

**MAATUTKALUOTAUSTUTKIMUSRAPORTTI
MÅRTENSBY VANTAA**

LKK25/9.6.2011

1.	SISÄLLYSLUETTELO	2
2.	MAATUTKALUOTAUS MÅRTENSY VANTAA	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	Mårtensby	3
3.	MAATUTKA	5
3.1	Teoreettiset perusteet	5
4.	Luotauslinjakartta (tilaajalla)	
6.	Luotausprofiilit	

2. MAATUTKALUOTAUS MÅRTENSBY VANTAA

2.1 Tehtävä

Geo-Work Oy suoritti Vantaan kaupunginmuseon toimeksiannosta maatutkaluotauksia Mårtensbyn keskiaikaisella kylätontilla. Tutkimuksien tarkoituksena oli selvittää alueiden maanalaisia rakenteita ja kohteita sekä maakerrosten rakenteita.

2.2 Maastotyöt

Maastotyöt suoritettiin 28.4.2011. Mårtensbyn kylätontin alueelle tehtiin luotauksia kolmella eri loholla. Linjoja on yhteensä 38 kpl ja niiden yhteispituus oli 1.284 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 kävellen.

2.3 Tulostus

CF-levykkeelle taltioitu tutkatulos siirretään tietokoneelle tulostusta ja tulkintaa varten. Tulkinta ja paperitulostus tapahtuvat jälkikäsitteilynä GeoDoctor signaalinkäsittelyohjelmalla tehdyn tulkinnan jälkeen tavallisella toimistoprintterillä. Leikkauskuvat on tulostettu mittakaavassa 1:25/100 - 1:50/1:120. Mittakaavaa on muuteltu A4-tulostuksiin sopivaksi kohteen mukaan. Maatutkaprofiilit ovat aika-asteikossa.

2.4 Yleistä tulkinnasta

Savi- ja silttialueilla saadaan selville kovan maan tai kallion reuna n. 3 - 10 m:n syvyyteen saakka. Tätä syvyyttä Tätä syvpienentää jonkin verran maa-aineksen johtavuus. Moreenialueilla maapeitteen paksuuden määrittäminen onnistuu vaihtelevasti. Moreenin ja kallion rajapinnan erottaminen riippuu moreenin laadusta ja kallion pinnan rikkonaisuudesta. Mitä lohkaraisempi moreeni on rikkonaisen kallion päällä niin sitä vaikeampi on rajapintaa erottaa tutkaprofiilista. Ohutpeitteisillä alueilla saattaa rikkonaisen kallionpinnan tulkita moreeniksi ja päinvastoin. Lajittuneet hiekka- ja sorakerrokset erottuvat hyvin muista maakerroksista.

2.5 Mårtensby

Mårtensbyn alue sijaitsee Vantaalla Ylästöntien

pohjoispuolella ja Vantaanjoen länsipuolella olevan kallioisen metsäkumpareen läheisyydessä.

Kallion läheisyydessä pohjamaa on hiekkaa ja hiekkaista silttiä (alue 3). Kumpareen jatkeella alueen 1 keskellä on hiekkaista silttiä ja kumpareen reunoilla silttiä ja savea. Alueella 2 on pääosin vain savea.

Alueiden luotaukset tehtiin 400 MHz:n antennilla. Luotaukset ulottuivat vain n. 2 m:n syvyyteen maanpinnasta. Vain pintaosa luotauskerroksesta on käsiteltyä maamassaa (pellon muokkausta tai osin alueen täyttöjä). Mittauspisteitä on 50 kpl/m ja antennin erotuskyky n. 10 cm.

Käsittelemätön pohjamaa on tulkittu profiileihin katkoviivalla (pohjamaan koodi 10). Mahdollinen kallionpinta on merkitty profiileihin Ka-merkinnällä (rajapintaa ei ole tulkittu). Pienien yksittäisten esineiden erottaminen on vaikeaa, mutta mahdolliset rakennuskohdat näyttäisivät erottuvan profiileista ja ne on tulkittu profiileihin pistekatkoviivalla (koodi 2). Korostuneita maarakenteita on tulkittu profiileihin pistekatkoviivalla (koodi 3).

Yksittäisiä kohteita on tulkittu profiileihin ^-merkillä (koodi 1).

Mahdollisesti metallisissa kohteissa on lisäksi met-merkintä.

Alue 1, 28 linjaa, 847 m

Alue 1 on metsäkumpareen ja Ylästöntien välisellä alueella. Pääosin hiekkaisen ja silttisen kumpareen alueella käsittelysyvyys on n. 30 - 50 cm. Alueella on muutamia kaivantoja ja mahdollisia kivimuurikohtia (linjat 8, 10, 16, 22, 23, 25 ja 26. Muita yksittäisiä kohteita on harvakseltaan koko alueella mutta vähän enemmän alueen joenpuoleisella reunalla. Yksi metallinen kohde on linjalla 26.

Alue 2, 10 linjaa, 200 m

Alue 2 on metsäkumpareen länsipuolella mansikkapellolla. Linjat on luodattu mansikkapenkkien väleihin, joten linjaväli on alueita 1 ja 3 suurempi. Kumpareen reunassa pohjamaa on silttiä mutta muutoin se on savea. Käsittelysyvyys on n. 50 - 70 cm. Kaivantoja on linjoilla 2, 3 ja 4. Mahdollisia kivimuureja on linjoilla 5, 6 ja 7. Muita yksittäisiä kohteita on harvakseltaan koko alueella.

Alue 3, 10 linjaa, 238 m

Alue 3 on metsäkumpareessa. Kumpareen lohkolla kallio on melko lähellä pintaa. Pohjamaa on silttistä hiekkaa. Pintamaat ovat n. 1 m:n syvyydelle saakka levottomia eli ne saattavat olla osin hiekkaisia täyttöjä muutoin maa-ainesta on muokattu hyvin syvältä. Linjojen 5 - 8 lopussa näyttäisi olevan "johtavuusmuutoksia", jotka voivat johtua alueen viljelystä tai esim. maaperässä olevasta hiilestä. Selviä muurirakenteita ei näyttäisi olevan. Yksittäisiä kohteita on melko paljon.

Linjoilla 9 ja 10 on alkuosan rinteessä paksusti muokattua maa-ainesta tai täyttöjä. Yksittäisiä kohteita on alkuosalla runsaasti mutta muururakenteita ei näyttäisi olevan. Alempana pellon reunassa käsittelysyvyys on pienempi ja kohteita on hyvin vähän.

3.

MAATUTKA

Maatutka on radiotaajuusaluetta käyttävä sähkömagneettinen luotauslaite. Siinä lähetinantennilla lähetetään väliaineeseen sähkömagneettisia pulsseja ja vastaanotinantennilla 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 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- 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 sähkönjohtavuus vaikuttaa aallon vaimenemiseen ja sillä on vähäinen vaikutus heijastumiseen. Jos susceptibiliteetin ja dielektrisyyden yhteisvaikutusta kuvataan suurella ϵ , voidaan käytännön maatutkaluotauksessa pitäytyä yksinkertaisiin kaavoihin:

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

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

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

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

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

$$\text{Aallonpituus } l=1000*c/(f*/e) \quad (6)$$

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 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 dielektrisydestä. 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 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 , 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 tutkaprofiilissa yhdessä antennin alta saapuvien heijastuksien kanssa. Useimmiten sivuheijasteiden merkitys on mitätön.

