



MAATUTKALUOTAUSTUTKIMUSRAPORTTI ARLA-INSTITUUTTI ESPOO

LKK27/9.9.2014

1.	SISÄLLYSLUETTELO	2
2.	MAATUTKALUOTAUS ARLA-INSTITUUTTI ESPOO	3
2.1	Tehtävä	3
2.2	Maastotyöt	3
2.2.1	Mittauskalusto	3
2.3	Tulostus	3
2.4	Yleistä tulkinnasta	3
2.5	Arla-instituutti	3
3.	MAATUTKA	6
3.1	Teoreettiset perusteet	6
4.	Luotauslinjakartat	
6.	Luotausprofiilit	

2. MAATUTKALUOTAUS ARLA-INSTITTUUTTI ESPOO

2.1 Tehtävä

Geo-Work Oy suoritti Ark-byroon toimeksiannosta maatutkaluotauksia Espoossa Arla-instituutin alueella. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää I-maailmansodan aikaisten maanalaisia suojarakenteita, jotka ovat hautautuneet täyttömaiden alle alueen rakentamisen yhteydessä.

2.2 Maastotyöt

Maastotyöt suoritettiin 4.9.2014. Arla-instituutin alueelle tehtiin luotauksia kolmella eri lohkolla. Linjoja on yhteensä 41 kpl ja niiden yhteispituus oli 930 m.

2.2.1 Mittauskalusto

Mittauskalustona oli amerikkalaisen Geophysical Survey System Inc:n (GSSI) valmistama SIR-3000 maatutka. Antennina käytettiin GSSI:n 400 MHz:n antennia. Tutkaa käytettiin rinkkatutkana, joten luotaukset tehtiin kävellessä. Linjojen sidonnassa on käytetty Trimble R8-GPS-paikantimella hyödyntäen Trimnet-tukiasema-palvelua.

2.3 Tulostus

CF-levykkeelle taltioitu tutkatulos siirretään tietokoneelle tulostusta ja tulkintaa varten. Tulkinta ja paperitulostus tapahtuvat jälkikäsittelemällä GeoDoctor signaalinkäsittelyohjelmalla tehdyn tulkinnan jälkeen tavallisella toimistoprintterillä. Leikkauskuvat on tulostettu mittakaavassa 1:40/100 - 1:40/1:200.

2.4 Yleistä tulkinnasta

Savi- ja silttialueilla saadaan selville kovan maan tai kallion reuna n. 3 - 10 m:n syvyyteen saakka. Tätä syvyyttä 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 lohkareisempi moreeni on rikkonaisen kallion päällä niin sitä vaikeampi on rajapintaa erottaa tutkaprofiilista. Ohutpeitteisillä alueilla saattaa rikkonaisen kallionpinnan tulkinta moreeniksi ja päinvastoin. Lajittuneet hiekka- ja sorakerrokset erottuvat hyvin muista maakerroksista.

2.5 Arla-instituutti

Arla-instituutin alue sijaitsee Espoon Leppävaarassa Turuntien, Mäkkylän puistotien ja Kehä I:n rajoittamalla alueella.

Korkea kallioinen alue on I-maailmansodan aikaisen Helsingin suojaketjun osa. Osa näistä rakenteista on selvästi nähtävissä alueen kukkuloilla mutta osa suojarakenteista on hautautunut alueen rakentamisen yhteydessä rakennusten ja täyttömaiden alle. Näitä piiloon jääneitä rakenteita oli tarkoitus kartoittaa näillä luotauksilla.

Suojarakenteet näyttäisivät sijoittuvan korkeiden kallioiden päälle tai niiden reunaan, joten niiden täyttämiseen on ilmeisesti käytetty alueen rakentamisen aikaisia ylijäämämassoja eli massojen vaihtelevuus voi olla hyvin suurta. Kallioiden läheisyydessä pohjamaa on hiekkaa ja hiekkaista silttiä ja alemmilla tasoilla savea.

Alueiden luotaukset tehtiin 400 MHz:n antennilla. Luotaukset ulottuivat n. 3 - 4 m:n syvyyteen maanpinnasta. Parhaiten profiileista erottuvat lohkareiset täytöt ja kallioiden loiva-asentoiset raot (kalliorakenteet).

Kallion pinta on tulkittu profiileihin koodilla 10. Suojarakenteiden pohjat on tulkittu profiileihin viitteellisenä koodilla 20. Nämä kohdat on merkitty linjoihin sinisellä. Pohjan oikean tason tulkinta on hyvin hankala täyttömassojen vaihtelevuuden ja paikoin louhitun käytävän kapeuden vuoksi. Suuret kohteet on tulkittu koodilla 21.

Yksittäisiä kohteita on tulkittu profiileihin ^-merkillä (koodi 11).

Alue 1, linjat 1 - 3

Alue 1 on metsäinen tasanne kalliokumpareen reunassa. Maapeite on ohut ja linjoilla ei ole mitään juoksuhautoihin tai muihinkaan kalliokaivantoihin viittaava rakennetta.

Alue 2, linjat 4 - 23

Alue 2 on nurmipintainen kenttä, jonka reunassa on päällystetty kevyenliikenteen väylä. Linjojen 4 - 9 alkupään ulkopuolisessa metsikössä on paksu täyttöreuna samoin kuin viereisellä pysäköintialueella. Maanpinta on alueen länsireunalla n. 22,5 m:n tasolla ja itäreunalla n. 23,5 m:n tasolla. Tulkittu kallion pinta on länsireunalla linjojen 11 ja 18 kohdalla n. 21 - 21,5 m:n tasolla ja linjojen 16 ja 23 kohdalla n. 22- 23 m:n tasolla.

Maapeitteet näyttävät lähinnä hiekalta ja slittiseltä hiekalta.

KLV:n viereisellä alueella ennen ruusupuskaa on paljon syviksi kallioon louhituiksi tulkittuja sekalaisilla massoilla täytettyjä rakenteita. Osin rakenteet jatkuvat ruusupuskan takana ja koko linja 17 nykyisellä KLV:llä on kalliokaivantoa. Linjalla 17 kaivannossa näyttäisi olevan putki, joten se voi olla uudempaa tekoa kuin muut rakenteet.

Linjojen 4 - 7 ja 11 - 16 alueella kallion pinta on hankala tulkita, koska täyttömaat ovat kerroksellisia ja vähän samanlainen rakenteeltaan on myös alapuolinen kallio joten kallion tulkinta on lähinnä viitteellinen. Etsittyjä vanhoja suojarakenteita on alueella kuitenkin melko laajasti.

Linjojen 8 - 10 ja 18 - 23 täyttömangat ovat rakenteettomat joten kallion pinnan tulkinta on varmempi ja samoin vanhoja suojarakenteita ei näyttäisi olevan alueella kuin aivan pienellä alueella ruusupuskan vieressä.

Alue 3, linjat 25 - 42

Alue 3 on nurmipintaisella "yläkentällä", kentän reunan KLV:llä ja rakennuksen päädyn päällystetyllä kulkuväylällä. Ohutpeitteisellä nurmikentällä näyttäisi olevan kapeita kallioon louhittuja suojarakenteita alueen avokalliota reunustaen. Viereisellä KLV:llä ja sen reunassa näyttäisi olevan suurempi louhittu alue mutta onko kyseessä vanha vai uusi rakenne vai niiden yhdistelmä? Tällä osalla näyttäisi kuitenkin olevan putkia. Linjojen 25 - 29 lopussa voi myös olla louhittu käytävä ja/tai louheista täyttöä.

Linjoilla 38 - 42 on rakennuksen päädyssä kallion reunaan louhittu kapea juoksuhaata. Muutoin linjojen alue on hyvin ohutpeitteinen.

Työssä noudatetaan KSE95 ehtoja.

Helsinki 9.9.2014


Leevi Koponen
Geo-Work Oy

3.

MAATUTKA

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 reikäutuksessa. 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 tutkaluotauksia 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. Kivitutkimukset ovat maatutkan uusimpia sovelluskohteita.

3.1 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 liikkua tätä toistetaan nopeassa tahdissa ja muodostettavat tulostussignaalit eli pyyhkäisyt piirretään intensiteetti-piirturilla 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:

$$\text{Aallon etenemisnopeus} \quad v=c/\epsilon \quad (1)$$

$$\text{Rajapinnan syvyys} \quad s=v*t/2 \quad (2)$$

$$\text{Heijastuskerroin} \quad K=(\epsilon_2-\epsilon_1)/(\epsilon_2+\epsilon_1) \quad (3)$$

$$\text{Läpäisykerroin} \quad R=1-K \quad (4)$$

$$\text{Vaimeneminen väliaineessa} \quad A=1635* \epsilon \quad (5)$$

Aallonpituus

$$l=1000*c/(f*e)$$

(6)

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

Aallonpituus vaikuttaa ohuiden kerrosten erotuskykyyn. Maatutkaluotauksessa lähetetään puolitoista jaksoa sini-
 muotoista pulssia. Korkeataajuisilla antennilla, 500
 MHz:stä alkaen, saadaan hyvä ohuiden kerrosten erottelu-
 kyky. Toisaalta syvyysulottuvuus pienenee myös merkittä-
 västi. Matalataajuisilla antennilla erottelukyky on kar-
 keampi, mutta syvyysulottuvuus on huomattavasti parempi
 kuin korkeataajuisilla antennilla.

Jos oletetaan väliaineen magnetoitumiskyky eli suscepti-
 biliteetti pieneksi, eli väliaineessa ei ole magnetoituvia
 ainesosia, em. kaavat 1-4 riippuvat pelkästään dielektri-
 syydestä. Kuivien aineiden dielektrisyys on noin 4. Ilman
 dielektrisyys 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 suo-
 raan verrannollinen väliaineen sähkönjohtavuuteen. Jokai-
 sella sähköisellä rajapinnalla tapahtuu sen luonteesta
 riippuva jakautuminen heijastuvan ja läpäisevän aallon
 osiin. Lisäksi aalto edetessään leviää suuremmalle alalle,
 joten energia pinta-alayksikköä kohden pienenee.

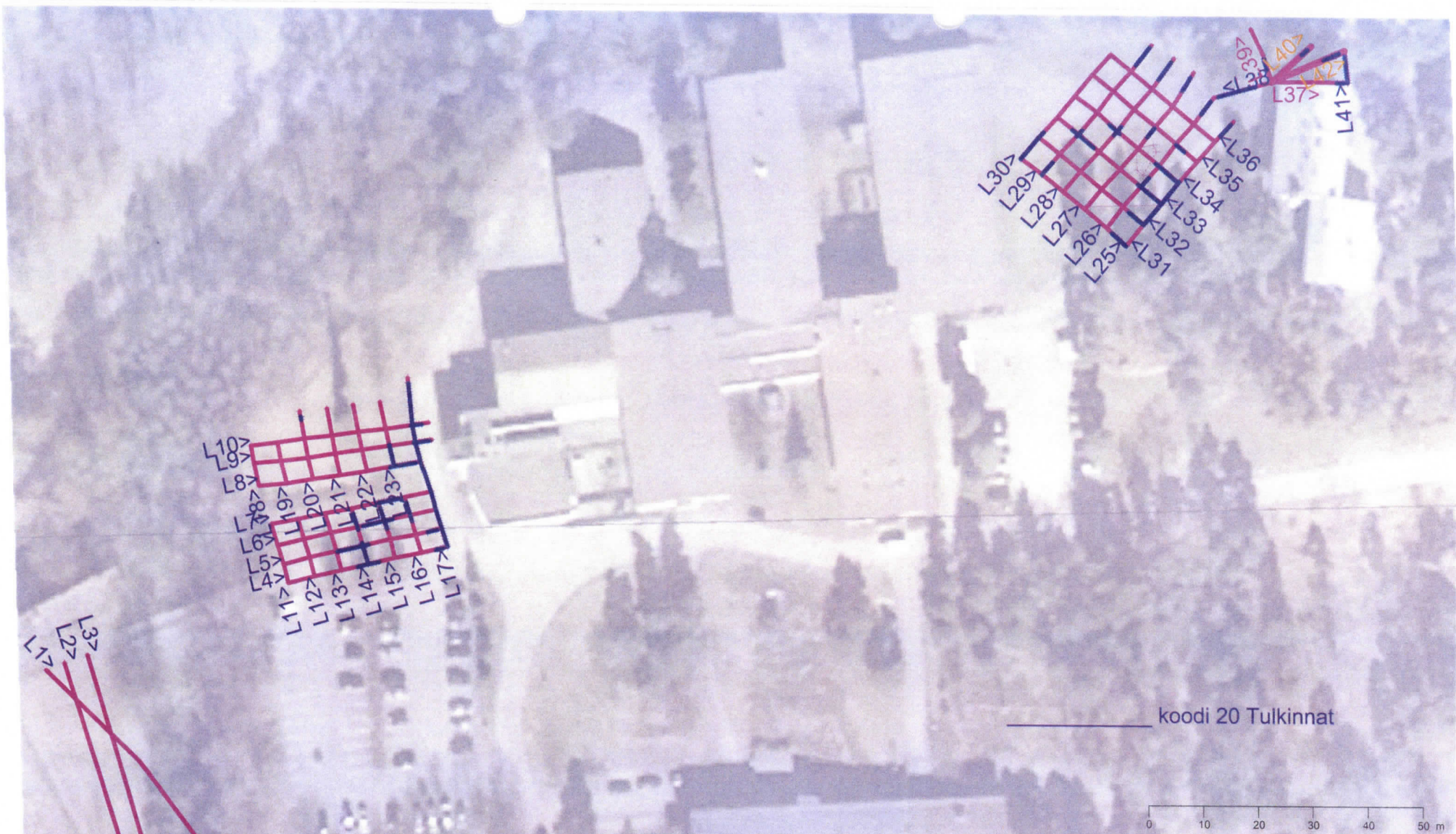
Sähköä hyvin johtavissa väliaineissa (johtavuus yli 10nS/m)
 on vaimeneminen väliaineessa merkittävää. Jos väliaineen
 johtavuus on pieni, mutta sähköisiä rajapintoja on
 runsaasti, vähentävät moninkertaiset heijastukset maa-
 tutkauksen tunkeutumissyvyyttä. Kun johtavuus on pieni ja
 heijastavia rajapintoja 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 , 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". Mittauslin-
 jan sivulla oleva heijastava kohde näkyy tutkaprofiilissa
 yhdessä antennin alta saapuvien heijastuksien kanssa.
 Useimmiten sivuheijasteiden merkitys on mitätön.

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

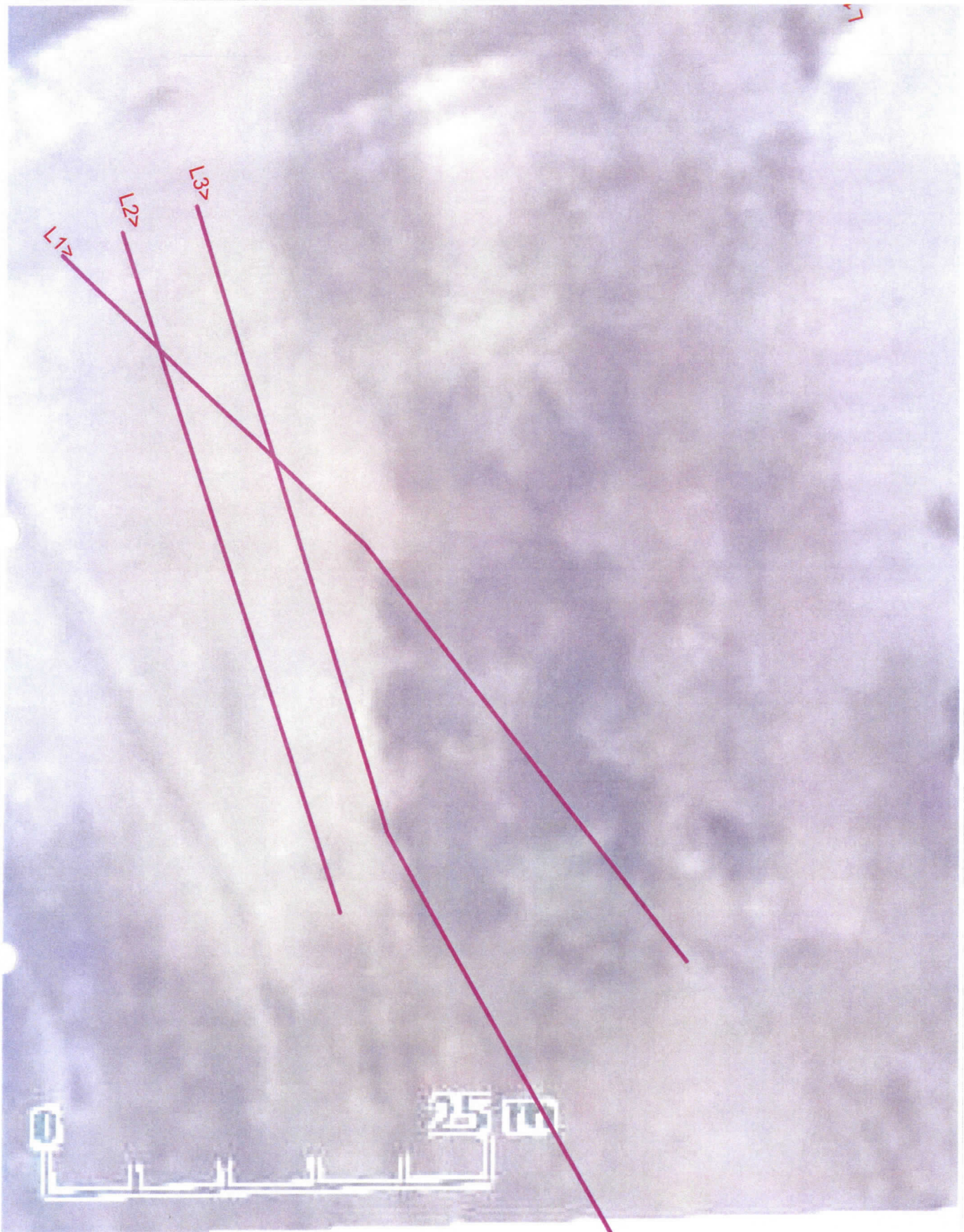
Kohdatessaan sähköisen rajapinnan korkeataajuinen sähkö-

magneettinen aalto taivutuu 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 mittaussnopeus on hyvin suuri pystyrakenteen kokoon nähden.



Projekti
 Arlainstituutti
 Espoo
 Maatutkalinjat

Mittakaava 1:1000
 Päiväys 9.9.2014
 Asiakas
 Tekijä TM



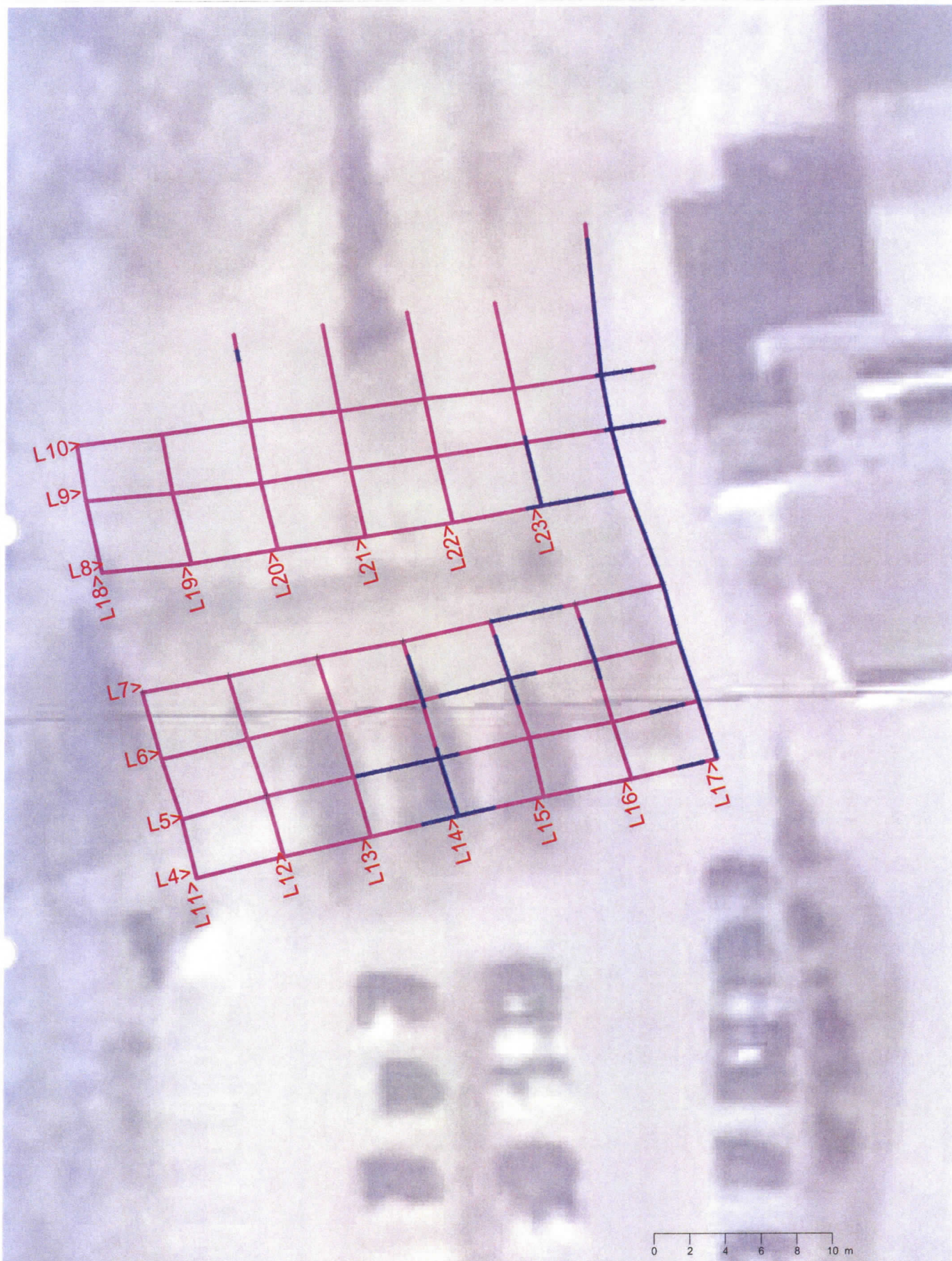
0 2 4 6 8 10 m



www.geo-work.com

Projekti
Arlainstituutti
Espoo
Maatutkalinjat

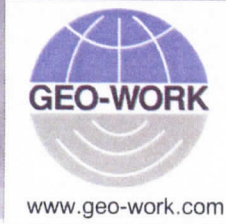
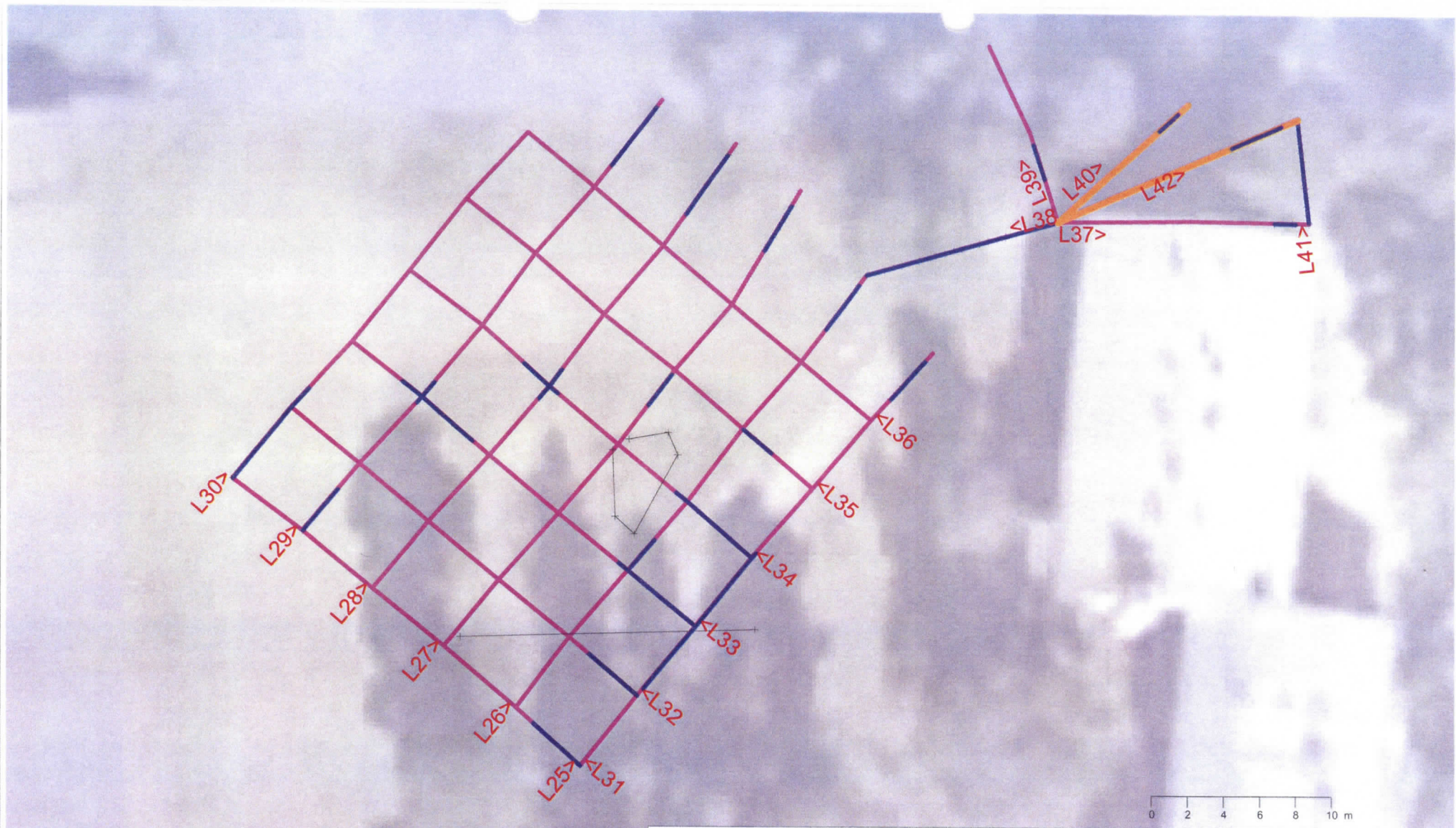
Mittakaava 1:300
Päiväys 9.9.2014
Asiakas
Tekijä TM



