

MAATUTKALUOTAUSTUTKIMUSRAPORTTI

Bäljars, Karjaa



Linjalla 11 paikantamassa koekuoppien paikkoja

GWI-2018_021003/25.1.2018

GEO-WORK INFRA OY

Y-tunnus 2836113-1

terho.makinen@geo-work.com

tel. +358 (0)50 557 9098

Linjalantie 16, 05430 Nuppulinna

SISÄLLYSLUETTELO

- 1 MAATUTKALUOTAUS: Bäljars, Karjaa**
- 1.1 Tehtävä**
- 1.2 Maastotyöt**
- 1.3 Mittauskalusto**
- 1.4 Tulostus**
- 1.5 Yleistä tulkinnasta**
- 1.6 Tulkinnat: Bäljars, Karjaa**
- 2. Maatutkaluotauksen teoriaa**
- 2.1 Teoreettiset perusteet**
- 3. Linjakartta**
- 4. Luotausprofiilit**

1. MAATUTKALUOTAUS: Bäljars, Karjaa

1.1 Tehtävä

Geo-Work Infra Oy suoritti Ramboll Oyn/ Fredrik Winqvistin toimeksiannosta maatutkaluotauksia Bäljarsin alueella Karjaalla. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää pintaa rikkomattomalla menetelmällä, maatutkalla, maaperän laatua ja kallion syvyyttä tutkattavilla linjoilla.

1.2 Maastotyöt

Nyt tehdyt maastotyöt suoritettiin 9-11.1. ja 16.1.2017. Tilaa- jalta saatuja linjoja pyrittiin noudattamaan maastossa mahdollisuuksien mukaan, mutta jonkin verran jouduttiin kiertelemään kaatuneiden puiden, liian kosteiden olosuhteiden ja tiheikköjen kohdalla. Tilaajalta saadut koekuoppapaalut sijoitettiin mahdollisimman tarkoin suunniteltuun kohtaan, maasto-olosuhteet kuitenkin huomioiden. Linjoja tehtiin 13 kappaletta, yhteensä 9080 m. Linjat numeroitiin uudestaan oheisen liitekartan mukaisesti.

1.3 Mittauskalusto

Mittauskalustona oli amerikkalaisen Geophysical Survey System Inc:n (GSSI) valmistama SIR-3000 maatutka. Antennina käytettiin GSSI:n 270 MHz:n antennia riittävän syvyytulottuvuuden, mutta tarkan kuvan takaamiseksi. Tutka oli sijoitettu tarkoitusta varten valmistettuun pulkkaan ja luotaukset voitiin tehdä kävelen käytännössä jälkiä jättämättä.

1.4 Tulostus

CF-levykkeelle taltioitu tutkatulos siirretään tutkalta tietokoneelle tulostusta ja tulkintaa varten. Tulkinta ja tulostus tapahtuu jälkikäsitteilynä GeoDoctor-signaalinkäsittelyohjelmalla.

Leikkauskuvat on tulostettu 1:200/1:2000 (24/500m) pystymittakaavassa ja vaakamittakaavassa. Maatutkaprofiilit ovat aika-asteikossa. Liitekarttaan on merkitty tutkitut linjat ja linjapisteiden paikat, jotka löytyvät myös profiilikuvista. Pistenumerointi on tulkitsijan tekemä. Koekuoppien sijainti on merkitty tekstein KP 01, KP 02 jne.

Tulkinnat ovat @NP-päätteillä GT-formaatissa ja kartoitustiedon mukaisesti GK24 ja N2000 -järjestelmissä. Linjojen leikkauspisteet on saatu maastossa mitattua tarkalla TRIMBLE R8-GPS:llä,

mutta linjojen on topografiaa on tihennetty tilaajan toimittaman keilausaineiston avulla. Menetelmästä johtuen joitain muutamien kymmenienkin senttimetrien korkopoikkeamia todelliseen maastotilanteeseen saattaa esiintyä. Pääsääntöisesti linjakorot vaikuttaisivat aivan riittävän tarkoilta verrattuna paikan päällä mitattuihin korkoarvoihin.

1.5 Yleistä tulkinnasta

Savi- ja silttialueilla maatutkalla saadaan selville kovan maan tai kallion reuna n. 3 - 10 m:n syvyyteen saakka. Tätä syvyyttä pienentää jonkin verran maa-aineksen johtavuus.

