



EESTI GEOLOOGIAKESKUS

Geofüüsika, mere- ja keskkonnageoloogia osakond

KINNITAN

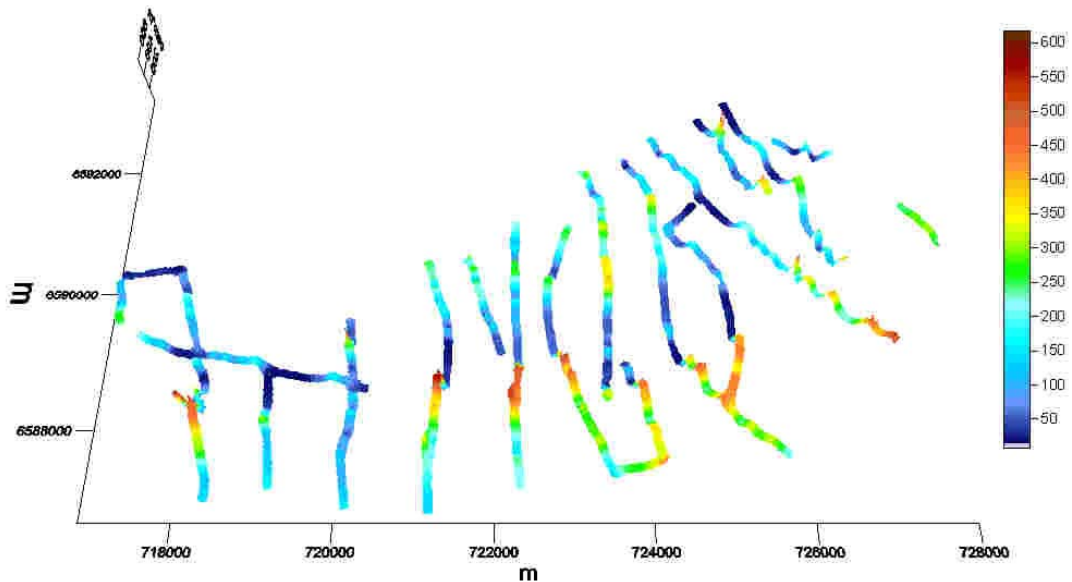
Eesti Geoloogiakeskuse direktor

Vello Klein

.....2008.a.

Tarmo All, Oleg Gromov

Elektromeetrilised uuringud Sillamäe ja Narva kaardilehtedel



Teadusdirektor

Jaan Kivisilla

Tallinn, 2008

ANNOTATSIOON

Tarmo All, Oleg Gromov. ELEKTROMEETRILISED UURINGUD SILLAMÄE JA NARVA KAARDILEHTEDEL. 18 lk. teksti, 3 lisa. OÜ Eesti Geoloogiakeskus, geofüüsika ja meregeoloogia osakond, Kadaka tee 82, 12618, Tallinn, 2008. (Maa-amet; EGF).

Vaivara-Laagna tektoonilise vööndi piires teostati dipoolne elektriline profileerimine 30-1 marsruudil ning vertikaalne elektriline sondeerimine 75-s sondeerimispunktis. Profileerimisandmete toetudes koostati uuringuala näiveritakistuse jaotumuse plaan, millel eraldati välja Lontova sinisavide, tektooniliselt tugevalt rikunud terrigeensete ning karbonaatkivimite avamusalad ning oletatavad rikke- või lõhelisusvööndid. Lähtudes profileerimis- ning sondeerimisandmete analüüsist tehti soovitusel puuraukude paigutuseks ala geoloogilisel kaardistamisel.

Projektijuht

Tarmo All

SISUKORD

Sissejuhatus.....	3
1. Metoodilised alused.....	4
2. Metoodika ja mahud.....	4
3. Üleantavad materjalid.....	7
4. Tulemused.....	9
Kokkuvõte.....	17
Kirjandus.....	18

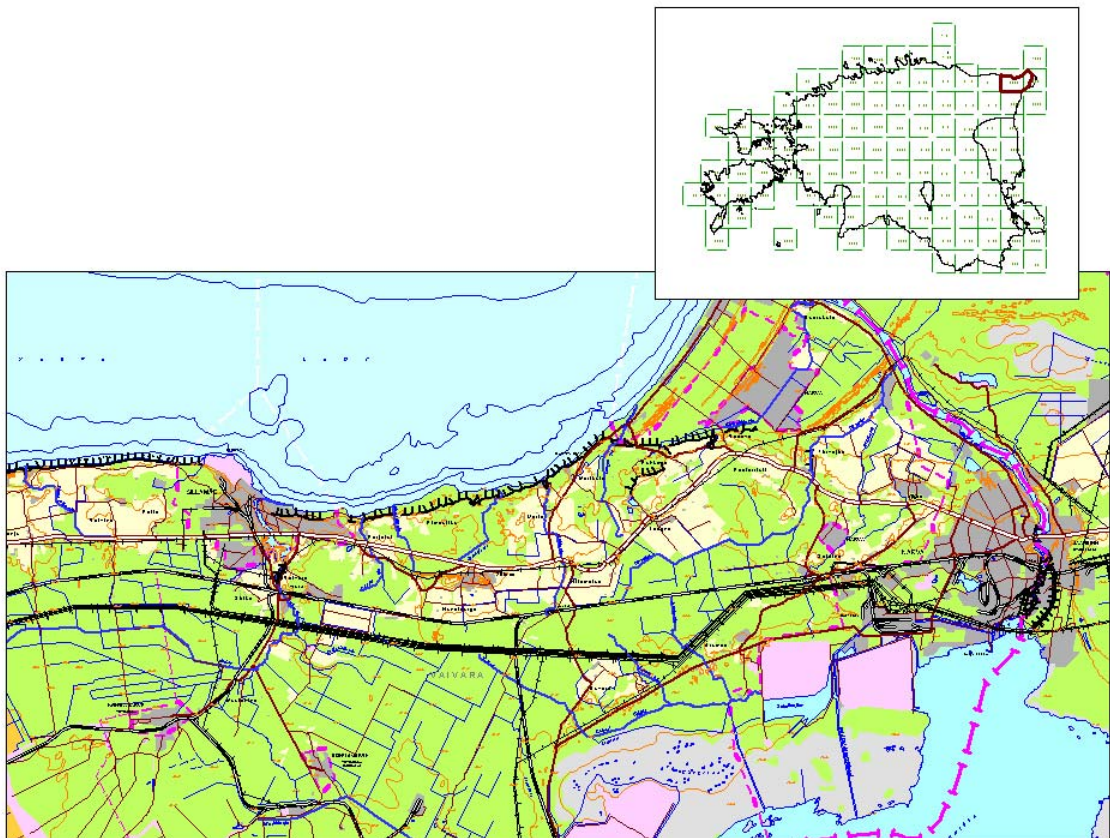
Lisad

1. DEP graafikud.....	4 lehte
2. VES graafikud	10 lehte
3. Faktilise materjali kaart 1: 50 000.....	1 leht

SISSEJUHATUS

Vastavalt Maa-ameti ja OÜ Eesti Geoloogiakeskuse (EGK) vahel sõlmitud lepingule (nr. 74/2008,02,05,08), teostas EGK geofüüsika ja meregeoloogia osakond geofüüsikalised uuringud Vaivara–Laagna tektoonilise vööndi piires.

Uuringuala asetseb Ida-Virumaal, Sillamäe ja Narva linnade vahelisel alal, Eesti Baaskaardi kaardilehtede nr. 6533 (Sillamäe) ja 6534 (Narva) piires (joonis 1).



Joonis 1. Uuringuala asendiskeem (väljavõte Eesti baaskaardi lehtedest nr. 6533 ja 6534).

Uuringu eesmärgiks oligi kambriumi liivakivi, aleuoliidi ja savi avamuste täpsustamine ordoviitsiumi karbonaatkivimite taustal ning 1963. a-l teostatud samaeesmärgiliste (Puura, Vaher, 1963) tööde tulemuste kontrollimine ning täpsustamine.