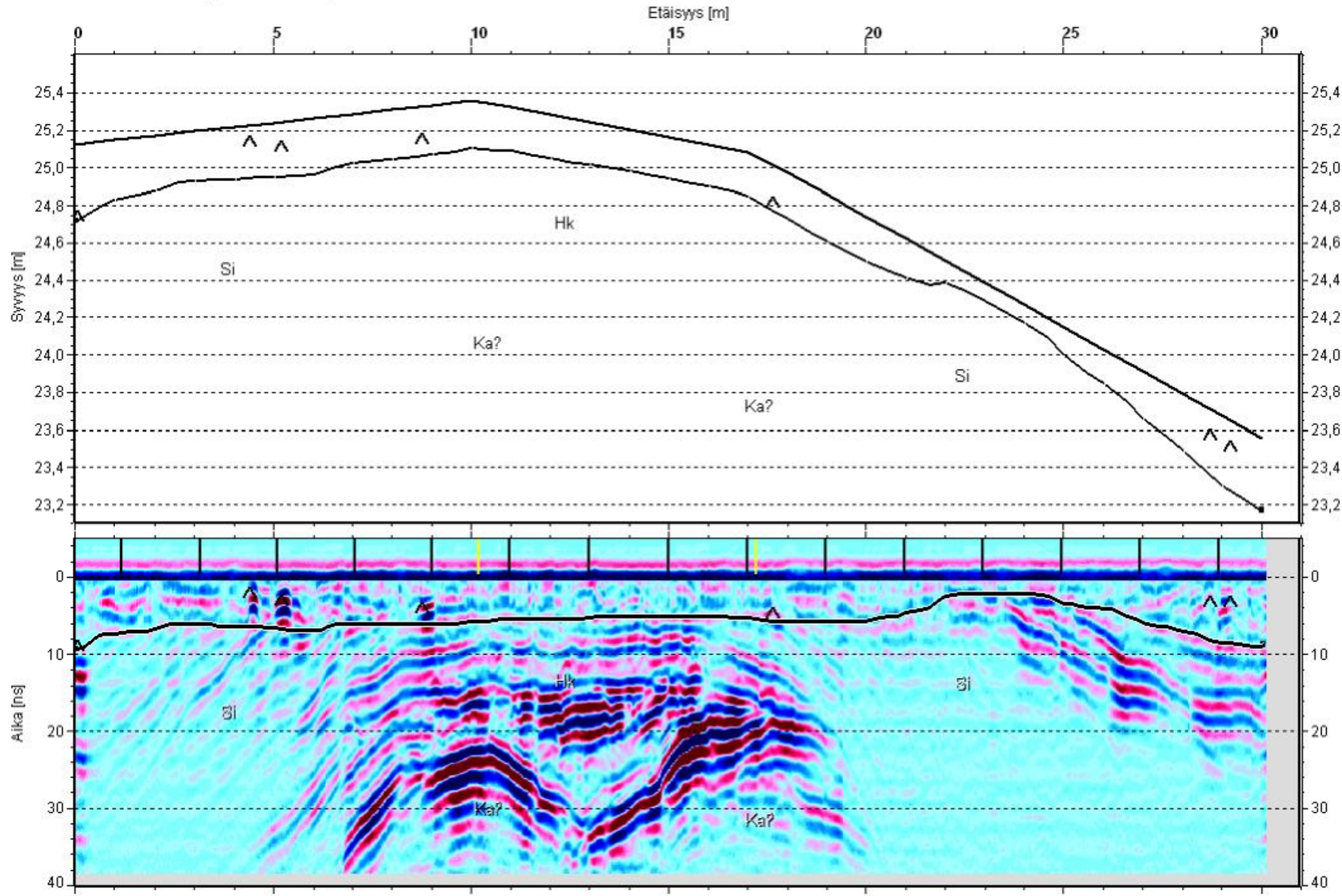
Jos välikerros on paksuudeltaan alle puolitoista aallonpituutta, vaikuttavat peräkkäiset heijastukset toisiinsa. Heijastuksen taajuus muuttuu ja peräkkäiset heijastukset saattavat vaimentaa toisensa. Ilmiö riippuu sähkömagneet-

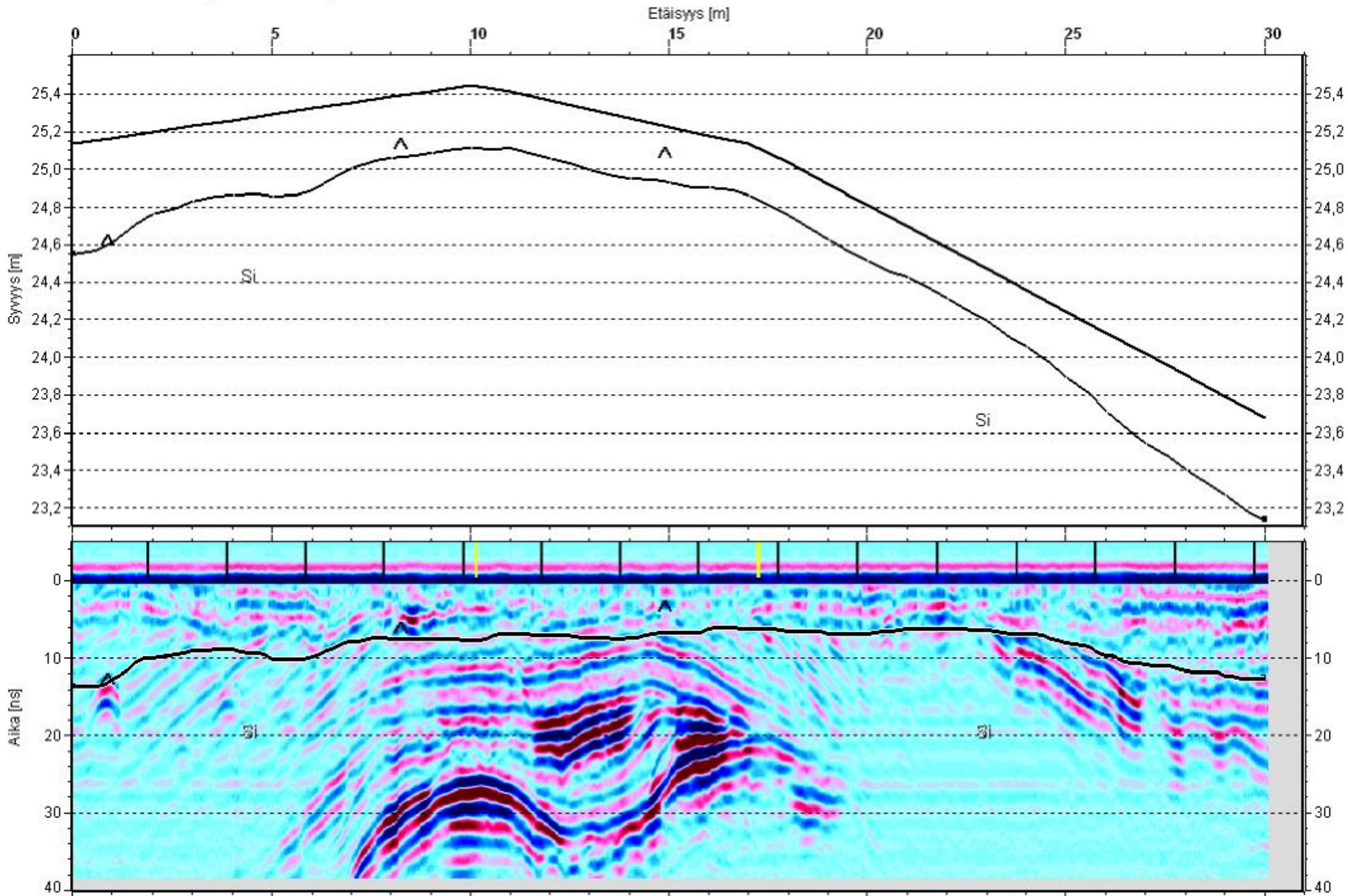
tisen aallon rajapintojen välissä kuluttamasta ajasta sekä rajapinnoilla tapahtuvasta vaihekulmien muutoksista.

