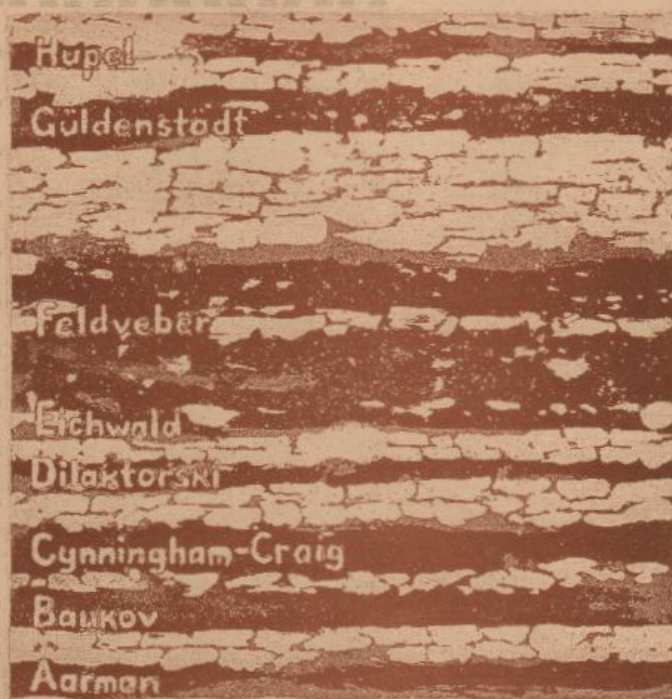


Enno Reinsalu

INFOTÖÖTLUS MÄENDUSES



$$P(E > 35) = 0,99$$

Kaane kujundanud Ann Gornischeff
Kaane kujunduses on kasutatud Pille Nageli graafilist lehte „Pölevkivi“

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MÄEINSTITUUT

Enno Reinsalu

INFOTÖÖTLUS
MÄENDUSES

TTÜ kirjastus
TALLINN 1999

©Enno Reinsalu

Elektroniline, parandatud versioon
TTÜ mäeinstituut, 2007
© Enno Reinsalu

EESSÕNA DIGITAALVERSIOONILE

Käesoleva uusväljaande jaoks ei ole 1999. a paberile trükitud õppematerjali eriti muudetud. Parandatud on vaid mõned trüki- ja lohakusvead. Siiski, kui mõni asi on sedavõrd vananenud, et tasub otsida uuemat ja paremat, siis sellele on viidatud allmärkustes.

SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS	4
1.1	Mäenduse objekt ja keskkond on maapõu.....	4
1.2	Geoloogiline teave.....	4
1.3	Mõtlemissviisidest tehnikateaduses	5
1.4	Mõõtmisest üldiselt.....	6
1.5	Kirjandus ja viitematerjal	6
2.	ÜLESANDED	7
2.1	Maavara varuploki hindamine.....	7
2.2	Juhusliku muutlikkuse hindamine.....	8
2.3	Ploki varu määramine	12
2.4	Varu suuruse ja kvaliteedi vaheline seos	13
2.5	Süsteematilise muutlikkuse hindamine.....	13
3.	PURD- JA PURUSTATUD KIVIMI LÕIMISE HINDAMINE	14
3.1	Lähteandmed.....	14
3.2	Jaotuse hindamine	15
4.	REKULTIVEERIMISE KVALITEEDI HINDAMINE	16
5.	ELEKTRIDETONAATORITE VIIDETE HINDAMINE	20
5.1	Viidete hajumispiirkonna hindamine.....	20
5.2	Eri tüüpi detonaatorite kooskasutamise lubatavuse hindamine.....	20
6.	TÖÖ VORMISTAMINE	23
7.	NÄITED	24
7.1	Ülesanne 1 – põlevkivi varuploki hindamine	24
	Tabel 2.1 Valemi 2.10 tegurid põlevkivi, kaevise ja kaaskivim mahumassi määramiseks.....	10
	Tabel 3.1 Kaevise sõelanalüüsi tulemused.....	14
	Tabel 4.1 Liivakarjääri nõlvanurga mõõtmistulemused erineva kaevise puhul ja nende suurimad lubatud väärtused	17
	Tabel 4.2 Rekultiveeritud maa lainelisuse mõõtmistulemused kolme maatüübi puhul ja nende suurimad lubatud väärtused.....	18
	Tabel 4.3 Rekultiveeritud haritava maa mulla hindamise tulemused.....	19
	Tabel 4.4 Rekultiveeritud veekogu sügavuse ja perve kõrguse mõõtmistulemused ja nende vähimad lubatud väärtused	20
	Tabel 5.1 25 ms viitsammuga (lühiviit-) elektridetonaatorite andmed.....	21
	Tabel 5.2 15 ms viitsammuga (lühiviit-) elektridetonaatorite andmed.....	22
	Tabel 7.1 Lähteandmed – geoloogilise uuringu andmed varuploki kohta	24
	Tabel 7.2 Põlevkivi tootsa kihindi A-F ₁ paksuste maatriks (M -maatriks).....	25
	Tabel 7.3 Kütteväärtuste maatriks (Q -maatriks)	25
	Tabel 7.4 Mahumasside maatriks (D -maatriks).....	26
	Tabel 7.5 Massitootluse maatriks (M -maatriks)	26
	Tabel 7.6 Energiatootluse maatriks (E -maatriks)	27

1. SISSEJUHATUS

1.1 Mäenduse objekt ja keskkond on maapõu

Mäenduse oluline osa on maapõue ja selle ressursside uurimine, nende kohta käiva teabe hankimine ja loomine. Maapõu ja seda moodustavad kivimid on loodusobjektid ning seepärast on nende olek ebamäärasem kui inimese loodud asjadel ning materjalidel, näiteks metallil, tehiskivil, plastmassil. Ebamäärasus on peamine, miks teave maapõuest on hägus ja nõuab oskuslikku käitlust.

Maapõue uurimise matemaatilised meetodid moodustavad teadusharu, mida tuntakse geostatistika nime all. Geostatistika tunneb meetodeid, algoritme ja programme, mis mitmeladsete geoloogiliste uuringute abil kogutud andmestiku alusel aitavad luua tõepärast pilti maapõuest ja selle lasundeist. Geostatistika on viimasel ajal kiiresti arenenud, sest tema meetodid annavad suurt kasu, säästes raha ja aega geoloogilisel uurimisel ning vältides möödalaskmisi pärastisel tegutsemisel. Eriti hinnatud on geostatistika meetodid kallil õli-, gaasi- ja maagiotsingul. Seetõttu ongi just neis mäendusarudes loodud ja kasutusele võetud kõige rohkem geostatistilisi meetodeid ning arvutipprogramme. Erialased programmid on piiratud kasutusala ja kallid. Paljud on tehtud konkurentidele ja üldsusele kättesaamatuks. Seda silmas pidades ongi käesoleva raamatu üks eesmärk näidata, kuidas käepäraste arvutiprogrammidega lahendada Eestile omaste lavamaardlate lihtsamaid geostatistika ülesandeid, sest nagu näitab autori kogemus, vaatamata laiatarbetarkvara küllusele ei suuda mäenduse eriala inimesed leida nende seast tihti sobivaid oma ülesannete lahendamiseks.

Peale geoloogilise info töötlemise on käsitletud paari mäetehnilise ülesande matemaatilisel statistikal põhinevat lahendamist.

Teabe käitlemise hulka kuulub ka teabe vahendamine. Palju rohkem kui arvatakse, sõltub vahendamise edukus töö tulemuste esitamisest. Nüüdisaegsed infotehnoloogia vahendid pakuvad mitmekesiseid teabe vormistamise ja esitamise mooduseid, mis annab olulisi eeliseid kõigile, kes neid kasutada oskavad. Ka vormistamisvõimaluste tagasihoidlik demonstreerimine kuulub käesoleva raamatu valdkonda.

Parimal moel on infotöötuse võtteid võimalik omandada ülesannete lahendamise käigus, millest on toodud näiteid. Enne ülesande lahendamisele asumist tuleb tingimata meelde tuletada või ära õppida lahendamise teoreetiline tagapõhi. Selleks on ülikooli alusõppe tasemele vastavad matemaatilise statistika, tõenäosusteooria ja metroloogia põhiseisukohad. Tuleb osata kasutada normaaljaotusel ja sellega seotud jaotusseadusel (sagedamini lognormaalsel ja Studenti jaotusel) tuginevat matemaatilise statistika aparati, juhuslike sündmuste tõenäosuse arvutamist, vigade hindamise võtteid jms. Loomulikult tuleb enne ülesande kallale asumist teha endale selgeks, mis on lahendamise erialane eesmärk.

Kuigi autor on mõnikord materjali näitlikustamiseks kasutanud vallatuid võtteid, ei ole tegemist populaarteadusliku väljaandega, vaid tööjuhendiga nii üliõpilastele kui spetsialistidele.

Autor avaldab tänu kolleeg Ahto Lõhmusele, kelle abil said käsikirjast kõrvaldatud patustused matemaatika vastu, ja Juhan Nurmele, kes keelekasutust kohendas.

1.2 Geoloogiline teave

Maapõu ja selle ressursid on rahvuslik rikkus, mille kohta korjatud teave kuulub riiklikule säilitamisele. Maavarade uurimise ja üldgeoloogiliste tööde tulemused vormistatakse uuringuaruannetena ja säilitatakse kehtestatud korra kohaselt. Eestis säilitatakse geoloogiliste uuringute materjalid Geoloogiakeskuse fondis (Geoloogiafondis). Nii on sätestatud Eesti maapõueseaduses, mille kohaselt uuringute aruanded, aga ka uuringute käigus saadud kivimmaterjal, puursüdamikud, proovid ja muu teavet andev materjal esitatakse ja säilitatakse vastavalt ametlikule korrale (Maapõueseadus II, 1998, § 18.1). Korra on kehtestanud Eesti valitsus (Maapõueseadus I, 1996, lk 71..73 ja 208...216).

Maavara uuringuaruanne sisaldab andmeid maardla ja selle uurituse kohta ning annab maardla ning maardla ümbruse geoloogilise kirjelduse. On loomulik, et aruandes on näidatud, milline oli uuringu

metoodika, kui suur oli töö maht ning et aruandes antakse hinnang ka tulemuste usaldusväärsusele.

Usaldusväärsuse hindamine on üks geostatistika tavatöödest

Geoloogilise uuringu metoodika näeb ette ennekõike maavara, kaasnevate maavarade ja maarete ning põhjavee koguse, kvaliteedi ja tehniliste tunnuste hindamise. Kindlasti peaks uuringuaruanne sisaldama ka mäendustingimuste olulisi tunnuseid ja lähteandmeid kaevandamise võimaliku keskkonnamõju hindamiseks. Uuringuaruande tähtsaim osa on maavaravaru koguse ja kvaliteedi hinnang. Selle alusel võetakse vastu otsus maavara kaevandamisväärsusest ja arvele võtmisest.