www.geo-work.com

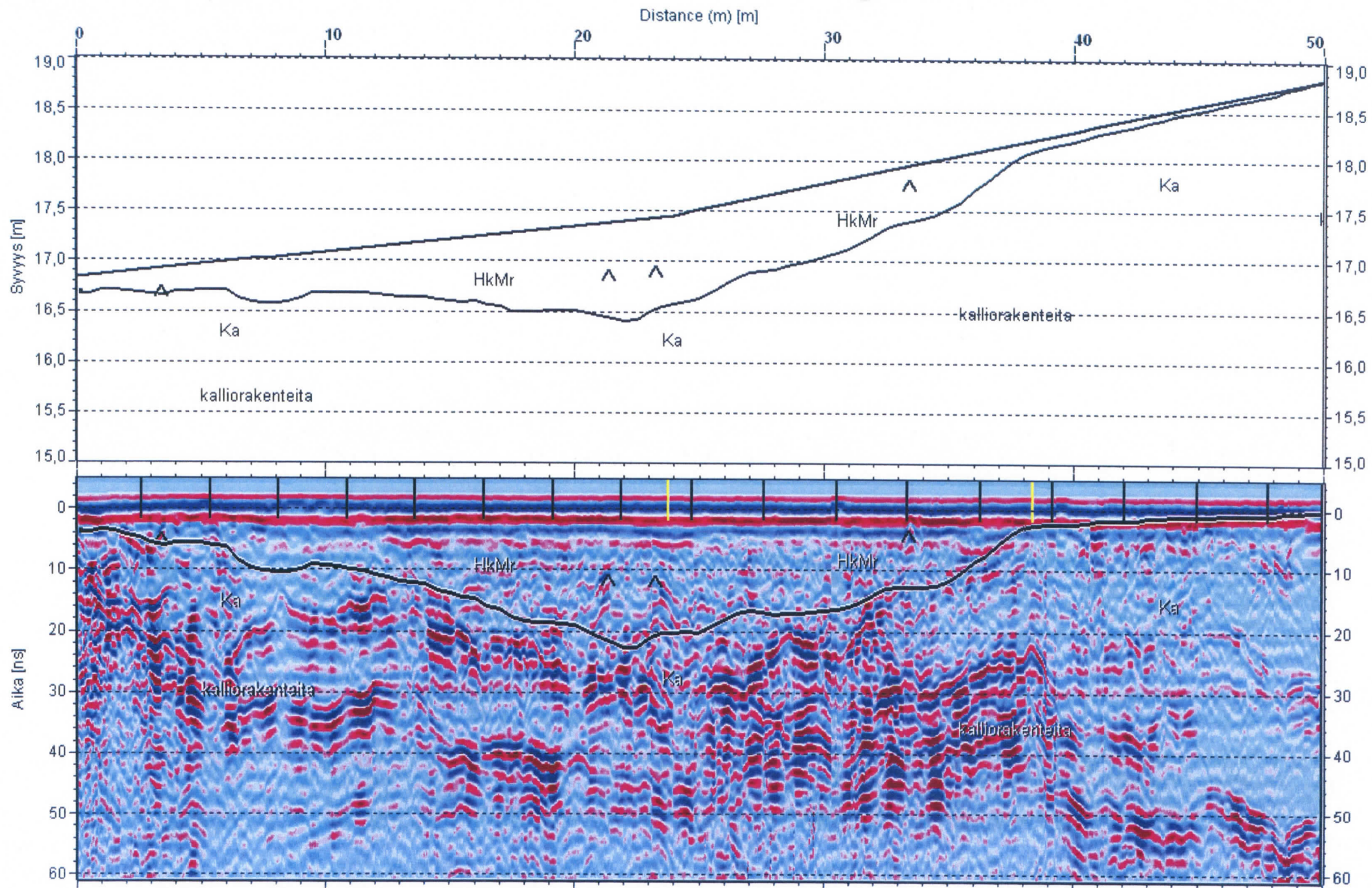
Projekti
 Arlainstituutti
 Espoo
 Maatutkalinjat

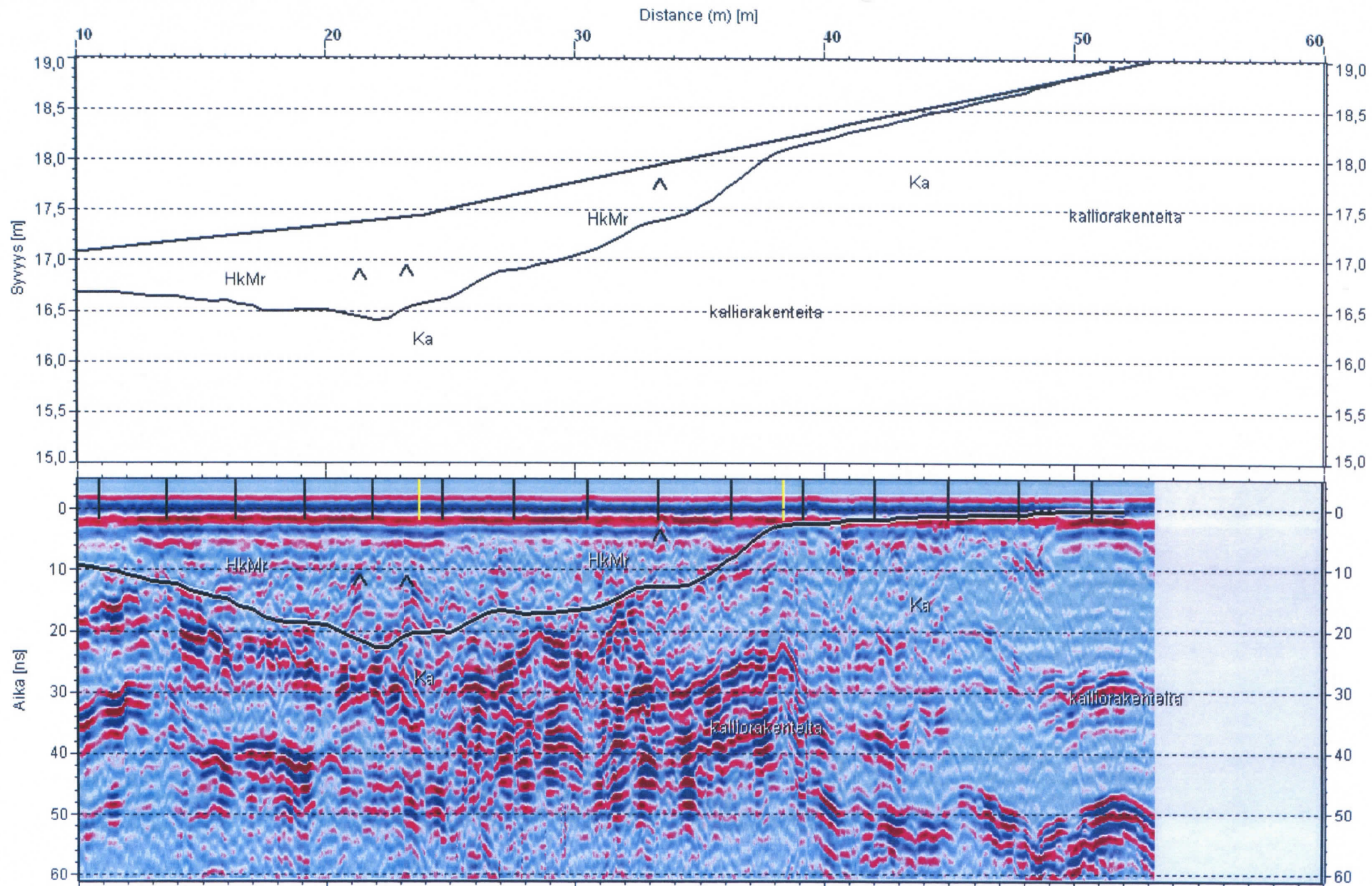
Mittakaava 1:300
 Päiväys 9.9.2014
 Asiakas
 Tekijä TM

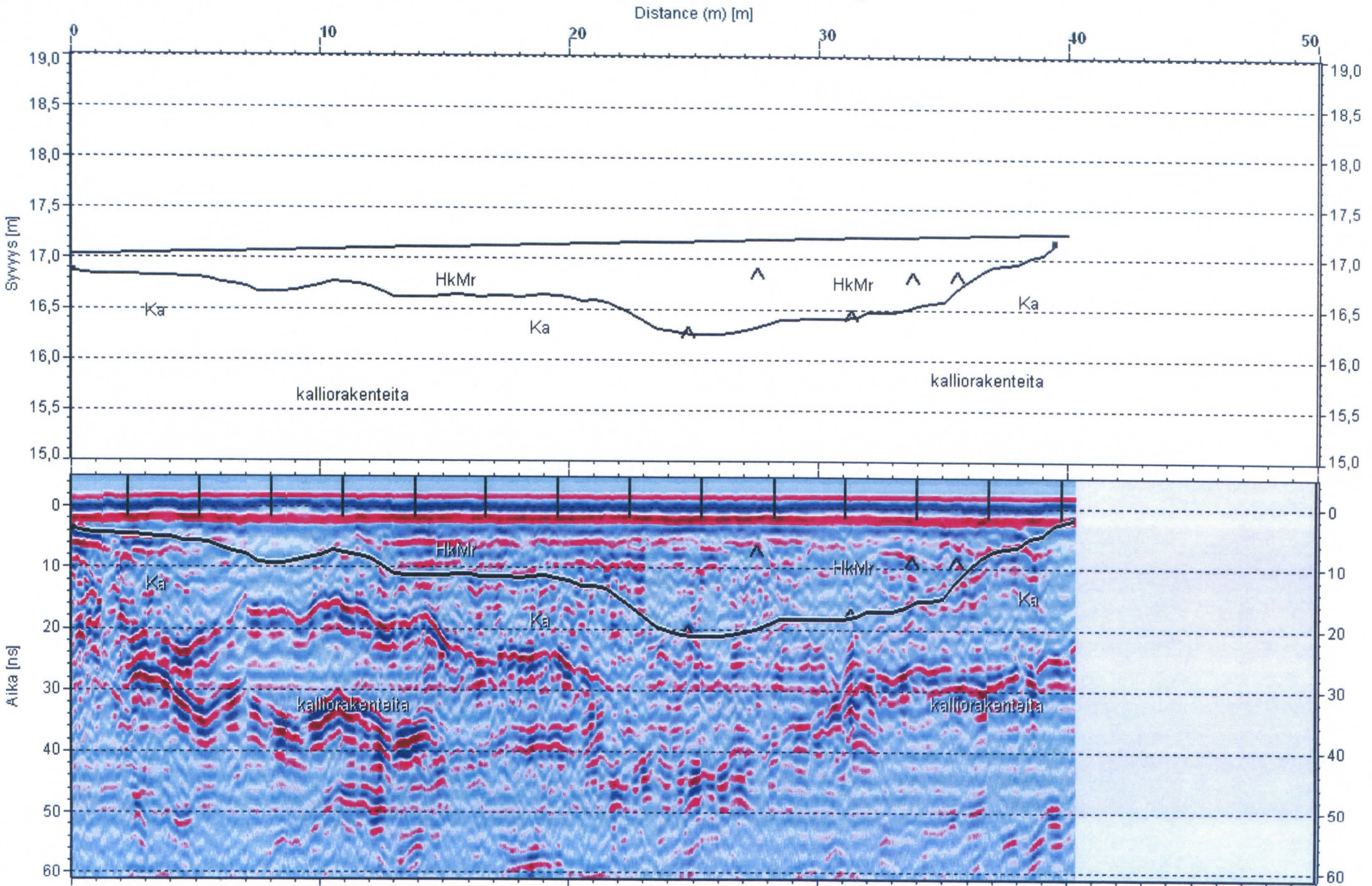


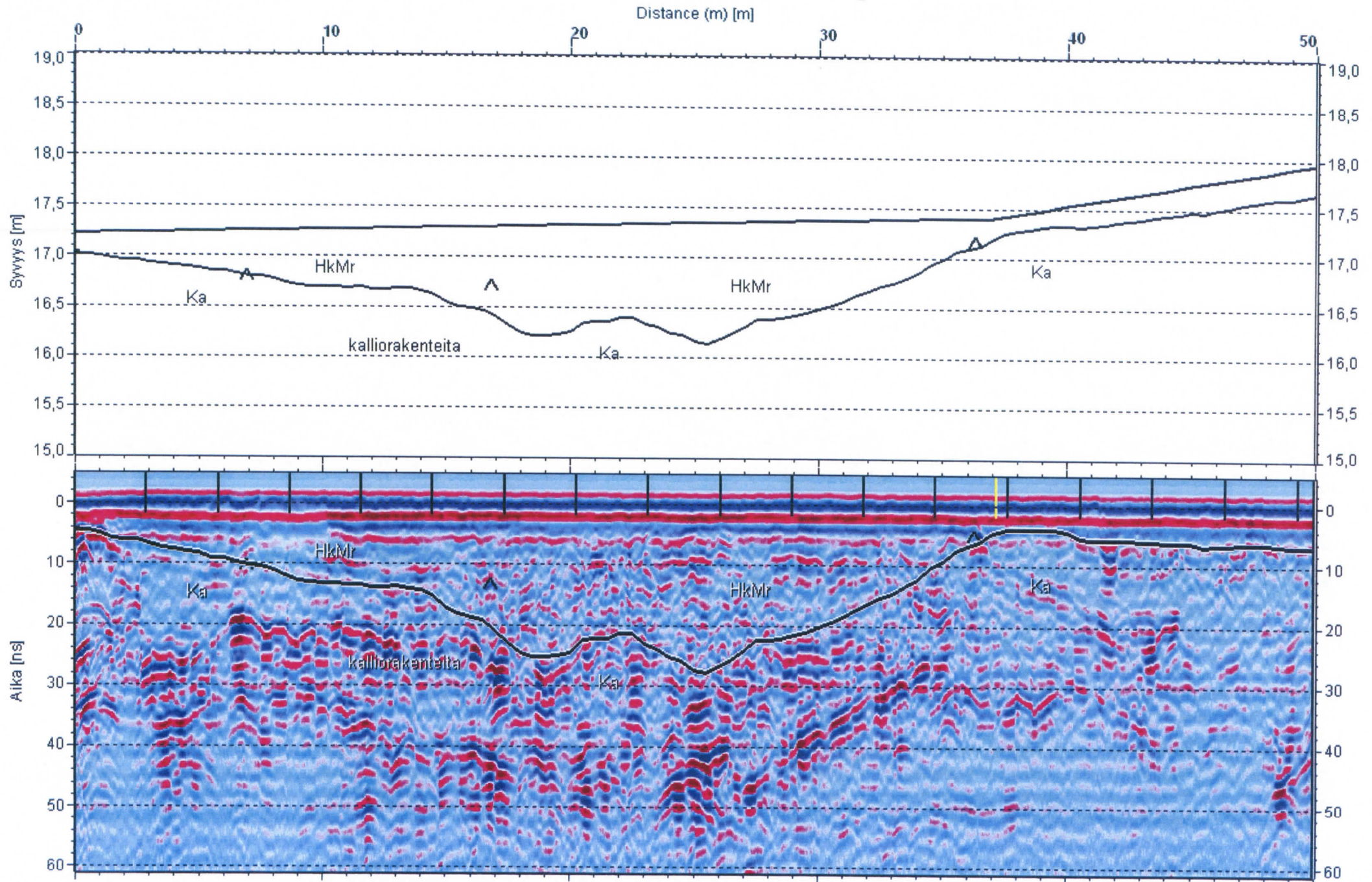
Projekti
 Arlainstituutti
 Espoo
 Maatutkalinjat

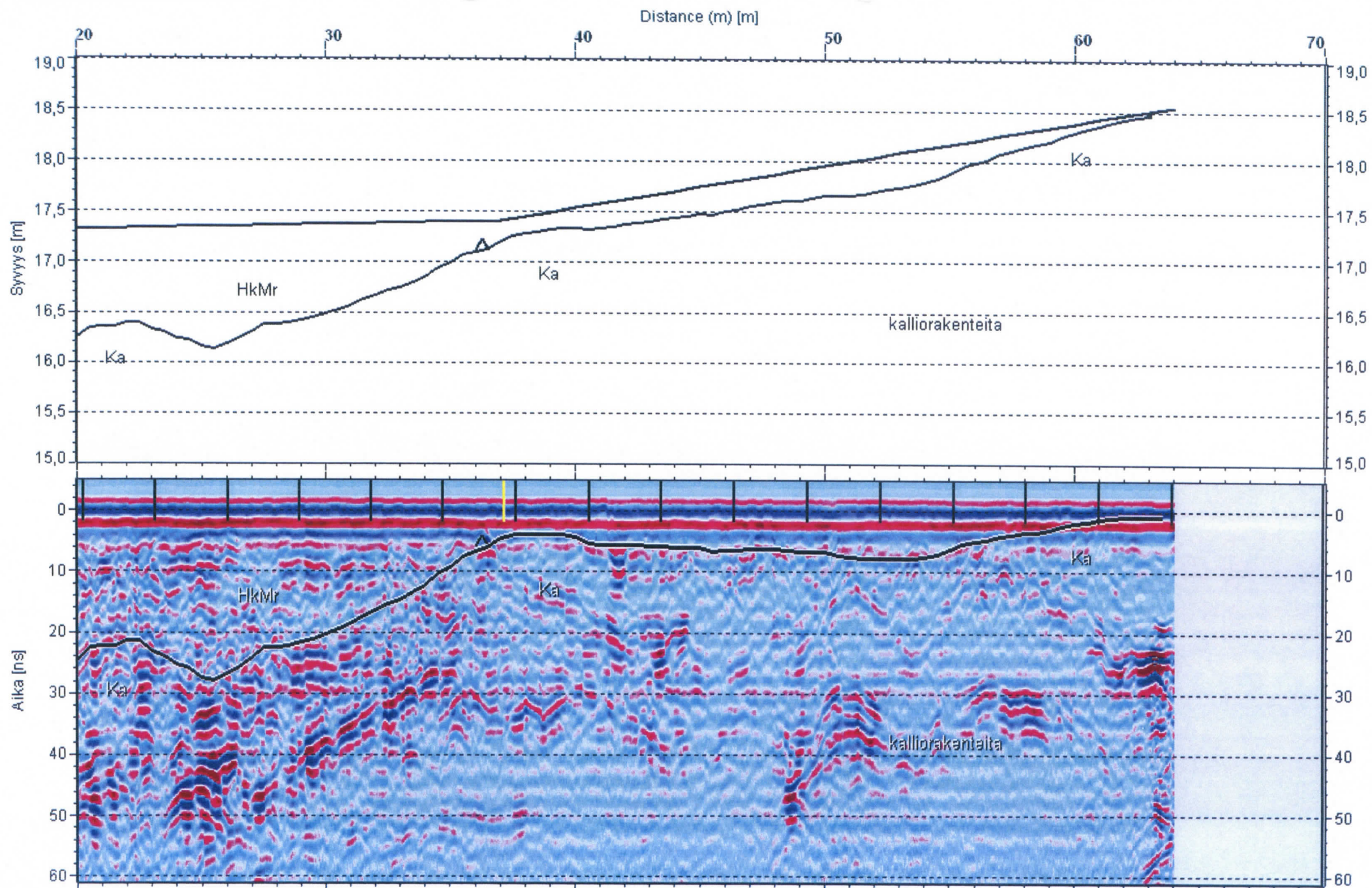
Mittakaava 1:300
 Päiväys 9.9.2014
 Asiakas
 Tekijä TM