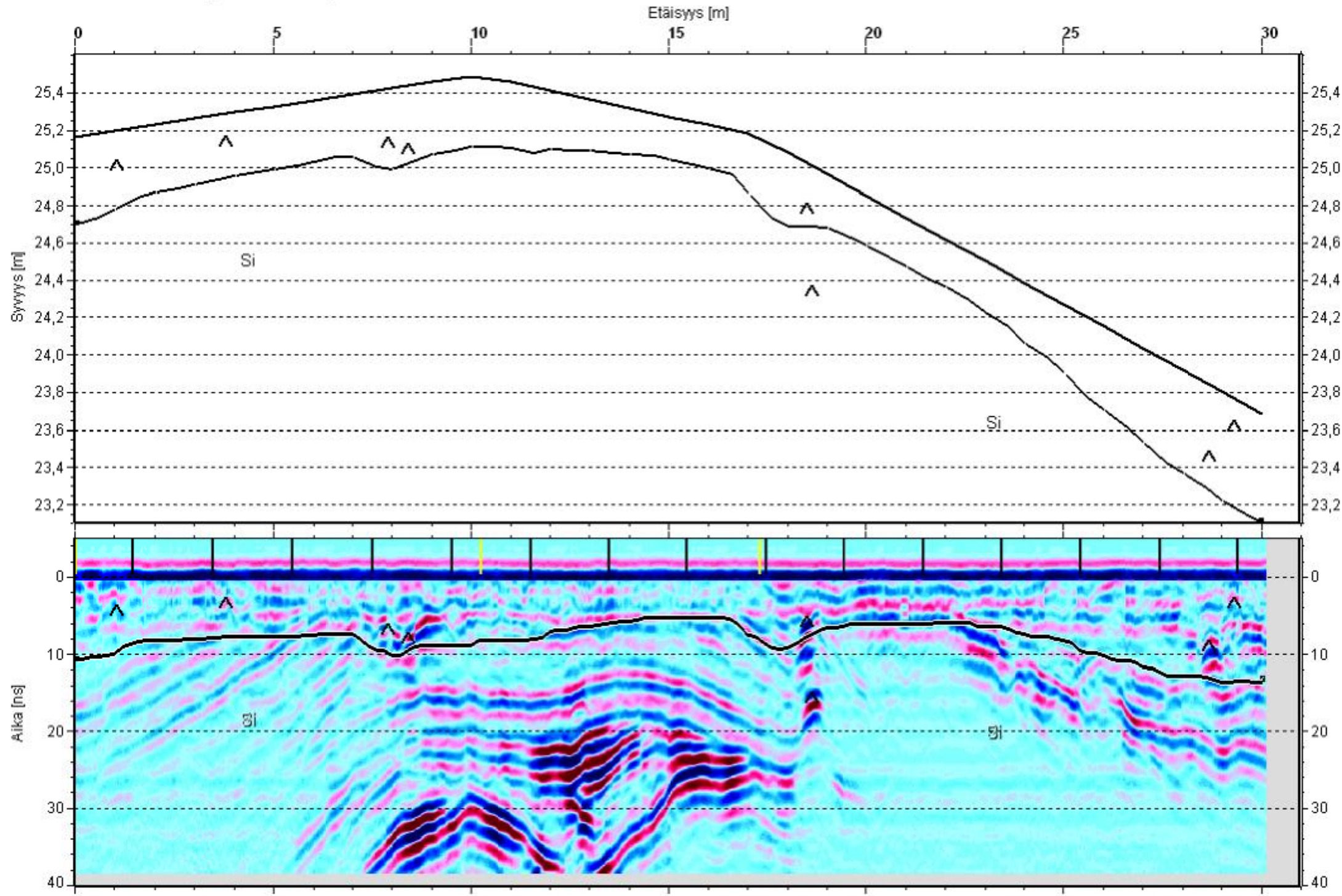
Kohdatessaan sähköisen rajapinnan korkeataajuinen sähkömagneettinen aalto taittuu ja heijastuu optiikan lakien mukaan. Koska aaltoa heijastavalla pinnalla täytyy olla myös tietty laajuus (pinta-ala), maatutkalla ei voida havaita pystyjä tai lähes pystyjä kapeita rakenteita, jos mittaus tehdään väliaineen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