Tavaliselt uuritakse maardla, maavara ja mäendustingimuste vastavust nõuetele, mida esitab kaevandamisest huvitatud tööstur. Ent alati see pole nii. Tuleb ette, et uuringule esitatud nõuded on olnud kas väga üldised või majanduslikult põhjendamata. Eestis, kus maapõu on põhjalikult läbi puuritud ja uuritud, on see valdav, sest geoloogilisi uuringuid tellis riigikapitalistlik tööstus, mille juhtkond suhtus ressursidesse üsna ükskõikselt. Samuti tuleb ette, et maardlat on uuritud ühtede nõuete kohaselt ja teave on kogutud, esitatud ning säilitatud just neile vastavalt, kuid hiljem muutunud majandusolukorras selgub, et maavara kaevandamisväärsust oleks tulnud hinnata hoopis teisiti. Selliste nähtuste tagamaa ja põhjuste käsitlemine kuulub mäemajanduse valdkonda [Reinsalu, 1998]. Nõuete muutumise võimalus ei ole geoloogidele teadmata. Kui uuringu tegi kompetentne ja missioonitundega geoloogiaettevõtte ja tal oli piisavalt raha ning aega, siis uuris ning talletas ta andmeid palju põhjalikumalt, laiemalt ja rikkalikumalt kui lähteülesandes nõuti. Nimetagem seda infoliiks.

Infoliig (esmise uuringuülesande seisukohalt) on hea, kui uuringuaruandest on vaja rohkem välja lugeda, kui suunitlus nõudis. Siiski ei tule uuele suunitlusele vastavad andmed talletatud teabest ise välja. Tavaliselt osutub lähtematerjal uustöötuse jaoks lünklikuks ja nõuab tulemuste usaldusväärsuse pidevat hindamist. Kuna puuduliku andmestiku (hiljem tekkinud ülesande seisukohalt) töötlemisel saadud tulemusi võib hinnata mitmeti, kuulub oskusliku töötuse hulka ka otsustamine ühe või teise tulemuse kasuks.

1.3 Mõtlemisviisidest tehnikateaduses

Tehnikavallas töötades ja tehnikaspetsialiste ette valmistades on autoris kinnistunud mõte, et

inseneri mõtlemises on kolm arengutasandit:

1. inseneriteadus on täpne
2. inseneride igapäevatöös valitseb määramatus ja juhuslikkus
3. määramatus ja juhuslikkus on seaduspärased, neid on võimalik ja nendega tuleb arvestada

Esimene tasand iseloomustab üliõpilast. Kahjuks ka mõnda inseneri. Üliõpilased, eriti need, kes pole alg- ja põhiõppest kaugemale jõudnud, on veendunud, et tehnikateadustes on kõik kindel ja täpne. Kui midagi on vaja määrata, tuleb leida valem, mis kindlasti on olemas, panna sellesse lähteandmed, mis samuti kusagil leiduvad, ja kui arvutamisel ei teki viga, siis on tulemus õige ega kuulu vaidlustamisele. Nii õpetati koolis ning jätkati ülikooli alg- ja põhiõppes.

Kõik üliõpilased teavad Ohmi seadust esimese arengutasandi mõistes:

elektrivoolu tugevus ahelas on võrdeline pingega ja pöördvõrdeline ahela takistusega.

Teine tasand on kogenud inseneri tasand. Mõne aja töötanud insener märkab, et tegelikkuses pole mitte midagi täpne. Kõik mõõtmed, andmed ja arvutustulemused on ebatäpsed, varieeruvad, hajuvad. Valitseb hägusus, mis on irvhammastele andnud võimaluse sõnastada Ohmi seadus hoopis teisiti (Füüsikud..., 1968, lk 218).

Kui kasutada hoolikalt valitud ja laitmatult töödeldud lähtematerjale, siis võib teatud vilumuse korral konstrueerida neist ahela, mille puhul elektrivoolu tugevuse ja pingete suhte mõõtmine isegi siis, kui seda tehakse piiratud aja jooksul, annab tulemusi, mis peale vastavate parandite sisseviimist osutuvad konstantideks.

Kolmas tasand on teadlase tasand. Sellele jõudnu teab, et määramatusel on mõõdetavad seaduspärasused. Selle teadmise on ta saanud teadusmetodoloogias. Kolmanda tasandi sõnastus Ohmi seadusele kõlab.

Elektriahelas mõõdetava voolu tugevuse, pinge ja ahela takistuse vahel on hea korrelatiivne side, mis tagab arvutustulemuste kõrge usaldusväärsuse.

1.4 Mõõtmisest üldiselt

Elus tuleb kogu aeg mõõta. Lihtne on vastata küsimustele: "Kui pikk sa oled? Kui palju sa oled alla võtnud? Millal sa koju tuled? Mis see maksab?", sest teatakse, kuidas argielus mõõdetakse pikkust, massi, aega ja väärtust. Lihtne on vastata ka seepärast, et argielus ei oodata vastustelt suurt täpsust. Kui aga täpsuse kallal norima hakatakse, siis võib küsida, millist inimese kasvu silmas peetakse, kas hommikust või õhtust, millisest ajahetkest soovatakse hakata lugema kehakaalu allavõtmist jne. Viimase näite puhul räägitakse loomulikult massist, mitte kaalust, mis teatavasti sõltub gravitatsioonivälja tugevusest. Alati ei olegi olmeküsimuste puhul otstarbekas täpsust taga ajada. Näiteks kui kojutuleku aega tahetakse väga täpselt teada, võib see küsitletavas ärritust tekitada või kahtlust äratada. Mõnikord ei oodatagi täpset vastust. Idamaa turul esitatud küsimus "Mis see maksab?" on vaid kauplemist sisse juhataav fraas.

Eelnenu eesmärgiks oli meelde tuletada, et

- mis tahes mõõdet ja mõõtmist tuleb käsitleda koos mõõtme- ja mõõtmistäpsusega
- mõõtmise täpsus peab vastama ette antud tingimustele
- liigne täpsus on liiast

Aga on ka küsimusi, millele ei oska vastata. Kinki ihkav laps küsib: "Kumb on lähemal, kas Soome või jõulud?" Tudeng küsib puhvetis: "Mis maksab see kolmekroonine sai?" Naine küsib mehelt: "Kui väga sa mind armastad?" Nendel küsimustel puudub teaduslik alus. Laps ei tea, et ruumi ja aega mõõdetakse erineval moel, et ruum ja aeg pole samamõõtmelised. Oma küsimusele ei soovigi tudeng täpset vastust, vaid tahab, et puhvetipreili teda teiste seas märkaks. Naise küsimus on aga ajast kaugel ees, sest me ei oska veel mõõta nii mitmekülgselt (-mõõtmelist) asja kui armastus. Seda laadi küsimustel puudub mõõtmispõhine vastus.

Teabekäitlus on mõeldav vaid mõõdetavate nähtuste vallas, üritades hinnata ka seda, mida pole mõõdetud

1.5 Kirjandus ja viitematerjal

1. Физики продолжают шутить (Füüsikud naljatavad endistviisi), 1968, Мир, Москва, 147...151, viitega Discovery, June, 259, 1959.
2. Maapõueseadus¹ ja selle rakendamise aktid I. EV Keskkonnaministeerium, Tallinn, 1996, 227 lk.
3. Maapõueseadus ja selle rakendamise aktid II. EV Keskkonnaministeerium, EV Majandusministeerium, Tallinn, 1998, 244 lk.
4. Enno Reinsalu. Criteria and size of Estonian Oil Shale reserves. Oil Shale, 1998, v 15, N 2, p 111...133.
5. Enno Reinsalu. Mäemajandus. TTÜ, 1998, 159 lk.
6. Heino Sits. О закономерностях изменения мощности кажущейся плотности и теплоты сгорания пород пласта сланца кукурсита (Вопросы маркшейдерий и геологий сланцевых месторождений (Kukersiitpõlevkivi kihindi kivimite kütteväärtuse, näiva tiheduse ja raksuse muutumise seaduspärasustest. Kogumik Põlevkivileiupaikade markšneideriasjanduse ja geoloogia küsimused). Valgus, Tallinn, 1977, lk 51...57.
7. Üliõpilastööde vormistamise juhend². Koostaja Ants Meister. TTÜ raadio- ja sidetehnika instituut, Tallinn, 1998, 28 lk.

¹ Viidatud 1995. a Eesti maapõueseadus ja järgmise viite maapõueseaduse rakendamise aktid on vananenud, kuid nende alusel loodud ja siin toodud ülesannete sisu ning lahenduskaik on endine.

² Nüüdseks on olemas juba tunduvalt rohkem vormistamisjuhendeid. TTÜ rakendusgeoloogia tudengid, kellele käesolev õppematerjal on esmajoones suunatud, peavad kasutama TTÜ mäeinstituudi juhendit, mis on leitav instituudi kodulehel.

2. ÜLESANDED

2.1 Maavara varuploki hindamine

Lähtetingimused

Lähteandmeteks on kihilise lasundi (põlevkivi, fosforiidi, pae, liiva) geoloogilise uuringu tulemused. Hindamiseks antakse kihtide paksuste maatriks H ja kihtide kvaliteeditunnuste maatriks Q . Maatriksite veergudeks on mõõtmistulemused puurauguti, ridadeks samad tulemused kihiti. H -maatriksi võivad moodustada kihtide paksused (h) või kihtide lahtuspinna kõrguskoordinaadid (z). Kolmandana antakse kas puuraukude suudmete või varuploki nurgapunktide geograafiliste koordinaatide (x, y) kaheveeruline maatriks.

Ülesanne on hinnata maavaravaru usaldusvärsust muutliku, lünkliku ja ebatäpse lähteandmestiku alusel.

Muutlikkus on maapõue kui loodusliku keskkonna loomulik omadus, mis kihtmaardlate puhul koosneb kahest osast - süstemaatilise ja juhuslikust muutlikkusest [Reinsalu, 1998]. Põhja-Eesti maapõue kihid, sealhulgas põlevkivi- ja fosforiidikihid, samuti kõik paekihid lasuvad valdava kaldega lõuna suunas, mistõttu nende lasumissügavus kasvab süstemaatiliselt. On ka nii, et kihtmaardlate tootus lasund suidub maardla piiride suunas. Tavaliselt kasvab või kahaneb maardla ääre suunas ka kasuliku aine sisaldus maavaras. See kõik on süstemaatiline muutlikkus, mille kirjeldamiseks lavamaardla osadel (väljadel) piisab tihti lineaarvõrrandist

$$p = a + bx + cy \quad (2.1)$$

kus p on mäendustingimuste tunnus (lasumistunnus, kasuliku või kahjuliku aine sisaldus jne), x ja y on geograafilised koordinaadid ning a, b ja c süstemaatilist muutlikkust mõõtvad parameetrid. Kui koordinaatide mõõtühik on kilomeeter ning x on suunatud nagu geograafiliste koordinaatide puhul tavaks põhja suunas ja y ida suunas¹, siis b näitab parameetri p muutumist kilomeetri peale põhja suunas ja c sedasama ida suunas. Maavaralasuundi kui geoloogilise objekti parameetrite **süstemaatiline muutlikkus** ei ole mitte mingil juhul seotud ilmakaarega. Sama hästi võib muutlikkust mõõta mis tahes suunas. Suurim on muutlikkus gradiendi suunas. Gradient on vektor, mille pikkus avaldub valemiga

$$\Delta F = \sqrt{b^2 + c^2} \quad (2.2)$$

ΔF näitab, kui palju muutub parameeter p (lasundi paksus või kalle, kasuliku aine sisaldus lasundis jne) ühe telgede mõõtühiku (kilomeetri) pikkusel lõigul suunas, mille nurk põhjasuuna suhtes (asimuut, direktsioonnurk) on

$$\phi = \arctg(b/c) \quad (2.3)$$

Peale süstemaatilise muutlikkuse on mäendustingimustele omane juhuslik muutlikkus, hajuvus.