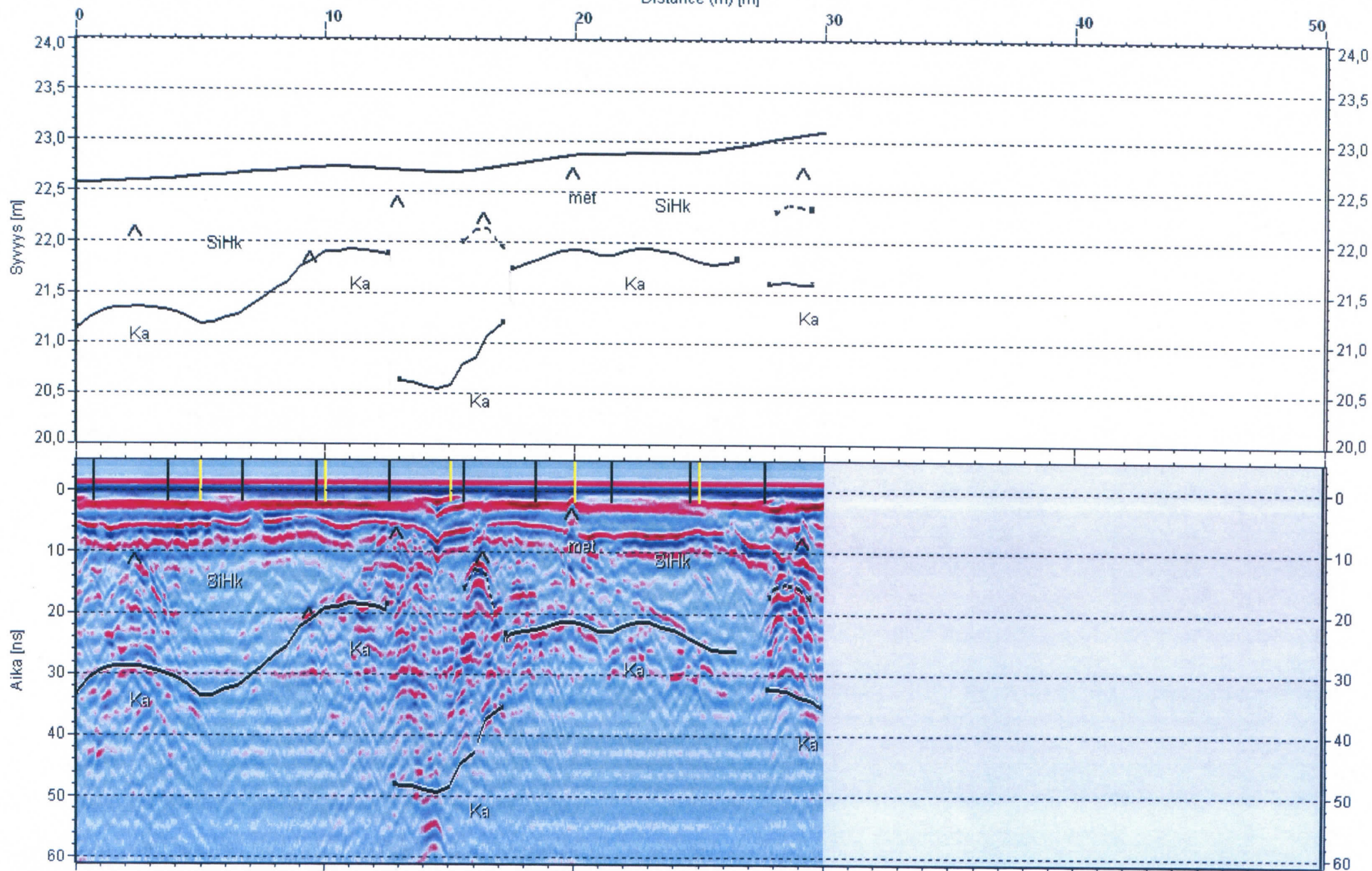




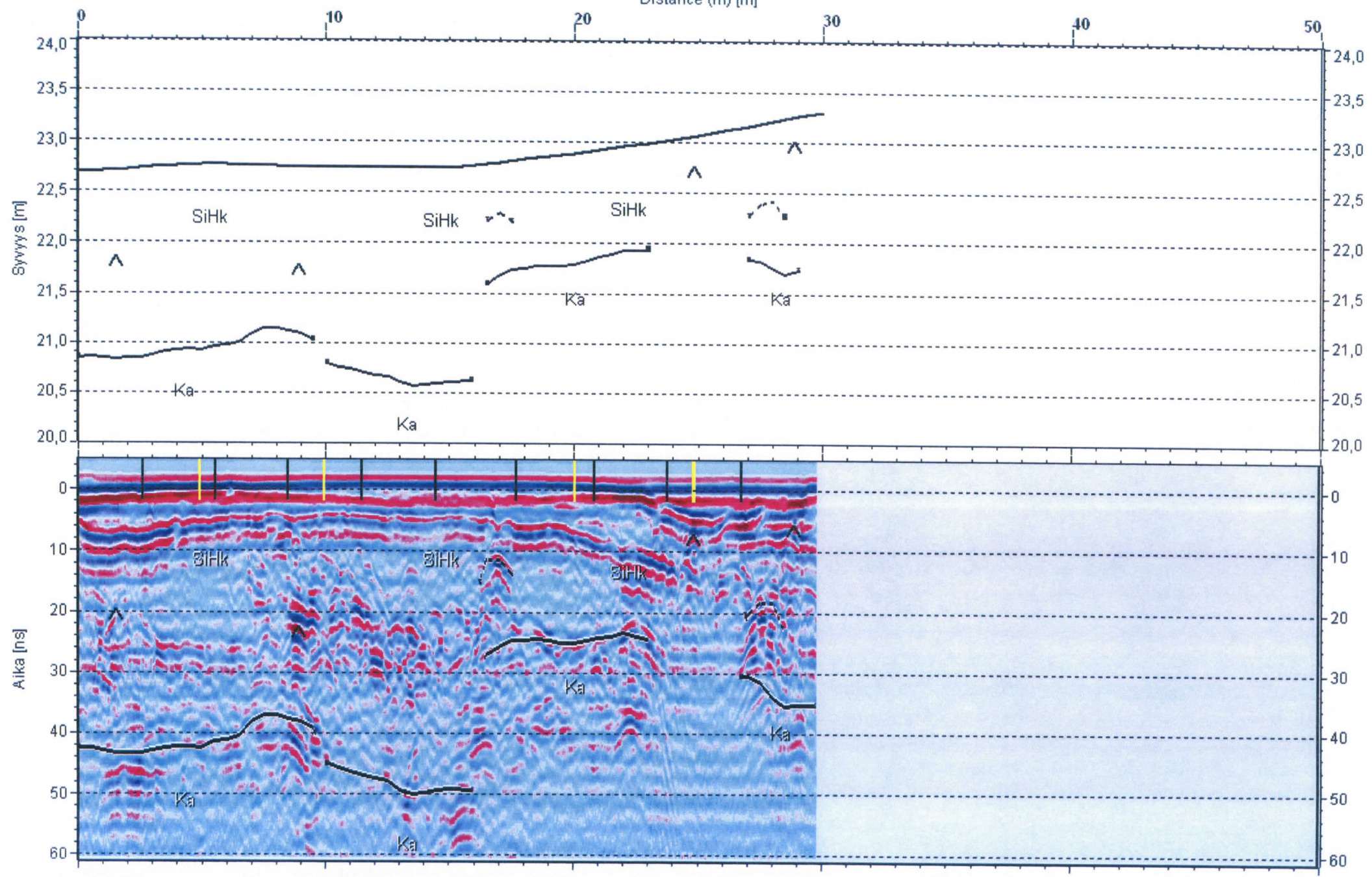




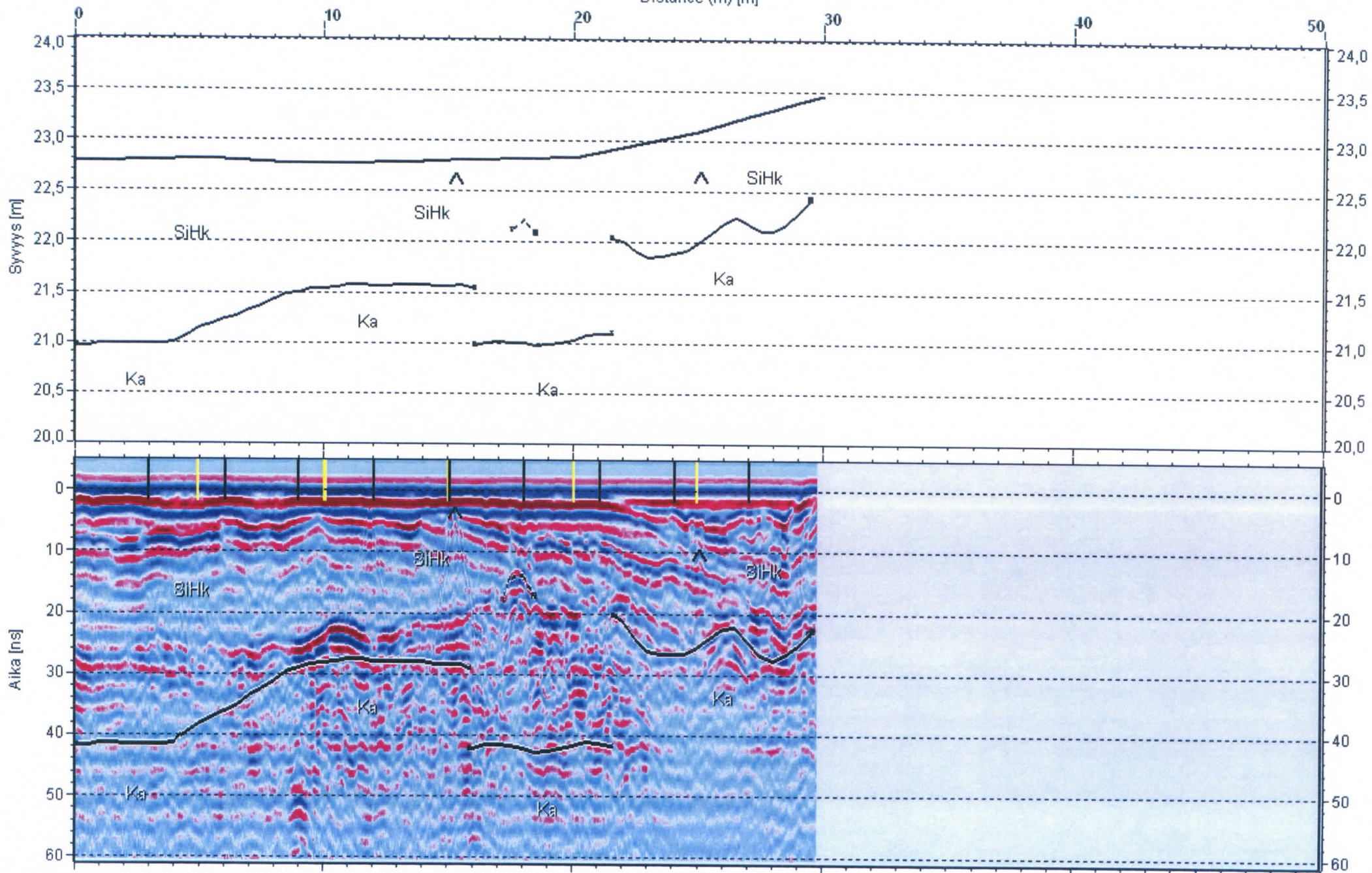
Distance (m) [m]

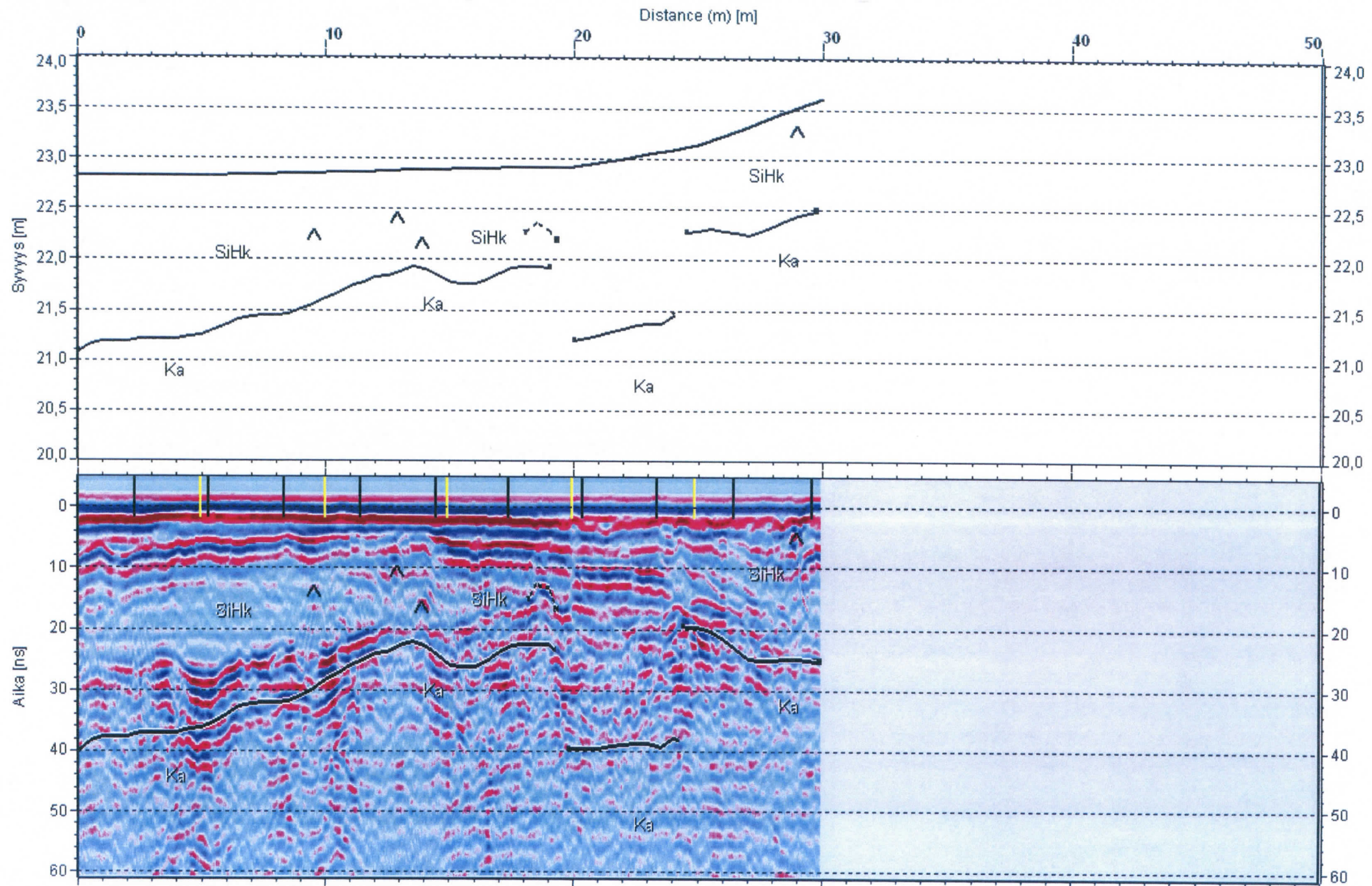


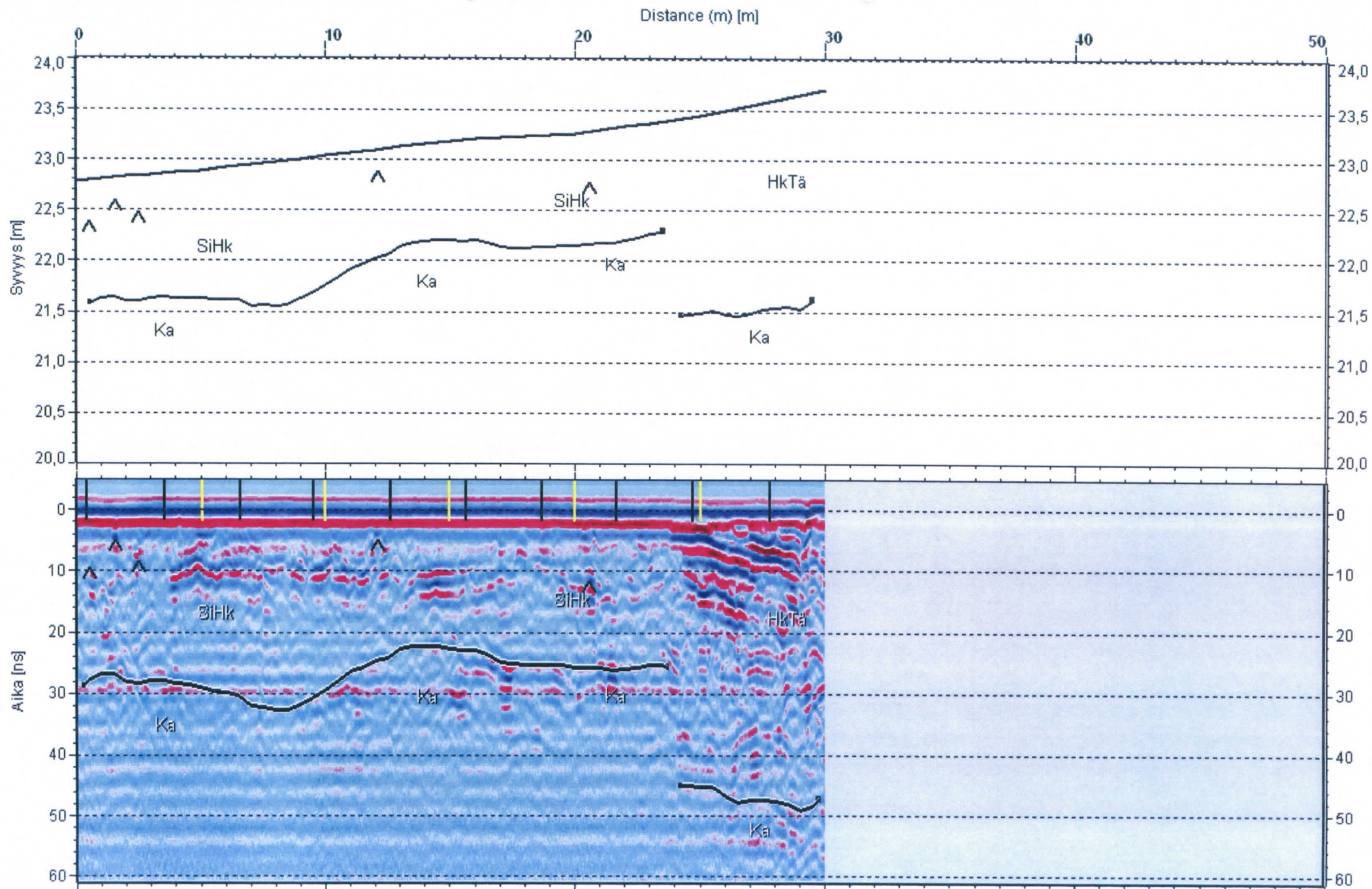
Distance (m) [m]

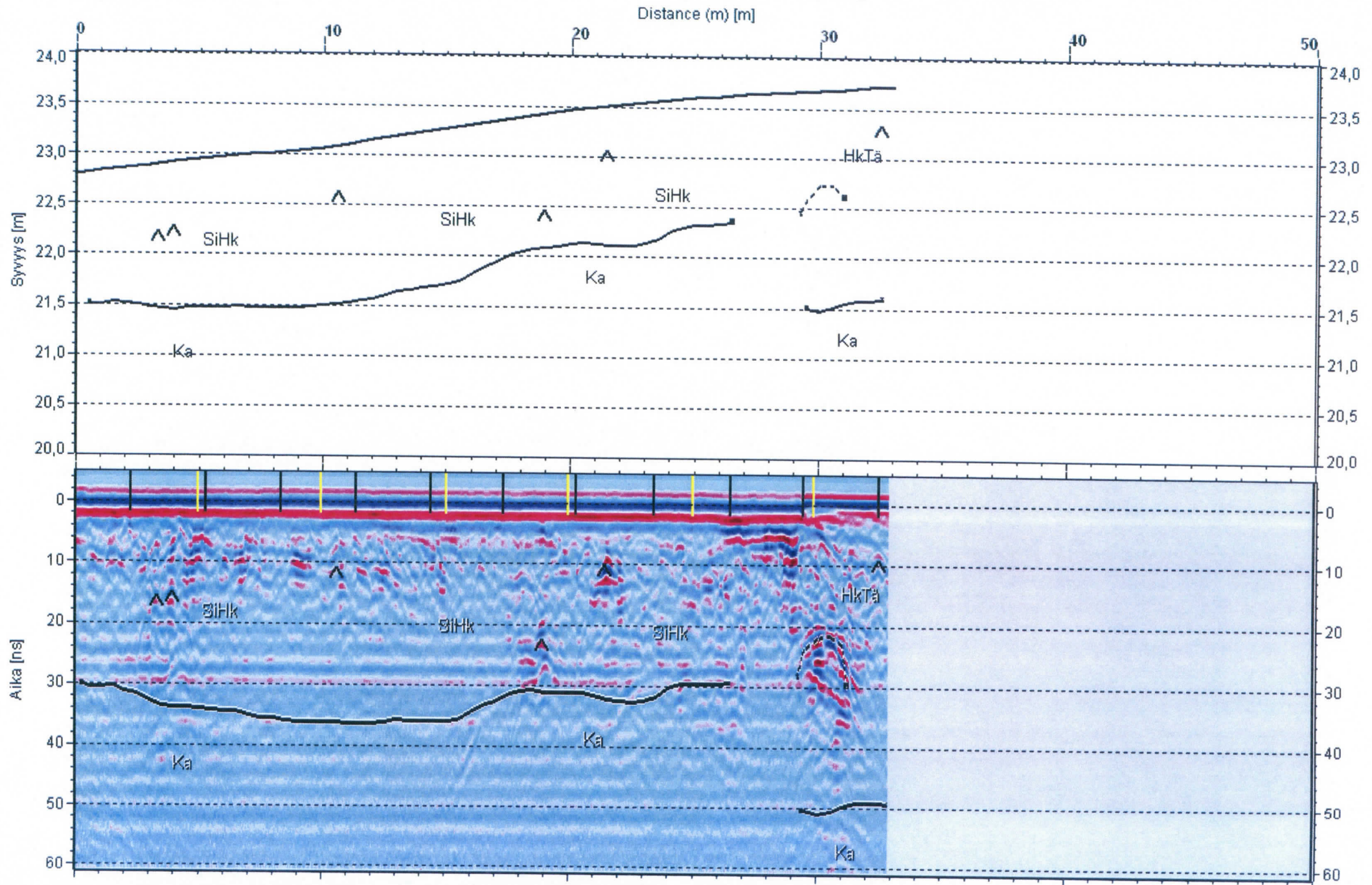


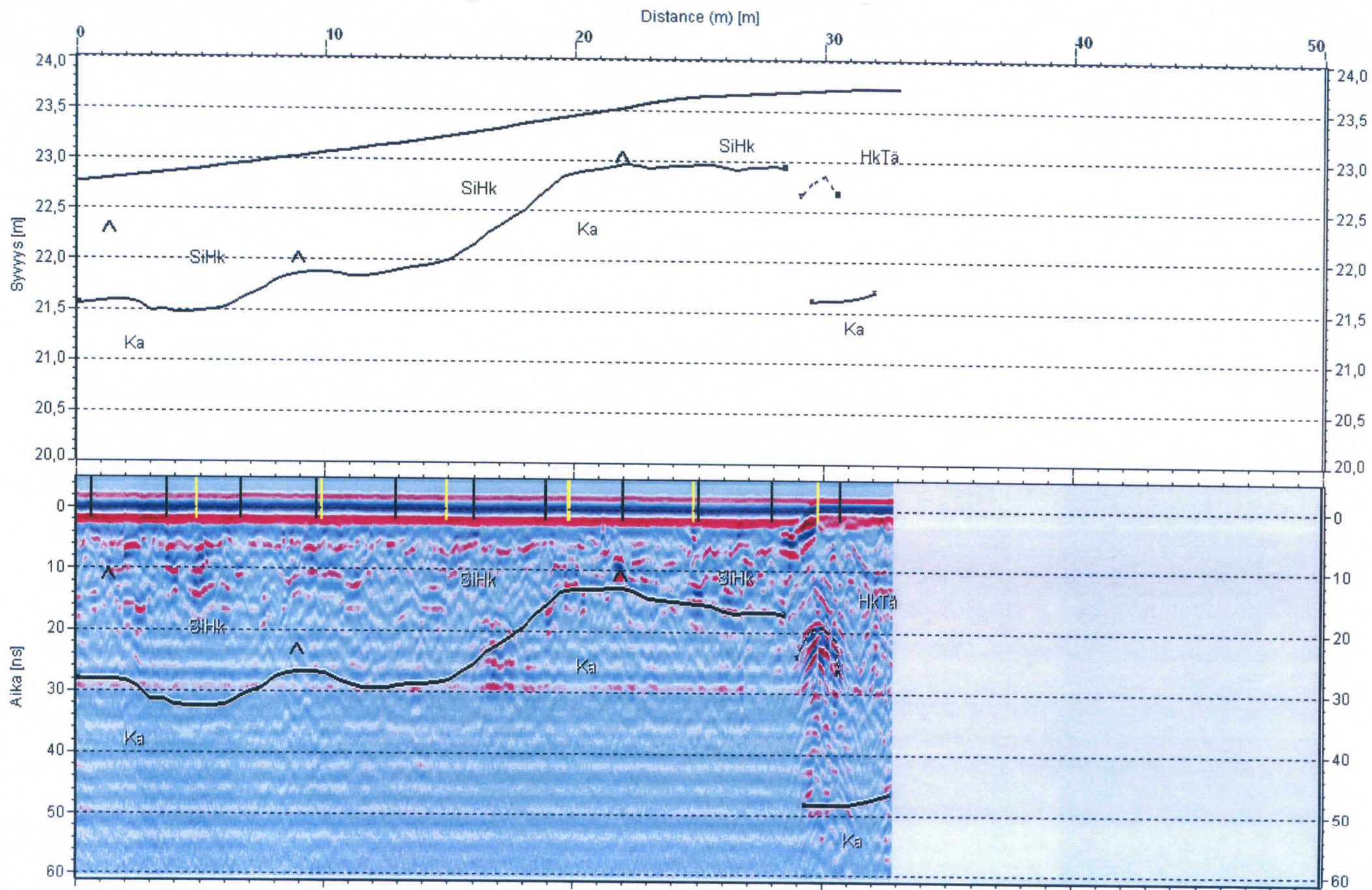
Distance (m) [m]