Töodes osalesid: projektijuht Tarmo All, vanemgeofüüsikud Oleg Gromov ja Aado Talpas, juhtivgeoloogid Kalle Suuroja ja Kuldev Ploom, geoloog Mark Karimov ja tehnik Elena Eresko.

1. METOODILISED ALUSED

Elektromeetrilise uuringu meetodi kasutamise peamiseks eelduseks on geoloogilise poolruumi elektriline mittehomogeensus. Uuritakse erinevate elektriliste omaduste (takistus, juhtivus, omapolarisatsioon jne.) käitumist nii vertikaal- kui horisontaalsuunas (Sharma, 1976). EGK kogemused on näidanud, et Eestis, eriti aga õhukese pinnakattega aladel, on aluspõhjakivimite pindalalise muutlikkuse uurimiseks otstarbekas rakendada takistusmeetodit. Põhja-Eesti tingimustes on suurim takistuste kontrast reeglina iseloomulik kvaternaarisetete ning aluspõhja vahelisele piirpinnale, kuid ka erinevate aluspõhjakivimite (massiivne lubjakivi, lõheline lubjakivi, liivakivi, dolomiit jne.) vaheline takistuste erinevus on reeglina piisav meetodi kasutamiseks. Antud uuringualal esineb ka selge kontrast aluspõhjakivimite sees, nimelt ordoviitsiumi karbonaat- ning kambriumi terrigeensete kivimite vahel, mis olid uuringu peamiseks huviobjektiks. Lisaks kivimite lateraalsele muutlikkusele esineb mitmeid olulisi kontraste ka vertikaalsuunas, millest olulisemad on aluspõhja kivimites esinevad rikked, karst ning dolomiidistumine. Rikked on elektriliselt iseloomustatavad kui madalatakistuselised tsoonid (kivimite lõhedes tsirkuleeriv vesi toimib elektrolüüdina), seevastu dolomiidistumisega kaasneb enamikel juhtudel lubjakivi takistuse märkimisväärne tõus. Ka aluspõhja kivimites esinevate tektooniliste rikete väljaselgitamine oli üks selle uuringu eesmärkidest.

2. METOODIKA JA MAHUD

Läbilõike pindalalise muutlikkuse uurimiseks ning varasemate tööde käigus väljaeraldatud (Puura, Vaher, 1963; Lugus jt, 1966) takistusnomaaliate kontrolliks kasutati dipoolset elektrilist profileerimist (DEP). DEP peamiseks puuduseks on tundlikkus pindmiste ergastajate ning reljeefi muutuste suhtes,

eeliseks aga tundlikkus ning hea lahutusvõime. Varasemate tööde käigus on kasutatud sümmeetrilist profileerimist, mis ei ole nii tundlik pinnalähedaste ergastajate suhtes, kuid ei võimalda samas täpselt määrata järsu takistuskontrastiga komplekside piire.

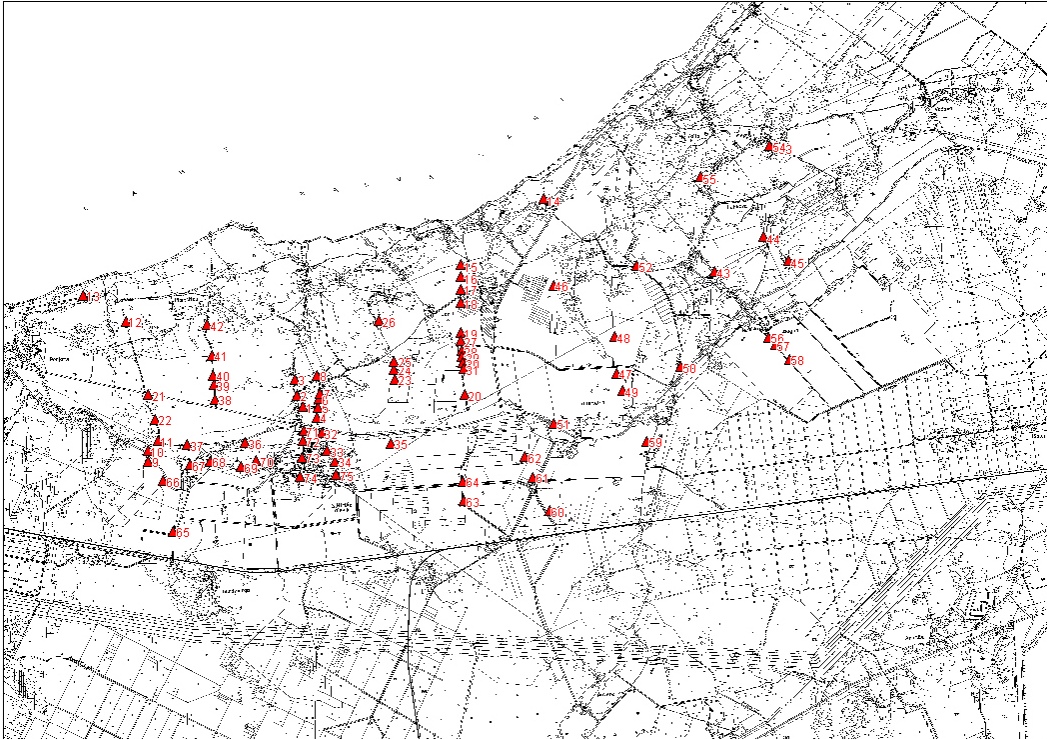


Joonis 2. Uuringualale rajatud DEP uuringumarsruutide ning profileerimispunktide numeratsioon.

Mõõtmised viidi läbi 2007. ja 2008. aastal, vastavalt 11-l marsruudil (m1–m11 joonis 2 ja lisa 1) ning 17-l marsruudil (m12–m28, joonis 2 ja lisa 2). Kokku teostati mõõtmised 2953-l mõõtepunktil (ca. 60 km), millest 20% ulatuses viidi läbi ka kordusmõõtmised, et kontrollida tulemuste kvaliteeti. Kontrollmõõtmised näitasid tulemuse hajumist mitte enam kui $\pm 3\%$. 1600-l mõõtepunktil teostati mõõtmised 2007-ndal ning ülejäänutel (1353) 2008-l aastal.

Kasutati madalsageduslikku mõõteaparatuuri ANZ3. Toitevooluna kasutati madalsageduslikku (4,8 Hz) voolu, voolutugevusega 10–100 mA (sõltuvalt maandustingimustest valiti suurim võimalik voolutugevus – peamiselt 100 mA). Mõõdeti pingelang mõõtedipooli elektrodide vahel. Vastuvõtu elektrodidel

mõõdetud pingelangu ning voolutugevuse suhte alusel leiti näiveritakistus (NET), mille väärtus omistati vastuvõtudipooli keskpunktile.



Joonis 3. Uuringualale rajatud VES sondeerimispunktide asendiskeem.

Seadme mõõtmete valikuks teostati vertikaalne elektriline sondeerimine (VES) kolmel uuringuala keskosas asetseval mõõtepunktil – VES1, VES2 ja VES3 (joonis 3, lisa 2). Seejuures kasutati toiteahelate poolpikkusi (AB/2) 1,5; 3; 5; 9; 15; 25; 40; 65 ja 100 m ning vastuvõtuaahela pikkusi 0,5; 3 ja 12 m. Eeldades, et uuritava kivimikompleksi kõige markantsemalt eristatava osa moodustab läbilõike kõige madalama eritakistusega ning piisavalt tüse Lontova sinisavide kiht (eritakistus 15–20 Ωm), valiti sondeerimistulemuste põhjal selline toiteahela pikkus, mille puhul sondeerimiskõver oli selgelt väljunud madalaima eritakistusega kompleksi assümptoodile. Katsetööde tulemusena otsustati, et antud uuringuks on parimaks DEP seadmeks seade A20B40M20N, kus A ja B on toiteelektroodid ning M ja N vastuvõtuelektroodid, arvud 20, 40 ja 20 tähistavad aga vastavate elektroodide vahelisi vahemaid. Toite ja vastuvõtu dipoolide keskpunktide vaheline kaugus (OO') on seega 60 m.