Juhuslik muutlikkus tekib sellest, et

- mõõdetaval parameetril on maapõue igas punktis oma väärtus
- parameetri mõõtmisel tekib viga

¹ Üliõpilased, kes kasutavad mõnda GIS tarkvara, teavad kindlasti, et neis on x ja y suund matemaatikapärane - x ida- ja y põhjasuunaline

Muutlikkust võib mõõta matemaatilisest statistikast teada oleva dispersiooniga. Dispersiooni abil hinnatakse

lasumusest tingitud (geoloogilist) muutlikkust	D_g	
mõõtmisviga	D_u	
tunnuse juhuslikku muutlikkust	$D_j = D_g + D_u$	(2.4)
tegelikku (looduslikku) süstemaatilist muutlikkust	D_s	
määratud muutlikkust	$D = D_j + D_s$	(2.5)
matemaatilise mudeliga kirjeldatavat süstemaatilist muutlikkust ehk trendi	D_m	
trendi ja tegeliku süstemaatilise muutlikkuse mittevastavust	$D_x = D_s - D_m$	(2.6)
jääkdispersiooni süstemaatilise muutlikkuse suhtes	$D_o = D - D_m =$ $D_j + D_x$	(2.7)

2.2 Juhusliku muutlikkuse hindamine

on lubatav¹ arvutusi lihtsustaval eeldusel, et tunnused jaotuvad normaalselt, kuigi on teada, et ükski käsitletav tunnus ei saa olla negatiivne. Kui jaotuskontroll eelistab lognormaalset jaotust, on soovitatav kogu hindamine teha selle alusel.

2.2.2. Arvutatakse kihtide paksuste (H -maatriksi ridade) aritmeetilised keskmised, standardhälbed ja dispersioonid ning hinnatakse üksikute mõõtmete, antud juhul kihtide paksuse vastavust mõistlikele hälvetele. Nii on soovitatav talitada lasundi summaarse paksusega.

Töödeldavate arvude ja tulemuste vastavust mõistlikele hälvetele tuleb kontrollida nii sageli kui võimalik

Lihtsuse huvides on mõistliku hälbe ülem- ja alampiiriks lubatud võtta kahekordne standardhälve.

Kui leitakse, et mõne kihi paksus hälbib suuremas või vähemas suunas naaberkihi paksuse vähenemise või suurenemise arvel, tuleb vastu võtta üks kolmest otsusest:

- mitte midagi muuta
- korrigeerida lähteandmetes kihtide eralduspinna asendit
- kõrvaldada veerg (puurauk) lähteandmete maatriksist

Iga otsust tuleb seletuskirjas põhjendada ja vajadusel kaitsta

Korrigeeritud andmed esitatakse nii, et nad eristuksid lähteandmetest. Kõige lihtsam on kirjutada need kursiivis või alla kriipsutada.

Lähteandmete **lünklikkus** võib ilmned juba H -maatriksi töötlemise käigus. Veerus võib olla lünk, s.t mõne kihi paksus puudub. Sel juhul tuleb järele mõelda ja vajadusel konsulteerida, mis on tõenäolisem kas geoloogiline või tehniline lünk. tuleb otsida naaberpuuraukudest. Praktika näitab, et tehniline, puudulikust mõõtmisest tekkinud Lünga teke on seletatav geoloogiliselt, kui kiht on suidunud või uhitud. Töendeid nende nähtuste kohta lünk on lähteandmetes palju tõenäolisem kui geoloogiline. Kui on tegemist geoloogilise lüngaga, eriti sellisega, mida on raske seletada, võib tegemist olla nähtusega, millel on teaduslik väärtus. Enne kui tulla välja oletusega geoloogilisest lüngast, tuleb endale siiski selgeks teha, mis on tähtsam, kas

¹ Tuleb vahet teha lubataval, ettenähtul ja soovitataval. Lubatava võimaluse kasutamine alandab, soovitatava kasutamine tõstab töö väärtust (üliõpilasel hinnet).

- väita, et oled avastanud uue geoloogilise nähtuse, kuigi see võib osutuda eksituseks, või
- tahtmata ennast häbistada, täpsustada ja kontrollida fakte ega karta, et keegi sind edestab ja saab ise kuulsaks uue geoloogilise nähtuse avastajana¹

Otsustamisel on kasulik endale selgeks teha, kumb vigadest (antud juhul olematu avastusega esinemine või tõelise avastuse teisele loovutamise) on sinu jaoks suurem ja kumb väiksem viga.

Üldtunnustatud parim strateegia otsuste langetamisel on minimaks strateegia, millega minimeeritakse (vältitakse) maksimaalse (suurima) vea tegemist²

Kui arvatakse, et tegemist on tehnilise lüngaga, siis tuleb vastu võtta üks kahest otsusest:

- asendada lähteandmetes puuduv kihi paksus keskmisega³
- kõrvaldada veerg (puurauk) lähteandmete maatriksist

H-maatriksi töötlemise peamine tulemus on kihindi keskmine paksus ja selle varieerumistunnused varuploki piires.

Kihtide keskmiste paksuste alusel võib arvuti abil joonestada lasundi koosluse diagrammi.

Meenutavad märkused

- Kihtide paksused on liidetavad
- Summa dispersioon võrdub liidetavate dispersioonide summaga⁴

2.2.2. Arvutatakse kihtide kvaliteeditunnuste (**Q**-maatriksi) aritmeetilised keskmised, standardhälbed ja dispersioonid ning hinnatakse üksikute mõõtmete vastavust mõistlikele hälvetele. Tavaliselt on kvaliteeditunnuste maatriksis rohkem lünki kui paksuste maatriksis.

Kui uuritav maavara on põlevkivi, siis on kvaliteeditunnuseks kütteväärtus, mille mõõtühik on kcal/kg. Ühik on vananenud, kuid mitte info, mis talletati ajal, kui see ühik kehtis. Põlevkivi kütteväärtus kirjutatakse nelja numbriga, näiteks 2350 kcal/kg. Siinkohal tuleb teha juttu **ebatäpsusest**, mida mainiti ülesannet püstitades. Nimelt on kütteväärtust võimalik määrata vaid täpsusega ± 30 kcal/kg ja sedagi juhul, mida iseloomustab Ohmi seaduse sõnastus teise tasandi mõtlemisviisil. Seega on tegemist arvudega, mis ei ole nii täpsed, kui neid kujutatakse, ja nende statistiliste parameetrite esitamisel ei tuleks kasutada pseudotäpsust, s.t komataguseid kohti.

Hoiatavad märkused

- Kvaliteeditunnused ei ole liidetavad
- Kvaliteeditunnus 0 ei ole lünk ega vastupidi

Koostatakse kihindi massitootluse maatriks (**M**-maatriks). Massitootlus arvutatakse kihtide mahumassi ja paksuste korrutise summana ja selle ühik on t/m². Kui on tegemist maavaraga, mille mahumass kihiti ei erine, näiteks fosforiidil, lubjakivil, liival jm, tuleb mahumassiga korrutada H-maatriksi kõiki liikmeid, või kui edasine lubab, siis kihtide summat. M-maatriksi töötlemise tulemuseks on kihindi keskmine massitootlus varuplokis.

¹ Autoril ei ole tavaks anda üliõpilastele ülesannete lähteandmeid, mis võiksid peita uusi geoloogilisi nähtusi.

² Strateegia valik sõltub mõtlemisviisist. Kui kohtunik või vandemehed langetavad otsuse, kas kohtualune on süüdi või mitte, tuleb neil teha valik – kumb on suurem viga kas süütule inimesele karistuse määramine või kurjategija karistamata jätmine. Nüüdisaja tsiviliseeritud mõtlemisviisi kohaselt on esimene alternatiiv suurem viga kui teine. Seda viga minimeeritakse ja karistav otsus tehakse vaid siis, kui kohtualuse süü on kõrge tõenäosusega tuvastatud. Stalinismi ajal oli vastupidine lähenemine – režiimile ustavate ja ohutute inimeste represseerimist peeti palju väiksemaks veaks kui vastaste vabadusse jätmist. Seepärast vangistati ja hukati ka inimesi, kelle kohta ei olnud kindlaid režiimivastase tõendeid.

³ Lihtsustamise huvides hoidume selle ülesande raames protseduuridest, mis kompenseerivad vabadusastmete vähenemist lünga asendamisel keskmisega.

⁴ Järjekordse lihtsustusena eeldame, et dispersioonid on sõltumatud, mis geoloogilise andmestiku puhul ei pruugi sugugi paika pidada.

Meenutavad märkused

- Massitootlused on liidetavad
- Lasundi massitootluse ja paksuse jagatis on lasundi keskmine mahumass

Võib osutada, et massitootluse maatriksit ei saa teha, ilma et koostataks mahumasside maatriks (**D**-maatriks). See on möödapääsematu nende kaeviste puhul, mille lasundi erimite (kihtide) mahumass erineb. Üks selline maavara on põlevkivi. Varasemates põlevkivi geoloogiliste uuringute aruannetes võib leida laboratoorsete mõõtmiste tulemusi **D**-maatriksi koostamiseks, kuid nüüdisajal ei loeta neid piisavalt täpseks. Seepärast määratakse Eestis kehtiva maavarade uurimise korra kohaselt põlevkivi mahumass eraldi iga kihi jaoks kütteväärtuse alusel tabeli abil. Tabelit siin ei esita, selle sisu on asendatav valemiga

$$d = 1,3831 \exp(-0,0003 Q) + 0,98 \text{ kg/dm}^3, \text{ t/m}^3 \quad (2.8)$$

kus Q on kihi kütteväärtus kcal/kg.

Suurema täpsuse saavutamiseks on soovitatav kasutada Heino Sitsi [Sits, 1977] meetodikat, mille kohaselt

$$d = d_m / ((d_m / d_p - 1) Q / Q_p + 1) \quad (2.9)$$

ehk lihtsustatud kujul

$$d = d_m / (c Q + 1) \text{ kg/dm}^3, \text{ t/m}^3 \quad (2.10)$$

kus Q - kütteväärtus Mcal/kg, d_m - mittepõleva aine mahumass kg/dm³, t/m³, d_p - põleva aine mahumass kg/dm³, t/m³, Q_p - põleva aine kütteväärtus Mcal/kg.

Lihtsustatud valemis 2.10 esineb liitegur

$$c = (d_m / d_p - 1) / Q_p, \text{ kg/Mcal}$$

c ja d_m väärtused on tabelis 2.2.

Tabel 2.1 Valemi 2.10 tegurid põlevkivi, kaevise ja kaaskivim mahumassi määramiseks

Kihi tähis ¹	Liitegur c kg / Mcal	Mittepõleva aine mahumass d_m t/m ³
F ₂	0,304	2,55
F ₁	0,223	2,43
E	0,209	2,41
E/D	0,191	2,38
D	0,163	2,16
D/C	0,211	2,53
C	0,219	2,42
C/B	0,191	2,38
B	0,206	2,40
B/A	0,191	2,38
A'	0,105	1,70
A'/A	0,191	2,38
A	0,163	2,16
A-F ₁ keskmine		2,33

Kui **D**-maatriks moodustatakse Q -maatriksi alusel, milles on rohkem lünki kui **H**-maatriksis, tekib vajadus otsustada kas edasi

¹ A...F tähistavad põlevkivikihte E/D...B/A' nende vahel olevaid pakihte. Viimaseid võidakse tähistada kas settimise järjestuses (A/B, sest alumised kihid settisid enne) või leidmise järjestuses (B/A, sest maa pealt puurides leitakse enne ülemised kihid). Mäemehed kasutavad vahekihtide tähistamisel leidmise, geoloogid – settimise järjestust.