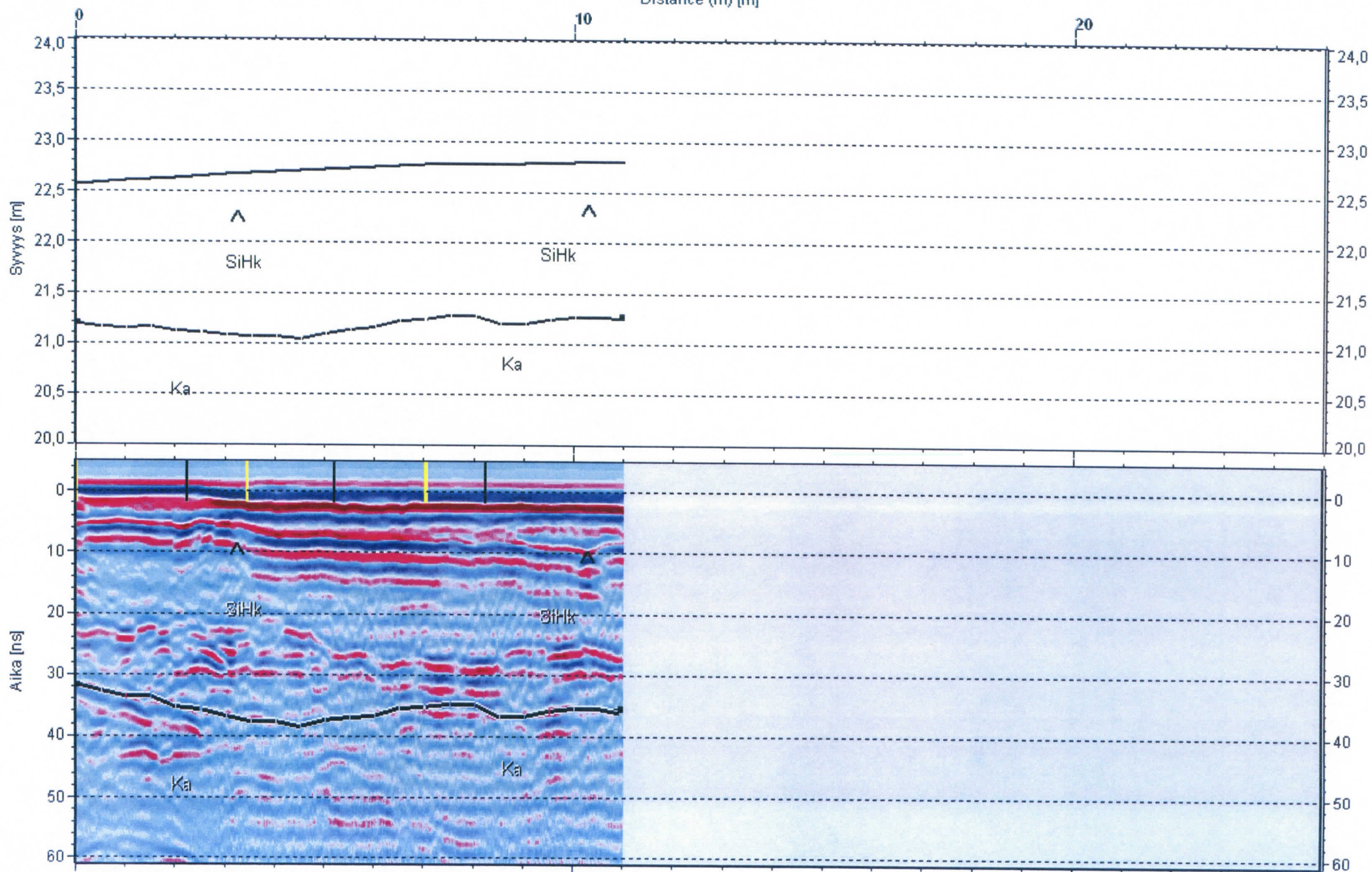




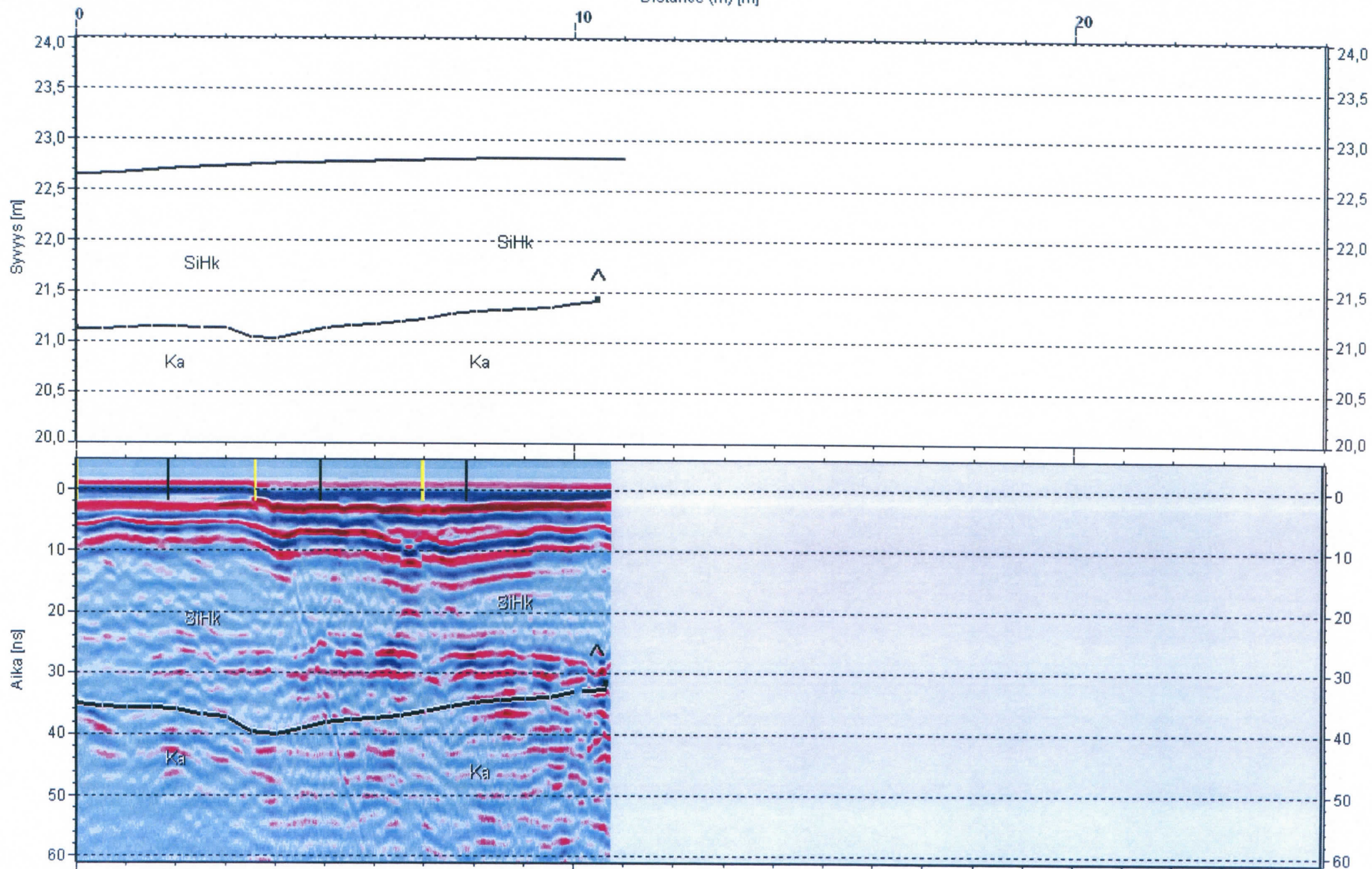




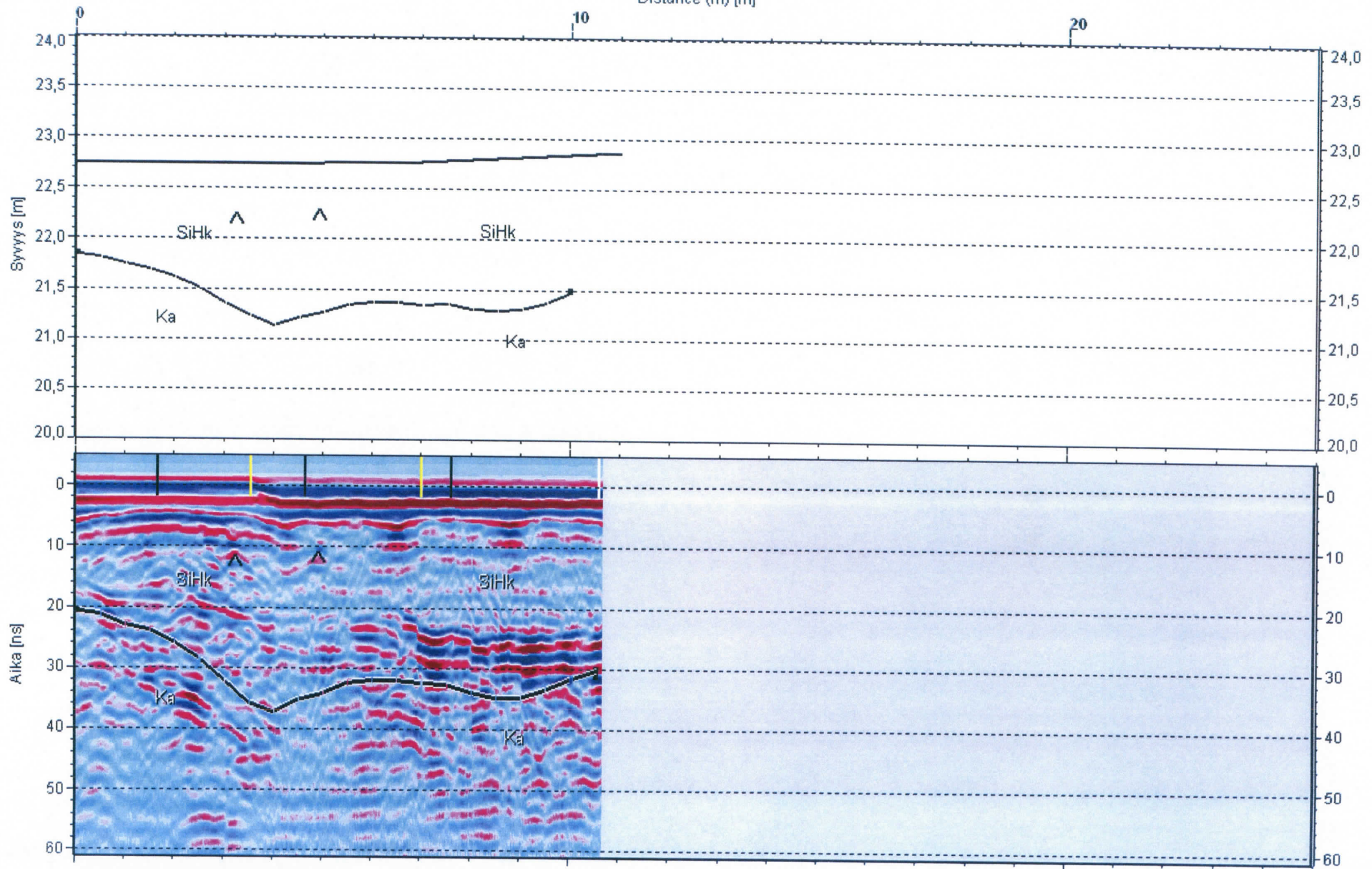
Distance (m) [m]



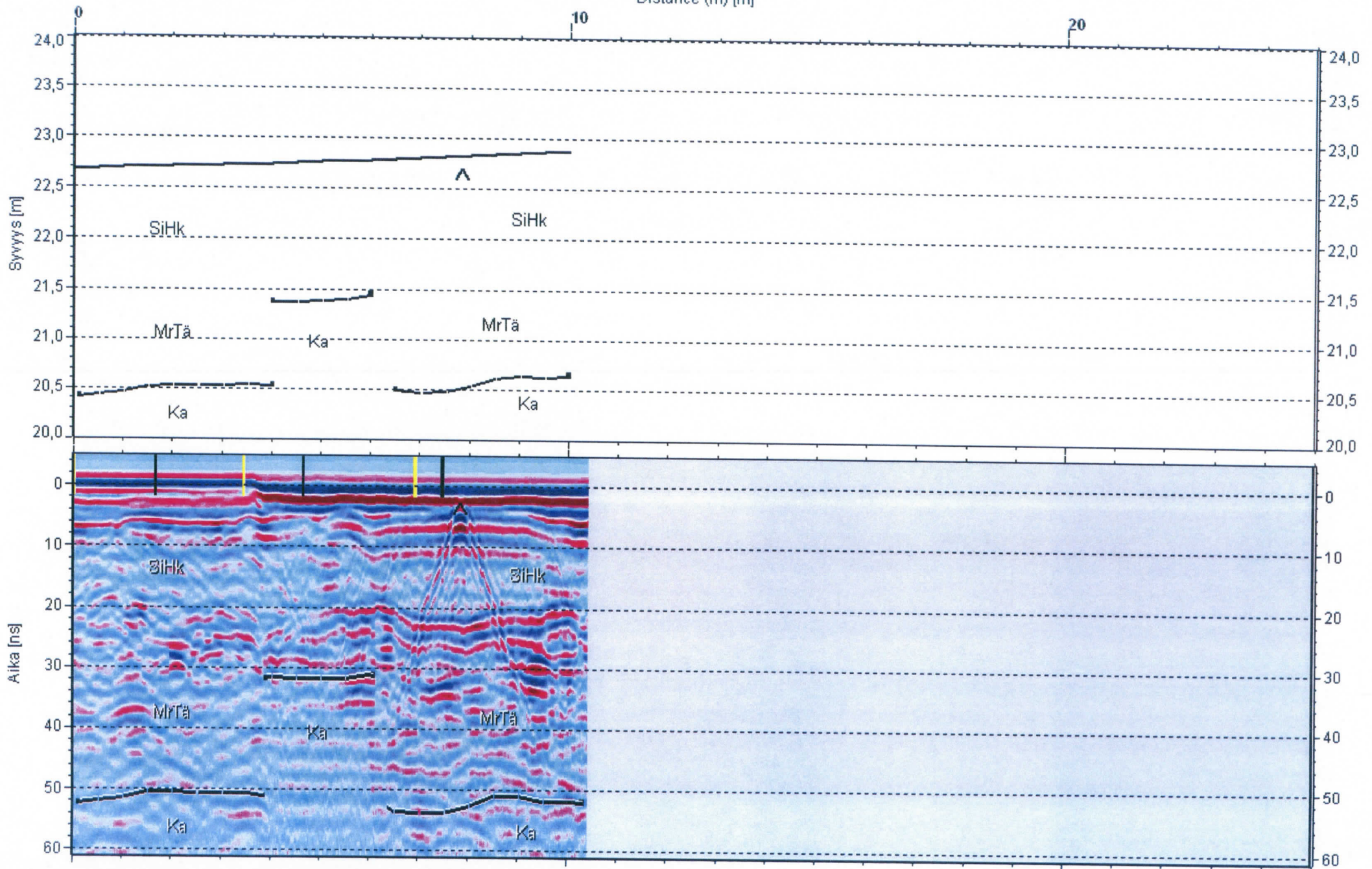
Distance (m) [m]



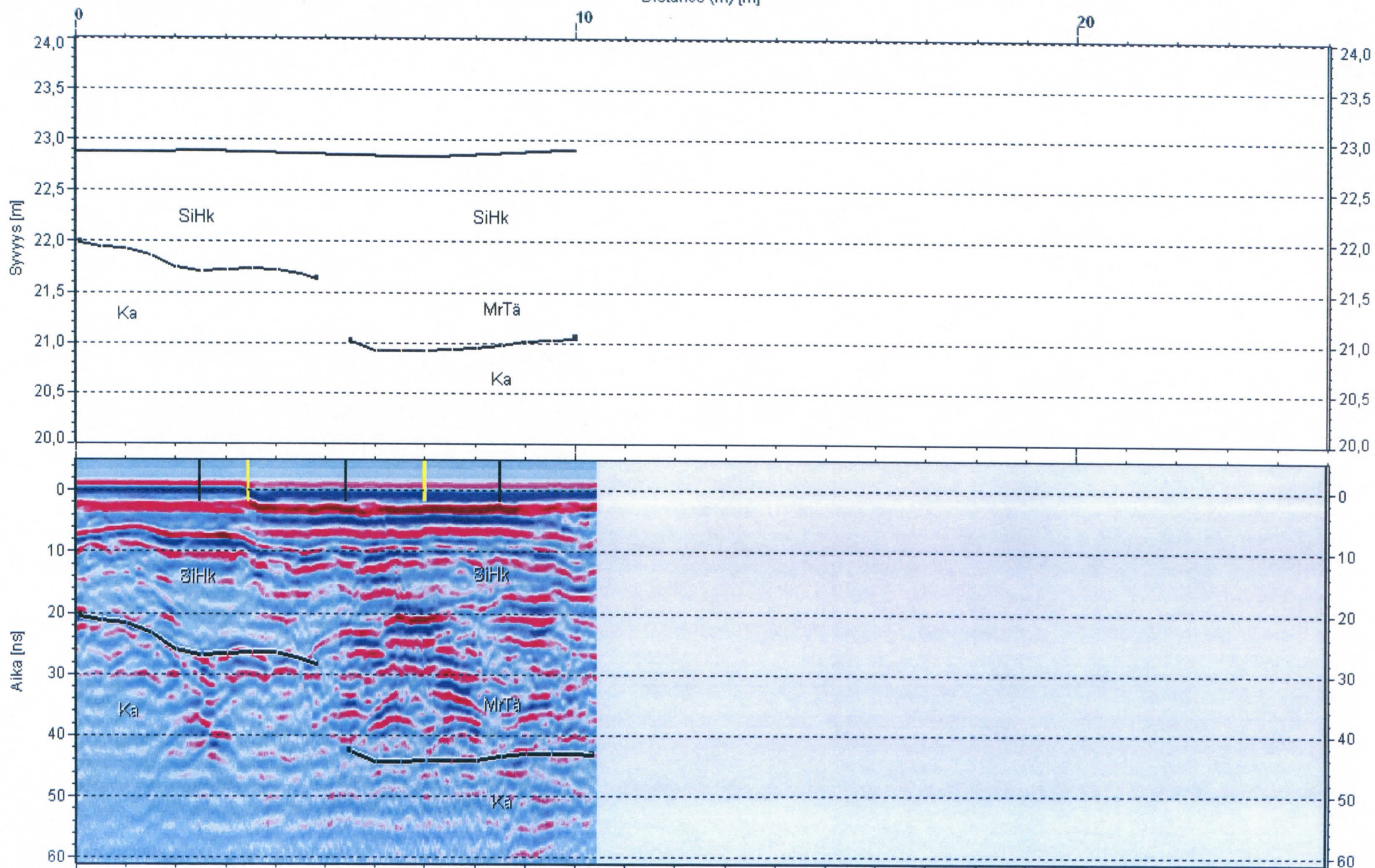
Distance (m) [m]



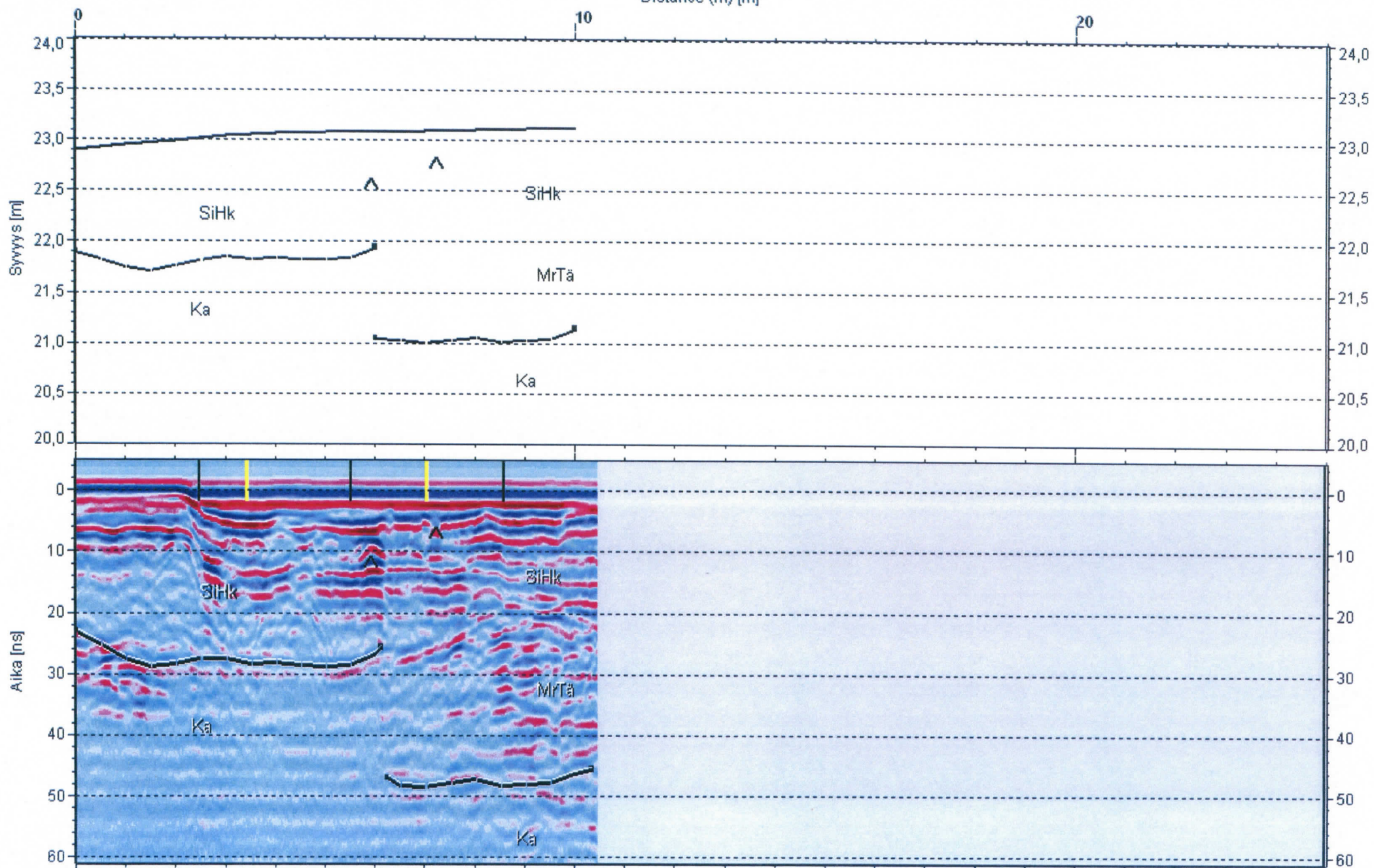
Distance (m) [m]

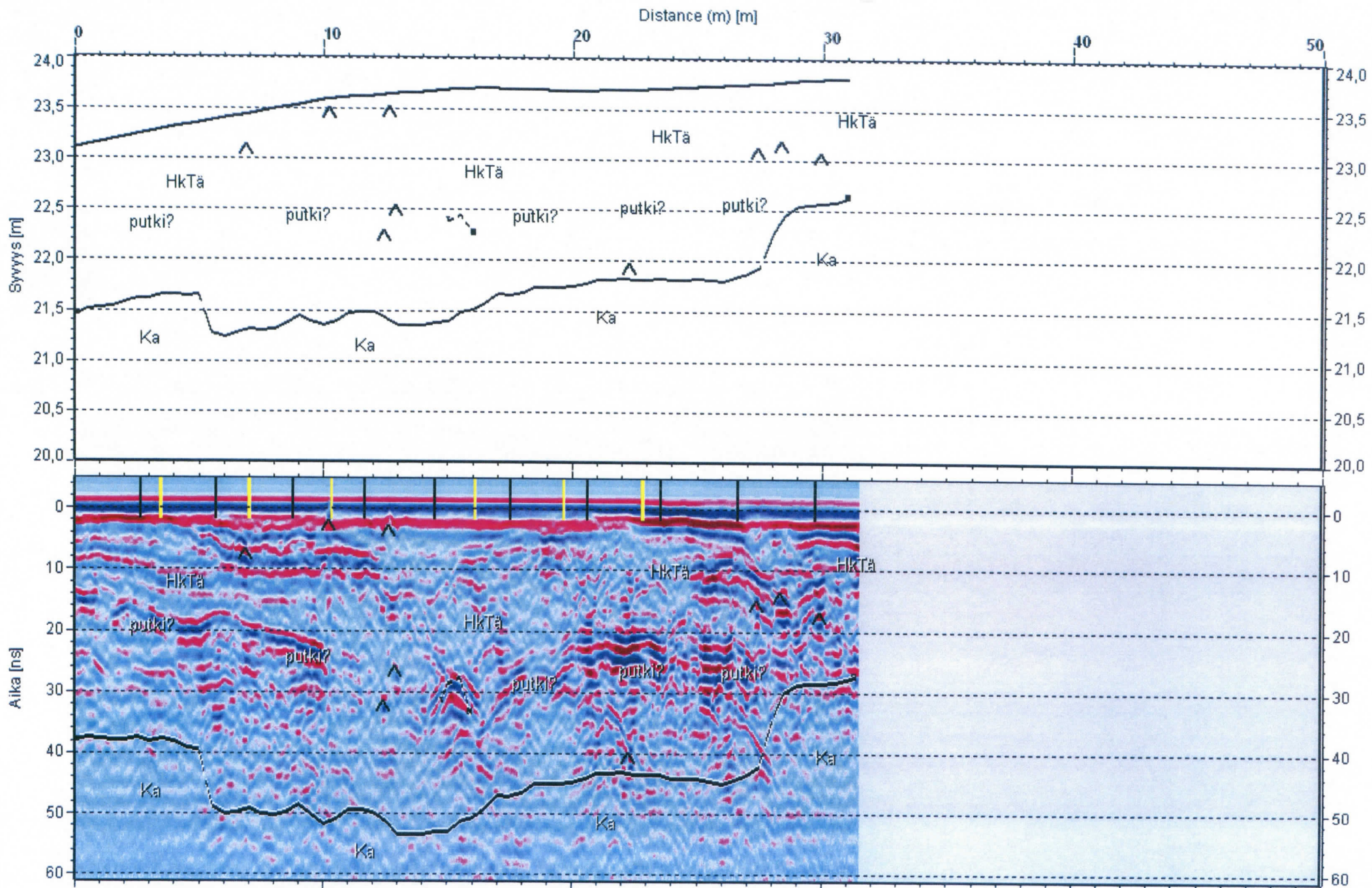


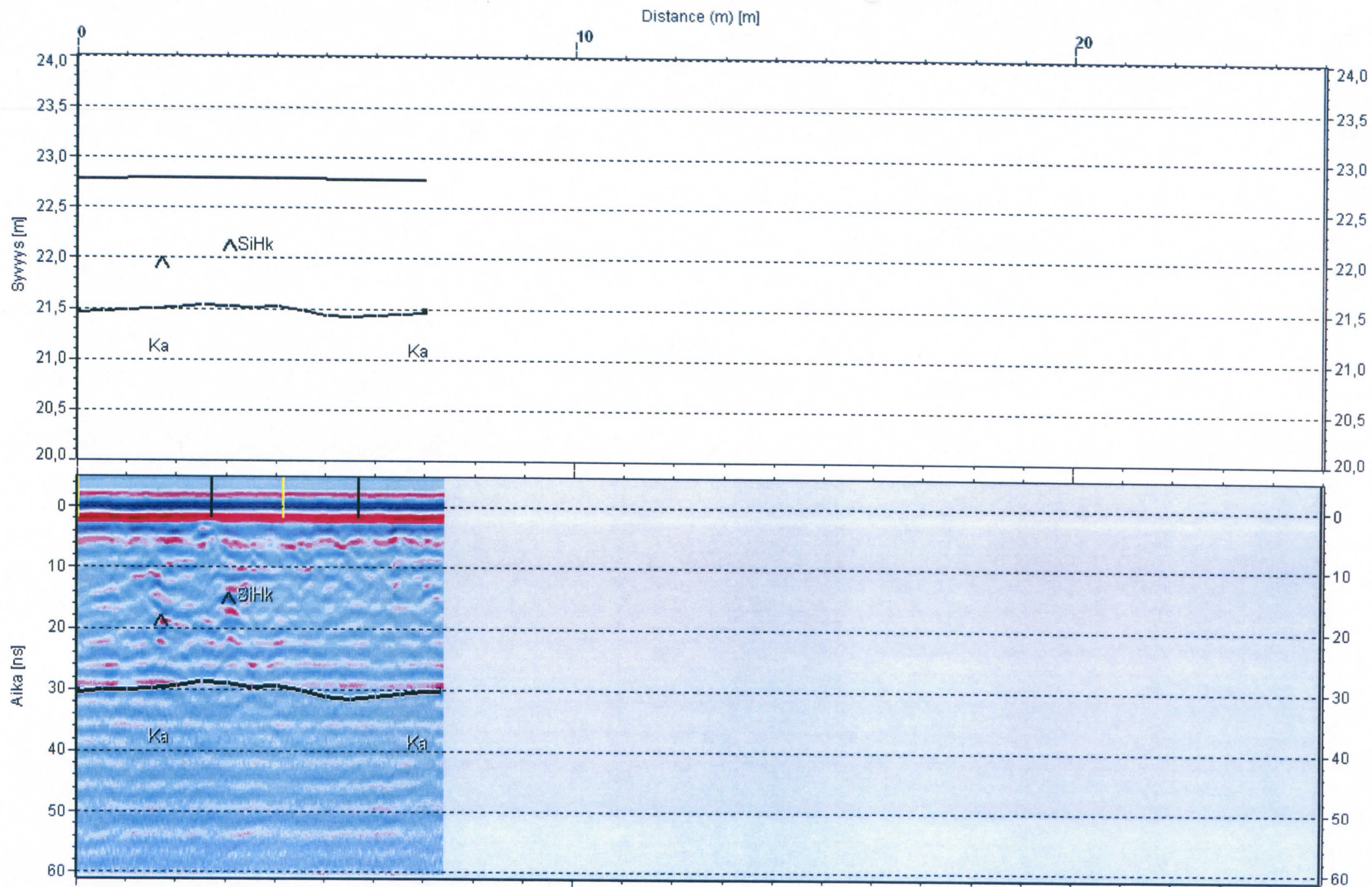
Distance (m) [m]