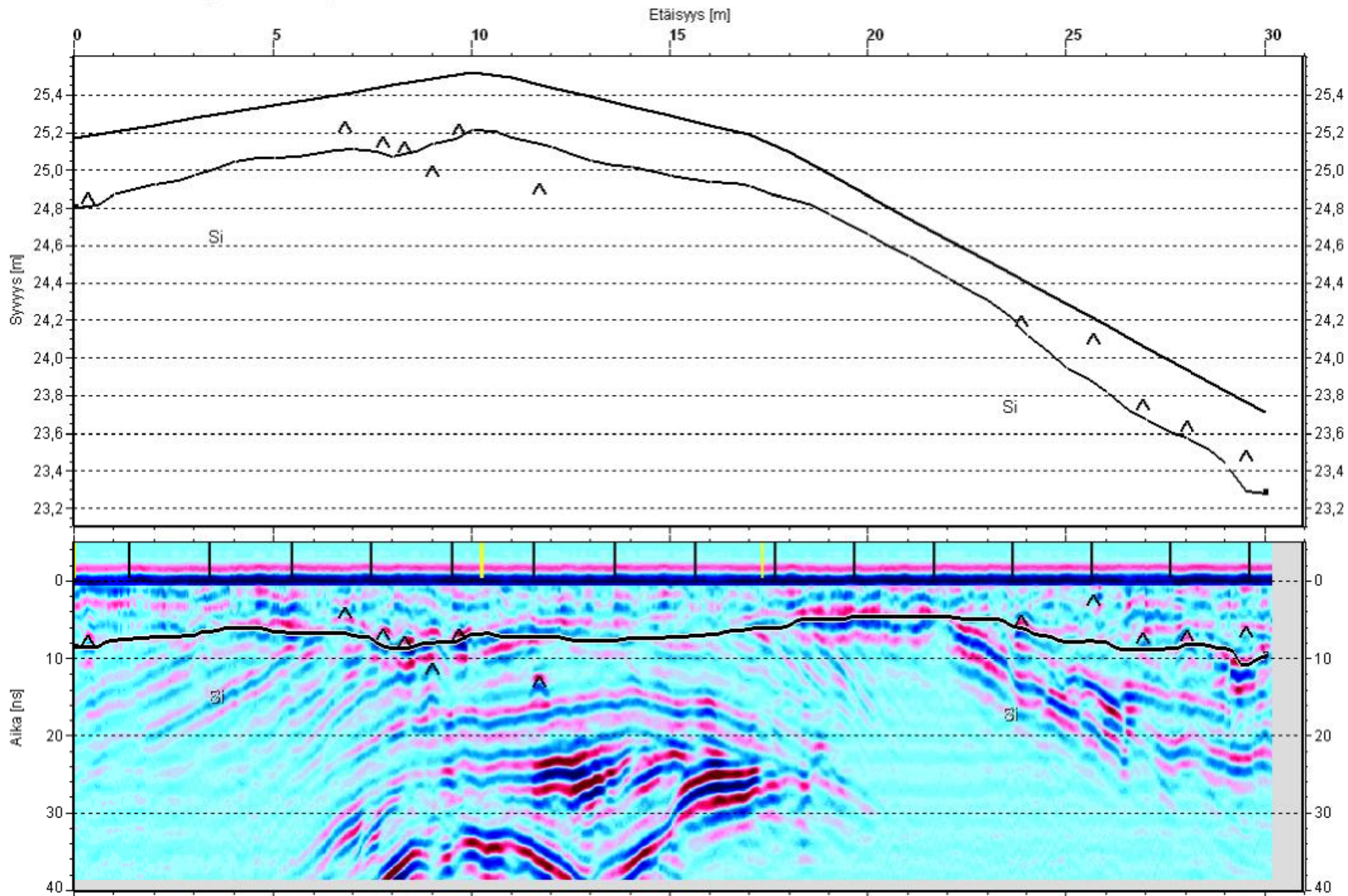
Alue 1

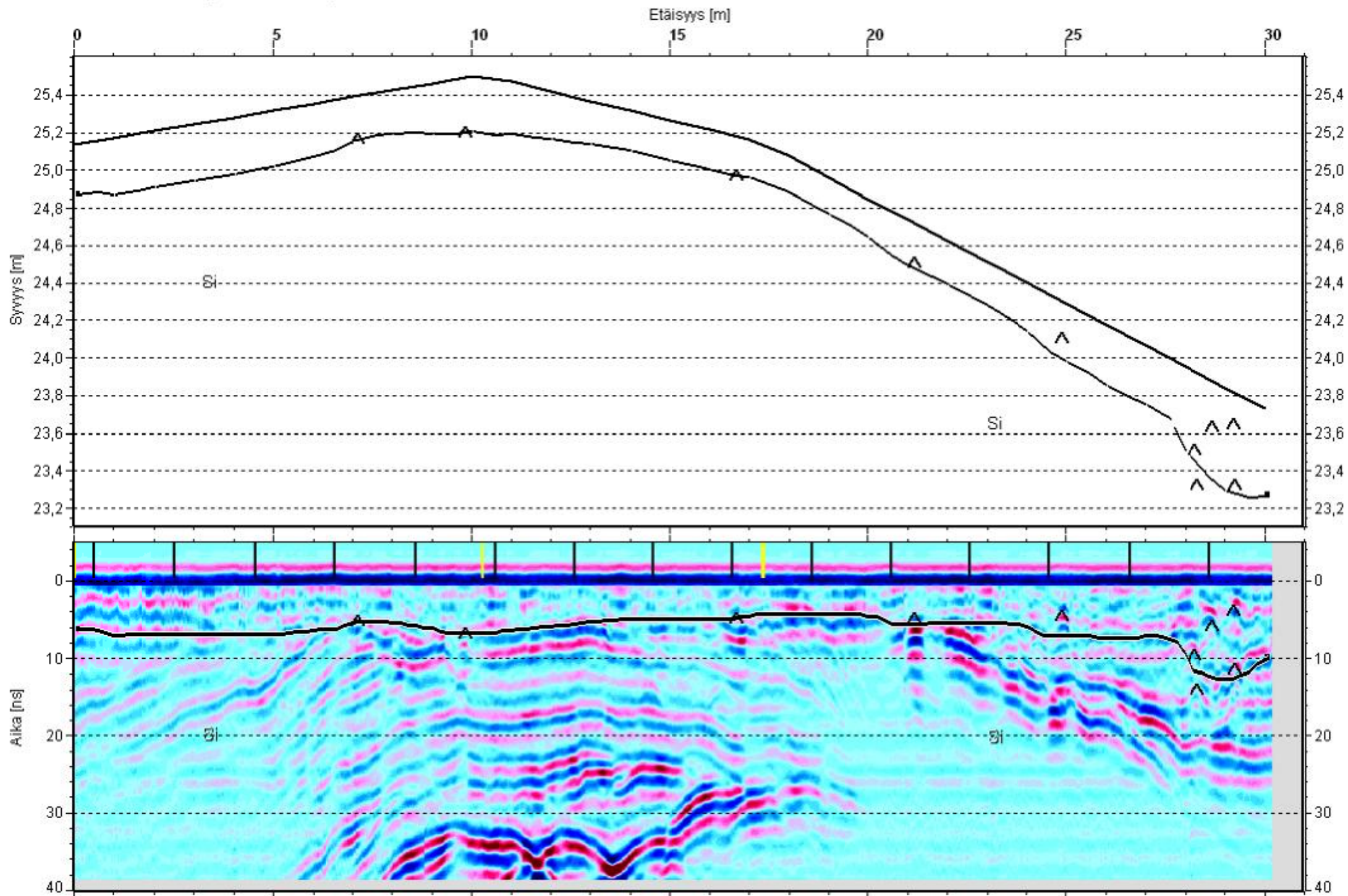
Linjat 1-28