- kasutada kihtide mahumasside keskvaartusi
- asendada Q -maatriksi lüngad vastava kihi kvaliteeditunnuse keskvaartusega
- toimida nii D -maatriksis

Hoiatav märkus

- Mahumassid ei ole liidetavad

2.2.5. Koostatakse kihindi kasuliku tootluse¹ maatriks (E -maatriks). Kasulik tootlus arvutatakse kihtide mahumassi, paksuste ja kasuliku aine sisalduse korrutiste summana ja selle ühik on [kasulikkude ainet]/m². Põlevkivil, mille kasulik aine on energia, arvutatakse energiatootlus GJ/m², fosforiidil P₂O₅ t/m² jne. Arvutused tuleb teha p 2.2.3 tehtud otsustusi arvestades.

E -maatriksi töötlemise tulemuseks on kihindi keskmine kasulik tootlus varuplokis.

Meenutavad märkused

- Kasulikud tootlused on liidetavad
- Lasundi kasuliku tootluse ja massitootluse jagatis annab kasuliku aine keskmise sisalduse (kvaliteeditunnuse) lasundis

2.2.6. Varu usaldatavuse hinnang tehakse vastava jaotusseaduse alusel. Lubatud on kasutada normaaljaotust. Varu olulistele tunnustele (paksusele, kvaliteeditunnusele, tootlusele) omistatakse piirväärtus, kriteerium, millest mõõdetud ja hinnatav tulemus peab olema suurem või väiksem. Piirväärtus on kas riiklike normdokumentide, uuringu tellinud isiku või uurija poolt seatud suurus. Standardprotseduuri kohaselt hinnatakse tõenäosust, et hinnatav tunnus ei ole väiksem (suurem) etteantust

$$P(p > p_0) \quad (2.11)$$

$$\text{või } P(p < p_0) \quad (2.12)$$

kus p on hinnatav tunnus (parameeter) ja p_0 selle piirväärtus. Edasi tuleb langetada otsus, mis on suurem viga, kas

- lugeda varu nõuetekohaseks (vastavaks seatud piirile), kuigi parema andmestiku puhul võib osutuda, et tegemist on ebakvaliteetse varuga, või
- lugeda varu nõuetele (seatud piirile) mittevastavaks, kuigi parema andmestiku puhul võib osutuda, et tegemist on hea varuga

Varu usaldatavust määrava tõenäosuspiiri leidmisel tuleb endale selgeks teha, kumb vigadest on suur viga ja kumb väikene. Otstarbekas oleks käituda nii, et suurema vea tõenäosus oleks minimaalne (vt 2.2.1, kus oli juttu minimaks strateegiast).

Suunav märkus

- Võimalikud on ka muud lahendused ja olukorrad; kui andmeid pole järeltõlge tegemiseks küllaldaselt, siis võib plokkide ühendades valida lasundit moodustavate kihtide sellise kombinatsiooni, mis piisava tõenäosusega vastab kriteeriumile; samuti võib valida plokkide moodustavate puuraukude uue kombinatsiooni

2.2.7. Varuplokkide ühendamise võimalikkuse hindamiseks võrreldakse kahe naaberploki olulise tunnuse keskmiste erinevust. Selleks arvutatakse tunnuste vahe

$$\Delta = p_2 - p_1 \quad (2.13)$$

dispersioon

$$D_\Delta = D_2 + D_1 \quad (2.14)$$

ning standardhälve

$$s_\Delta = \sqrt{D_\Delta} \quad (2.15)$$

¹ Juhul kui kvaliteeditunnuseks on kasutu või kahjuliku aine sisaldus, tehakse läbi sama protseduur. Sel juhul on tulemuseks irratsionaalne kasutu või kahjuliku aine tootlus.

kus ρ_1 on esimese ja ρ_2 teise ploki hinnatava tunnuse keskvärtus ning D_1 ja D_2 vastavate keskmiste dispersioon¹. Püstitatakse tööhüpotees, et tunnuste vahe ei ole suurem kui 0, teisisõnu, tunnused ei erine ehk kolmandat moodi öelduna, neid võib lugeda kokkulangevaks. Seejärel kontrollitakse tööhüpoteesi usaldatavust, tõenäosust

$$P(\Delta < 0) \quad (2.16)$$

eelmises punktis kirjeldatud protseduuri järgi. Seda on soovitatav teha Studenti jaotuse, mitte normaaljaotuse alusel. Kui tunnuste vahe ei ole oluline, võib plokid liita.

Meenutav märkus

- Väikeste valimite aritmeetiliste keskmiste dispersioon sõltub valimi suurusest

2.2.8. Kriteeriumile vastav kihtide või puuraukude kombinatsioon leitakse tavaliselt proovimise teel. Seejuures võib kasulikuks osutada järgmine võtte: **H**-maatriksi juurde moodustatakse veerg, mis esialgu koosneb arvust 1. Seda võib nimetada ka väljamisveeruks ehk **V**-vektoriks. Veerus olevate 1-dega korrutatakse **H**-maatriksi vastavates ridades olevaid kihi paksusi. Seni, kuni vektori liikmete väärtus on 1, lõpptulemus ei muutu. Nullides mõne liikme (asendades ühe nulliga), jääb vastav kiht tervenisti arvestusest välja. Andes aga vektori liikme väärtuseks arvu vahemikus $0 < n < 1$, võetakse kihist arvesse n osa.

Kui madala kvaliteediga kiht või selle osa jäetakse välja, väheneb lasundi massi- ja kasuliku ainese tootlus. Seega kasvab varu kvaliteet ja kahaneb kogus.

Analoogiliselt võib talitada veergudega, s.t puuraukudega. Jättes välja puuraugu, milles on mõõdetud madal kvaliteet, kasvab alles jäänud puuraukudest moodustuva varuploki keskmine kvaliteet, kuid väheneb ploki pindala, s.o varu kogus.

Hoiatavad märkused

- **V**-vektoris võib vähendada vaid nende liikmete väärtust, millele vastava kihi või selle osa väljamata jätmise on mäetehniliselt võimalik
- Puurauke ei saa plokist välja lülitada osaliselt
- Eemaldada võib ainult ploki piiril asuvaid nn kontuurpuurauke
- Ploki piiri saab korrigeerida vaid siis, kui teatakse, mida teha naaberploki, mille suurus ja kuju korrigeerimisel muutuvad

2.3 Ploki varu määramine²

Lähteandmeteks on varuploki nurgapunktide (piiripunktide) geograafiliste koordinaatide (x , y) kaheveeruline maatriks kujul:

punkti nr	x-koordinaat	y-koordinaat
1	56789	12345
2	56786	12354
i
$i + 1$		
$N - 1$	56790	12366
N	56788	12340

Hoiatav märkus

- Geograafiline x-koordinaat võib olla lõuna-põhja- ja y-koordinaat lääne-ida-suunaline

¹ Enne protseduuri teostamist on soovitatav matemaatilise statistika meetoditega kontrollida parameetrite ja dispersioonide sõltumatust ning vastavalt korrigeerida siin esitatud lihtsustatud juhust.

² Selle punkti sisul on nüüd (2007) juba metoodiline või kontrollivõimalust pakkuv eesmärk. GIS-tarkvara tundvad tudengid võivad ploki pindala määrata kaasaegsemate meetoditega

xy -maatriksit laiendatakse, korrates viimase reana esimest rida

1	56789	12345
---	-------	-------

Ploki pindala S arvutatakse laiendatud maatriksi abil

$$S = \text{ABS} \sum ((x_i \times y_{i+1}) - (y_i \times x_{i+1})) / 2 \quad (2.17)^1$$

kus ABS tähistab absoluutväärtust, \sum summat ja indeks i rea (nurgapunkti) numbrit. Kui koordinaadid on meetrites, saadakse pindala ruutmeetrites.

Arvutuste ja lähteandmete kontrolliks võib joonestada laiendatud xy -maatriksi alusel nurgapunktide polügooni ehk varuploki plaani. Ploki varu mass

$$V = MS \quad (2.18)$$

ja kasuliku aine varu

$$V = ES \quad (2.19)$$

Varu ühik sõltub massi ja kasuliku aine tootluse ühikutest ja antakse tavaliselt tuhandetes või miljonites.

Suunavad märkused

- Varu suuruse kui arvutuste lõpptulemi esitamise täpsus on otseseoses ülal leitud täpsuse hinnangutega
- Ametlikes juhendites nõutav esitamise täpsus on suvaline ega tugine matemaatikale

2.4 Varu suuruse ja kvaliteedi vaheline seos

Kui varu kvaliteedi tõstmise nimel jäetakse varuplokist välja madalama kvaliteediga osi või piirkondi, väheneb varu kogus. Selleks et põhjendada oma tegevust või ka selleks, et teha otsustusi varu kriteeriumi suhtes, on kasulik välja joonestada varu koguse ja kvaliteedi vaheline seos. Seda on hõlbus teha, kui varu kogust vähendatakse ja kvaliteeti tõstetakse sammhaaval. Siis tuleb igal sammul fikseerida arväärtused ja programmipaketti kasutades joonestada nendevaheline graafik. Nii on leitud kehtivad põlevkivi aktiivse (35 GJ/m^2) ja passiivse (25 GJ/m^2) varu kriteeriumid [Reinsalu, 1998].

2.5 Süstemaatilise muutlikkuse hindamine

tehakse enamasti lineaarse trendi (seos 2.1) alusel. Kui on teada puuraukude koordinaadid, hinnatakse trend varuploki sees. Kui on teada vaid varuploki nurgapunkti koordinaadid, võib määrata nende keskvaartuse ja käsitleda ploki ühe punktina. See eeldab, et samal ajal hinnatakse ka naaberplokkide, millest igaühete käsitletakse samuti ühe punktina.

Süstemaatilise muutlikkuse hindamiseks määratakse regressioonanalüüsiga seose 2.1 parameetrid. Trendi tugevust näitab korrelatsioonitegur. Valemite 2.2 ja 2.3 abil määratakse trendi suurus ja suund.

Süstemaatilise muutlikkuse hindamise eesmärk on otsustada, milline muutlikkuse liik, juhuslik või süstemaatiline vaadeldaval alal valdab. Seda tehakse tavaliselt Fisheri kriteeriumi (F -kriteeriumi) abil, võrreldes nii juhuslikust kui ka süstemaatilise muutlikkusest tingitud dispersiooni jääkdispersiooniga. Seni kuni vaadeldaval alal (plokis või plokkidest moodustatud väljal) on valdav juhuslik muutlikkus, on andmekogum käsitletav ühe (varu)plokina, mida võib iseloomustada parameetrite keskvaartuste ühe komplektiga.

Kui hinnatakse keerulisemat, mittelineaarset süstemaatilise muutlikkuse trendi näiteks kujul

$$p = \exp(ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f) \quad (2.20)$$

on kasulik teada lineariseerimismeetodeid, mida tutvustatakse järgmises ülesandes.

¹ Paberversioonis oli valem 2.17 vale

3. PURD- JA PURUSTATUD KIVIMI LÕIMISE HINDAMINE

3.1 Lähteandmed

on esitatud sõelumisel leitud sõela ava mõõtmete ja saagiste kogumina. Tabelis 3.1 on nad poolpaksus kirjas.