Mõõtetulemuste alusel koostati iga marsruudi kohta DEP graafikud (Lisa 1). Graafikutel tähistab katkendlik joon näiveritakistuste väärtusi, mis on nihutatud toitedipooli keskpunkti kohale vastavalt vastastikkuse printsiibile. Selline graafikute nihutamine on vajalik nende tõlgendamiseks, sest anomaaliate maksimumid (miinimumid) on reeglina neid esilekutsuvate kehade suhtes nihutatud ning ergastaja telg asetseb reeglina graafikute ristumiskohas.

Väljaselgitatud anomaaliatel, anomaalsetes piirkondades ja erineva näiveritakistuse tasemega aladel kontrolliti takistuste vertikaalsuunalist jaotumust VES meetodil. Selleks teostati sondeerimine kokku 75-l sondeerimispunktil (VES4...VES75; lisa 2), mis valiti DEP graafikute tõlgendamistulemuste põhjal. Selline lähenemine aitas paremini mõista takistuse muutlikkuse põhjusi ja allikaid. Sondeerimistulemuste põhjal koostati sondeerimiskõverad (lisa 2), millede interpreteerimiseks kasutati numbrilist modelleerimist, püüdes leida kõverat rahuldav vähima võimalike kihtide arvuga geoelektriline läbilõige. Modelleerimistulemused annavad läbilõike tegeliku eritakistuste jaotumuse.

3. ÜLEANTAVAD MATERJALID

Tööde tulemusi kasutatakse Eesti Geoloogilise Baaskaardi aluspõhja ja pinnakatte teemakihtide loomisel. Nimetatud teemakihid ning külgnevad materjalid antakse Maa-ametile üle vastavalt lepingule ning tööde teostamise ajakavale. Lisaks antakse Maa-ametile üle elektromeetriliste uuringute tärkandmed ning käesolev aruanne. Kuivõrd kaardistamisjuhend ei hõlma elektromeetriliste uuringute tärkandmete vormistust, siis selgitame siinkohal nende failide sisu.

Elektromeetriliste uuringute tärkandmed on koondatud kahte "xls" formaadis faili - DEP2008.xls ja VES2008.xls (joonis 4 ja 5). Esimene sisaldab DEP mõõdistamiste tärkandmeid ning teine vastavalt sondeerimispunktide tärkandmeid.

M	MP	X	Y	pn (oom*m) AB	pn (oom*m) MN	pn (oom*m) keskmine
m1	0	720389	6588561	34		34
m1	1	720368	6588562	27		27

ml	2	720348	6588565	23		23
ml	3	720328	6588569	27	34	31
ml	4	720308	6588574	29	27	28
ml	5	720289	6588578	32	23	27
ml	6	720269	6588582	34	27	31
ml	7	720249	6588587	39	29	34
ml	8	720229	6588591	43	32	38
ml	9	720210	6588596	48	34	41
ml	10	720190	6588600	53	39	46
ml	11	720171	6588604	60	43	52
ml	12	720152	6588609	73	48	61
ml	13	720132	6588613	93	53	73

Joonis 4. Väljavõte tärkandmete failist DEP2008.xls.

VES	AB/2 (m)	ρ_n (oom*m)	X	Y
1	1,5	54,64	720142	6588885
1	3	115,42	720142	6588885
1	5	71,11	720142	6588885
1	9	46,23	720142	6588885
1	9	45,78	720142	6588885
1	15	40,93	720142	6588885
1	15	38,42	720142	6588885
1	25	32,88	720142	6588885
1	40	26,64	720142	6588885
1	40	28,00	720142	6588885
1	65	22,06	720142	6588885
1	65	23,49	720142	6588885
1	100	16,25	720142	6588885
1	150	16,66	720142	6588885
2	1,5	200,96	720069	6589031
2	3	159,38	720069	6589031
2	5	118,91	720069	6589031

Joonis 5. Väljavõte tärkandmete failist VES2008.xls.

Faili DEP2008.xls tulpade sisu on järgmine:

M – uuringumarsruudi number;

MP – profileerimispunkti number uuringumarsruudil;

X ja Y – profileerimispunkti EstL 97 koordinaadid;

ρ_n (oom*m) AB – mõõdetud näveritakistuse väärtus toitedipooli keskpunktile;

ρ_n (oom*m) MN – mõõdetud näveritakistuse väärtus vastuvõtudipooli keskpunktile;

pn (oom*m) keskmine – mõõdetud näiveritakistuse keskmine väärtus;

Faili VES2008.xls tulpade sisu on järgmine:

VES – sondeerimispunkti number

AB/2 – toiteahela poolpikkus

pn (oom*m) – mõõdetud näiveritakistus

X ja Y – sondeerimispunkti EstL 97 koordinaadid;

3. TULEMUSED

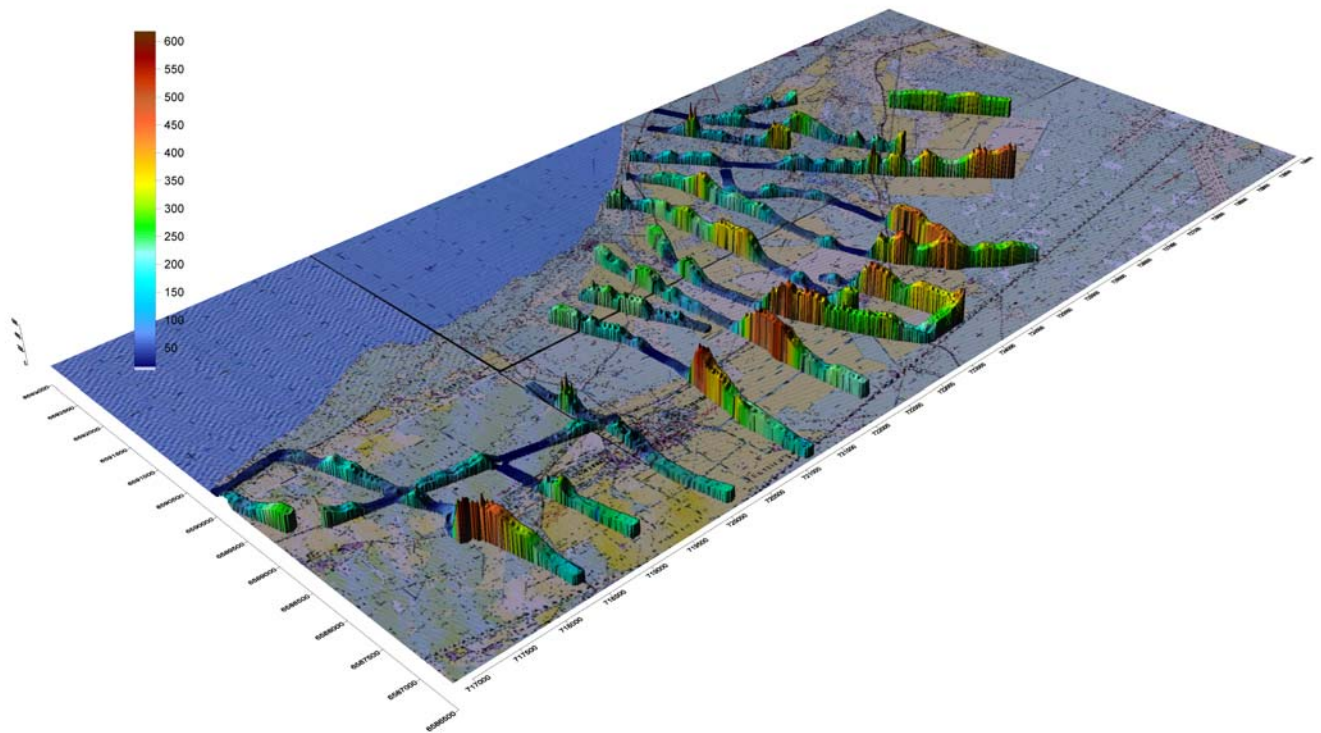
Toetudes nii varasematele kui käesoleva uuringu tulemustele võib uuringualal eritakistuse alusel eristada järgmisi tinglikke komplekse:

1. Kvaternaarisetted (Q) – iseloomulik muutlik takistus, mis kõigub väga laiades piirides 50–700 Ω m ning moodustab alati läbilõike kõige ülemise (enamalt) õhukese osa. Madalatakistuselised kvaternaarisetted (savi, savikas moreen jne) põhjustavad DEP graafikutel ühtlaseid laugeid miinimume (50–100 Ω m), mis kohati on rikutud järskude positiivsete fluktuatsioonide poolt. Kõrgetakistuselised kvaternaarisetted (peamiselt liiv ja kruus) esinevad uuritud ala lõunaosas ning põhjustavad DEP graafikutel kontrastse piiriga maksimume, mille piires eritakistuste väärtused tõusevad kuni tasemele 700 Ω m;
2. Ordoviitsiumi kompleksi kõrge takistusega lubjakivid ($O_1as+ls+uk$) (>300 Ω m). Väljenduvad profileerimismarsruutidel ulatuslike maksimumidena, mida liigestavad üksikud aluskorra rikestest tingitud kitsad miinimumid ning karbonaatkivimi muutlikkusest ja kvaternaarisetetest tingitud väiksemad fluktuatsioonid. Tugevalt rikutud piirkondades varieerub kõnealuse kompleksi eritakistus väga tugevalt, kuid keskmine tase on lähedane vähemrikutud plokkide omale.
3. Ordoviitsiumi kompleksi madala takistusega lubjakivid (O_1vl+kn) (150–300 Ω m). Väljenduvad profileerimismarsruutidel maksimumidena, mis tugevalt purustatud piirkondades on tugevalt liigestatud.
4. Kambriumi sinisavide avamusalad (Ca_1ln) (10–30 Ω m). Väljenduvad profileerimismarsruutidel ulatuslike laugete miinimumidena. Nendes

piirkondades savisid kattev kompleks (Kvaternaar ja Ordoviitsium) puudub kas täielikult või on väga õhuke.

5. Kambriumi terrigeensed kivimid (liivakivi, aleuroliit) (Ca_1lk) (25–50 Ωm). Sellistes kivimite avamusalal on anomaalia pilt sarnane eelnevaga kuid mõnevõrra kõrgemal tasemel (30–60 Ωm) ning seetõttu raskesti eristatav madalatakistuseliste kvaternaarisetete poolt tingitud anomaaliatest.
- 6 Kambriumi liivakivid ja diktüoneemakilt (Ca_1ts) (50–100 Ωm).

Uuringu tulemused on ülevaatlilikult esitatud joonisel 6, mis annab põhimõttelise ülevaate näiveritakistuse, ning seeläbi ka ülalkirjeldatud komplekside, pindalalisest jaotumisest. Detailed profileerimis- ning sondeerimiskõverad on esitatud lisades 1 ja 2.



Joonis 6. Näiveritakistuste pindalaline jaotus DEP andmetel. Uuringumarsruutide asukohad on esitatud joonisel 2. Uuringumarsruutide täpsed asukohad vt. lisa 3, DEP graafikud vt. Lisa 1.

Tulemused kinnitavad kõiki 1963 a. siin piirkonnas teostatud elektromeetriliste uuringute käigus avastatud anomaaliaid, kuid annavad samas võimaluse mitmete toona väljaeraldatud anomaaliatega ümberhindamiseks ja/või täpsustamiseks. On oluline, et erineva eritakistusega komplekside piirid eristuvad DEP graafikutel palju kontrastsemalt kui varemkasutatud kombineeritud profileerimise puhul. See annab võimaluse nimetatud piire oluliselt täpsemalt lokaliseerida ($\pm 20\text{--}40$ m). Lisaks laiendati uuringuid varasemast uuringualast ida poole (uuringumarsruudist M3 ida poole jäävad marsruudid ning VES sondeerimispunktid). Uuringu tulemused kinnitavad, et antud piirkonnas on aluspõhja kivimid tugevalt rikutud ning moodustavad plokilise struktuuri, mille piires vahelduvad massiivsed karbonaatkivimi plokid tugevalt rikutud ja purustatud plokkidega ning piirkondadega, kus karbonaatkivimid puuduvad. Uuringu tulemused on arvesse võetud Sillamäe ja Narva kaardilehtede aluspõhja geoloogiliste ning kvaternaarisetete teemakihtide koostamisel.

Alamkambriumi kivimite avamuste vööndid vahetult Sinimägede põhjaküljel avalduvad jooneliste ida-läänesuunaliste anomaaliatega süsteemina, mille miinimumide piires jäävad ρ_n väärtused tasemele $20\text{--}50 \Omega\text{m}$ ning maksimumidel $100\text{--}300 \Omega\text{m}$. Puurimisandmed (pa. 29 ja 307) osutavad, et nimetatud miinimumide piires avanevad Lontova sinisavid vahetult pinnakatte all, maksimumide piires levivad aga vähema või suurema tusedusega karbonaatkivimite plokid.

Sondeerimine VES meetodil näitab, et lisaks kivimkomplekside kiirele pindalalisele vaheldumisele on siin iseloomulik ka nende suur varieeruvus vertikaalsuunas. Puuraugu nr. 29 lähikonnas asetsev sondeerimispunkt VES 8 (lisa 2) lubab arvata, et kogu uuritud läbilõike ulatuses (ca 60 m) levivad siin savid või väga savikad kivimid. Kuid sama miinimumi piires, 300 m lääne pool, profileerimismarsruudi m21 pikettide nr. 126 ja 127 lähistel asetsev sondeerimispunkt VES3 näitab nende esinemist vaid läbilõike ülemise 20 m piires. Allpool lasuvad kõrgema takistusega ($170 \Omega\text{m}$) kivimid – karbonaatkivimid.

Puuraugus 309, mis asetseb kõige ulatuslikuma (pikitelg üle 3 km) takistuse maksimumi piires, on karbonaatkivimite kogupaksus alla 9 m. Samal

maksimumil näitab VES 19 karbonaatkivimite (keskmise eritakistusega 157 Ω m) paksuseks vähemalt 19 m. Profileerimismarsruudil m21 asetseva sondeerimispunkti VES2 andmetel lasub 18 m paksusel karbonaatkivimitel (eritakistus 223 Ω m) 5 m paksune madalatakistuseline kivimite kiht (63 Ω m). Takistuse poolest võivad need olla niihästi Tiskre liivakivid kui savikad kvaternaarisetted.

Puurauk 308 avab savid 3,5 m sügavuseni. Kõrval asetsev sondeerimispunkt VES 6 viitab savide väga piiratud levikule, praktiliselt kogu läbilõike ulatuses levivad siin madalatakistuselised (77 Ω m) kivimid, mis on tõenäoliselt Tiskre liivakivid (Ca_{1ts}). Profileerimismarsruudil m21 on sama miinimumi piires sondeerimispunkti VES 1 (250 m VES 6st edelas) põhjal alust arvata, et läbilõike ülemise 13 m moodustavad aleuoliitsed savid (Ca_{1lk}), mille lamamiks on Lontova sinisavi. VES 1st 200 m idas asuv VES5 annab aga lubjakivide paksuseks 18–20 m. Selline kiire stratigraafia varieerumine on ilmselt seletatav settekompleksi tugeva kurrutatusega, mistõttu stratigraafiliselt noorema kompleksi kivimid võivad kohati lasuda vanema kompleksi kivimite all.