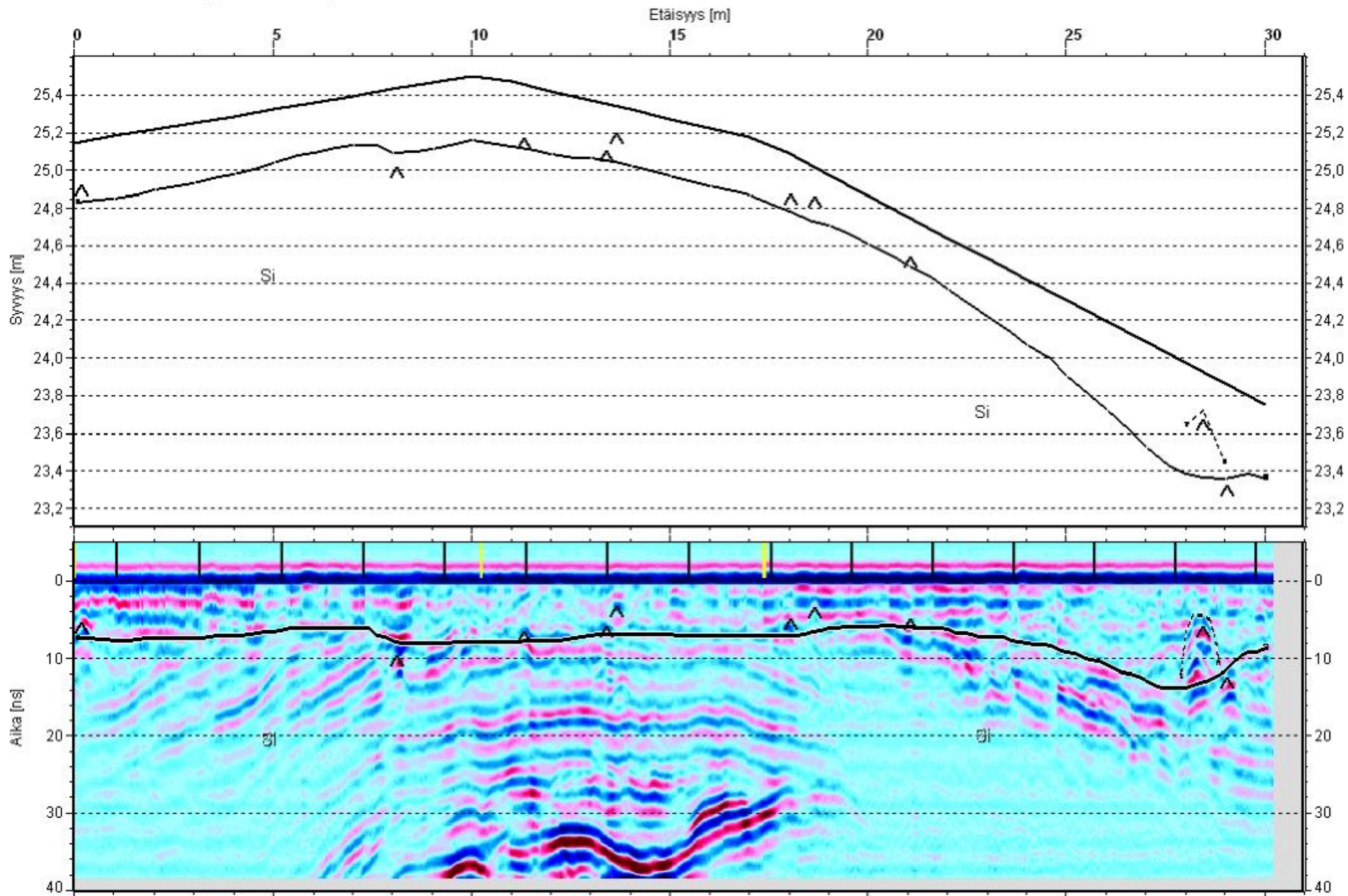


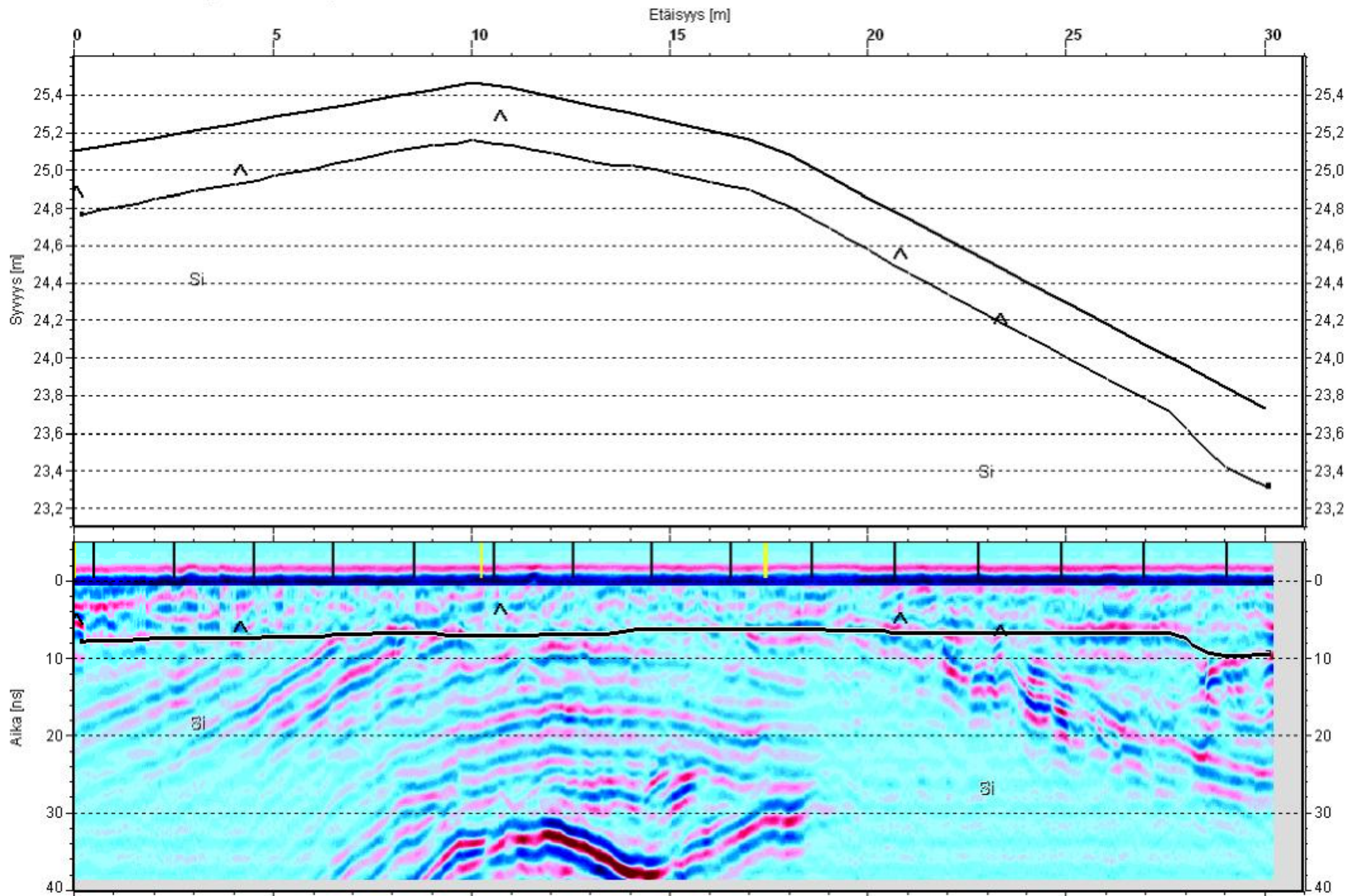


