinguid. Ehitamine keelatud (lubatud ainult geotehnilise ekspertiisi läbinud projekti alusel) ja maaviljeluses võimalik saagi hävimine [1].

Põlevkivimaardla maa on kvaasistabiilne kambritega kaevandatud alal, kui kaevandamissügavus on suurem kui 35...40 m, langetatud alal vajumismolli perve ja seda ümbritseva püsiva või stabiilse maa vahel (kaevelangi või –ploki alguses ja lõpus), käikude peal, kui katendi paksus on väiksem kui 10...12 m [1].

Kasutatud allikad:

1. Reinsalu, E. ; Toomik, A. ; Valgma, I. 2002. Kaevandatud maa. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut, 97 lk
2. Väizene, V., Valgma, I., Pastarus, J.R. Ida-Virumaa põlevkivikaevandamisalade ruumilise planeeringu hinnang. 2014. Lep14060. Mäeinstituut. http://axis.ivmv.ee/mv_kodulehe_failid/failid/204543/Ida-virumaa%20põlevkivi%20kaevandamisalade%20ruumilise%20planeeringu%20hinnang.pdf
3. Maa-ameti avaliku WMS-teenus reljeefivarjutusega põhikaart. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/Avalik-WMS-teenus-p65.html>
4. Allik, A. 1957. Eesti põlevkivikaevanduste ettevalmistuskaeveõõsi ümbritsevates kivimites mäerõhu nähtusi esile kutsuvad protsessid. Teaduslik-Tehnilise Mäeühingu infobülletään. Jõhvi, lk. 19-45 (vene keeles).
5. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : tehnoloogia ja inimesed / [idee algatajad ja koostajad Nikolai Varb ja Ülo Tambet ; toimetaja Kalle Suuroja ; kujundus: Valdek Alber, Sten Suuroja ja Indrek Mikk ; kaane kujundus: Valdek Alber] [Tallinn] : GeoTrail KS, [2008] ([Tallinn : Tallinna Raamatutrükikoda]) 761 lk.
6. 50 aastat põlevkivi kaevandamist Eesti NSV-s / Eesti Vabariiklik Teaduslik-Tehniline Mäeühing, trust "Eesti Põlevkivi" ; [koostanud A. Allik]. Tallinn : Valgus, 1968 (Tartu : H. Heidemanni nim. trükikoda) 383 lk.