Profileerimismarsruudi m21 ning Sinimägede idapoolseimale mäele, Pargimäele, ning tema lähiümbrusesse rajatud sondeerimispunktidega uuriti sarnase kurrutuse esinemist Pargimäe piirkonnas. Seejuures valiti sondeerimispunktide asukohad selliselt, et maksimaalselt välistada kaasaegse reljeefi mõju tulemustele. Pargimäe põhjanõlval avastati rida madalatakistuselisi tsoone. Puurauk 310 asetseb neist põhjapoolseimal. Tiskre liivakivid (Ca_{1ts}) asetsevad siin samal hüpsomeetrilisel tasemel kui mäe teisel küljel asetsevas puuraugus nr. 168. Puuraugust 310 m ida pool asetsev VES 4 fikseerib 12 m tuseduse savikihi (eritakistus 24 Ω m), mille all lasuvad kõrgema takistusega (100 Ω m) kivimid. Seda savikompleksi markeeriv takistusmiinimum on fikseeritud ka profileerimismarsruutidel m1 ning m21 (mõõtepunktid 85–94) kus sondeerimispunkt VES 71 fikseerib savikad kivimid absoluutsel kõrgusel +44 m. Varasemate elektromeetriliste tööde andmetel ulatub see miinimum lääne pool ka Põrguhaua mäe põhjanõlvale. Siin näitab VES 36 savikate kivimite tasemeks +41 m üle merepinna ning nende peal lamab 5 m tusedune kõrgetakistuseline kompleks (776 Ω m). Tõenäoliselt on siin tegemist kuivade liivadega.

Teine analoogne miinimum on fikseeritud m21 mõõtepunktide 76–80 vahemikus, millest 300 m ida pool osutab VES 33 4,4 m paksuse lubjakivi kompleksi või liivaka moreeni all lasuvale sinisavikompleksile (15 Ω m), mille ülemise pinna absoluutkõrgus on +47,5 m. Neid kahte miinimumi lahutab suhteline maksimum (200 Ω m), mille piires VES 72 (mõõtepunkt 84, m21) annab savikate kivimite (36 Ω m) pealispinna kõrguseks –3 m. Läbilõike ülemise osa moodustavad liivakad kvaternaarisetted (462 Ω m), ning nende all aluspõhja kivimid keskmise eritakistusega 128 Ω m (Kambriumi terrigeensed kivimid). VES 32 kohaselt moodustavad miinimumi ja maksimumi piirialal läbilõike ülemise osa samuti kõrgetakistuselised (kuni 743 Ω m) kvaternaarisetted. Sondeerimispunktil VES 73 on suhteliselt madala takistusega kivimid (73 Ω m) fikseeritud tasemel +47 m.

Mäe lõunaservas m21 mõõtepunkti nr. 60 piirkonnas on samuti avastatud juhtiv tsoon. VES 74 näitab, et savikiht lasub siin seitsme meetri sügavusel, absoluutkõrgusel +37 m, mis harmoneerub ka 200 m edela suunas asuva puuraugu nr. 168 andmestikuga. Ka 500 m ida poole, mäe kaguservas, osutab ka VES 75 tüseda (ca 14 m) savikompleksi esinemisele. See kompleks on samal kõrgustasemel, lasudes 3 m paksuse hästijuhtiva (70 Ω m) kompleksi all.

200 m põhja pool, Pargimäe põhjaserval, annab VES 34 läbilõike ülemise 11 m paksuse osa takistuseks 415 Ω m (Lasnamäe lademe lubajakivid), mille all lamab 13 m paksune Kambriumi terrigeeni kompleks (86 Ω m). Tugevalt savikad (23 Ω m) kivimid lasuvad siin kõrgusel +30 m.

Uurimaks kahte läänepoolsemat mäge (Põrguhaua- ja Tornimägi) rajati neli sondeerimispunkti (VES67–70, joonis 3, lisad 2 ja 3). VES 67, mis asub Tornimäe laugel lõunanõlval, näitab läbilõike ülemise 2,7 m piires väga kõrget takistust (1345 Ω m). Siin on ilmselt tegemist tugevalt tsementeerunud Kvaternaari kruusaga, mis on avatud ka lähedal olevas kaevandis. Selle all lamab vähemalt 35 m paksune karbonaatkivimite kompleks mille piires takistused varieeruvad vahemikus 220–550 m. Liigestatud reljeefi tõttu ei olnud võimalik kasutada selle kompleksi läbistamiseks piisavaid toiteahelaid. VES 68 asub kahe mäe vahelisel alal, endise kruusakarjääri territooriumil. Ka siin moodustavad läbilõike kõige ülemise osa ca 2,5 m ulatuses väga kõrge takistusega setted (1095 Ω m), kuid vahetult selle all lamab 9 m paksune savikas kompleks takistusega 37 Ω m. Läbilõikes allapoole liikudes tuleb 15 m paksune

kompleks takistusega 205 Ω m (ilmselt Ordoviitsiumi karbonaatkivimid) ning sügavamal langeb takistuse väärtus tasemele 63 Ω m (Kambriumi terrigeensed kivimid).

Sondeerimispunktid VES 69 ja VES 70 asetsevad Põrguhaua mäel, absoluutkõrgusel 72–75 m. Siin fikseeriti praktiliselt kogu läbilõike ulatuses suhteliselt kõrged takistuste väärtused (üle 200 Ω m), mis osutab ordoviitsiumi karbonaatkivimite suhteliselt rikkumatule kompleksile läbilõike ülemise ca. 40 m piires ning seda katvale ligikaudu 2 m paksusele kõrgetakistuselisele kvaternaarisetete kihile. Mõlema sondeerimispunkti pikematel toiteahelatel fikseeritud madalad takistused viitavad savika kompleksi (ca 40 Ω m) esinemisele absoluutkõrgusel ca. +40 m, mis on heas kooskõlas avastatud savikompleksi tasemega Tornimäe põhjanõlval (+41 m, VES 36).

Lisaks nimetatud sondeerimispunktile rajati Tornimäe ja Põrguhauamäe vahelt põhja–lõunasuunaliselt läbikulgev profileerimismarsruut m22 (joonis 2, lisad 1 ja 3). Siin on mägede vahel fikseeritud suhteliselt kitsas (320 m) takistuste maksimum (300–450 Ω m), mida 40 mõõtepunkti piirkonnas liigestab tõenäoliselt tehnogeense päritoluga (tõenäoliselt gaasitrass) kitsas miinimum. Mägedest lõuna pool fikseeriti sujuvalt lõuna suunas kasvav takistuskõver (100–175 Ω m). Mägede lõunaserval on takistuste langemine tasemele 100 Ω m tingitud kvaternaarisetete paksuse suurenemisest. Sellest annavad tunnistust sondeerimispunktid 74 ja 75 (joonis 3, lisad 2 ja 3) ning profileerimismarsruudi m14 mõõtepunktiga nr. 16 ühes kohas asetsev sondeerimispunkt VES 65. Siin on kvaternaarisetete paksus 10,5 m millest 9 m moodustavad madalatakistuselised (56 Ω m) liivsavid). M22 põhjaosas (mõõtepunktid (0–27) on jälgitav takistuste madal, monotoone väli (20–25 Ω m), mis osutab ilmselt kambriumi savide avamusele.

Profileerimismarsruudi m22 (joonis 2) põhjapoolse jätkuna on rajatud sondeerimispunktid VES38–VES42 (joonis 3). Sümmeetrilise profileerimise andmetel (Puura, Vaher, 1963) levivad siin kaks ida–lääne suunalist madalate takistuste piirkonda (alla 100 Ω m), mida eraldab juba eelpoolmärgitud ulatuslik ida–läänesuunaline maksimum, mis antud uuringu DEP graafikutel (lisa 1) on fikseeritud profileerimismarsruudil m1 mõõtepunktide intervallis 74–114 ja m2 mõõtepunktide vahemikus 83–91. VES38 annab võimaluse selle maksimumi piires hinnata ca. 2,5 m paksuse kvaternaarisetete kihi all lasuva Ordoviitsiumi

karbonaatkivimite kompleksi tuseduseks 21 m. Sondeerimispunktid 39–41 asuvad piirkondades kus näiveritakistuste tase on alla 50 Ω m. Kõikidel neil on läbilõike ülemises osas interpreteeritud väga savika kompleksi (20–35 Ω m) esinemine, paksusega 14–24 m. Selle all lasub samuti suhteliselt madalatakistuseline kompleks (54–76 Ω m), mis võib olla Kambriumi terrigeensete kivimite kompleks. Rikkumata lasumuse puhul peaks nende komplekside järjestus olema vastupidine! Terrigeensete kivimite pealispinna absoluutkõrgus varieerub vahemikus +3 – +14 m. See on küllaltki heas kooskõlas 700 m kirde pool asuva puuraugu nr. 180 andmetega (+18 m).