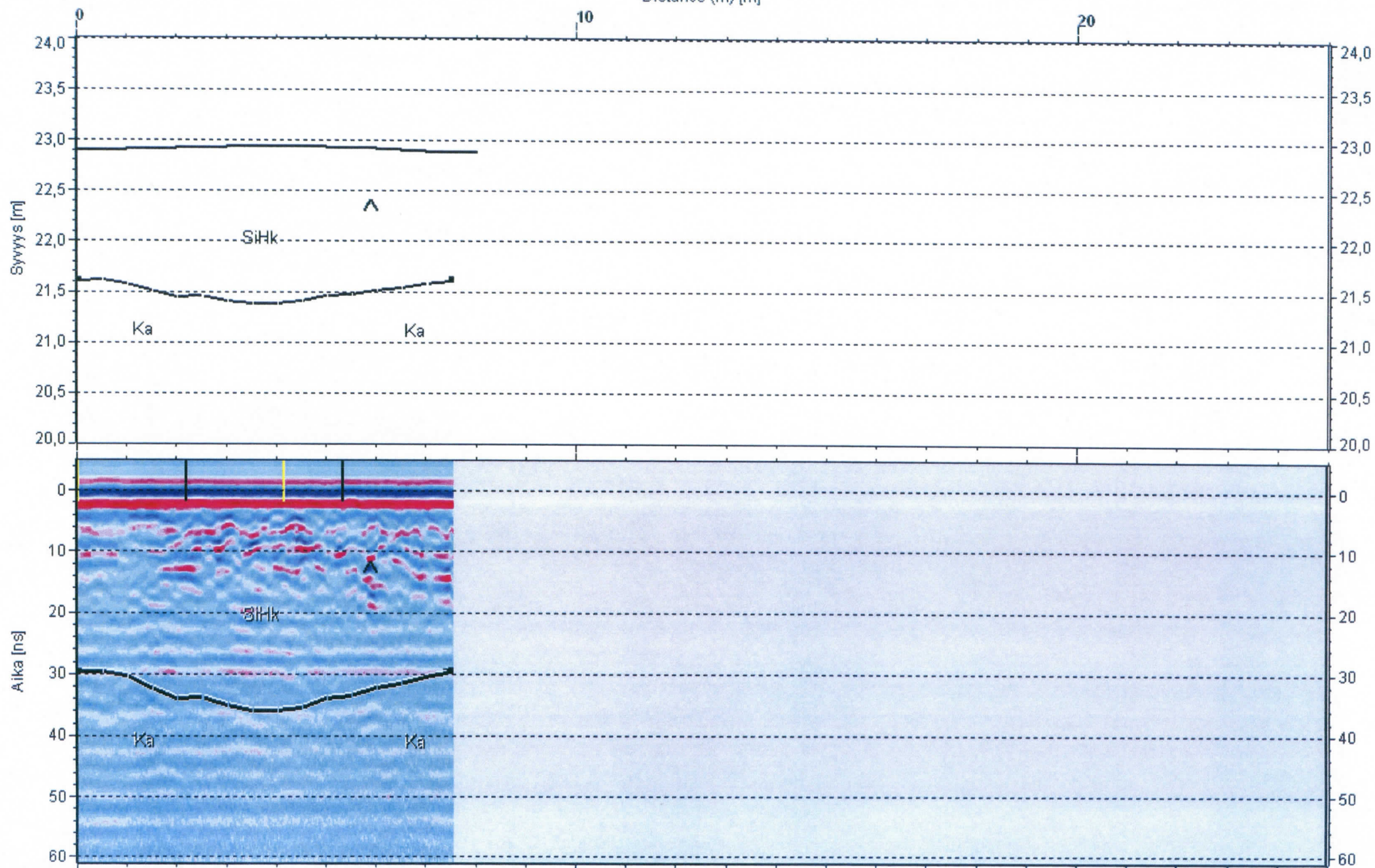
Distance (m) [m]

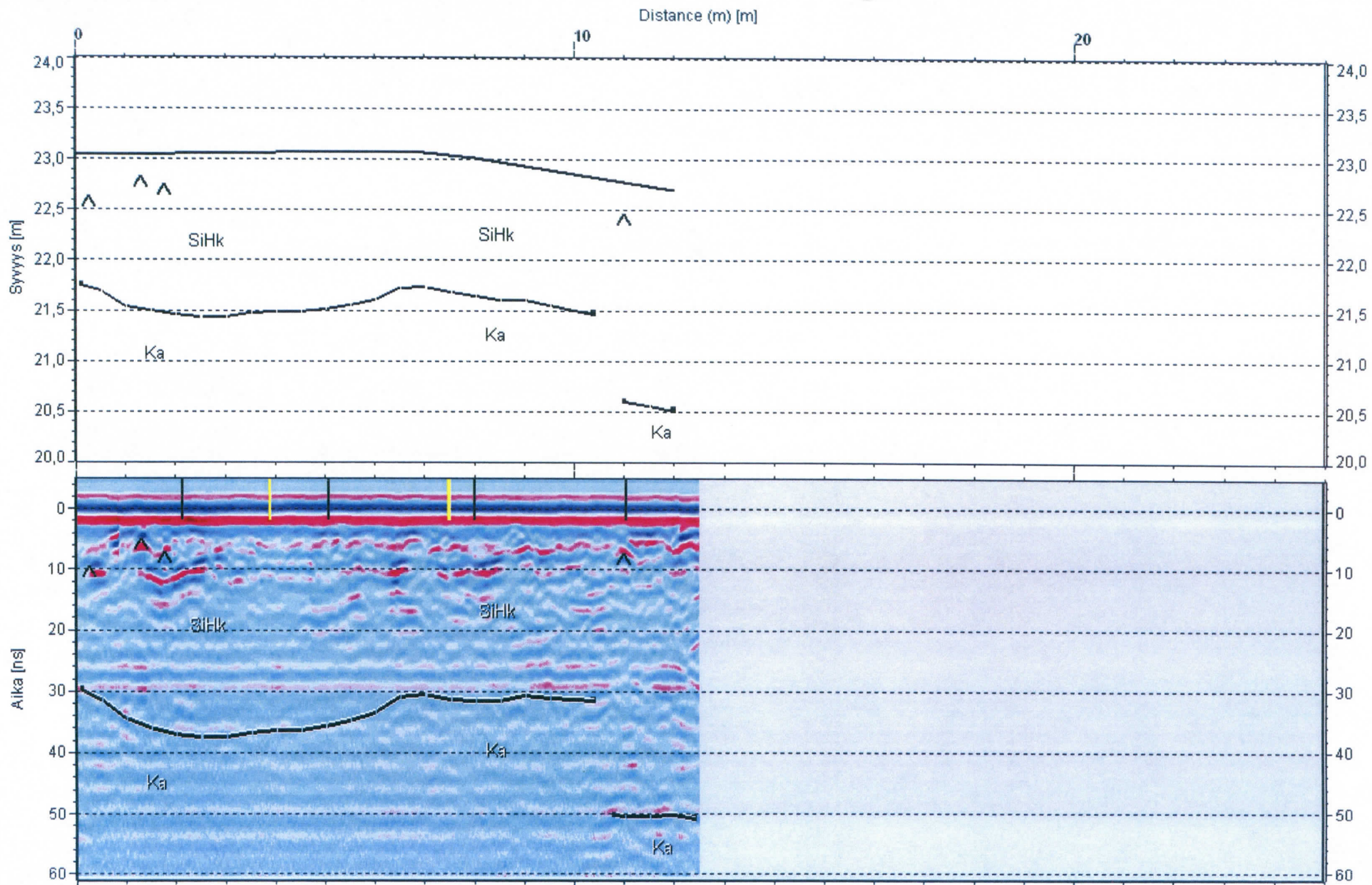


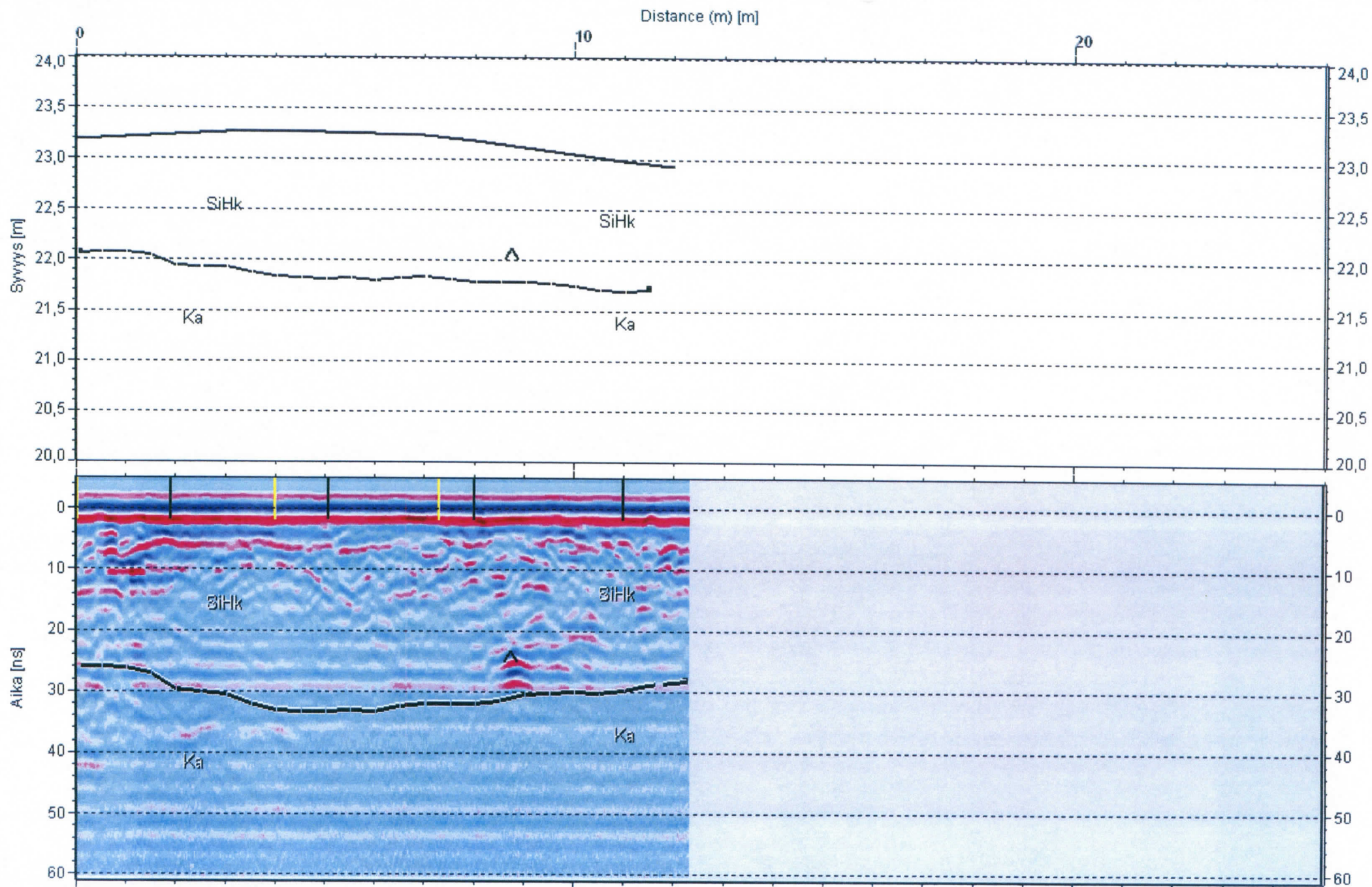


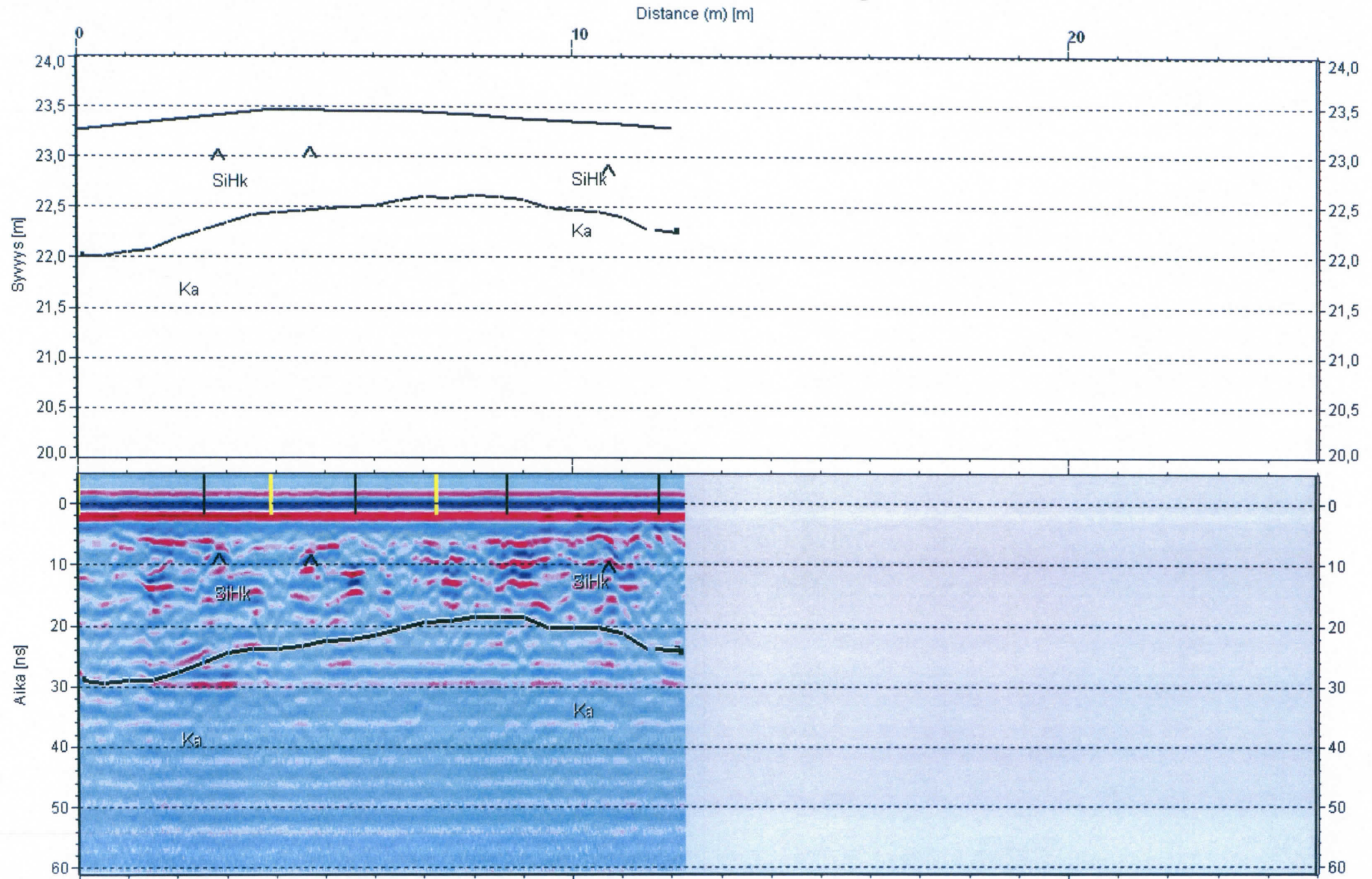


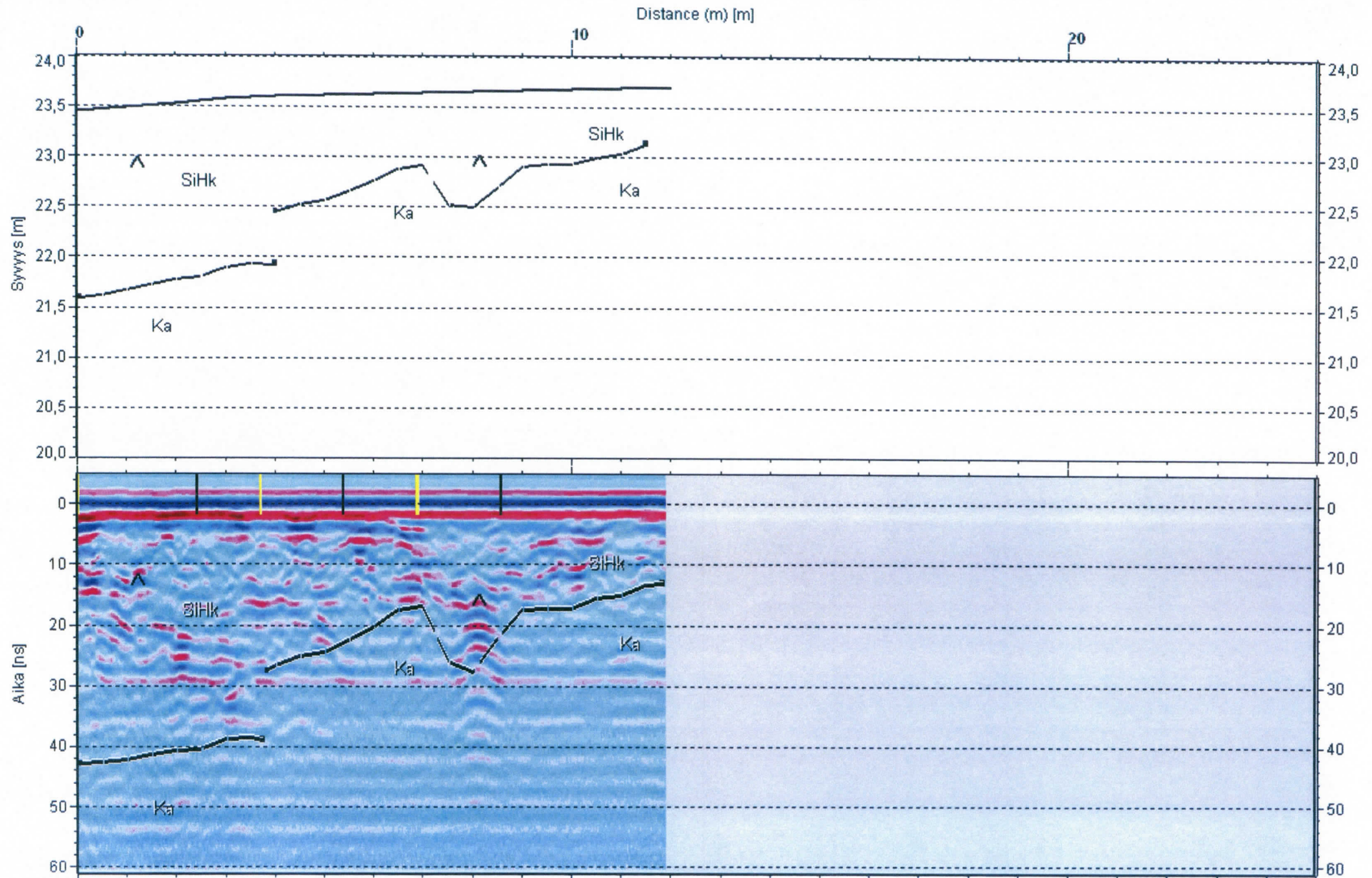
Distance (m) [m]