Tabel 3.1 Kaevise sõelanalüüsi tulemused

Sõela ava diameeter (x) mm	Klassid mm	Klassi saagis kg	Klassi saagis %	Sõelaalune saagis (y) %/100	Sõelapealne saagis ehk täisjääk (R = 1 - y) %/100
5	0...5	205,5	13,7	0,137	0,863
10	5...10	81,0	5,4	0,191	0,809
15	10...15	53,5	2,9	0,220	0,780
30	15...30	156,0	10,4	0,324	0,676
50	30...50	130,5	8,7	0,411	0,589
125	50...125	340,5	22,7	0,638	0,362
300	125...300	375,0	25,0	0,880	0,120
	>300	168,0	11,2	1,000	0
	Kokku:	1500,0	100,0		

Sõelaalune saagis tuleb tavaliselt arvutada lähteandmete alusel. Sõelaaluse saagise jaotust võib kirjeldada astmefunktsiooniga, mis tähendab, et sõelutud materjali kirjeldatakse astmejaotusega

$$y = A x^n \quad (3.1)$$

või keerulisemalt näiteks Rosini-Rammleri (Weibulli) jaotusega¹

$$y = 1 - \exp(-x / x_{0,63})^n \quad (3.2)$$

ehk sama jaotusega teisel kujul

$$R = \exp(-x / x_{0,63})^n \quad (3.3)$$

kus y on sõelaalune ja R sõelapealne saagis, x sõela ava ja A , $x_{0,63}$ ning n jaotusparameetrid. A ja $x_{0,63}$ iseloomustavad ennekõike analüüsitava materjali jämedust. Näiteks A on 1-millimeetrise avaga sõela läbiva materjali osa²; $x_{0,63}$ on sõela ava, mida läbib 63 % materjalist. Jaotuste parameeter n iseloomustab peente ja jämedate klasside suhet uuritavas materjalis³. Jaotusparameetrite alusel tehakse mitmesuguseid otsustusi. Ülesandeks on hinnata, kumb jaotus on antud materjalile sobivam ja millised on jaotusseaduse parameetrid.

Kuna levinud andmetöötlusprogrammides esineb kõige sagedamini vahendeid lineaarsete seoste

$$y = ax + b \quad (3.4)$$

töötlemiseks (regressioonianalüüsiks), siis nende kasutamiseks mittelineaarsed võrrandid 3.1 ja 3.3 lineariseeritakse⁴. Võrrand 3.1 muutub logaritmilisel lineaarvõrrandiks

$$\ln y = \ln A + n \ln x \quad (3.5)$$

¹ Astmejaotust nimetatakse venekeelses kirjanduses Andrejevi, läänemaades Gatesi, Gaudin või Schuhmanni jaotuseks, mis viitab paljudele autonoomsetele esmakasutajatele. Huvi korral puistematerjalide jaotusseaduste vastu võib lugeda ka autori artiklit **Heal lapsel mitu nime ehk jalgratta leiutamine**, mis ilmus kogumikus **60 aastat mäeinseneride õpetamist Eestis**. TTÜ mäeinstituut, 1998, lk 31-32 ja milles on juttu, miks ei sündinud Reinsalu jaotus.

² Sellest lähtuvalt võin tunnust A nimetada ka (kaevise, kruusa, liiva) tolmususeks.

³ Mida suurem on n , seda ühtlasem on materjal. Seepärast võin seda tunnust nimetada sõreduseks, sõredustunnuseks.

⁴ Selles punktis kirjeldatud lineariseerimismenetluse kirjeldus omab eelkõige meetodilist tähtsust. Kaasaegne Excel-pakett laseb seda kõike teha, joonistades graafikule trendi joone (*Trendline*) ja vastavad valemid. Nimetan seda *Trendline*-meetodiks.

kus kehtivad asendused $y \sim \ln y$, $x \sim \ln x$, $a \sim \ln A$ ja $b \sim n$. Seega avaldub n otse uue muutuja $\ln x$ kordajana. Teine parameeter on määratav analüüsiga leitud regressioonivõrrandi vabaliikme $\ln A$ pöördfunktsioonina $A = \exp \mathbf{a}$.

Võrrand 3.2 ei ole logaritmitav, küll aga võrrand 3.3 kahe järjestikku sammuga:

$$\begin{aligned} 1. \text{ sammul } \ln R &= (x / x_{0,63})^n = (1 / x_{0,63}^n) x^n \\ 2. \text{ sammul } \ln (\ln R) &= n \ln x + \ln (1 / x_{0,63}^n) = n \ln x - n \ln x_{0,63} \end{aligned}$$

Nii tekis teisel sammul lineaarvõrrand, kus kehtivad asendused $y \sim \ln (\ln R)$, $x \sim \ln x$, $a \sim n$ ja $b \sim \ln (1 / x_{0,63}^n) = -n \ln x_{0,63}$. Ka sellise kahekordse ehk topeltlogaritmitamise puhul avaldub n otse uue muutuja $\ln x$ kordajana. Teine parameeter avaldub $x_{0,63} = \exp (-b/n)$.

Hoiatavad märkused

- Siin näidetena esitatud lineariseerimisevõtted võivad oluliselt moonutada pilti andmete ja arvutustulemuste täpsusest¹
- Regressioonmeetodi abil uuritava funktsiooni pöördfunktsioon (kui seda on vaja) tuleb parameetrida samuti regressioonmeetodil

Purd- ja puistematerjalide oluliseks tunnuseks on keskmine tükisuurus (terasuurus), mille all mõeldakse sellise ava diameetrit, mida läbib pool materjali kogusest. Nii määratud keskmine on mahukeskmine ehk mediaan (Me). Teades jaotuse valemit, on keskmist tükisuurust lihtne arvutada. Näiteks astmejaotuse puhul tuleneb võrrandist

$$\begin{aligned} 0,5 &= A (Me)^n \\ &\text{valem} \\ Me &= (0,5 / A)^{1/n} \end{aligned}$$

Analoogiliselt saab mediaani avaldada Rosini-Rammleri jaotusseadusest.

Praktikas on kasutusel ka mugavam ja piisavalt täpne tava hinnata keskmist tera- või tükisuurust jaotuskõvera sirgestatud (lineariseeritud) graafiku abil (vt järgmine punkt). Keskmiseks võetakse sõela ava, mille kohal sirgestatud jaotuskõver lõikab saagise 50% taset.

3.2 Jaotuse hindamine

toimub graafiliselt ja analüütiliselt. Graafilise menetluse käigus joonestatakse sõelkõvera (kas sõelaaluse või sõelapealse saagise ja sõela ava vahelise seose) kolm varianti:

- tavalises (lineaarses) koordinaadisüsteemis,
- logaritmilises koordinaadisüsteemis,
- multilogaritmilises koordinaadisüsteemis, mille puhul x -telg on logaritmiline ja R -telg topeltlogaritmiline (kaks korda järjest logaritmitud²).

Tavalises koordinaadistikus on sõelkõver üldjuhul väga kõver. Seepärast hinnatakse kummal, kas teisel või kolmandal juhul saadakse parem lähend sirgele. Selle alusel tehakse otsustus astme- või Rosini-Rammleri jaotuse kasuks. Enamasti ei osutu graafiline meetod piisavaks, sest silma järgi hindamisel puudub sirgusel kriteerium.

Analüütilisel hindamisel tehakse lineaarne regressioonianalüüs kahes variandis:

1. sõela ava diameetri ja sõelaaluse saagise logaritmid vahel,
2. sõela ava diameetri logaritmi ja sõelapealse saagise topeltlogaritmi vahel.

Otsustus astme- või Rosini-Rammleri jaotuse kasuks tehakse korrelatsiooniteguri alusel – valitakse jaotus, mida iseloomustab korrelatsiooniteguri suurem absoluutväärtus.

¹ Logaritmitamisest tulenev moonutus on vältimatu ka siis, kui protseduure teostatakse *Trendline* meetodil sest selle aluseks on lineariseerimine logaritmitamise abil. Märksa täpsema, nn *Solver* –menetluse, mis samuti toimub *Excel* –keskkonnas, kirjeldamine ei mahu selle õppevahendi raamidesse.

² Kui tööjuhendit järgitakse mehhaaniliselt selgeks tegemata logaritmitamise mõtet, võidakse selle protseduuri juures takerduda probleemidesse.

4. REKULTIVEERIMISE KVALITEEDI HINDAMINE

Eesmärk on hinnata rekultiveerimise nõuete täitmist. Nõuded on kirjas juhendis nimega *Pealmaakaevandamisega rikitud maa rekultiveerimise kord* (juhendi kirjaviis muutmata)¹.

34. Rekultiveeritud ala kvaliteedi pistelise kontrolli punktid peavad moodustama juhusliku valimi. Käesoleva korra §§ 17, 22, 23, 24, 25 ja 27 toodud arvvaartused peavad olema tagatud 95% tõenäosusega.

Paragrahvis 34 nimetatud paragrahvid näevad välja nii.

17. Rekultiveeritud kruusa- ja liivakarjääri külje nõlvnurk (nõlvus) peab olema väiksem kui püsinurk (püsinõlvus):

peenterasel liival - 25°...26° (1:2);

keskterasel liival - 30° (1:1,7);

jämeterasel liival - 32° (1:1,6);

kruusal - 35° (1:1,4).

22. Metsastamiseks ette nähtud ala võib jääda laineliseks, nõlvnurgaga alla 8°. Looduslikuks rohumaaks ja põõsastikuks jäetaval alal võib nõlvnurk olla kuni 18°. Haritavaks maaks lõplikult silutud alal ei tohi esineda lainelisust nõlvnurgaga üle 2° ega sulglohke.

23. Haritavaks maaks, looduslikuks rohumaaks ja metsamaaks tasandatud ja esmaselt silutud pinna ülemine, 0,5 m paksune kiht peab sisaldama peenest (terasuurusega alla 1 mm) vähemalt 25 % (massi järgi) ega tohi sisaldada kive (läbimõõduga üle 10 mm) enam kui 40 %.

24. Haritavaks maaks rekultiveerimisel kantakse taastatavale maale pärast esmast silumist viljakas kiht tusedusega 0,4 kuni 0,6 m.

25. Rekultiveeritud haritaval maal ei tohi põhjavee tase tõusta kõrgemale kui 1 m sügavuseni maapinnast. Metsamaal ei tohi põhjavee tase tõusta kõrgemale kui 0,7 m sügavuseni maapinna madalamast kohast.

27. Karjääri rajatava tehisveekogu valdav sügavus peab olema üle 2 meetri. Supluskohad, paadisillad jm. rajatakse vastavalt rekultiveerimistingimustele. Tehisveekogu kaldaperv peab olema vähemalt 0,4 m kõrgemal veetaseme oodatavast maksimaalsest seisust.

Ülesande lähteandmeteks on rekultiveeritud maa kolmekümnes juhuslikus punktis tehtud mõõtmiste tulemused. Andmed on esitatud kahe variandina (I ja II). Variantide paar moodustab ühe ülesande. Lahendamiseks kasutatakse p 2.2.7 kirjeldatud protseduure.

¹ Nüüdseks on viidatud rekultiveerimise (kaasajal – korrastamise) juhend vananenud, kuid selles kehtinud normatiivid on ikka kasutusel korrastamisprojektides. Seepärast, kui kaevandatud maa on korrastatud, tuleb kontrollida, kas tulemus vastab projektile ja seda tuleks teha siin toodud metoodika kohaselt.