Moreenialueilla maapeitteen paksuuden määrittäminen onnistuu vaihtelevasti. Moreenin ja kallion rajapinnan erottaminen riippuu moreenin laadusta ja kallion pinnan rikkonaisuudesta. Mitä lohkeaisempi moreeni on rikkonaisen kallion päällä, sitä vaikeampi on rajapintaa erottaa tutkaprofiilista. Ohutpeitteisillä alueilla saattaa rikkonaisen kallionpinnan tulkita moreeniksi ja päinvas-
toin.

Lajittuneet hiekka- ja sorakerrokset erottuvat hyvin muista maakerroksista. Matalataajuisilla antennilla on mahdollista saavuttaa jopa 50 metrin syvyysulottuvuus karkearakeisilla maalajeilla.

Louhinnan rajapinnan erottaminen niin pysty- kuin vaakasuunnassa riippuu luotauslinjojen sijainnista suhteessa edellisiin sekä irtilouhinnan määrästä ja täytön laadusta. Kallioraot näkyvät varsinkin kosteina usein kallion pintaa paremmin. Hyvin kiinteä ja rakenteeton kallio saattaa joissain olosuhteissa näyttää jopa samalta kuin rakenteeton savi.

Tulkinnan tarkkuus on tällaisessa kohteessa parhaimmillaan n 10cm luokkaa, riippuen mm. maamassan kosteusvaihtelusta ja kalliopinnan rikkonaisuudesta. Kuvatulkinta on tehty signaalinkäsittelyvaiheiden jälkeen, jotka kaikki eivät näy kuvissa.

Kuvissa ylimpänä näkyy maanpinnan topografia ja sen alla punaisella tulkittu kallion/moreeninpinta. Vihreällä on kuvattu saven ja siltin rajapintoja ja sinisellä turvealtaita.

Maa-aineksen karkeusastetta on pyritty kuvaamaan tekstimerkinnöillä, esimerkiksi hksiMR(hiekkainen silttimoreeni) ja siSA (silttinen savi). Varmana pidettävä kalliopinta on merkitty tekstillä KA, hiukan epävarmempi/varmistamaton pinta tekstillä KA? ja epävarmin, mutta mahdollinen rajapinta tekstillä MR / KA? Teksteissä on ootettu huomioon käytössä olleet koekuoppatiedot ja valokuvat.

1.6 Tulkinat: Bäljars, Karjaa

Luotausprofiilien tulkintaa voidaan yleisesti ottaen tässä kohteessa pitää kohtuullisen selkeänä. Kallioalueiden osuus alueesta on huomattava. On kuitenkin huomioitava, että kallioperä 'näyttää' tutkaprofiililla paikoin hyvin samanlaiselta kuin moreeniaines, jolloin kalliorajapinnan virhetulkinnan mahdollisuus lisääntyy.

Turve-altaat on kohtuullisen tarkoin rajattavissa tuloksista, joskin linjojen L03 ja L11 leikkauspisteessä olevalla suolla syvyysulottuvuus ei ole ihan riittävä käytetyllä kalustolla. Tästä kohdasta ei myöskään oltu saatu tehtyä koekuoppaa.

Maa-ainesten laadun määrittelyssä on päädytty monin paikoin hieman karkeampaan arvioon, kuin koekuoppien tekijä (esim. SA>siSA). Tutkaprofiilissa ei yleensä näy juuri rakenteita, jos ollaan puhtaalla savella ja tällä alueella lähes joka paikassa rakenteet näkyvät hyvin. Tämä viittaa silttisempään massaan.

Vaikuttaisi siltä, ettei aivan Linjan L04 lopussa olevaa hiekkatäytetöpenkkaa ole erotettavissa korkeusmalliaineistosta ja näin ollen maanpinta samoin kuin tulkinat ovat väärässä korkeusasemassa.