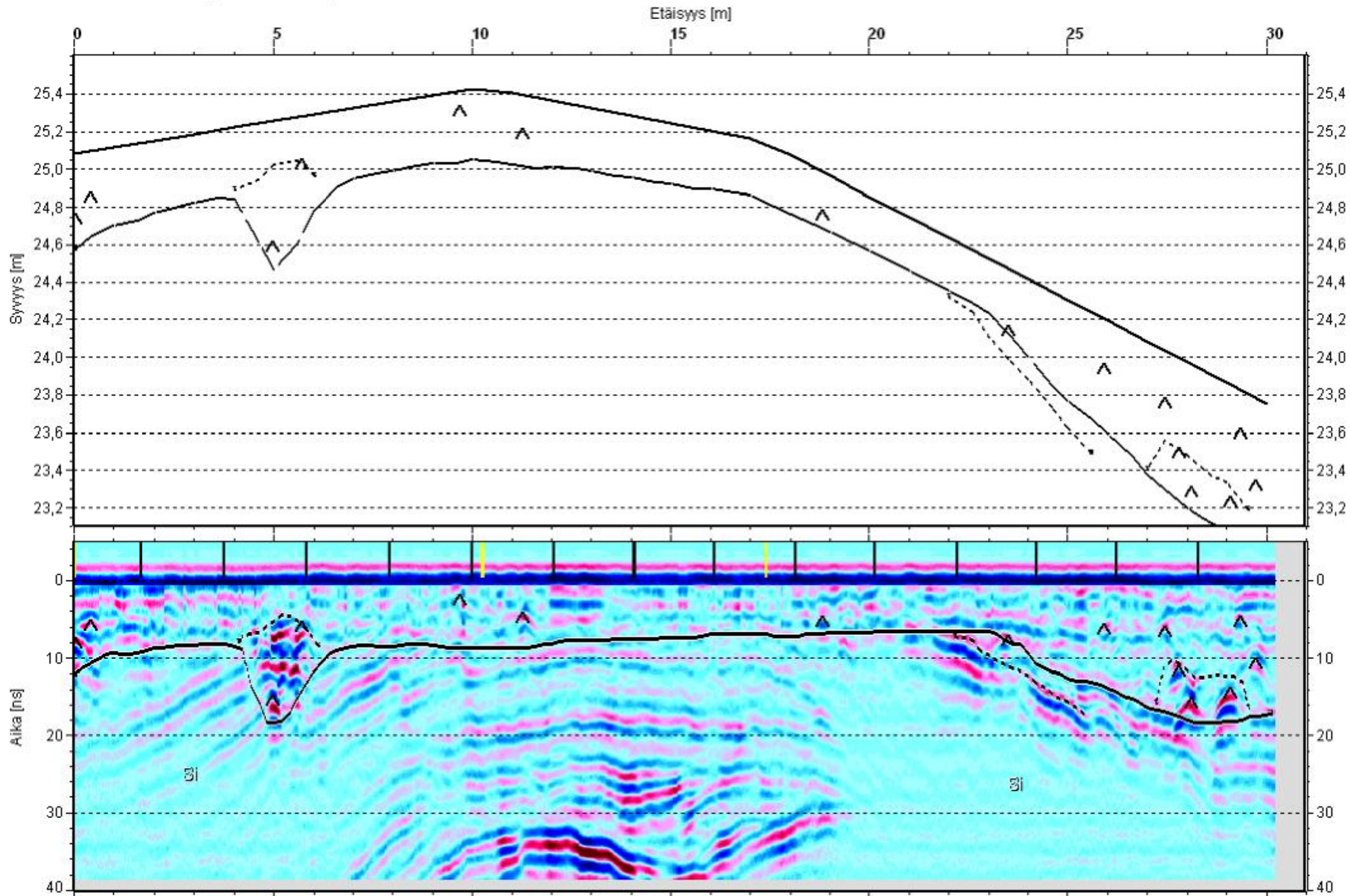


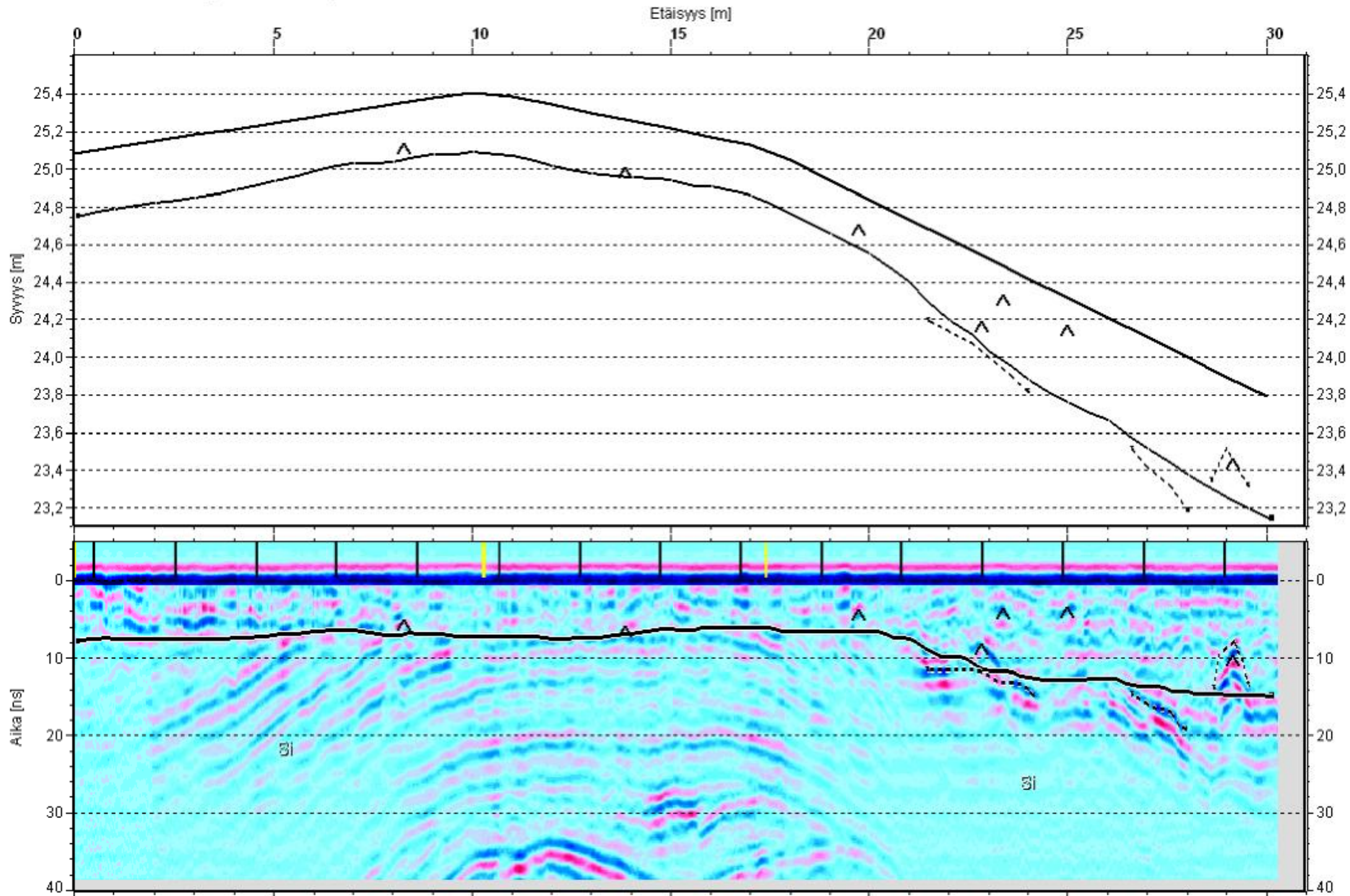