Tabel 4.1 Liivakarjääri nõlvanurga mõõtmistulemused erineva kaevise puhul ja nende suurimad lubatud väärtused

Nr	< 25°		< 30°		< 32°		< 35°	
	I	II	I	II	I	II	I	II
1	21.86	21.39	26.86	25.46	30.32	28.93	30.46	32.32
2	20.24	20.18	25.24	25.06	28.30	28.12	30.06	30.30
3	25.94	24.46	30.94	26.49	35.43	30.97	31.49	37.43
4	24.09	23.07	29.09	26.02	33.11	30.04	31.02	35.11
5	25.58	24.18	30.58	26.39	34.97	30.79	31.39	36.97
6	23.62	22.72	28.62	25.91	32.53	29.81	30.91	34.53
7	24.72	23.54	29.72	26.18	33.90	30.36	31.18	35.90
8	14.00	15.50	19.00	23.50	20.50	25.00	28.50	22.50
9	17.24	17.93	22.24	24.31	24.55	26.62	29.31	26.55
10	25.49	24.12	30.49	26.37	34.86	30.74	32.37	36.86
11	18.07	18.55	23.07	24.52	25.59	27.04	29.52	27.59
12	14.50	15.87	19.50	23.62	22.12	25.25	28.62	23.12
13	15.96	16.97	20.96	23.99	22.95	25.98	28.99	24.95
14	19.98	19.99	24.98	25.00	27.98	27.99	30.00	29.98
15	25.57	24.18	30.57	26.39	34.97	30.79	32.39	36.97
16	15.58	16.69	20.58	23.90	22.48	25.79	28.90	24.48
17	14.64	15.98	19.64	23.66	22.31	25.32	28.66	23.31
18	24.16	23.12	29.16	26.04	33.21	30.08	32.04	35.21
19	22.12	20.84	26.12	25.28	29.40	28.56	30.28	32.40
20	12.78	14.59	17.78	23.20	18.98	24.39	28.20	20.98
21	15.26	16.44	20.26	23.81	22.07	25.63	28.81	24.07
22	22.63	22.97	27.63	25.66	32.29	29.32	30.66	33.29
23	18.24	18.68	23.24	24.56	25.81	27.12	29.56	27.81
24	14.40	15.80	19.40	23.60	22.01	25.20	28.60	23.01
25	20.80	20.60	25.80	25.20	29.00	28.40	30.20	32.00
26	20.64	20.48	25.64	25.16	28.80	28.32	30.16	30.80
27	29.09	26.82	34.09	27.27	39.37	32.55	32.27	42.37
28	20.16	20.12	25.16	25.04	28.21	28.08	30.04	30.21
29	15.47	16.60	20.47	23.87	22.34	25.74	28.87	24.34
30	23.07	22.30	28.07	25.77	32.84	29.54	30.77	33.84

Tabel 4.2 Rekultiveeritud maa lainelisuse mõõtmistulemused kolme maatüübi puhul ja nende suurimad lubatud väärtused

Nr	Metsamaa		Põõsastik		Haritav maa	
	I	II	I	II	I	II
1	7.09	7.46	15.46	15.93	2.55	2.59
2	7.01	7.06	15.06	15.12	2.51	2.51
3	7.30	8.49	16.49	17.97	2.65	2.80
4	7.20	8.02	16.02	17.04	2.60	2.70
5	7.28	8.39	16.39	17.79	2.64	2.78
6	7.18	7.91	15.91	16.81	2.59	2.68
7	7.24	8.18	16.18	17.36	2.62	2.74
8	6.70	5.50	13.50	12.00	2.35	2.20
9	6.86	6.31	14.31	13.62	2.43	2.36
10	7.27	8.37	16.37	17.74	2.64	2.77
11	6.90	6.52	14.52	14.04	2.45	2.40
12	6.72	5.62	13.62	12.25	2.36	2.22
13	6.80	5.99	13.99	12.98	2.40	2.30
14	7.00	7.00	15.00	14.99	2.50	2.50
15	7.28	8.39	16.39	17.79	2.64	2.78
16	6.78	5.90	13.90	12.79	2.39	2.28
17	6.73	5.66	13.66	12.32	2.37	2.23
18	7.21	8.04	16.04	17.08	2.60	2.71
19	7.06	7.28	15.28	15.56	2.53	2.56
20	6.64	5.20	13.20	12.39	2.32	2.14
21	6.76	5.81	13.81	12.63	2.38	2.26
22	7.13	7.66	15.66	16.32	2.57	2.63
23	6.91	6.56	14.56	14.12	2.46	2.41
24	6.72	5.60	13.60	12.20	2.36	2.22
25	7.04	7.20	15.20	15.40	2.52	2.54
26	7.03	7.16	15.16	15.32	2.52	2.53
27	7.45	9.27	17.27	19.55	2.73	2.95
28	7.01	7.04	15.04	15.08	2.50	2.51
29	6.77	5.87	13.87	12.74	2.39	2.27
30	7.15	7.77	15.77	16.54	2.58	2.65

Tabel 4.3 Rekultiveeritud haritava maa mulla hindamise tulemused

Esitatud on peenese (alla 1 mm) ja kivide (üle 10 mm) sisaldus ning viljaka kihi paksus, samuti mõõdetud tunnuste piirväärtused.

Nr	Pealmise kihi lõimis				Viljaka kihi paksus	
	< 1 mm		> 25 %		40...60	cm
	I	II	I	II	I	II
1	32.32	32.39	32.39	32.32	54.64	52.32
2	30.30	30.18	30.18	30.30	50.60	50.30
3	37.43	34.46	34.46	37.43	64.86	57.43
4	35.11	33.07	33.07	35.11	60.22	55.11
5	36.97	34.18	34.18	36.97	63.94	56.97
6	34.53	32.72	32.72	34.53	59.06	54.53
7	35.90	33.54	33.54	35.90	62.79	55.90
8	22.50	25.50	25.50	22.50	34.99	42.50
9	26.55	27.93	27.93	26.55	43.10	46.55
10	36.86	34.12	34.12	36.86	63.72	56.86
11	27.59	28.55	28.55	27.59	45.18	47.59
12	23.12	25.87	25.87	23.12	36.24	43.12
13	24.95	26.97	26.97	24.95	39.90	44.95
14	29.98	29.99	29.99	29.98	49.95	49.98
15	36.97	34.18	34.18	36.97	63.93	56.97
16	24.48	26.69	26.69	24.48	38.95	44.48
17	23.31	25.98	25.98	23.31	36.61	43.31
18	35.21	33.12	33.12	35.21	60.41	55.21
19	32.40	30.84	30.84	32.40	52.79	52.40
20	20.98	24.59	24.59	20.98	32.95	40.98
21	24.07	26.44	26.44	24.07	38.14	44.07
22	33.29	32.97	32.97	33.29	56.58	53.29
23	27.81	28.68	28.68	27.81	45.61	47.81
24	23.01	25.80	25.80	23.01	36.01	43.01
25	32.00	30.60	30.60	32.00	52.99	52.00
26	30.80	30.48	30.48	30.80	52.59	50.80
27	42.37	36.82	36.82	42.37	72.73	62.37
28	30.21	30.12	30.12	30.21	50.41	50.21
29	24.34	26.60	26.60	24.34	38.68	44.34
30	33.84	32.30	32.30	33.84	57.68	53.84

Tabel 4.4 Rekultiveeritud veekogu sügavuse ja perve kõrguse mõõtmistulemused ja nende vähimad lubatud väärtused

Nr	Veekogu sügavus		Perve kõrgus	
	I	II	I	II
1	3.46	3.23	0.55	0.52
2	3.06	3.03	0.51	0.50
3	4.49	3.74	0.65	0.57
4	4.02	3.51	0.60	0.55
5	4.39	3.70	0.64	0.57
6	3.91	3.45	0.59	0.55
7	4.18	3.59	0.62	0.56
8	2.50	2.25	0.35	0.42
9	2.31	2.66	0.43	0.47
10	4.37	3.69	0.64	0.57
11	2.52	2.76	0.45	0.48
12	2.62	2.31	0.36	0.43
13	2.99	2.50	0.40	0.45
14	3.00	3.00	0.50	0.50
15	4.39	3.70	0.64	0.57
16	2.90	2.45	0.39	0.44
17	2.66	2.33	0.37	0.43
18	4.04	3.52	0.60	0.55
19	3.28	3.14	0.53	0.51
20	2.20	2.10	0.32	0.41
21	2.81	2.41	0.38	0.44
22	3.66	3.33	0.57	0.53
23	2.56	2.78	0.46	0.48
24	2.60	2.30	0.36	0.43
25	3.20	3.10	0.52	0.51
26	3.16	3.08	0.52	0.51
27	5.27	4.14	0.73	0.61
28	3.04	3.02	0.50	0.50
29	2.87	2.43	0.39	0.44
30	3.77	3.38	0.58	0.54

5. ELEKTRIDETONAATORITE VIIDETE HINDAMINE

5.1 Viidete hajumispiirkonna hindamine

Lõhketööl kasutatavate viit- ja lühiviit-elektridetonaatorite töötamisaeg (viide) on juhuslik suurus. Tehas garanteerib viite lubatud piires. Hinnata, milline on tõenäosus, et mõõdetud viide ei ole lühem lühimast ega pikem pikimast lubatust. Lähteandmed on tabelites 5.1 ja 5.2. Lahendamiseks kasutatakse p 2.2.7 kirjeldatud protseduure.

5.2 Eri tüüpi detonaatorite kooskasutamise lubatavuse hindamine

Teatavasti on keelatud koos kasutada erineva viitsammuga elektridetonaatoreid. Mõne astme puudumisel detonaatorite jadas võib tekkida soov seda siiski teha, näiteks asendada 25 ms viitsammuga elektridetonaatorite jada puuduv 2. aste nimiajaga 50 ms käepäraste 15 ms viitsammuga detonaatorite 3. astmega, mille nimiaeg on 45 ms. Kontrollida, kui suur on jadade segamisel tõenäosus, et pikema nimiajaga elektridetonaator töötab varem kui lühema nimiajaga detonaator ja tekitab ohtliku tõrke. Lähteandmed on tabelites 5.1 ja 5.2. Lahendamiseks kasutatakse p 2.2.7 kirjeldatud protseduure.