Maatutkaluotausten tulkinta on aina suuntaa-antava, joskin luonnollisesti varsinkin referenssipisteiden läheisyydessä tulos on hyvinkin tarkka. Lisäämällä koekuoppia tuloksia voidaan entisestään tarkentaa. Kallion pinnaksi on pyritty aina tulkitsemaan ylin mahdollinen rajapinta ts. tällä pyritään siihen, että moreeni/kallio on korkeintaan tulkitulla korkeustasolla. Tulkitun rajapinnan koodi on aina 10(kallio) txt-muotoisissa tulkintatiedostoissa. Dielektisyysarvona on tulkinnassa kokemukseen perustuen käytetty lukuja 12-64. Noudatamme Konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja KSE2013.

Tuusulassa 25.1.2018

Terho Mäkinen
Toimitusjohtaja, Maanmittausinsinööri (AMK)
Geo-Work Infra Oy

2. MAATUTKALUOTAUKSEN TEORIAA

Maatutka on radiotaajuusaluetta käyttävä sähkömagneettinen luotauslaite. Siinä lähetinantennilla lähetetään väliaineeseen sähkömagneettisia pulsseja ja vastaanotin antennilla rekisteröidään väliaineen sähköisiltä rajapinnoilta takaisinheijastuneet aallot. Luotaus voidaan tehdä joko tutkittavan väliaineen pinnalta tai väliaineen sisältä. Ensimmäinen tapa on yleisimmin käytetty ja siinä mittauslaitteiston ei tarvitse välttämättä koskettaa tutkittavaa väliainetta. Jälkimmäistä tapaa käytetään reikäutkassa.

Maatutkan kehitys on seurannut läheisesti muiden tutkamenetelmien teknistä ja tulkinnallista kehitystä. Pulssitutka kehitettiin 1920-luvun lopulla, mutta vasta 1950-luvun vaihteessa tehtiin ensimmäiset onnistuneet mittaukset. 1970-luvun alussa tutkaluotausta sovellettiin maassa olevien kaapeleiden, putkien ja esineiden paikannukseen. Tämän jälkeen mittalaitteiden kehitys on ollut ja sovellukset ovat lisääntyneet. Tutkaa sovelletaan geologisten kohteiden lisäksi mm. tie- ja betonirakenteiden tutkimiseen, vesistö- ympäristö- ja arkeologisiin tutkimuksiin. Kivi- tutkimukset ovat maatutkan uusimpia sovelluskohteita.

2.1 Teoreettiset perusteet

Maatutkaluotauksen periaate on melko yksinkertainen. Tutkalaitteen antenni lähettää väliaineeseen lyhytkestoisen sähkömagneettisen pulssin radiotaajuudella. Kun pulssi kohtaa väliaineessa sähköisen rajapinnan, osa aaltoenergiasta heijastuu takaisin osan jatkaessa etenemistään. Tutka-antennilla mitataan takaisin heijastuneen aallon lähtöhetkestä paluuhetkeen kulunut aika ja amplitudi. Tutkan liikkuessa tätä toistetaan nopeassa tahdissa ja muodostettavat tulostussignaalit eli pyyhkäisyt piirretään intensiteetti- ja amplitudipiirteillä tiheästi peräkkäin, jolloin tuloksena saadaan jatkuva profiili väliaineessa olevista sähköisistä rajapinnoista.

Sähkömagneettisen aallon käyttäytyminen väliaineessa on esitetty monissa tutkaluotaukseen liittyvissä julkaisuissa. Yleistäen voidaan todeta, että aallon etenemisnopeuteen ja heijastumiseen vaikuttavat väliaineen dielektrisyys ja susceptibiliteetti. Väliaineen sähköjohtavuus vaikuttaa aallon vaimenemiseen ja sillä on vähäinen vaikutus heijastumiseen. Jos susceptibiliteetin ja dielektrisyyden yhteisvaikutusta kuvataan suurella ϵ , voidaan käytännön maatutkaluotauksessa pitäytyä yksinkertaisiin kaavoihin:

Aallon etenemisnopeus (1)	$v=c/e$
Rajapinnan syvyys (2)	$s=v*t/2$
Heijastuskerroin (3)	$K=(e_2-e_1)/(e_2+e_1)$
Läpäisykerroin (4)	$R=1-K$
Vaimeneminen väliaineessa (5)	$A=1635* e$
Aallonpituus (6)	$l=1000*c/(f*e)$

joissa c =valon nopeus tyhjiössä (0,3 m/ns)
 e = aallon etenemisnopeuteen vaikuttava suure
 t = kulku aika väliaineessa ($n_s=10E-9$ s)
 A = vaimeneminen väliaineessa (dB)
 $=$ väliaineen sähkönjohtavuus (S/m)
 f = taajuus (MHz)