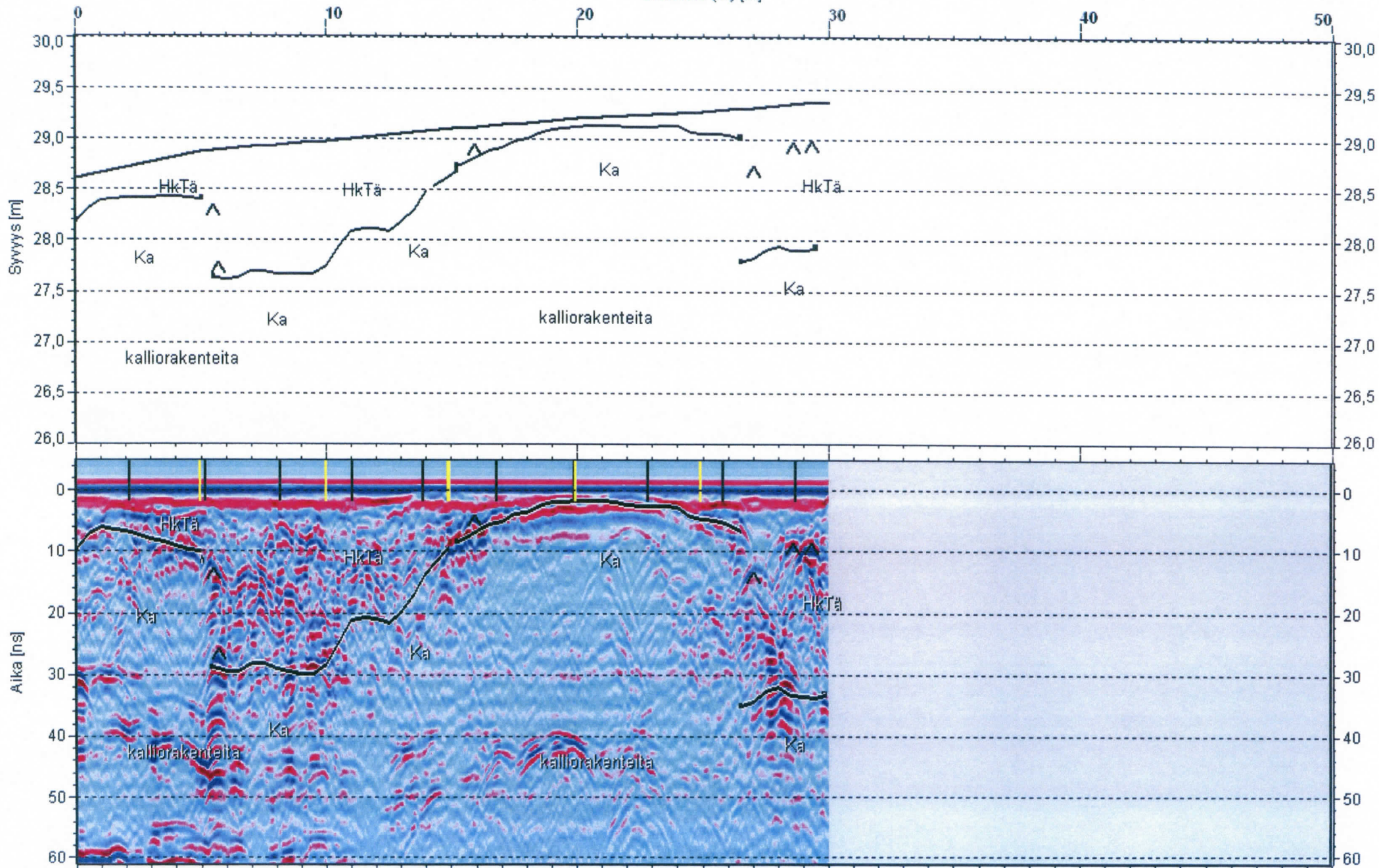


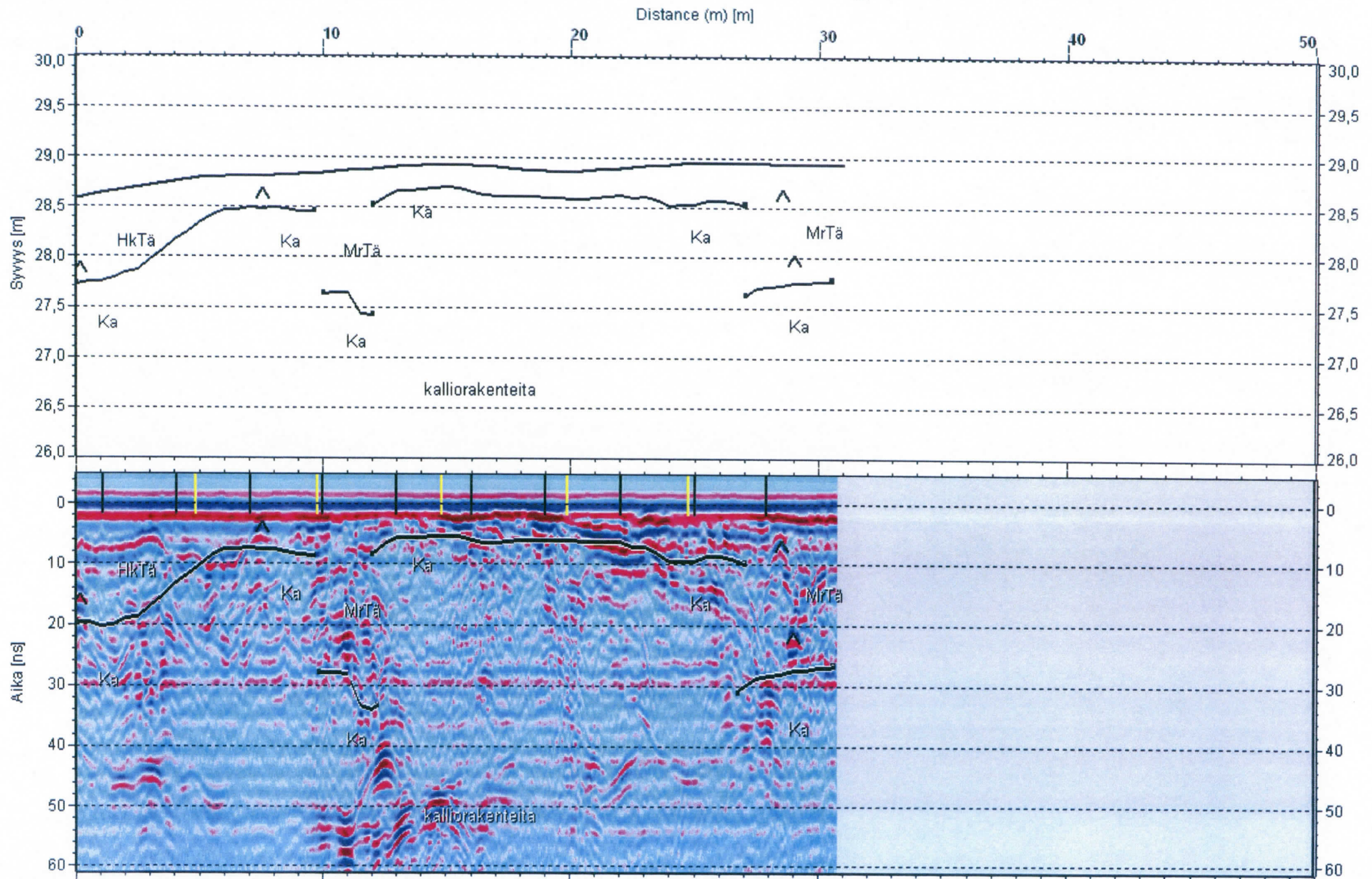


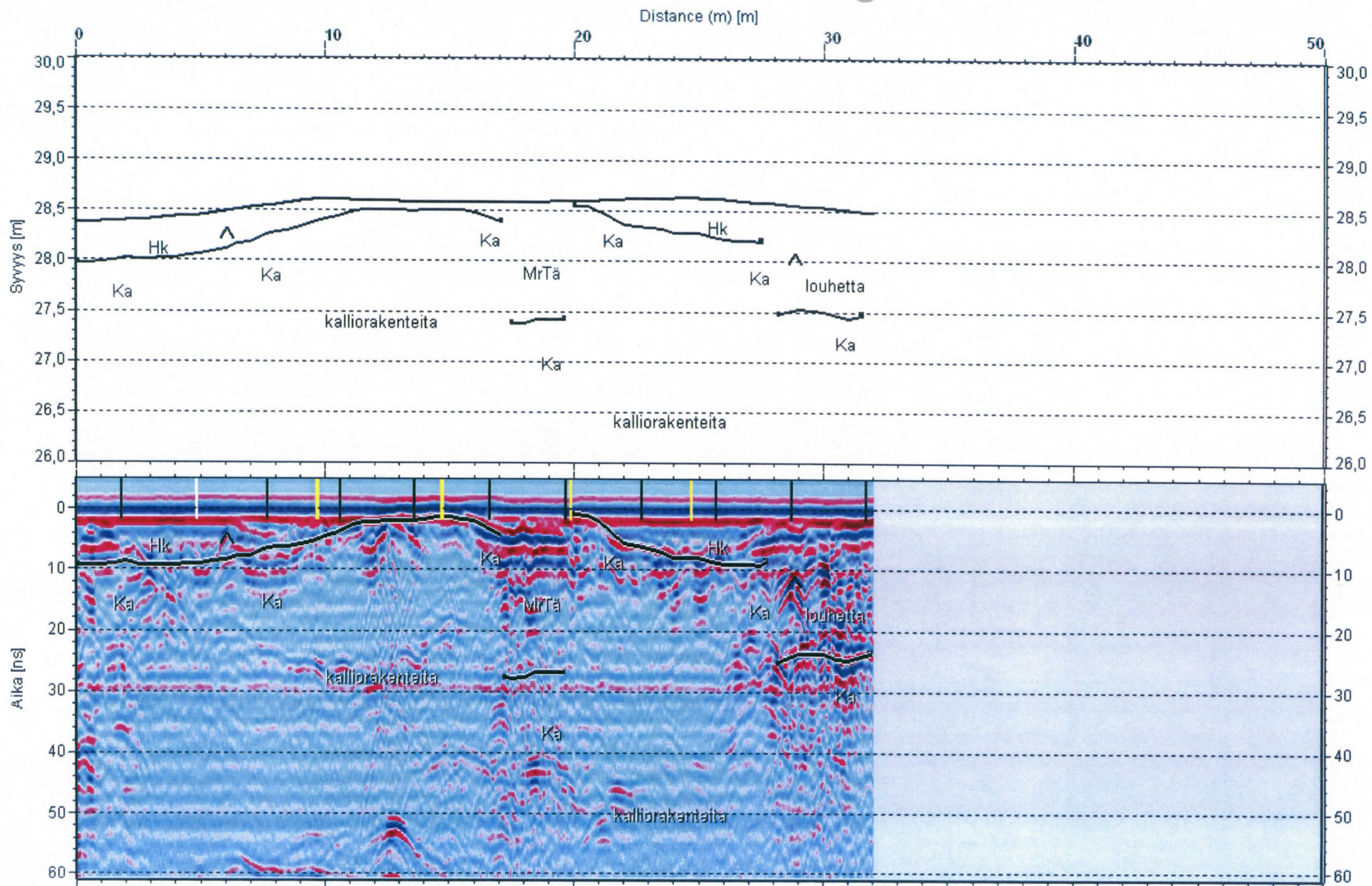


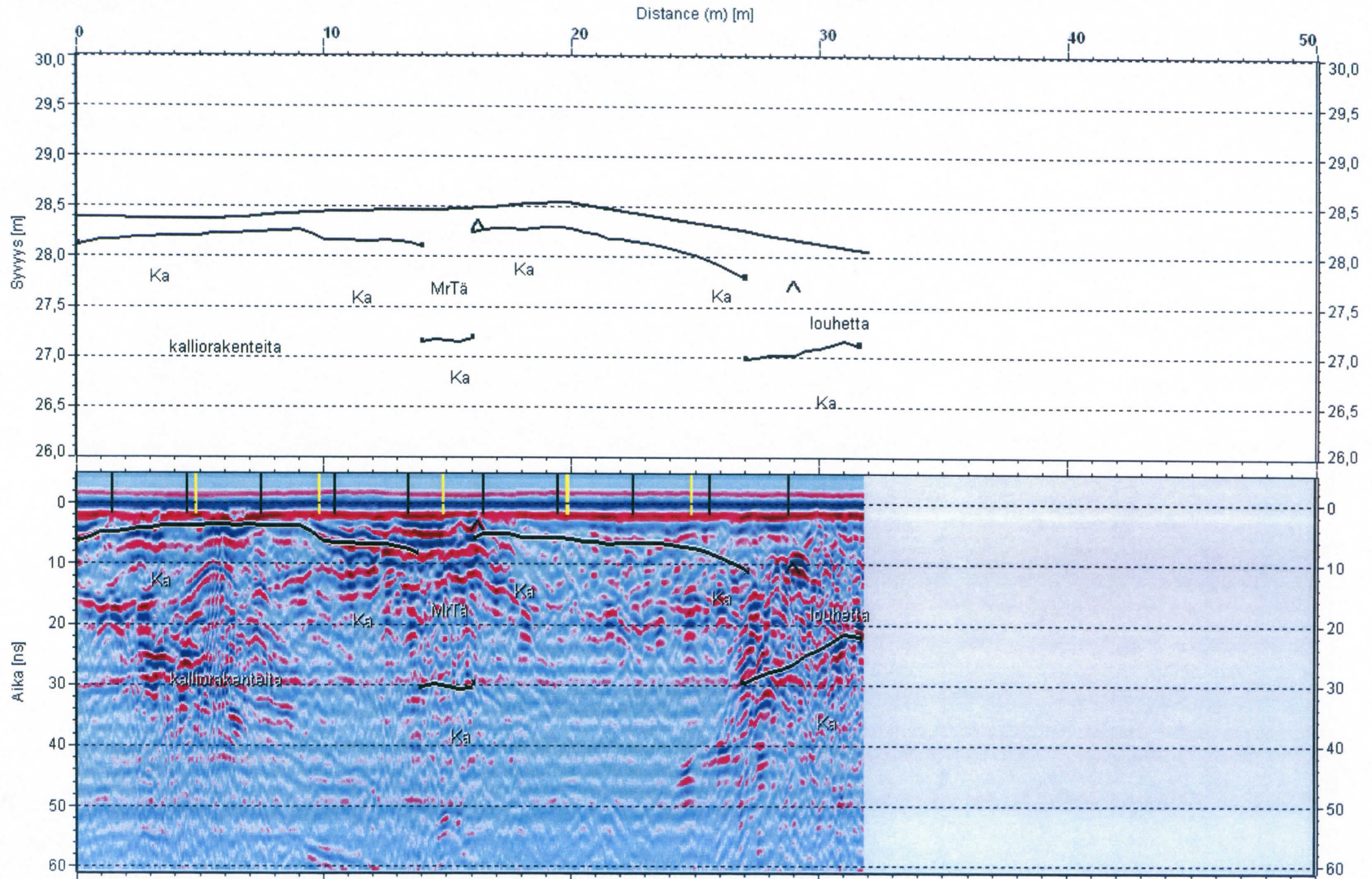


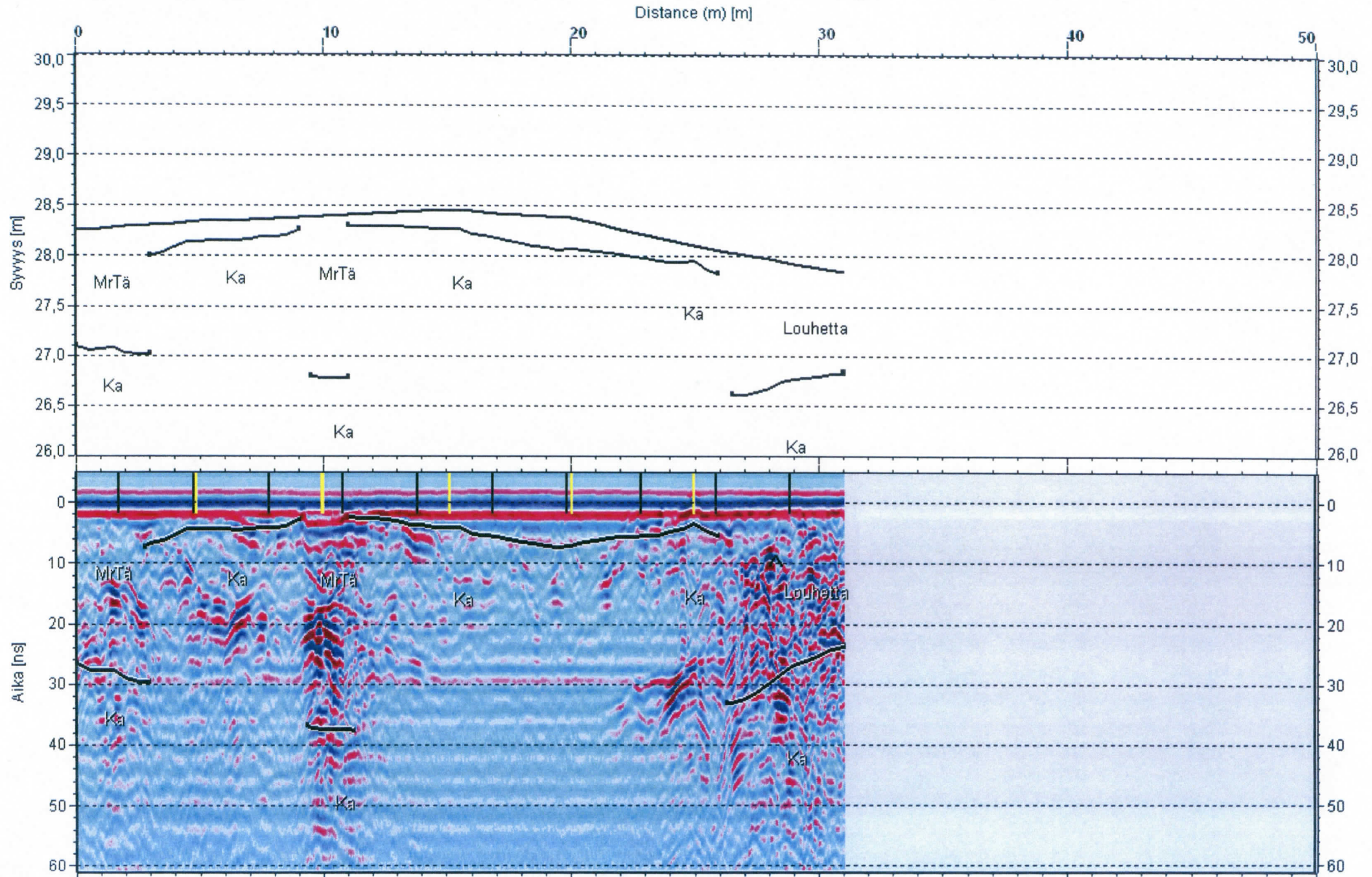
Distance (m) [m]



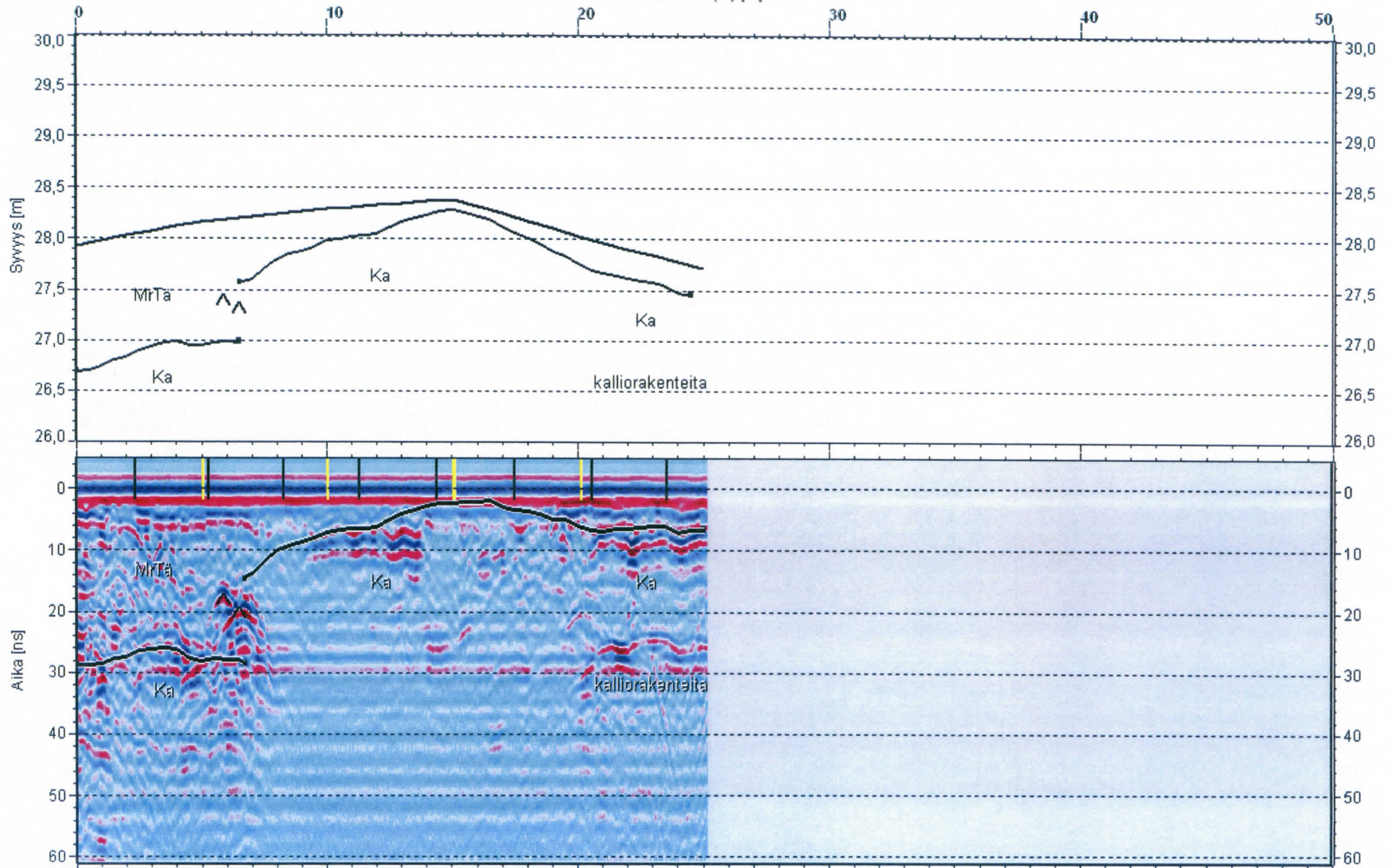


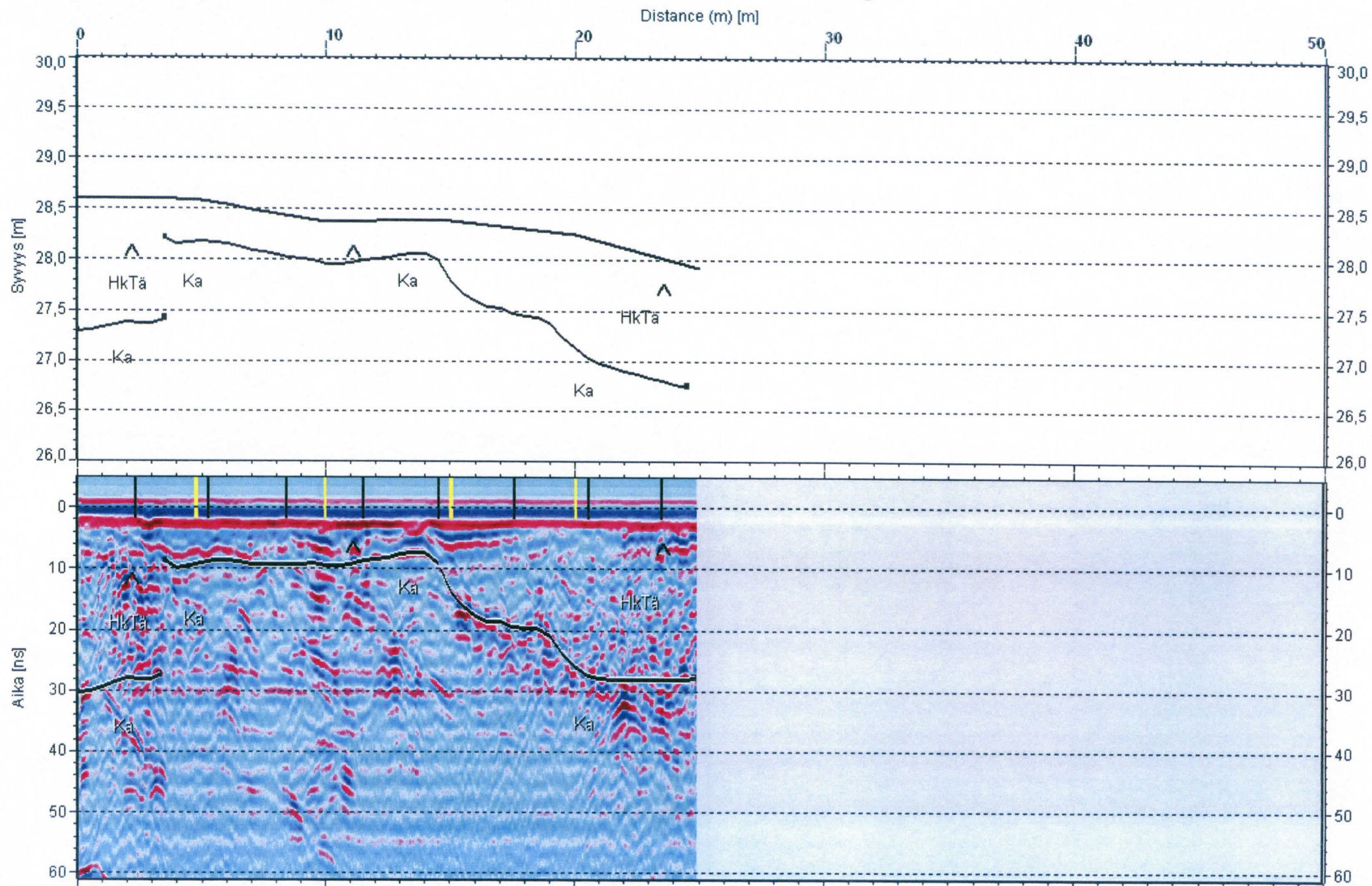


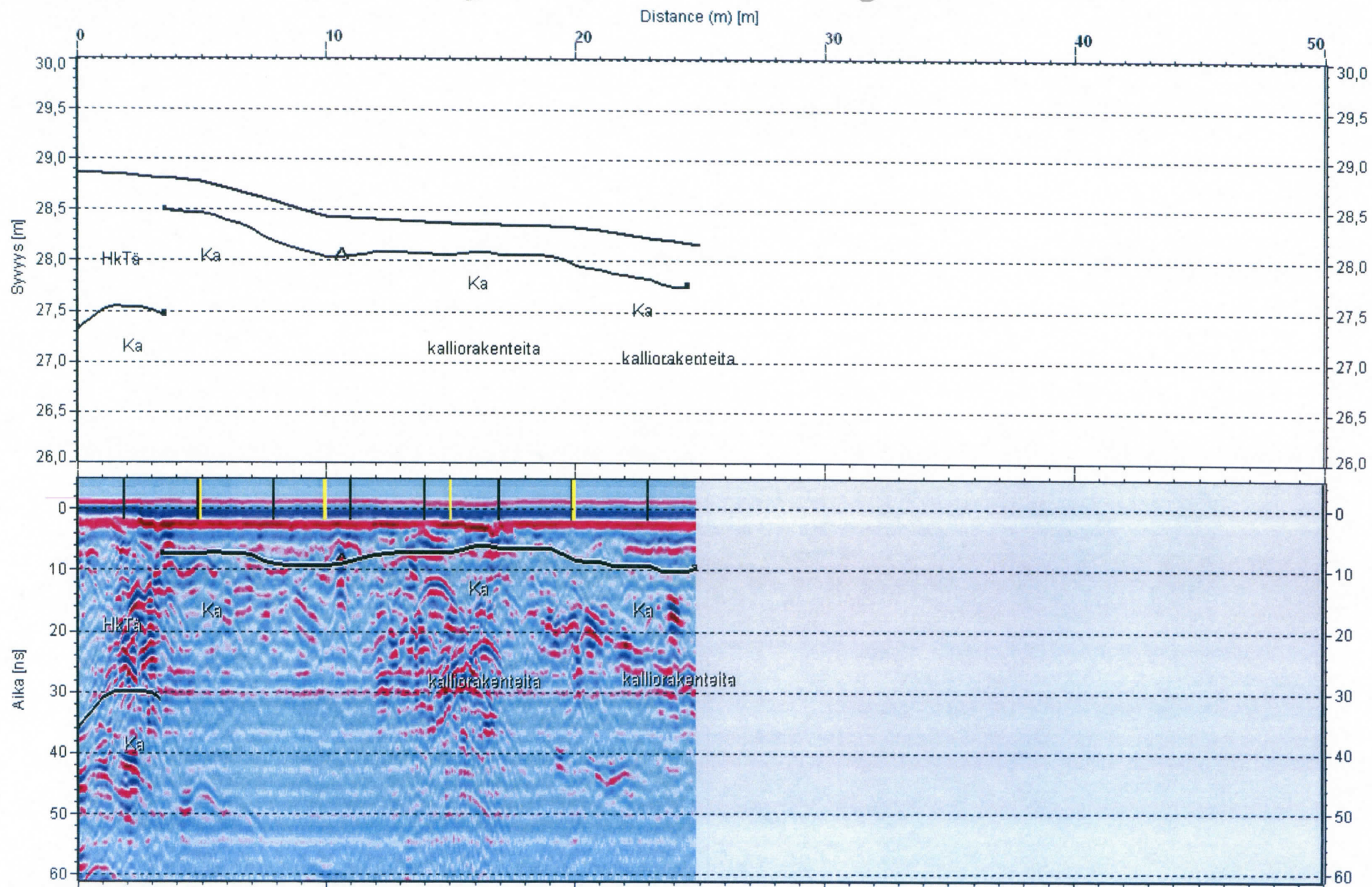


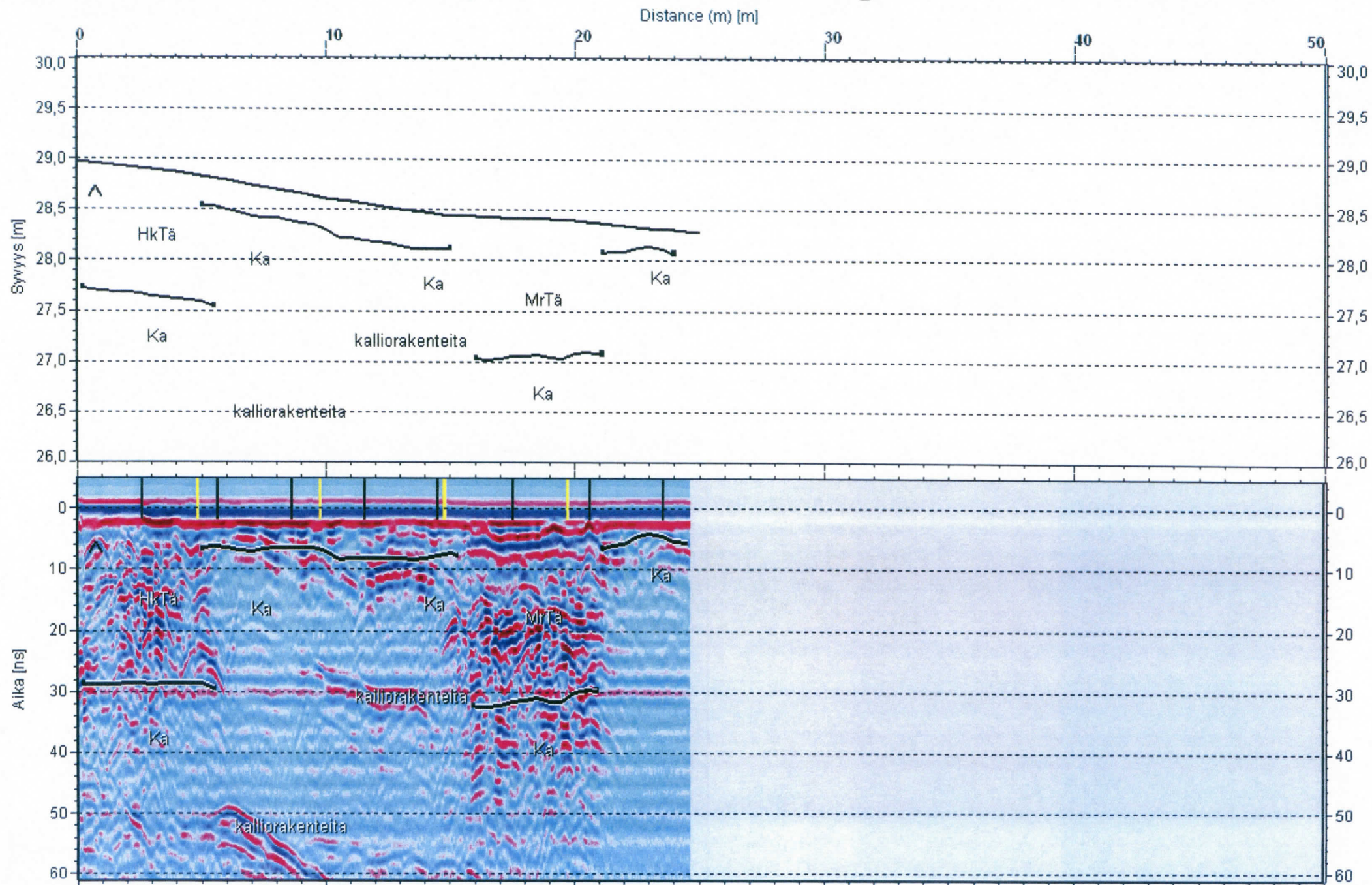


Distance (m) [m]