Mõlemal pool ülalmainitud maksimumi on fikseeritud küllaltki ulatuslikud miinimumid (m 21 mõõtepunktide vahemikud 70–83 ja 91–101). Esimeses intervallis asuv sondeerimispunkt VES21 annab siin Kambriumi terrigeensetele kivimitele iseloomuliku takistuste jaotumuse, ning kompleksi paksuseks 21 m. Teises intervallis osutab VES 22 tüüpilistele Kambriumi savidele (14 Ω m).

Sama profileerimismarsruudi mõõtepunktide vahemikus 23–34 on fikseeritud väga selge ja kontrastne miinimum (48 Ω m), mis varasemate tööde materjalides ei kajastu. VES12 interpretatsioonile tuginedes esineb siin läbilõike ülemises osas 1,5 m paksune kõrgetakistuseline kompleks (kvaternaarisetted?), mille all lamab tüüpiline Kambriumi terrigeensete kivimite ja savide kompleks.

Sinimäe külast ida pool on näiveritakistuste väljas kõige markantsemalt eristuv Kambriumi kivimite suhteliselt laia avamuse (miinimum 15–50 Ω m) ja kõrgetakistuseliste Ordoviitsiumi karbonaatkivimite (Lasnamäe lade, enam kui 300 Ω m) avamuse kontakt. See kontakt on väga kontrastne ning järgib üldiselt Tallinn–Narva maanteed. Sellest kontaktist lõuna pool on karbonaatkivimid valdavalt rikkumata ning normaallasumuses. Kambriumi avamus omab ka lõunapoolset kontakti Ordoviitsiumi karbonaatkivimite avamusega, kuid siin on need kivimid madalama takistusega, tugevalt purustatud ning tõenäoliselt ka mitte alglasumuses. Seetõttu on siin kontakt keerulise konfiguratsiooniga ja varieeruva väljapildiga. Näiteks marsruutidel m3, m7 ja m4 on kontakti piirkonnas karbonaatkivimite kompleksi (Kunda lade) homogeensus rikutud kirdesuunaliste rikketsoonide süsteemiga. Marsruudil m4 on praktiliselt kõik sellised anomaaliad kontrollitud sondeerimisega. Marsruudi põhjaosas kus lubjakivid on suhteliselt vähem rikutud, annavad sondeerimispunktid karbonaatkivimite kompleksi eritakistuseks 300–350 Ω m ning paksuseks 15–23

m. Hästijuhtivas tsoonis (mõõtepunktid 13-19) annab VES 17 ülemise 6 m paksuse kihi eritakistuseks 111 Ωm , mis vastab kas rikitud ja karstunud lubjakivile või Kambriumi terrigeensetele kivimitele. Allpool levivad tugevalt savikad madalatakistuselised kivimid.

VES19, mis asub kõige ulatuslikumas madalatakistuselises vööndis (36–71 Ωm), osutab läbilõike ülemises osas savikate terrigenete kivimite esinemisele. Selle miinimumi kirdeosas avab puurauk 483 Kambriumi terrigeensed kivimid. Sama vööndi piires profileerimismarsruudil m3 näitab VES 25 läbilõike ülemise osa takistuseks 175–350 Ωm , mis viitab pigem karbonaatkivimite kompleksi esinemisele. Samas sondeerimispunkti vahetus läheduses asuv puurauk 480 avab 2,9 m paksuse kvaternaarisetete kompleksi. Kõikide maksimumide piires näitavad sondeerimisandmed kõrgetakistuseliste (120–250 Ωm) kivimikomplekside paksuse suurenemist. Kokkuvõtlikult võib siin olla tegemist tugevas kallaklasumuses olevate lubjakivi pangastega.

Välja eraldatud tugevalt rikitud karbonaatkivimite kompleksid osutuvad enamasti varasemate töödega väljaeraldatud kirde-suunalise ulatusliku juhtiva vööndi jätkuks, mis sellisel moel ulatub katkendlikult ning fragmenteeritult kuni Meriküla asulani.

Hiiemetsa asulast põhja pool muudab idasuunaline Kambriumi savide avamuste vöönd oma suuna kirdesse ning jaguneb kaheks eraldi keerulise konfiguratsiooniga vööndiks. Laiem vöönd on marsruutide m5 ja m8 piires 1-1,2 km laiune. Näiveritakistuste väärtused on siin 15-20 Ωm . Avamuse lõunaserval avab puurauk 490 Kambriumi savid. VES 49 andmetel lasuvad m8 mõõtepunkti nr. 30 piirkonnas Kambriumi savid (16 Ωm) 6 m paksuse saviliivade kihi all (50 Ωm). Küllaltki selgesti on savide levila fikseritud ka m10 mõõtepunktide vahemikus 60–98. Siin on aga VES 50 andmetel Kambriumi kompleks kaetud ca. 2m paksuse liiva (1050 Ωm) kihiga, mille all lasuvad 7m paksuselt aleuroliidid ning veelgi allpool savid.

Laagna ja Puhkovo asulate piirkonnas on fosforiidi uuringute käigus (Lugus, Gulov, 1966) eraldatud välja kaks kitsast (alla 100 m) joonelise levikuga Kambriumi terrigeensete kivimite avamust, mis oma konfiguratsioonilt meenutavad pigem rikkevööndeid. Need avamused korreleeruvad hästi rikketsoonidega meie profileerimismarsruutidel m11 ja m20 (joonis 2, lisa 1).

Marsruudil m11 vastavad neile juhtivustsoonid mõõtepunktide 8–12 ja 18–24 piirkonnas. Siin võivad Kambriumi savid olla surutud rikketsoonidesse.

Kambriumi kivimite avamuse põhjapoolne osa avaldub marsruutidel m9 ja m7 ootamatult laia ja isomeetrilise miinimumina, mille keskosas on näiveritakistuste väärtused 15–20 Ωm (sinisavi), tõustes servade suunas tasemele 50 Ωm ($\text{Ca}_{1\text{ts}}$ -lk). Idapool on see miinimum fikseeritud veel kolmel marsruudil 8, 11, 19.

Kambriumi kivimite kerkealast kagu suunas on takistuste väljapilt küllaltki homogeenne ja seda liigendavad vaid üksikud aluspõhja rikkevööndeid markeerivad miinimumid (m17, m18 ja m10, mõõtepunktid vastavalt 29-35, 8–13 ja 131–137). Puhkovo asulast lõuna poole (m28) on fikseeritud ühtlane takistuste väli tasemel 300 Ωm , mis viitab rikkumata normaallasumuses aluspõhjale.

KOKKUVÕTE

Teostatud elektromeetrilised uuringud Narva ja Sillamäe kaardilehtedel võimaldasid täpsustada ja kontuurida aluspõhjakivimite ning tektooniliselt rikutud vööndite piire. Samuti annavad antud uuringu tulemused võimaluse paremini mõista olemasolevat geoloogilist teavet ning on vajadusel heaks aluseks detailsemate uuringutööde ja puurtööde planeerimisel.

Tänu kontrastselt erineva takistustega komplekside esinemisele ning õhukesele pinnakattele oli antud meetod uuringute piirkonnas suurepäraselt rakendatav ning aitas eristada erinevate komplekside piire täpsusega ± 20 m.

Antud töö tulemused on geoloogiliste marsruutide ning puurimisandmete kõrval oluliseks lähtematerjaliks Sillamäe ja Narva kaardilehtede pinnakatte ning aluspõhjageoloogiliste teemakihtide koostamisel.