Tabel 5.1 25 ms viitsammuga (lühiviit-) elektridetonatorite andmed

Astme nr	0	1	2	3	4	5	6
Tehaseandmed:							
Nimiaeg ms	0	25	50	75	100	150	250
Lühim aeg ms	2.0	15.0	40.0	65.0	95.0	135.0	200.0
Pikim aeg ms	6.0	35.0	60.0	90.0	130.0	195.0	300.0
Mõõtmistulemused:							
Keskmine ms	3.0	25.0	50.0	77.5	112.5	165.0	250.0
Standardhälve ms	2.0	5.0	5.0	6.0	8.0	15.0	25.0
Üksikmõõtmised							
1	3.9	27.3	52.3	80.3	116.2	172.0	262.6
2	3.1	25.3	50.3	77.9	113.0	165.9	252.5
3	6.0	32.4	57.4	86.4	124.4	187.3	287.2
4	5.0	30.1	55.1	83.6	120.7	180.3	275.6
5	5.8	32.0	57.0	85.9	123.7	185.9	284.9
6	4.8	29.5	54.5	82.9	119.7	178.6	272.7
7	5.4	30.9	55.9	84.6	122.9	182.7	279.5
8	0.0	17.5	42.5	68.5	100.5	142.5	212.5
9	2.6	22.6	46.6	73.4	107.0	154.7	232.8
10	5.7	32.9	56.9	85.7	123.5	185.6	284.3
11	2.0	22.6	47.6	74.6	108.6	157.8	238.0
12	0.2	18.1	43.1	69.2	102.5	144.4	215.6
13	2.0	20.0	45.0	72.4	104.4	149.9	224.8
14	3.0	25.0	50.0	77.5	112.5	164.9	249.9
15	5.8	32.0	57.0	85.9	123.6	185.9	284.8
16	0.8	19.5	44.5	70.9	103.7	148.4	222.4
17	0.3	18.3	43.3	69.5	102.8	144.9	216.5
18	5.1	30.2	55.2	83.7	120.8	180.6	276.0
19	3.6	26.4	52.4	79.2	114.7	169.2	257.0
20	0.0	16.0	42.0	66.7	98.1	137.9	204.9
21	0.6	19.1	44.1	70.4	103.0	147.2	220.4
22	4.3	28.3	53.3	82.4	117.8	174.9	266.5
23	2.1	22.8	47.8	74.9	109.0	158.4	239.0
24	0.2	18.0	43.0	69.1	102.3	144.0	215.0
25	3.4	26.0	52.0	78.7	114.1	168.0	255.0
26	3.3	25.8	50.8	78.5	113.8	167.4	254.0
27	7.5	36.4	62.4	92.1	130.7	199.1	306.8
28	3.1	25.2	50.2	77.7	112.8	165.6	252.0
29	0.7	19.3	44.3	70.7	103.4	148.0	222.7
30	4.5	28.8	53.8	82.1	118.6	176.5	269.2

Tabel 5.2 15 ms viitsammuga (lühiviit-) elektridetonaatorite andmed

Astme nr	1	2	3	4	5
Tehaseandmed:					
Nimiaeg ms	15	30	45	60	75
Lühim aeg ms	8.0	23.0	38.0	53.0	68.0
Pikim aeg ms	22.0	37.0	52.0	67.0	82.0
Mõõtmistulemused:					
Keskmine ms	15.0	30.0	45.0	60.0	75.0
Standardhälve ms	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Üksikmõõtmised					
1	16.4	32.4	46.4	62.4	76.4
2	15.2	30.2	45.2	60.2	75.2
3	19.5	34.5	49.5	64.5	79.5
4	18.1	33.1	48.1	63.1	78.1
5	19.2	34.2	49.2	64.2	79.2
6	17.7	32.7	47.7	62.7	77.7
7	18.5	33.5	48.5	63.5	78.5
8	10.5	25.5	40.5	55.5	70.5
9	12.9	27.9	42.9	57.9	72.9
10	19.1	34.1	49.1	64.1	79.1
11	13.6	28.6	43.6	58.6	73.6
12	10.9	25.9	40.9	55.9	70.9
13	12.0	27.0	42.0	57.0	72.0
14	15.0	30.0	45.0	60.0	75.0
15	19.2	34.2	49.2	64.2	79.2
16	12.7	26.7	42.7	56.7	72.7
17	12.0	26.0	42.0	56.0	72.0
18	18.1	33.1	48.1	63.1	78.1
19	15.8	30.8	45.8	60.8	75.8
20	9.6	24.6	39.6	54.6	69.6
21	12.4	26.4	42.4	56.4	72.4
22	17.0	32.0	47.0	62.0	77.0
23	13.7	28.7	43.7	58.7	73.7
24	10.8	25.8	40.8	55.8	70.8
25	15.6	30.6	45.6	60.6	75.6
26	15.5	30.5	45.5	60.5	75.5
27	22.8	36.8	52.8	66.8	82.8
28	15.1	30.1	45.1	60.1	75.1
29	12.6	26.6	42.6	56.6	72.6
30	17.3	32.3	47.3	62.3	77.3

6. TÖÖ VORMISTAMINE¹

Töö kohustuslikud osad on

- tiitelleht
- sisukord
- kokkuvõte, milles on paari lausega kirjeldatud töö peamisi tulemusi ülesannete kaupa
- töö kirjeldus (seletuskiri) ülesannete kaupa, milles selgitatakse kõiki tehtud samme, tuuakse otsustuste põhjendused, esitatakse illustratsioonid jne
- kasutatud kirjanduse ja allikmaterjali nimistu; viited kirjandusele ja allikatele peavad olema tekstis
- lisad (lähteandmed, arvutustulemuste tabelid jm, kui need pole just töö kirjelduses vajalikud)

Üliõpilasel on kasutada piisavalt häid ja üksikasjalikke juhendeid töö vormistamiseks näiteks Tallinna Tehnikaülikoolis [Üliõpilastööde vormistamise juhend, 1998 jt.]

¹ TTÜ geotehnoloogia üliõpilastel tuleb kasutada juhiseid, mis on leitavad kohas <http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/ope/teemad/>

7. NÄITED

Järgnev illustreerib kahe esimese ülesande lahendamist ja lahenduskäigu vormistamist. On toodud vaid arvutustabelite võimalikud kujud, puudub näide seletuskirjast. Seejuures esindab 1. ja 2. ülesande vormistus erinevaid stiile. Ülesanne 1 on vormistatud suhteliselt ülevaatlike ja üksikasjalike tabelite ning jooniste abil, mis on tabelarvutusprogrammist teksti siiratud. Sellisele materjalile on soovitatav lisada vaid veidi otsustusi põhjendavat teksti näiteks varu usaldatavuse arvutuse juurde. Ülesande 2 materjali esituses on arvutused ja tulemused maksimaalselt kokku surutud arvuti ekraanile ning seetõttu arusaadavad vaid asjaosalistele. Kuna infotötluse tulemused peavad olema arusaadavad paljudele, nõuab selline arvutuste esitamine tunduvalt mahukamat seletuskirja, mille näited siin, nagu juba mainitud, on targu esitamata jäetud.

7.1 Ülesanne 1 – põlevkivi varuploki hindamine

MAAVARA - põlevkivi
PLOKK Käravete II

Tabel 7.1 Lähteandmed – geoloogilise uuringu andmed varuploki kohta

Kiht	Puuraugud				
	6549	4518	4527	6515'	6514
F2	0,56	0,49	0,49		0,51
F1	0,29	0,37 1871	0,53 1867	0,36 1941	0,29 2042
E	0,55	0,52	0,42 2763	0,49 3220	0,60 2842
E/D	0,06 570	0,04	0,06	0,06 626	0,09 710
D	0,07	0,08 2008	0,07 2136	0,07 1483	0,02 1663
D/C	0,22 0	0,29	0,33	0,23 0	0,17
C	0,48	0,50	0,44	0,45 3985	0,38 3282
C/B	0,18 787	0,07	0,13	0,18 957	0,30 652
B	0,45 4718	0,30 4414	0,34 4116	0,46 4553	0,51
B/A'	0,22 0	0,23	0,20	0,19 0	0,23 0
A'	0,15 1735	0,08	0,07	0,11 1913	0,06
A'/A		0,01 570			0,03 806
A	0,12 3820	0,13	0,11	0,12 3528	0,10

Lähteandmed on esitatud geoloogilises aruandes toodud kujul:
ülemised arvud on kihtide paksused meetrites,
alumised on kütteväärtused kcal/kg.

Tabel 7.2 Põlevkivi tootsa kihindi A-F₁ paksuste maatriks (**M**-maatriks)

Kiht	Puuraugud					Töötlusandmed				
	6549	4518	4527	6515'	6514	keskm	stand	disp	min	maks
	Kihide paksus m									
F ₁	0,29	0,37	0,33	0,36	0,29	0,33	0,038	0,001	0,25	0,40
E	0,55	0,52	0,54	0,49	0,60	0,54	0,041	0,002	0,46	0,62
E/D	0,06	0,04	0,06	0,06	0,09	0,06	0,018	0,000	0,03	0,10
D	0,07	0,08	0,07	0,07	0,02	0,06	0,024	0,001	0,01	0,11
D/C	0,22	0,29	0,33	0,23	0,17	0,25	0,063	0,004	0,12	0,37
C	0,48	0,50	0,44	0,45	0,38	0,45	0,046	0,002	0,36	0,54
C/B	0,18	0,07	0,13	0,18	0,30	0,17	0,085	0,007	0,00	0,34
B	0,45	0,30	0,34	0,46	0,51	0,41	0,088	0,008	0,24	0,59
B/A'	0,22	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,018	0,000	0,18	0,25
A'	0,15	0,08	0,07	0,11	0,06	0,09	0,036	0,001	0,02	0,17
A'/A	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,013	0,000	-0,02	0,03
A	0,12	0,13	0,11	0,12	0,10	0,12	0,011	0,000	0,09	0,14
Kihind	2,79	2,62	2,62	2,72	2,78	2,71	0,164	0,027	1,75	3,67
	Kontrollrida					2,71	0,083	0,007	2,54	2,87

MÄRKUSED

1. Puuraugus 4527 oli mõõdetud F₁-kihi paksuseks 0,53 m ja E-kihti paksuseks 0,42 m, mis viitab sellele, et lahtuspind oli määratud valesti. Seepärast on mõõdetud paksused asendatud keskmistega.
2. Reas *Kihind* on toodud veergude summad, välja arvatud standardhälve, mis on arvatud kui ruutjuur dispersioonide summast.
3. Siin ja edaspidi on kontrollreas veergude (puuraukude) summade statistiline töötus.

Tabel 7.3 Kütteväärtuste maatriks (**Q**-maatriks)

Kiht	Puuraugud					Töötlusandmed				
	6549	4518	4527	6515'	6514	keskm	stand	disp	min	maks
	Kihide kütteväärtus kcal/kg									
F ₁		1871	1867	1941	2042	1930	82	6705	1766	2094
E			2763	3220	2842	2942	244	59662	2453	3430
E/D	570			626	710	635	70	4965	494	776
D		2008	2136	1483	1663	1823	302	91131	1219	2426
D/C	0			0		0	0	0	0	0
C				3985	3282	3634	497	24710 4	2639	4628
C/B	787			957	652	799	153	23358	493	1104
B	4718	4414	4116	4553		4450	255	65095	3940	4961
B/A'	0			0	0	0	0	0	0	0
A'	1735			1913		1824	126	15842	1572	2076
A'/A		570			806	688	167	27848	354	1022
A	3820			3528		3674	206	42632	3261	4087
Kihind	2190	2082	2028	2189	2137	2126	764	58434 3		
	Kontrollrida					2125	70	4911	1985	2266

MÄRKUSED

1. Kuna peaaegu pooltel juhtudel on kütteväärtus määramata, ei ole kasutatud lünkade täitmist.
2. Kihindi kütteväärtus on arvatud energiatootluse ja massitootluse jagatisena.
3. Väga lünklike lähteandmete kontrollimisel töötlusandmete abil pole mõtet.