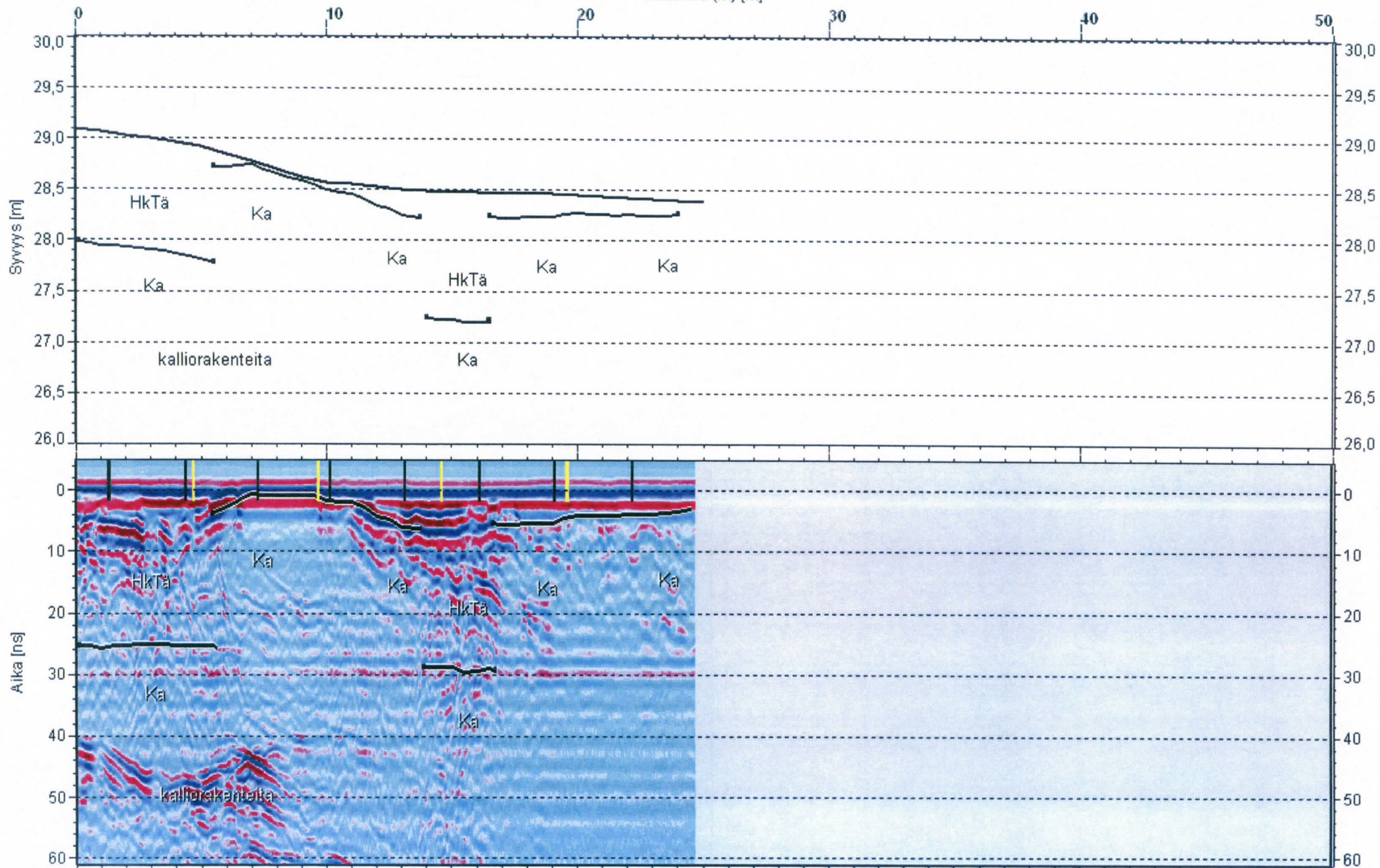


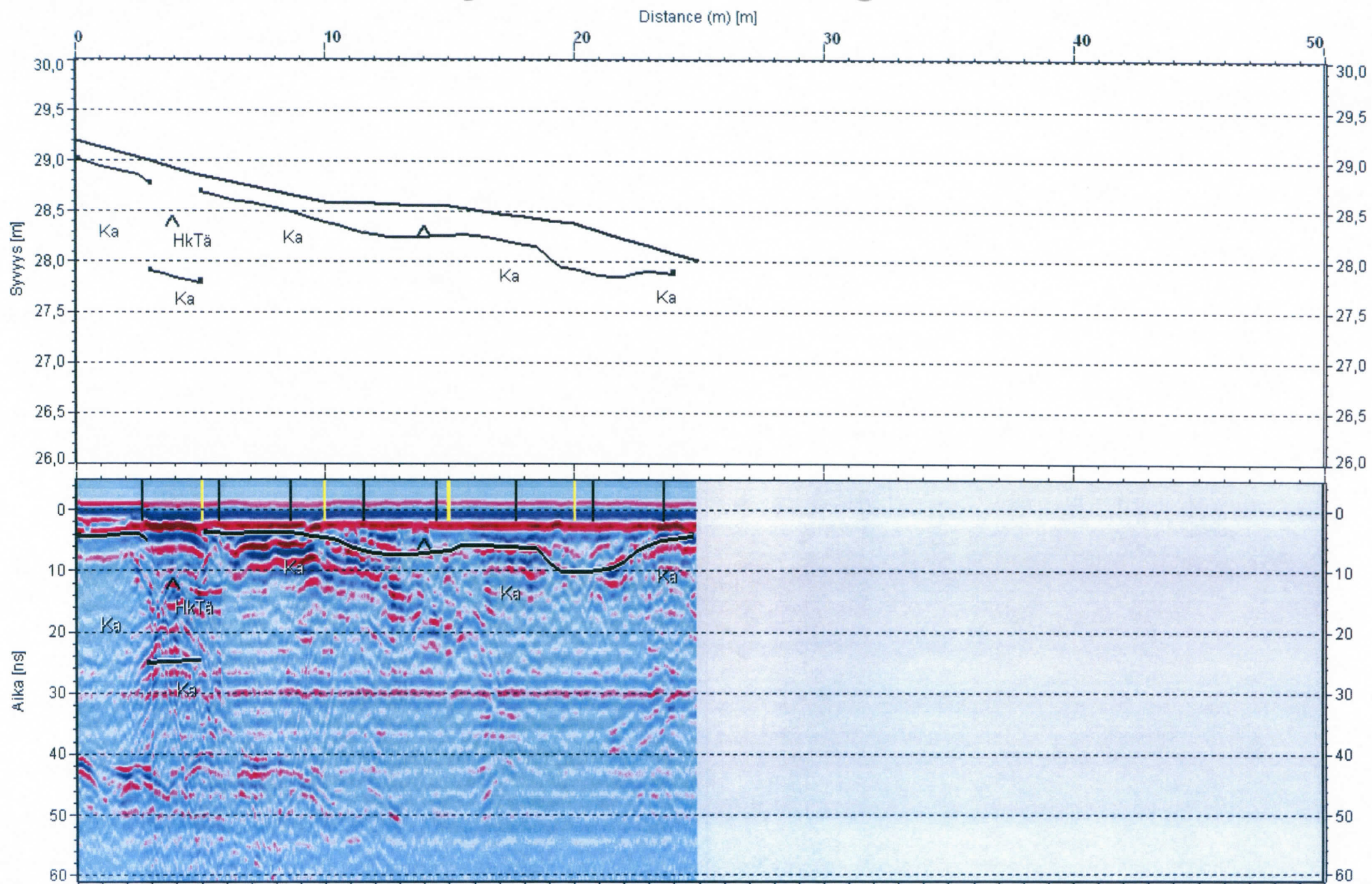


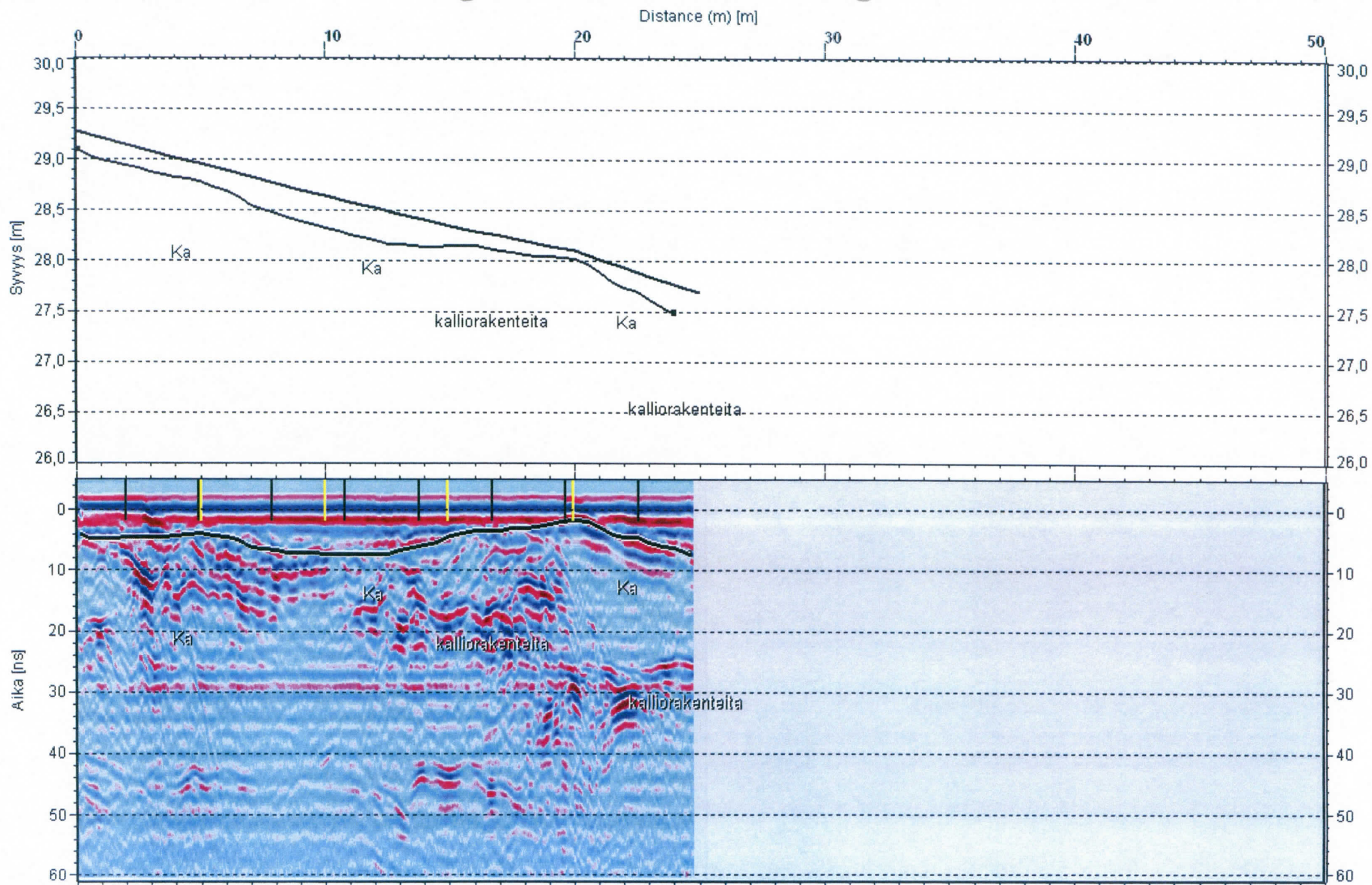


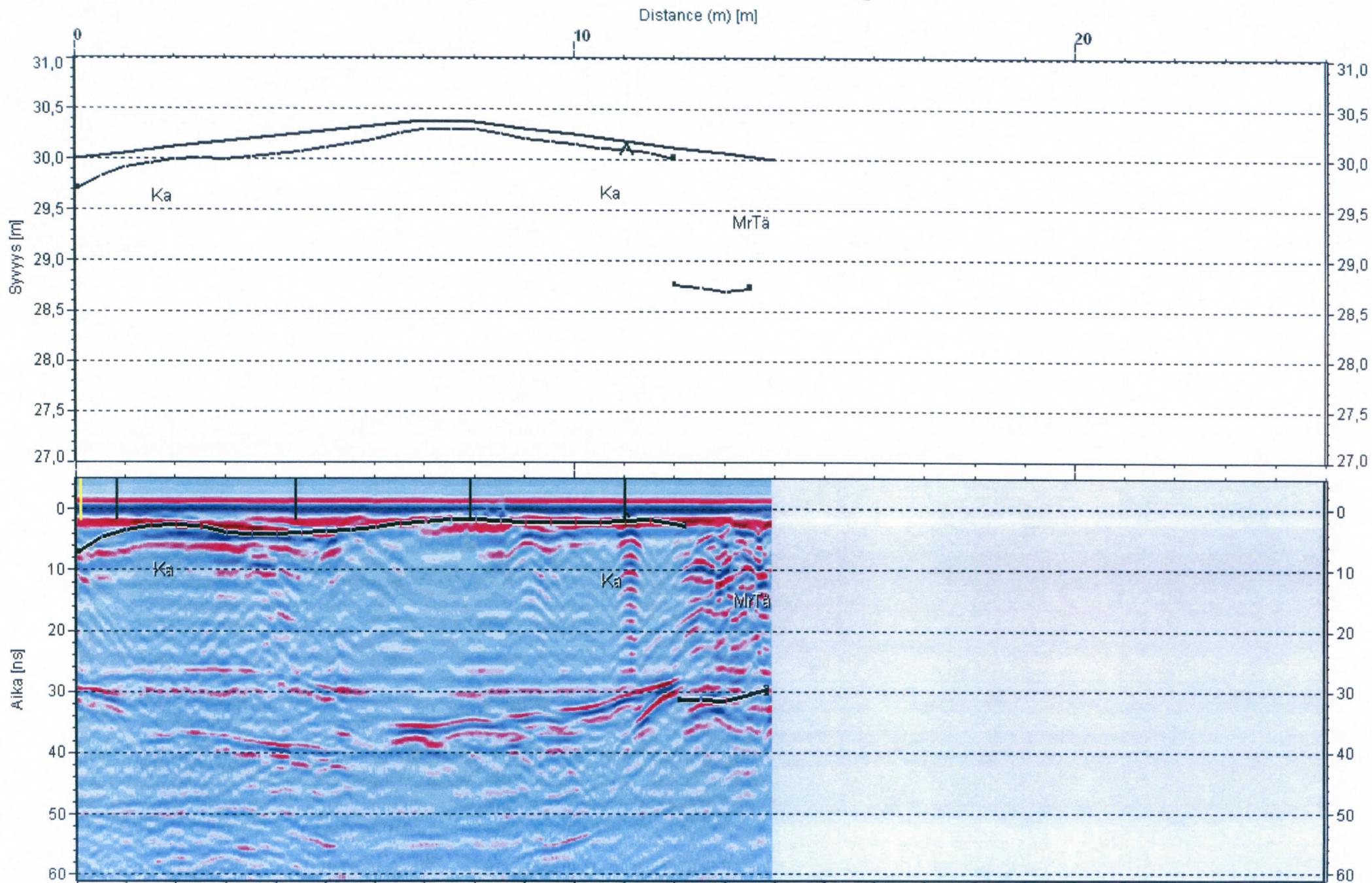


Distance (m) [m]

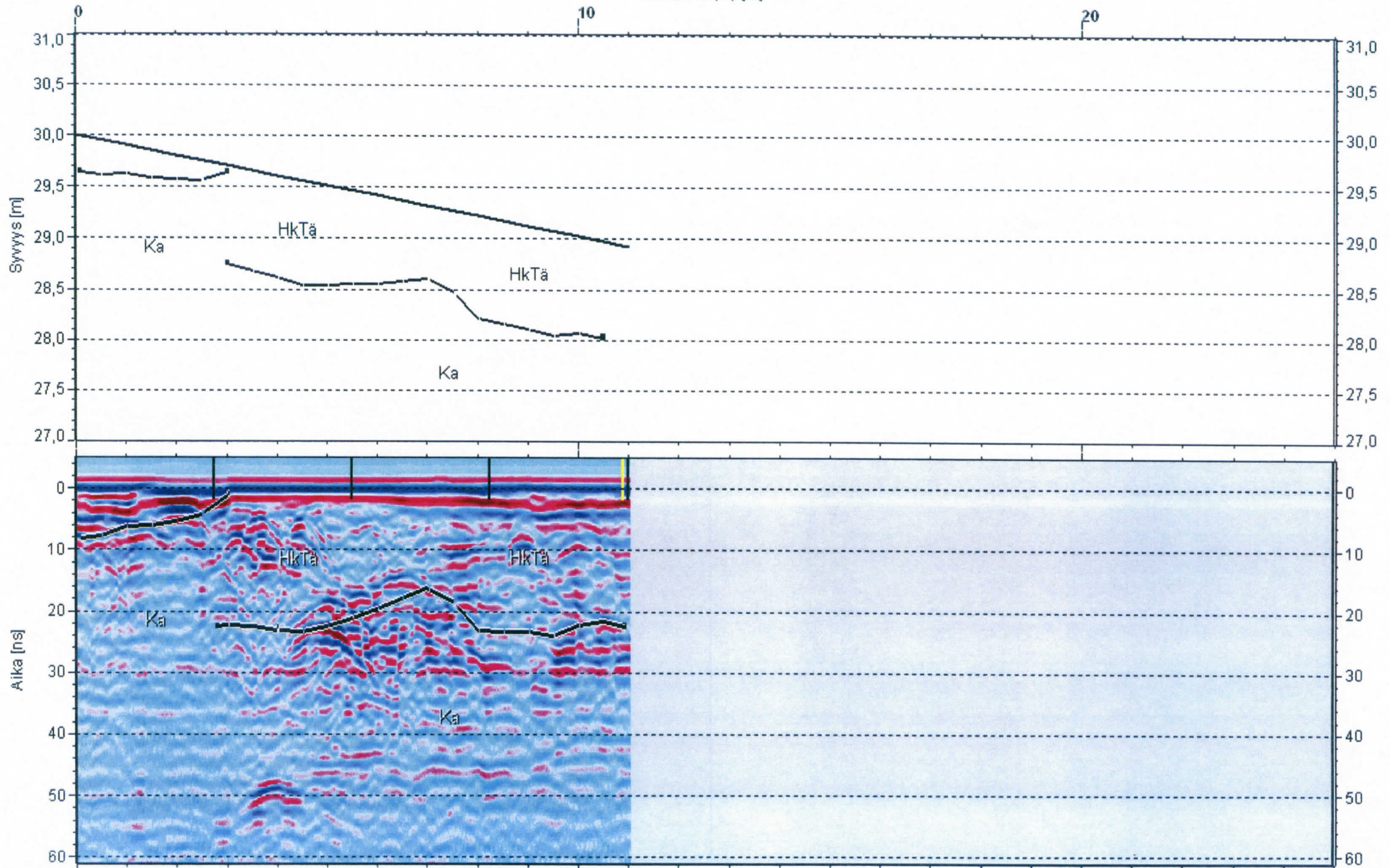




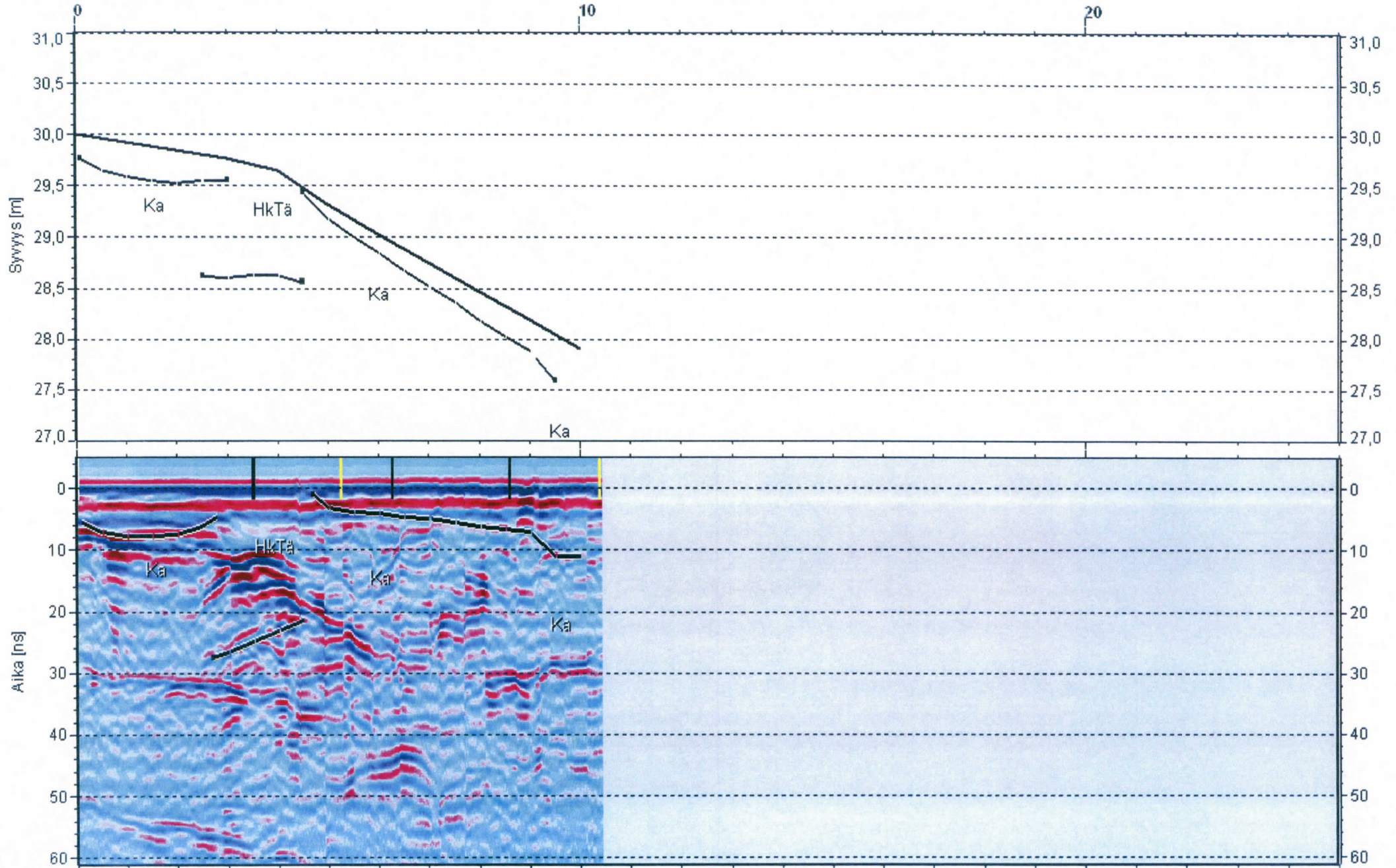




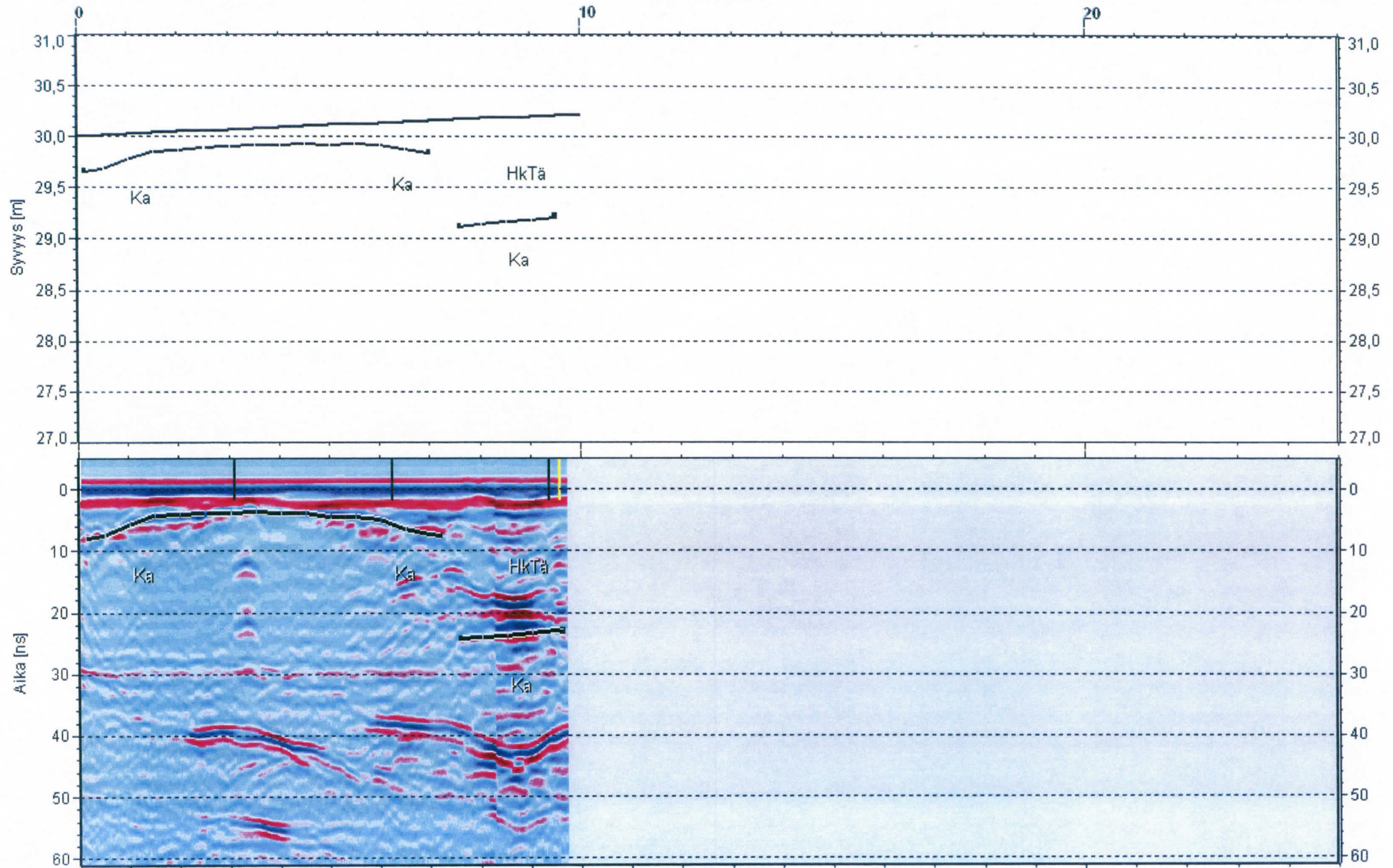
Distance (m) [m]