Aallonpituus vaikuttaa ohuiden kerrosten erotuskykyyn. Maatutkaluotauksessa lähetetään puolitoista jaksoa sinimuotoista pulssia. Korkeataajuisilla antennilla, 500 MHz:stä alkaen, saadaan hyvä ohuiden kerrosten erottelukyky. Toisaalta syvyysulottuvuus pienenee myös merkittävästi. Matalataajuisilla antennilla erottelukyky on karkeampi, mutta syvyysulottuvuus on huomattavasti parempi kuin korkeataajuisilla antennilla.

Jos oletetaan väliaineen magnetoitumiskyky eli susceptibiliteetti pieneksi, eli väliaineessa ei ole magnetoituvia ainesosia, em. kaavat 1-4 riippuvat pelkästään dielektrisyydestä. Kuivien aineiden dielektrisyyttä on noin 4. Ilman dielektrisyyttä on 1 ja veden 81. Veden ja ilman määrän vaihtelu huokoisessa väliaineessa vaikuttavat ratkaisevasti sähkömagneettisen aallon etenemisnopeuteen ja rajapinnalla tapahtuvaan aallon heijastumiseen.

Sähkömagneettisen aallon vaimeneminen väliaineessa on suoraan verrannollinen väliaineen sähkönjohtavuuteen. Jokaisella sähköisellä rajapinnalla tapahtuu sen luonteesta riippuva jakautuminen heijastuvan ja läpäisevän aallon osiin. Lisäksi aalto edetessään leviää suuremmalle alalle, joten energia pinta-alayksikköä kohden pienenee.

Sähköä hyvin johtavissa väliaineissa (johtavuus yli 10nS/m) on

vaimeneminen väliaineessa merkittävää. Jos väliaineen johtavuus on pieni, mutta sähköisiä rajapintoja on runsaasti, vähentävät moninkertaiset heijastukset maatutkauksen tunkeutumissyvyyttä. Kun johtavuus on pieni ja heijastavia rajapintoja vähän (esim. ehjä kallio), aalto vaimenee antennin ja heijastavan rajapinnan etäisyyden funktiona. Sähkömagneettinen aalto heijastuu ja läpäisee jokaisen rajapinnan myös ylöspäin saapuessaan.

Koska antennien keilakulma on $n 45^\circ$, antenni rekisteröi linjalla olevat heijastavat kappaleet ennen ja jälkeen niiden todellista paikkaa ja havaitsee myös sivulla olevat kohteet. Suoraan mittauslinjalla oleva aallonpituuteen nähden suuri kappale vaikuttaa alla olevien rajapintojen muotoon. Esimerkiksi järven pohjalla oleva kivi aiheuttaa tutkakuvassa järven pohjan "hyppäämisen ylös". Mittauslinjan sivulla oleva heijastava kohde näkyy tutka-profiilissa yhdessä antennin alta saapuvien heijastuksien kanssa. Useimmiten sivuheijasteiden merkitys on mitätön.

Jos välikerros on paksuudeltaan alle puolitoista aallonpituutta, vaikuttavat peräkkäiset heijastukset toisiinsa. Heijastuksen taajuus muuttuu ja peräkkäiset heijastukset saattavat vaimentaa toisensa. Ilmiö riippuu sähkömagneettisen aallon rajapintojen välissä kuluttamasta ajasta sekä rajapinnoilla tapahtuvasta vaihekulmien muutoksista.

Kohdatessaan sähköisen rajapinnan korkeataajuinen sähkömagneettinen aalto taittuu ja heijastuu optiikan lakien mukaan. Koska aaltoa heijastavalla pinnalla täytyy olla myös tietty laajuus (pinta-ala), maatutkalla ei voida havaita pystyjä tai lähes pystyjä kapeita rakenteita, jos mittaus tehdään väliaineen pinnalta. Tämä koskee kuitenkin lähinnä tavanomaista maatutkaluotausta, jolloin mittaus tapahtuu tasolta ja lisäksi mittausnopeus on hyvin suuri pystyrakenteen kokoon nähden.





































