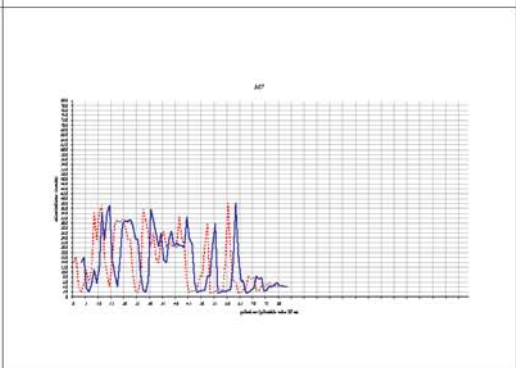
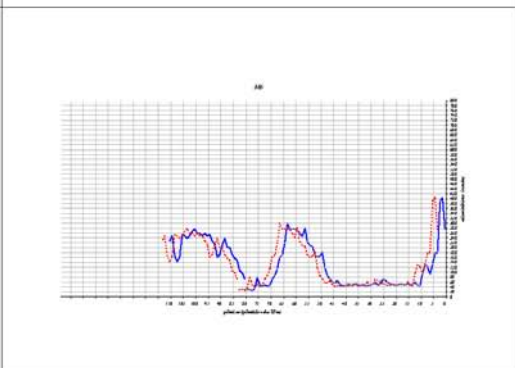
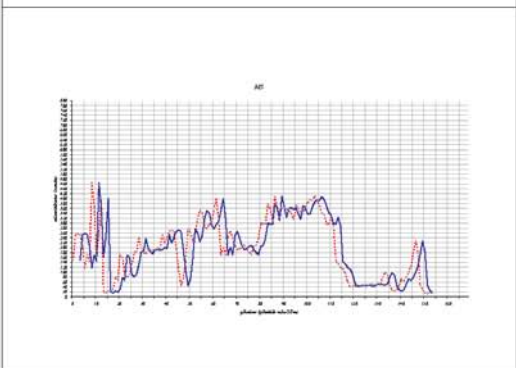
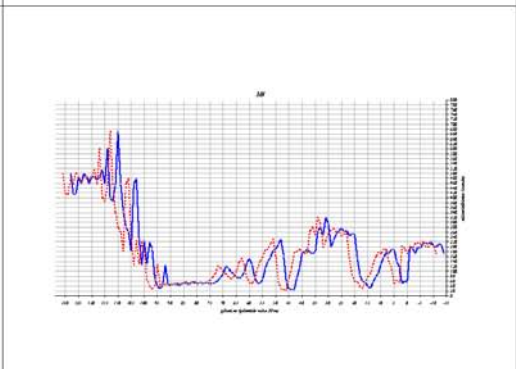
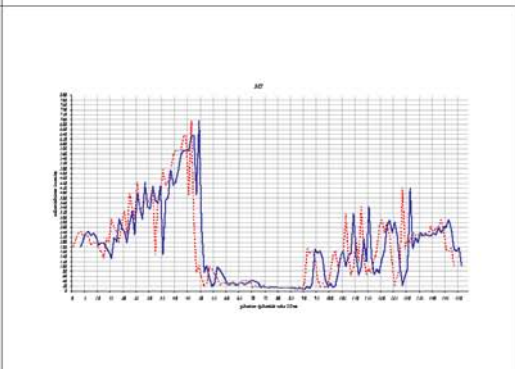
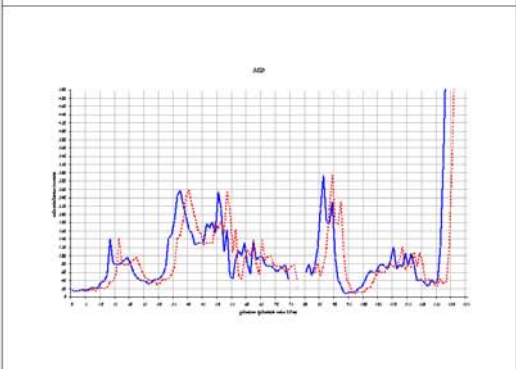
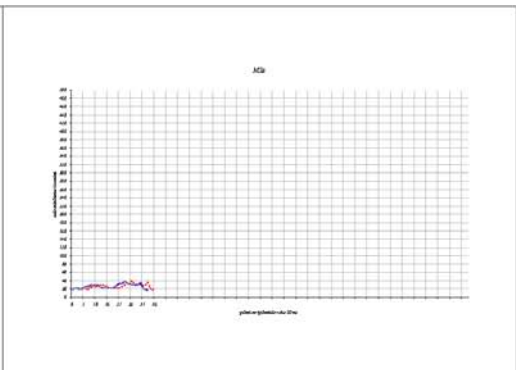
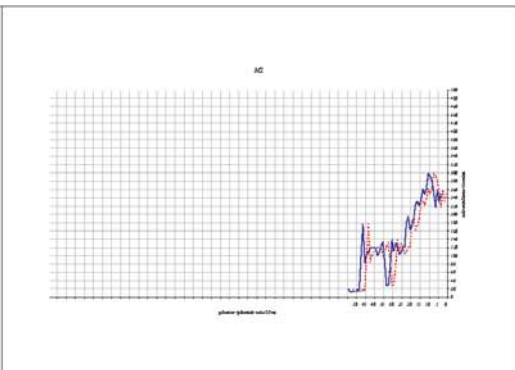
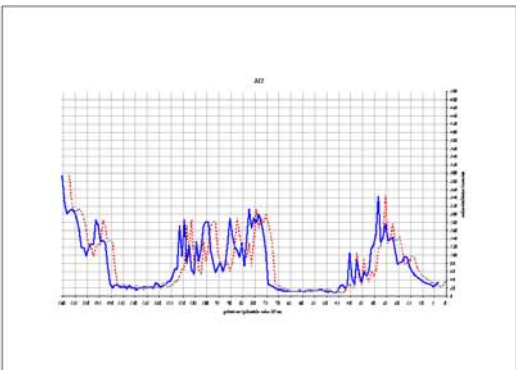
KIRJANDUS

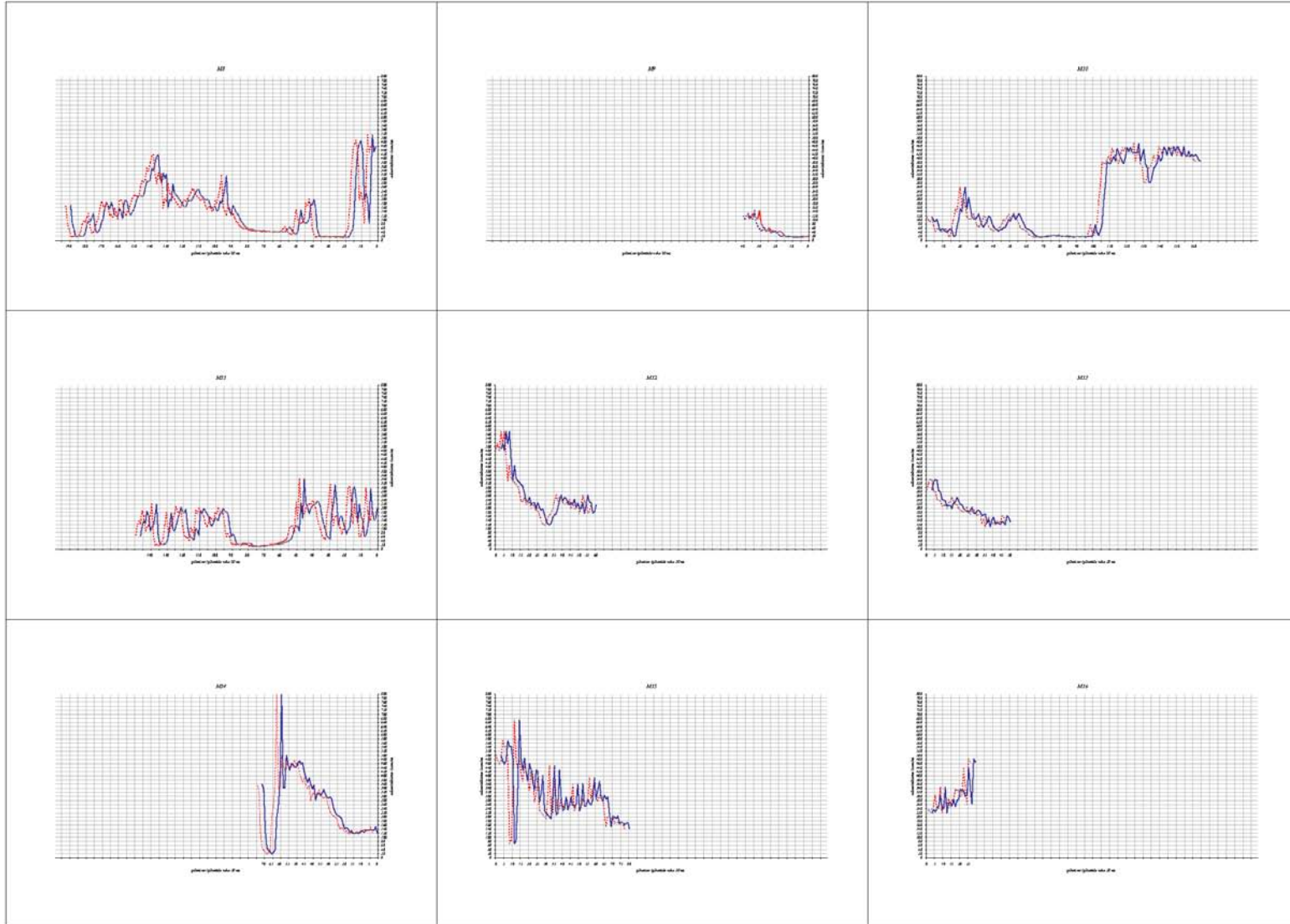
Sharma, P. V., 1976. Geophysical methods in geology. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