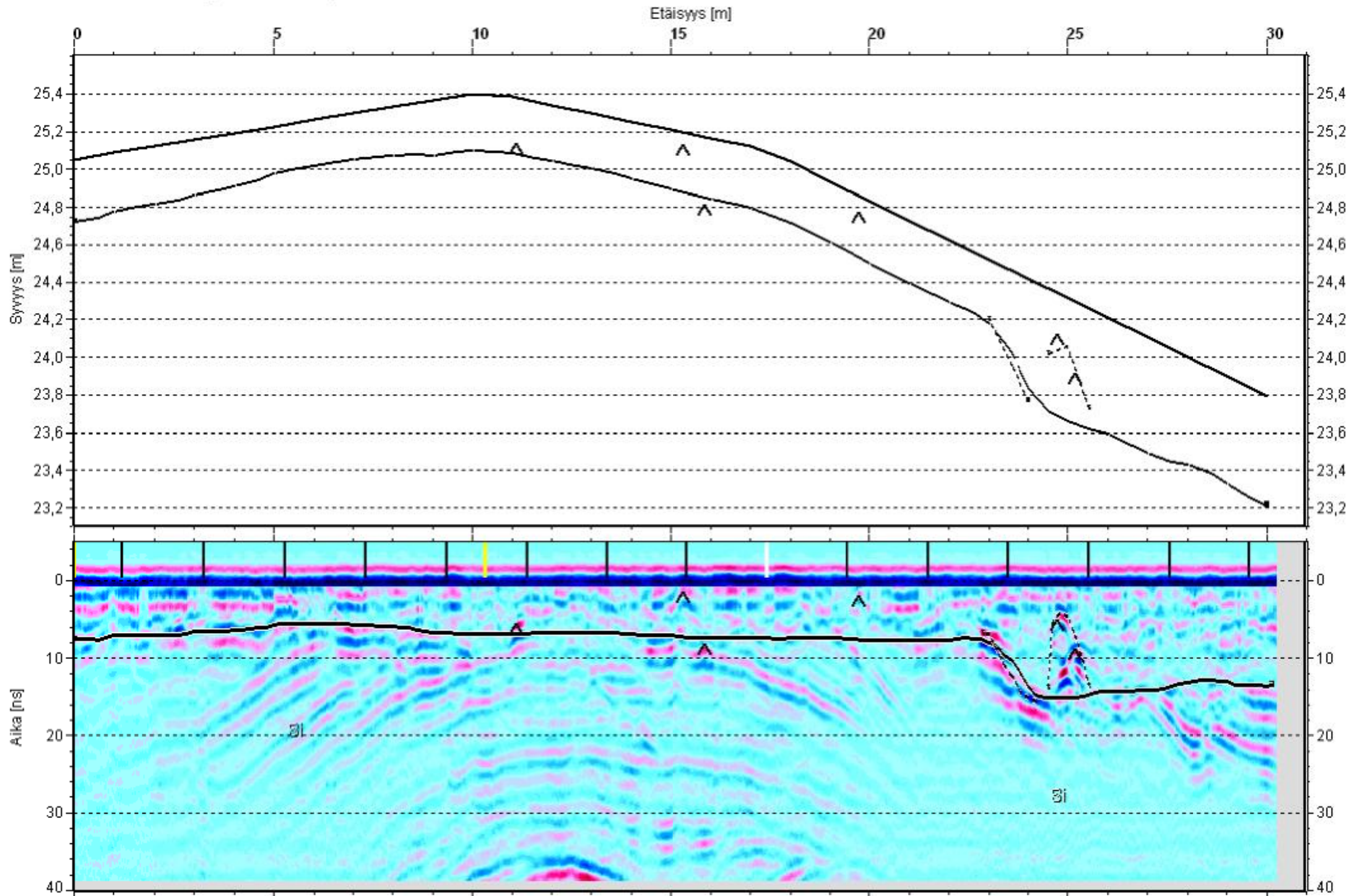


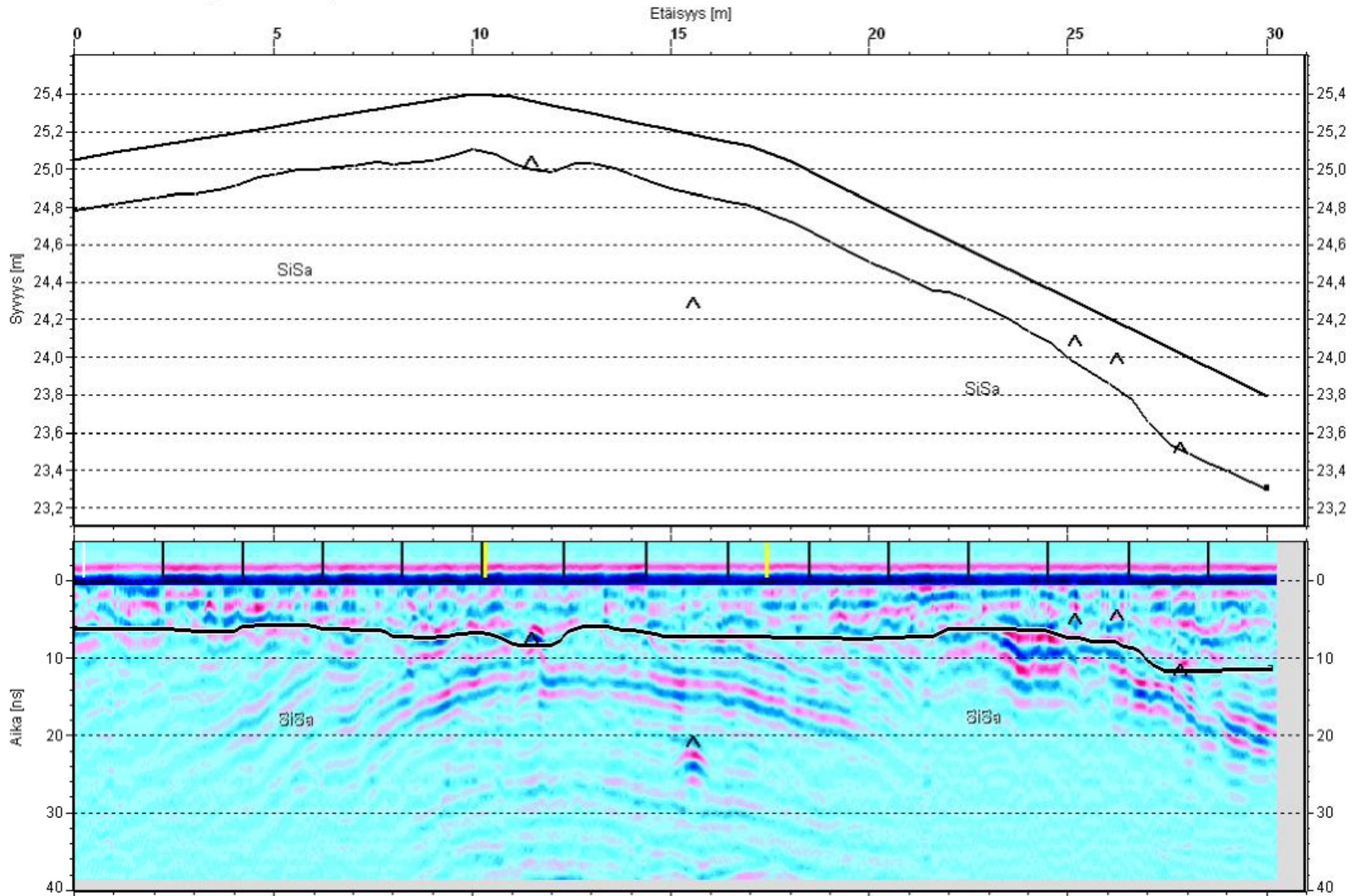


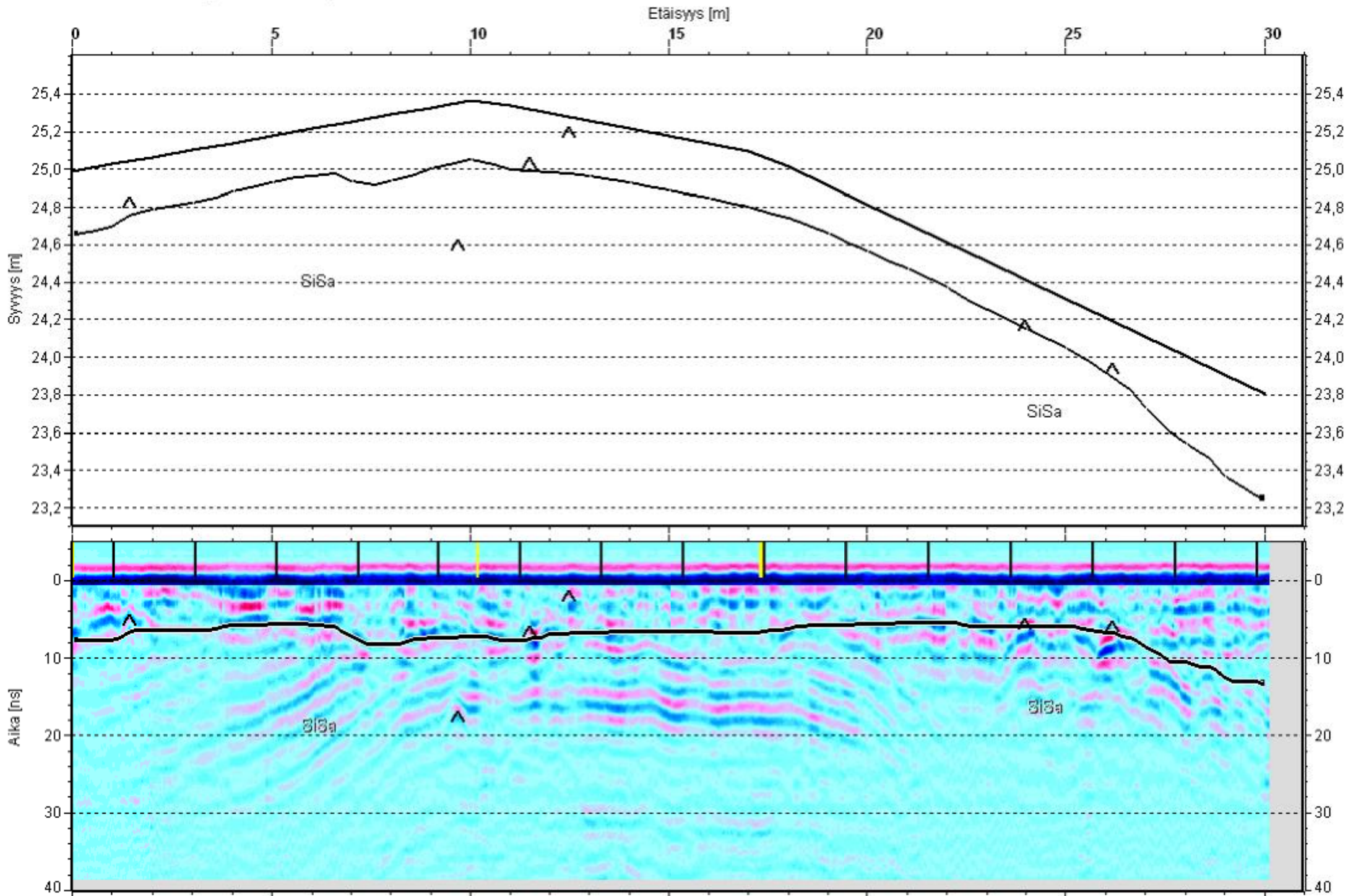