Tabel 7.4 Mahumasside maatriks (**D**-maatriks)

Kiht	Puuraugud					Töötlusandmed				
	6549	4518	4527	6515'	6514	keskm	stand	disp	arvut	vahe
Kihtide mahumass t/m ³										
F1		1,77	1,77	1,75	1,73	1,76	0,019	0,0004	1,76	-0,000
E			1,58	1,51	1,57	1,55	0,041	0,0017	1,55	-0,001
E/D	2,15			2,13	2,10	2,12	0,024	0,0006	2,12	-0,000
D		1,74	1,71	1,87	1,82	1,78	0,073	0,0053	1,78	-0,002
D/C	2,36			2,36	2,36	2,36	0,000	0,0000	2,36	0,000
C				1,40	1,50	1,45	0,069	0,0048	1,44	-0,003
C/B	2,07			2,02	2,12	2,07	0,050	0,0025	2,07	-0,001
B	1,32	1,35	1,38	1,33		1,34	0,028	0,0008	1,34	-0,001
B/A'	2,36			2,36	2,36	2,36	0,000	0,0000	2,36	0,000
A'	1,80			1,76		1,78	0,030	0,0009	1,78	-0,000
A'/A		2,15			2,07	2,11	0,056	0,0032	2,11	-0,001
A	1,42			1,46		1,44	0,028	0,0008	1,44	-0,000
Kihind	1,71	1,73	1,74	1,71	1,72	1,72	0,145	0,0209		
Kontrollrida						1,72	0,015	0,0002	1,69	1,75

MÄRKUSED

1. Mahumassi arvutamiseks on kasutatud valemit $d = \exp(-0,0003 \cdot Q) + 0,98$.
2. Veerus arvut on arvatud kihtide mahumass **Q**-maatriksi kihtide keskmiste alusel ja veerus vahe nende vahe töötlusandmete keskmisega.
3. Kihindi mahumass on arvatud kihindi massitootluse ja paksuse jagatisena.

Tabel 7.5 Massitootluse maatriks (**M**-maatriks)

Kiht	Puuraugud					Töötlusandmed				
	6549	4518	4527	6515'	6514	keskm	stand	disp	min	maks
Kihtide massitootlus t/m ²										
F1	0,51	0,65	0,58	0,63	0,51	0,58	0,066	0,0044	0,44	0,71
E	0,85	0,81	0,84	0,76	0,93	0,84	0,063	0,0040	0,71	0,96
E/D	0,13	0,08	0,13	0,13	0,19	0,13	0,038	0,0014	0,06	0,21
D	0,12	0,14	0,12	0,12	0,04	0,11	0,043	0,0018	0,03	0,20
D/C	0,52	0,69	0,78	0,54	0,40	0,59	0,148	0,0219	0,29	0,88
C	0,69	0,72	0,64	0,65	0,55	0,65	0,066	0,0044	0,52	0,78
C/B	0,37	0,14	0,27	0,37	0,62	0,36	0,175	0,0307	0,01	0,71
B	0,61	0,40	0,46	0,62	0,69	0,55	0,119	0,0141	0,32	0,79
B/A'	0,52	0,54	0,47	0,45	0,54	0,51	0,043	0,0018	0,42	0,59
A'	0,27	0,14	0,12	0,20	0,11	0,17	0,065	0,0042	0,04	0,30
A'/A	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,02	0,027	0,0008	-0,04	0,07
A	0,17	0,19	0,16	0,17	0,14	0,17	0,016	0,0003	0,13	0,20
Kihind	4,77	4,54	4,57	4,65	4,78	4,66	0,300	0,0897		
Kontrollrida						4,66	0,112	0,0127	4,44	4,89

MÄRKUS

Kütteväärtuste lünklikkuse tõttu on kihtide massitootlus määratud keskmiste mahumasside abil.

Tabel 7.6 Energiatootluse maatriks (**E**-maatriks)

Kiht	Puuraugud					Töötlusandmed				
	6549	4518	4527	6515'	6514	keskm	stand	disp	min	maks
Kihtide energiatootlus GJ/m ²										
F1	4,11	5,25	4,68	5,11	4,11	4,65	0,534	0,2856	3,58	5,72
E	10,52	9,95	10,33	9,37	11,48	10,33	0,777	0,6036	8,77	11,88
E/D	0,34	0,23	0,34	0,34	0,51	0,35	0,101	0,0102	0,15	0,55
D	0,95	1,09	0,95	0,95	0,27	0,84	0,325	0,1055	0,19	1,49
D/C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0000	0,00	0,00
C	10,57	11,01	9,69	9,91	8,37	9,91	1,009	1,0180	7,89	11,93
C/B	1,25	0,48	0,90	1,25	2,08	1,19	0,586	0,3431	0,02	2,36
B	11,27	7,52	8,52	11,52	12,78	10,32	2,208	4,8761	5,90	14,74
B/A'	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0000	0,00	0,00
A'	2,04	1,09	0,95	1,50	0,82	1,28	0,496	0,2458	0,29	2,27
A'/A	0,00	0,06	0,00	0,00	0,18	0,05	0,079	0,0063	-0,11	0,21
A	2,66	2,88	2,44	2,66	2,21	2,57	0,252	0,0637	2,06	3,07
Kihind	43,71	39,54	38,79	42,60	42,80	41,49	2,749	7,5580		
Kontrollrida						41,49	2,175	4,7323	37,14	45,84

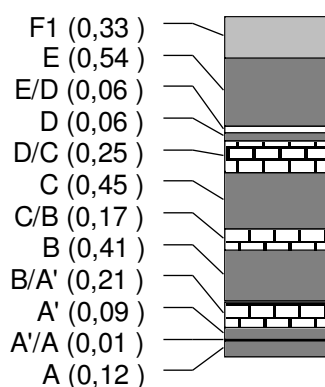
MÄRKUSED

1. Kütteväärtuste lünklikkuse tõttu on kihtide energiatootlus määratud keskmiste mahumasside ja keskmiste kütteväärtuste alusel.
2. 1 kcal = 0,004186 MJ

VARU USALDUSVÄÄRSUSE ARVUTUS

Aktiivse varu kriteerium	35	GJ/m ²
Passiivse varu kriteerium	25	GJ/m ²
Tõenäosus, et varu on aktiivne	99,09	%
Tõenäosus, et varu on passiivne	0,91	%
Tõenäosus, et tegemist on varuga	100	%

LASUMI LÕIGE
paksused meetrites



Joonis 7.1 Kihindi A – F1 lõige

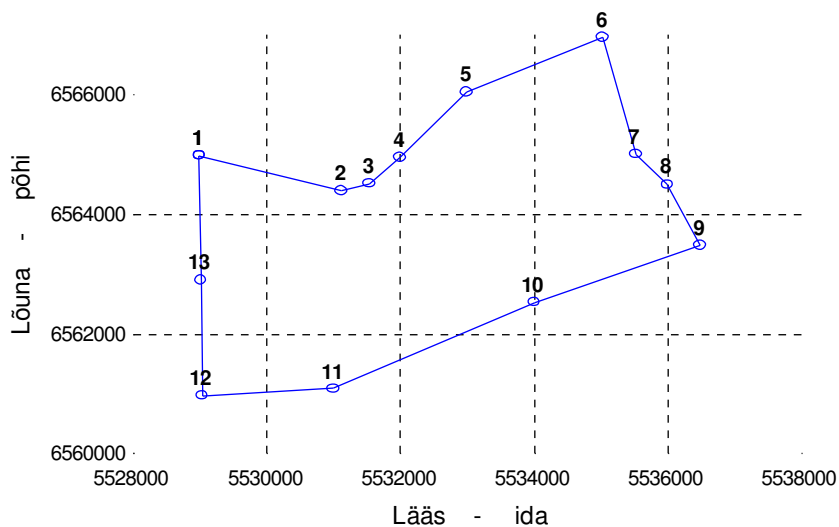
VARUPLOKI PINDALA ARVUTUS

Ploki nurgapunktide koordinaadid

Nr	y m	x m	Abisuurused
1	6564995	5528993	17244509218
2	6564404	5531122	2139630580
3	6564518	5531544	551576682
4	6564963	5532003	520916844
5	6566052	5533000	8277088820
6	6566971	5535035	14091720338
7	6565010	5535528	5828088142
8	6564511	5535995	8923434405
9	6563492	5536495	-11018415397
10	6562535	5534009	-11716183609
11	6561091	5531006	-12229853180
12	6560970	5529040	-10871710870
13	6562909	5529017	-11691039278
1	6564995	5528993	0
Summa			49762695

Ploki pindala on 24,881 km² ehk 2488,13 ha.

Varu kogus on 115973 tuh t kaevist ehk 8711 PJ energiat.

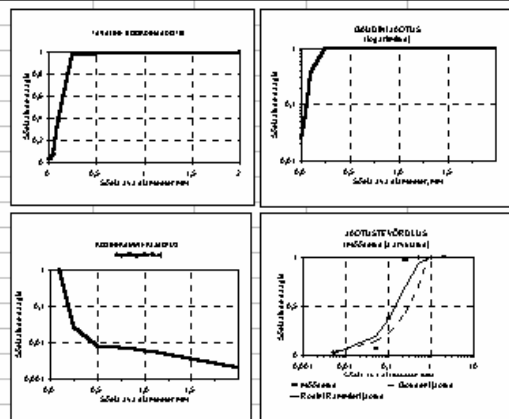


—○— ploki piir ja nurgapunktid

Joonis 7.2 Varuploki kontuur

Ülesanne 2 - kaevise lõimise jaotusseaduse hindamine

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	KAEVISE LÕIMISE JAOTUSSEADUSE HINDAMINE											
2												
3			Karjäär	PLUTI								
4			Puurauk nr	43								
5			Intervall	24,56-25,61 m								
6			Proov nr	57								
7												
8	LÄHTEANDMED			TÖÖTLUS						KONTROLLARVUTUS		
9	Sõela ava X(mm)	Saagis (%)	Sõelaalune Y	Sõelapealne R		LN X	LN Y	ABS LN Y	ABS LN R	LNABS LN R	Goudeni jaotus	Rosini- Rammleri j.
10	0,005	2,40	0,024	0,976	-5,298	-3,730	3,730	0,024	-3,718		0,028	0,019
11	0,05	4,60	0,070	0,930	-2,996	-2,659	2,659	0,073	-2,623		0,141	0,203
12	0,1	30,40	0,374	0,626	-2,303	-0,983	0,983	0,468	-0,758		0,229	0,379
13	0,25	59,80	0,972	0,028	-1,386	-0,028	0,028	3,576	1,274		0,436	0,717
14	0,5	2,00	0,992	0,008	-0,693	-0,008	0,008	4,828	1,574		0,708	0,929
15	1	0,20	0,994	0,006	0,000	-0,006	0,006	5,116	1,632		1,152	0,996
16	2	0,40	0,998	0,002	0,693	-0,002	0,002	6,215	1,827		1,873	1,000
17	5	0,20	1,000	0,000								
18	Kokku	100										
19												
20												
21												
22												
23	Regressioonianalüüsi tulemused			Tavaline	Log	2xlog						
24				God	God	R-R						
25	Vabaliige			0,529	0,141	1,712						
26	Y-i standardhälve			0,411	0,621	0,799						
27	Korrelatsiooniteguri ruut			0,265	0,863	0,898						
28	Korrelatsioonitegur			0,515	0,929	0,948						
29	Vaatluste arv			8	7	7						
30	Vabadusastmete arv			6	5	5						
31	X kordaja ehk jaotusparameeter			0,134	0,701	1,066						
32	X-i kordaja standardhälve			0,091	0,125	0,161						
33	Jaotustegurid:			tähised	A	x0,63						
34				väärtused	1,15	0,201						
35												
36												
37	Analüüsitud liivproovi lõimis on paremini kirjeldatav Rosini-Rammleri (Weibulli) jaotusega											
38	Jaotusparameetrid on antud poolpaksus kirjas											



Joonis 7.3 Arvutustabeli näide