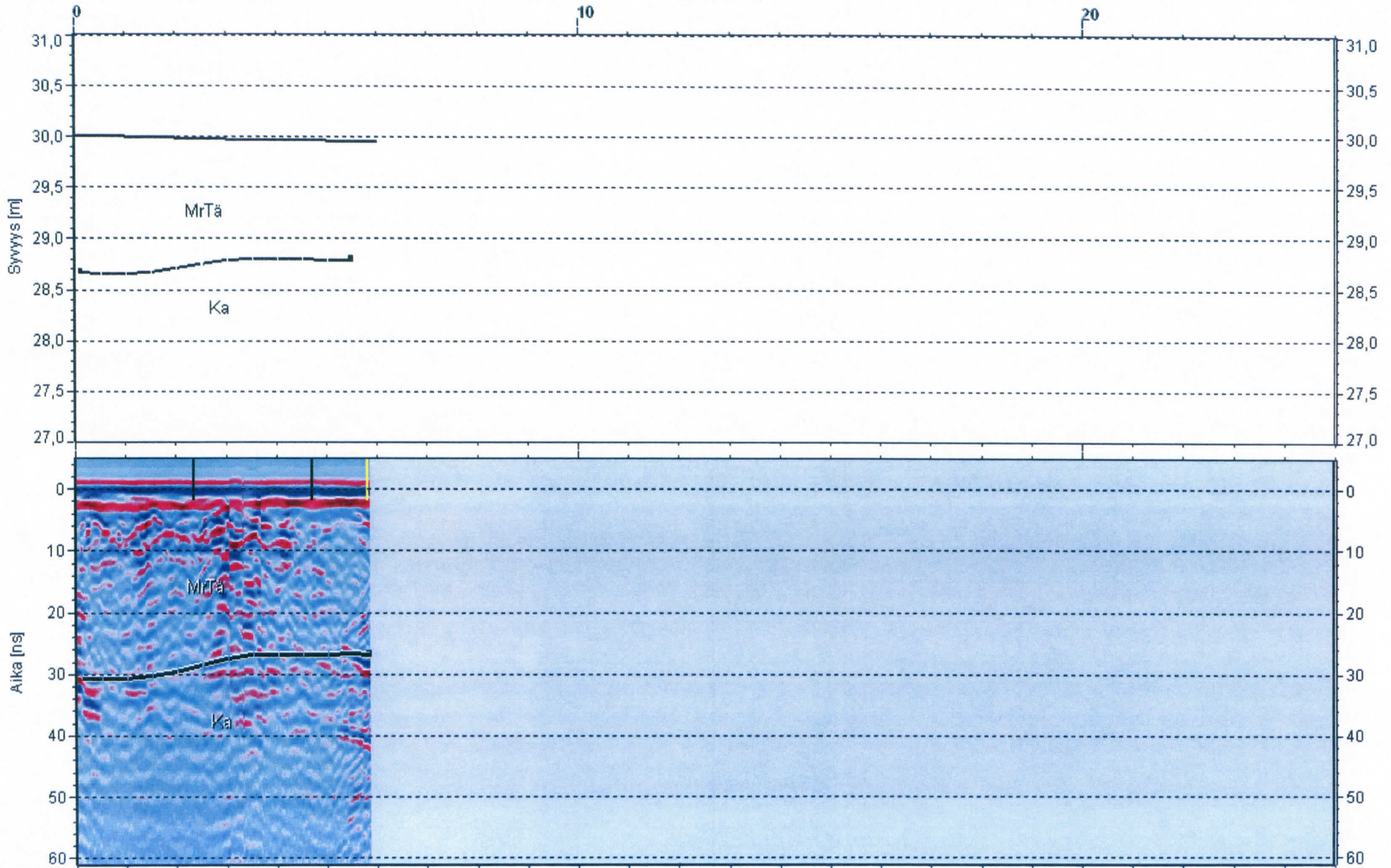
Distance (m) [m]

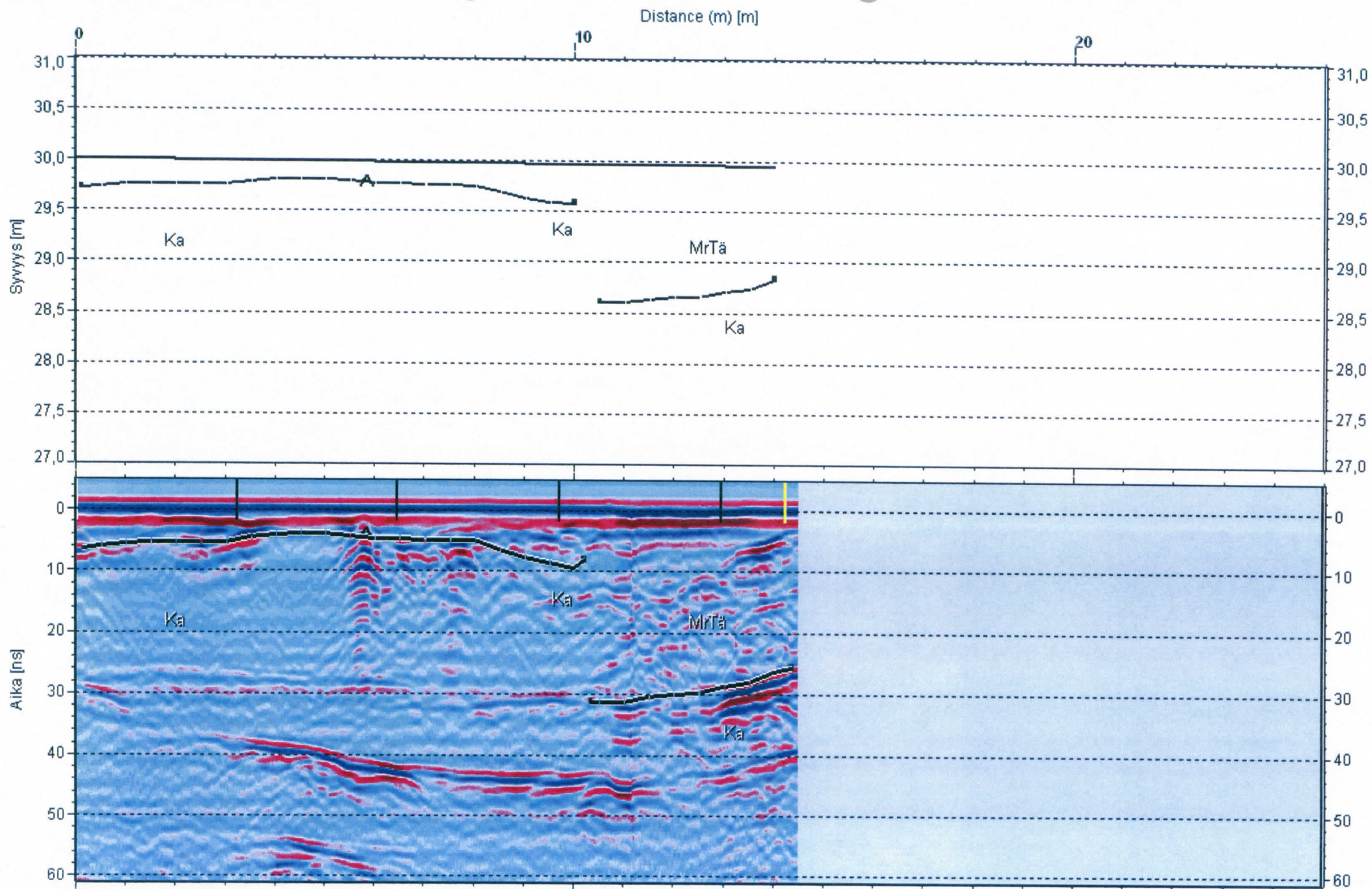


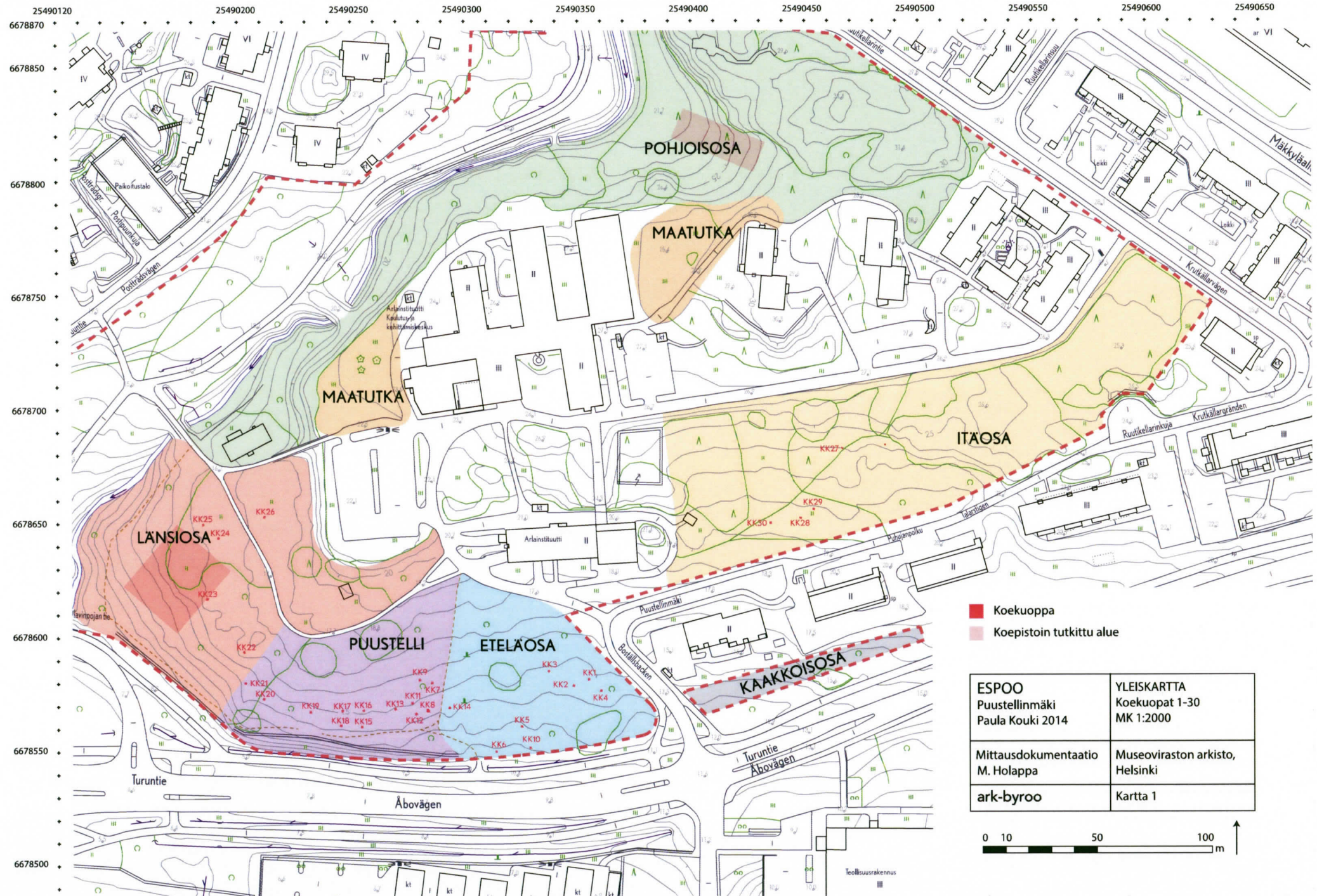
Distance (m) [m]



Distance (m) [m]

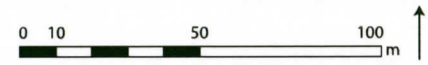


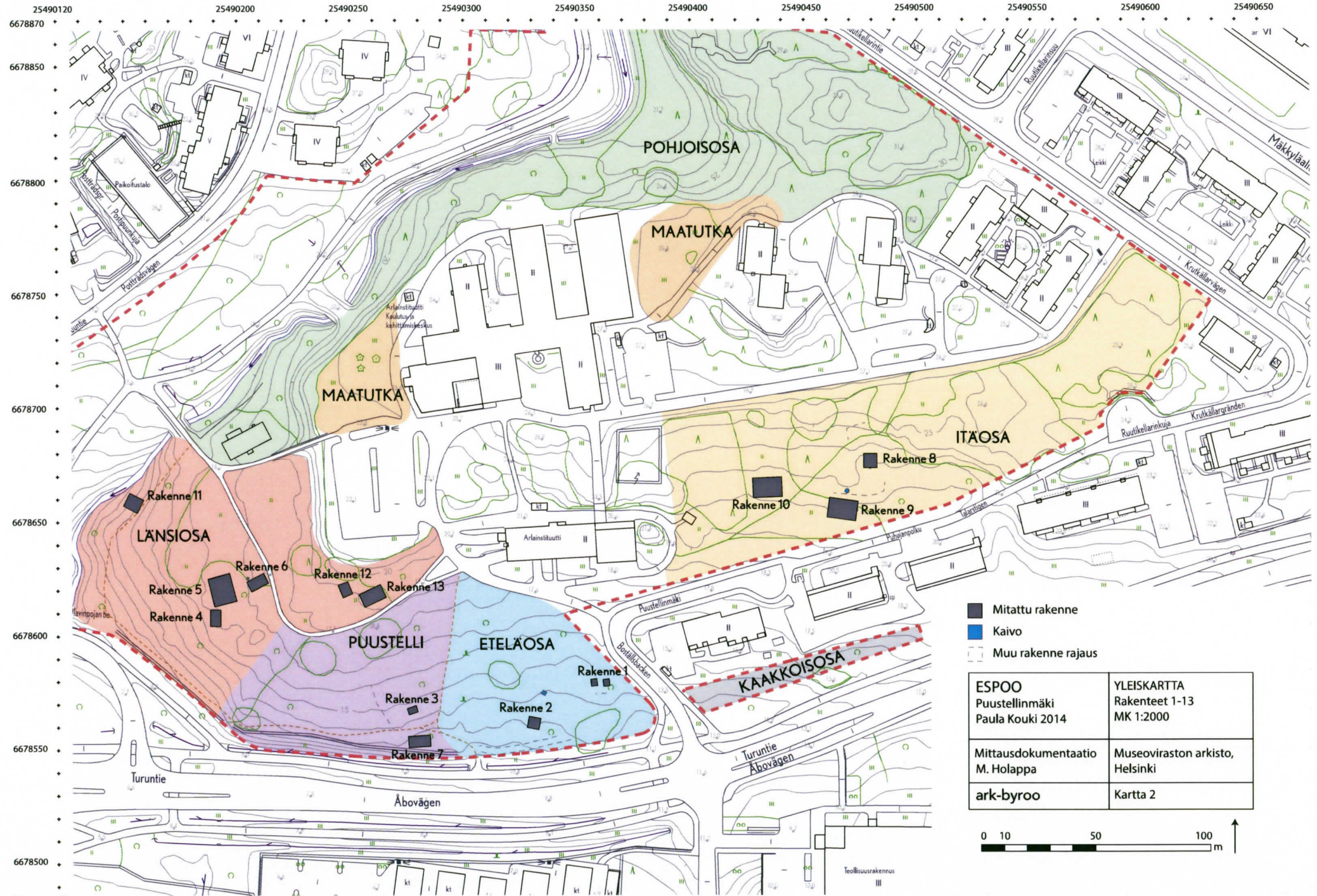




- Koeokuoppa
- Koepistoin tutkittu alue

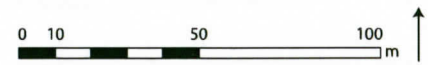
ESPOO Puustellinmäki Paula Kouki 2014	YLEISKARTTA Koeokuopat 1-30 MK 1:2000
Mittausdokumentaatio M. Holappa	Museoviraston arkisto, Helsinki
ark-byroo	Kartta 1

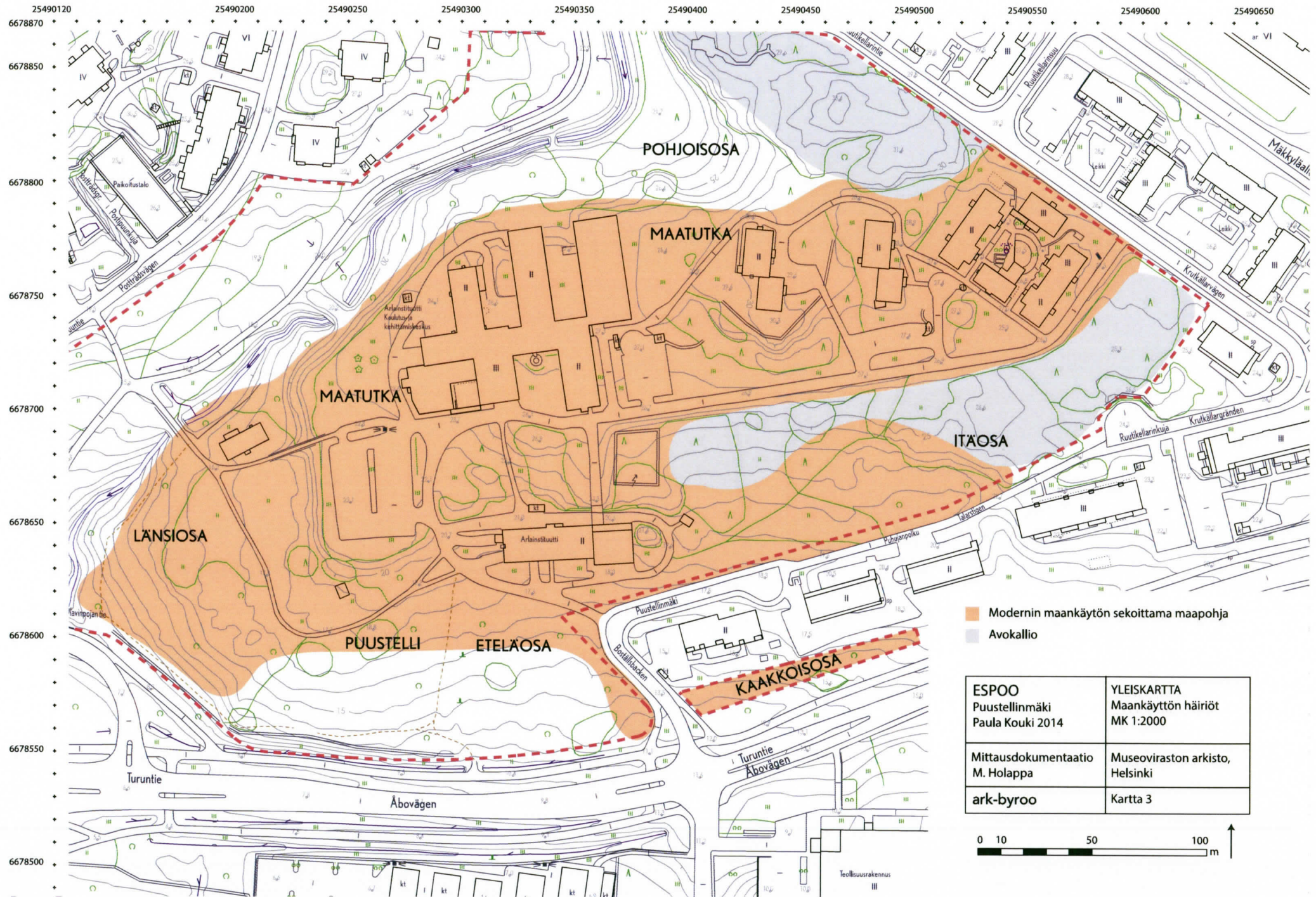




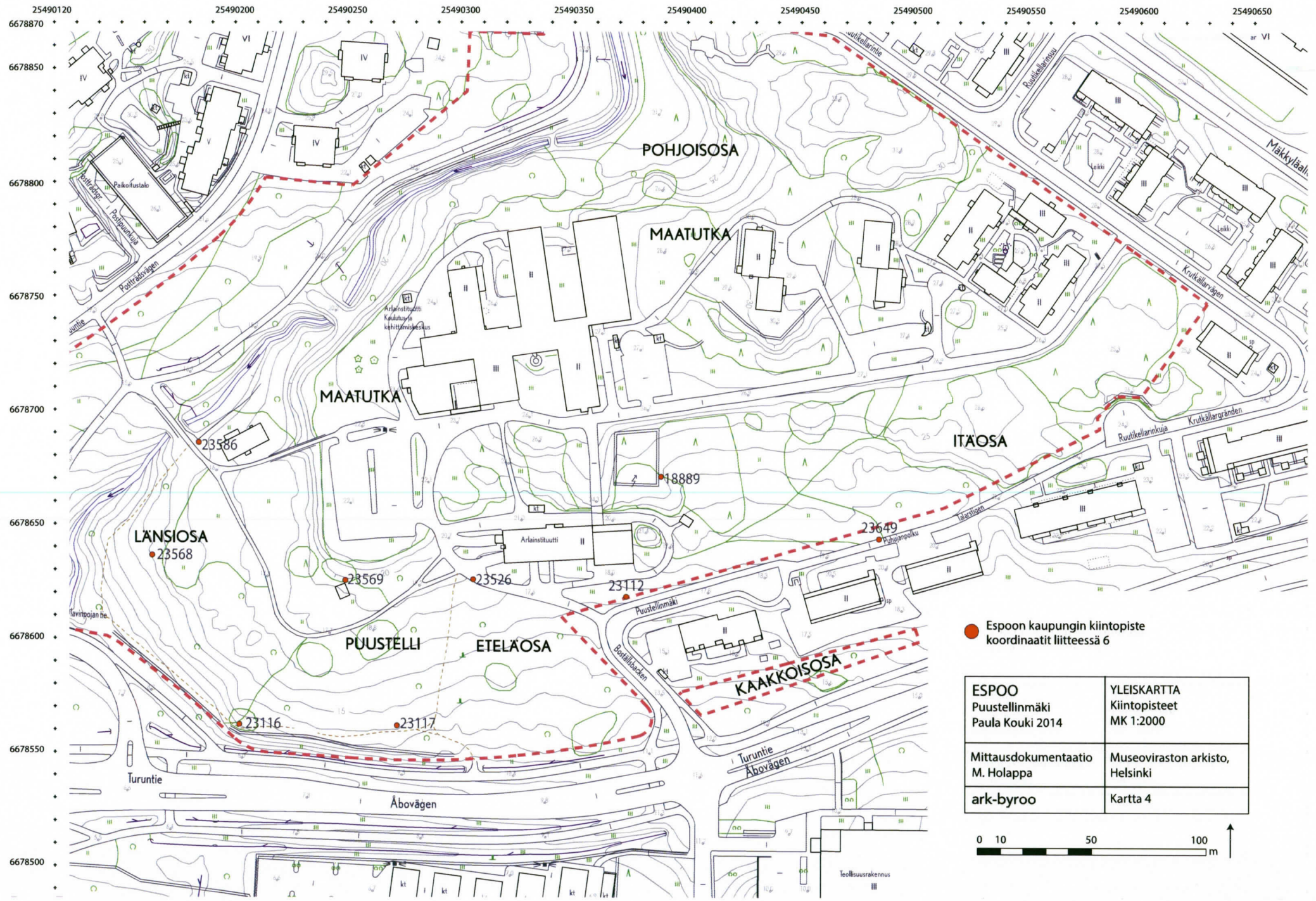
- Mitattu rakenne
- Kaivo
- - - Muu rakenne rajaus

ESPOO Puustellinmäki Paula Kouki 2014	YLEISKARTTA Rakenteet 1-13 MK 1:2000
Mittausdokumentaatio M. Holappa	Museoviraston arkisto, Helsinki
ark-byroo	Kartta 2





ETRS GK-24



● Espoon kaupungin kiintopiste koordinaatit liitteessä 6

ESPOO Puustellinmäki Paula Kouki 2014	YLEISKARTTA Kiintopisteet MK 1:2000
Mittausdokumentaatio M. Holappa	Museoviraston arkisto, Helsinki
ark-byroo	Kartta 4