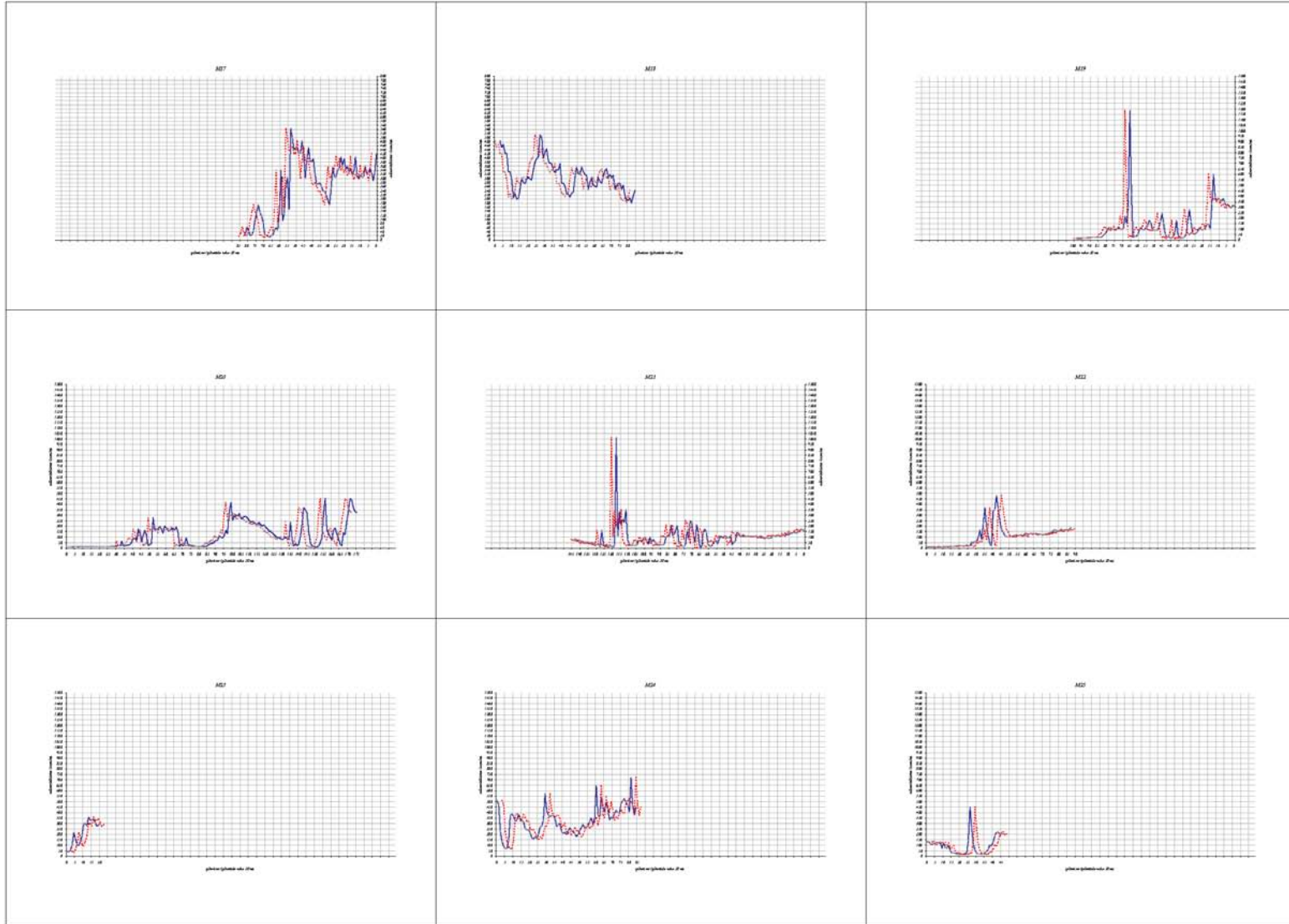
Puura, V., Vaher, R., 1963. Aruanne polümetalsete maakide otsingutööde tulemustest Uljaste ja Sinimäe alal (Kirde-Eesti) 1961–1962. a. EGF 2078.

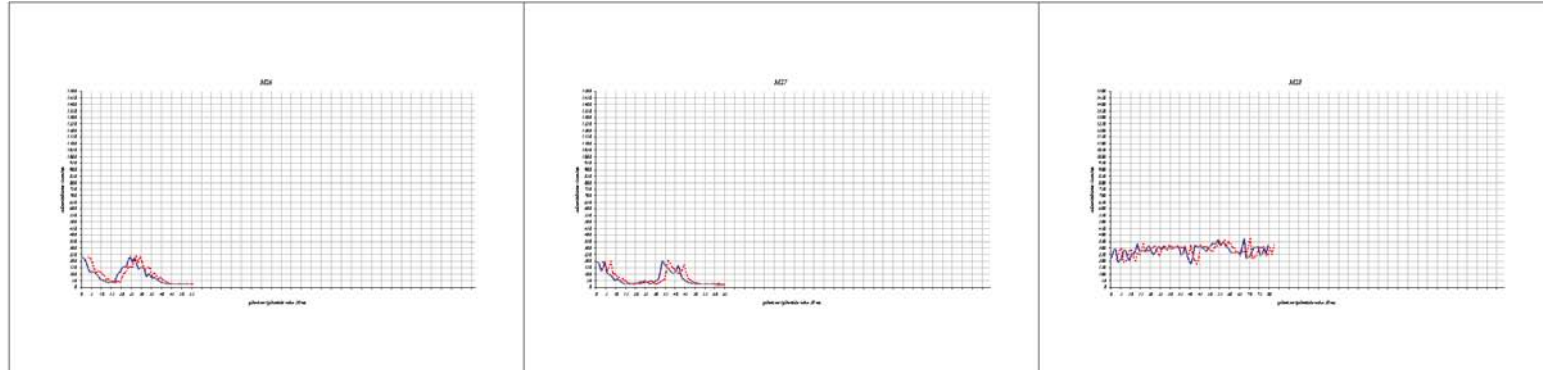
Lugus, E., Gulova, H., 1966. Aruanne geoloogiliste uuringutööde tulemustest 1962–1965. a. Narva fosforiidimaardlal, Eesti NSV. EGF 2904.

LISA 1
DEP GRAAFIKUD









LISA 2
VES GRAAFIKUD