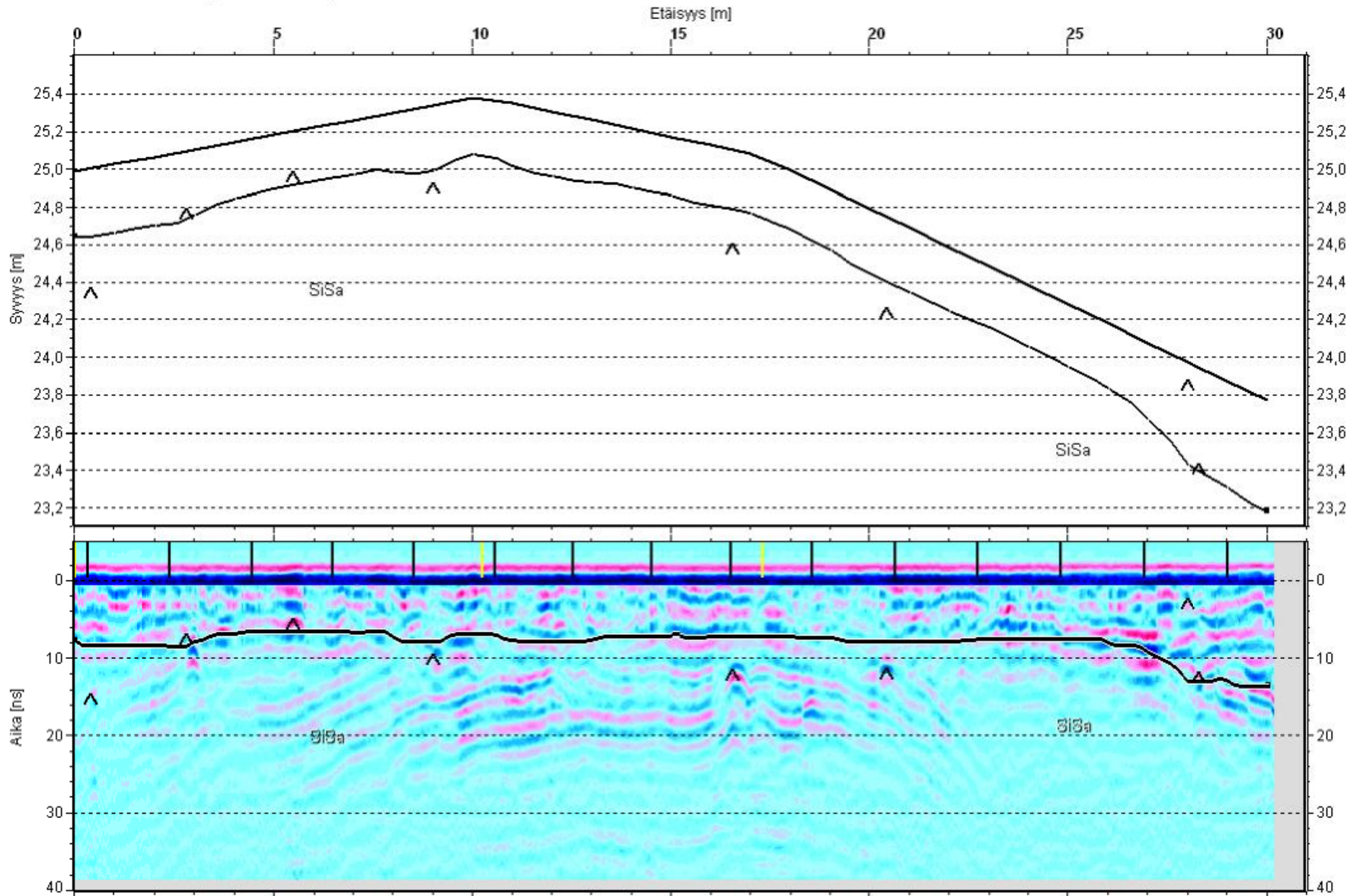


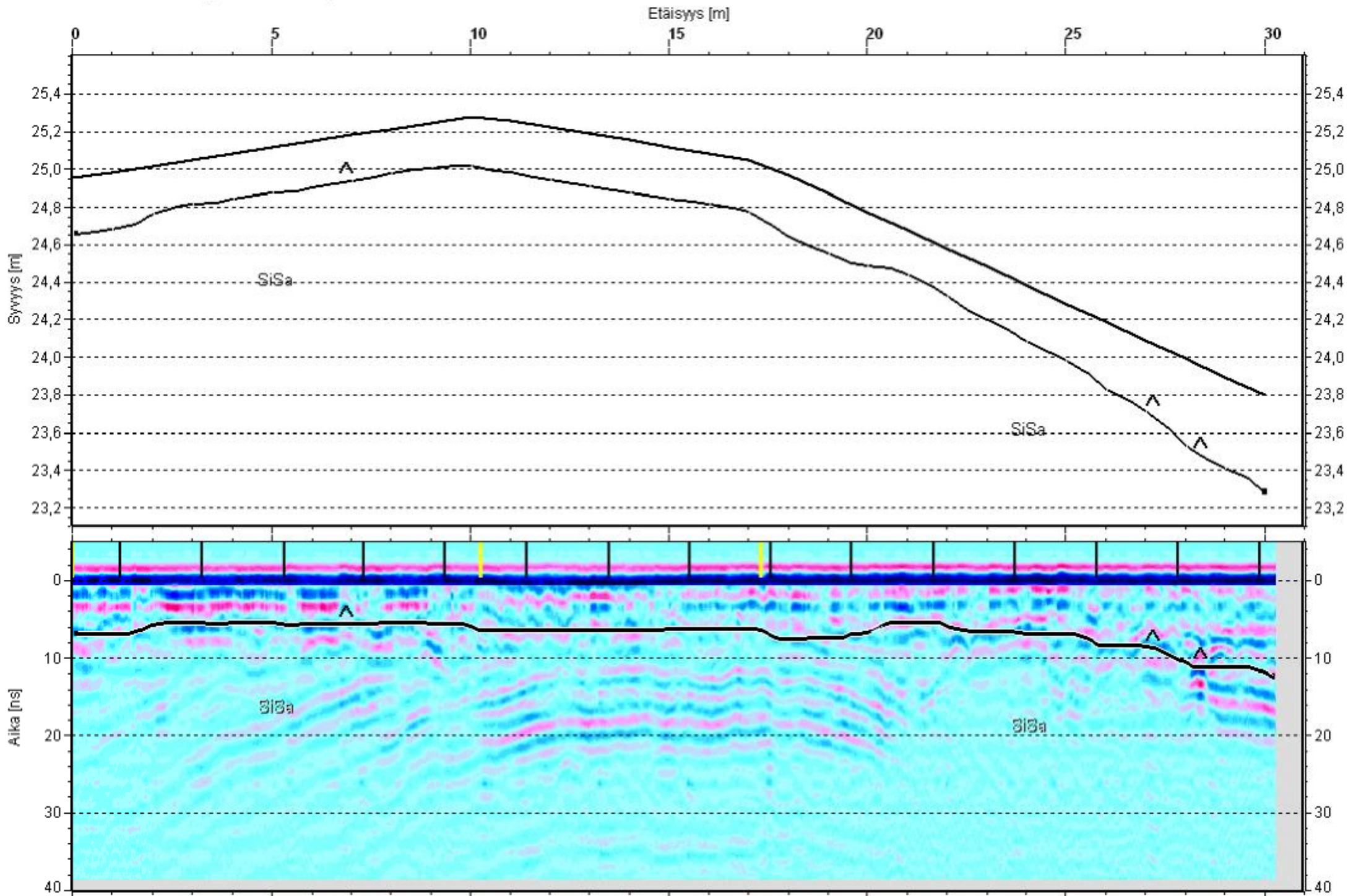


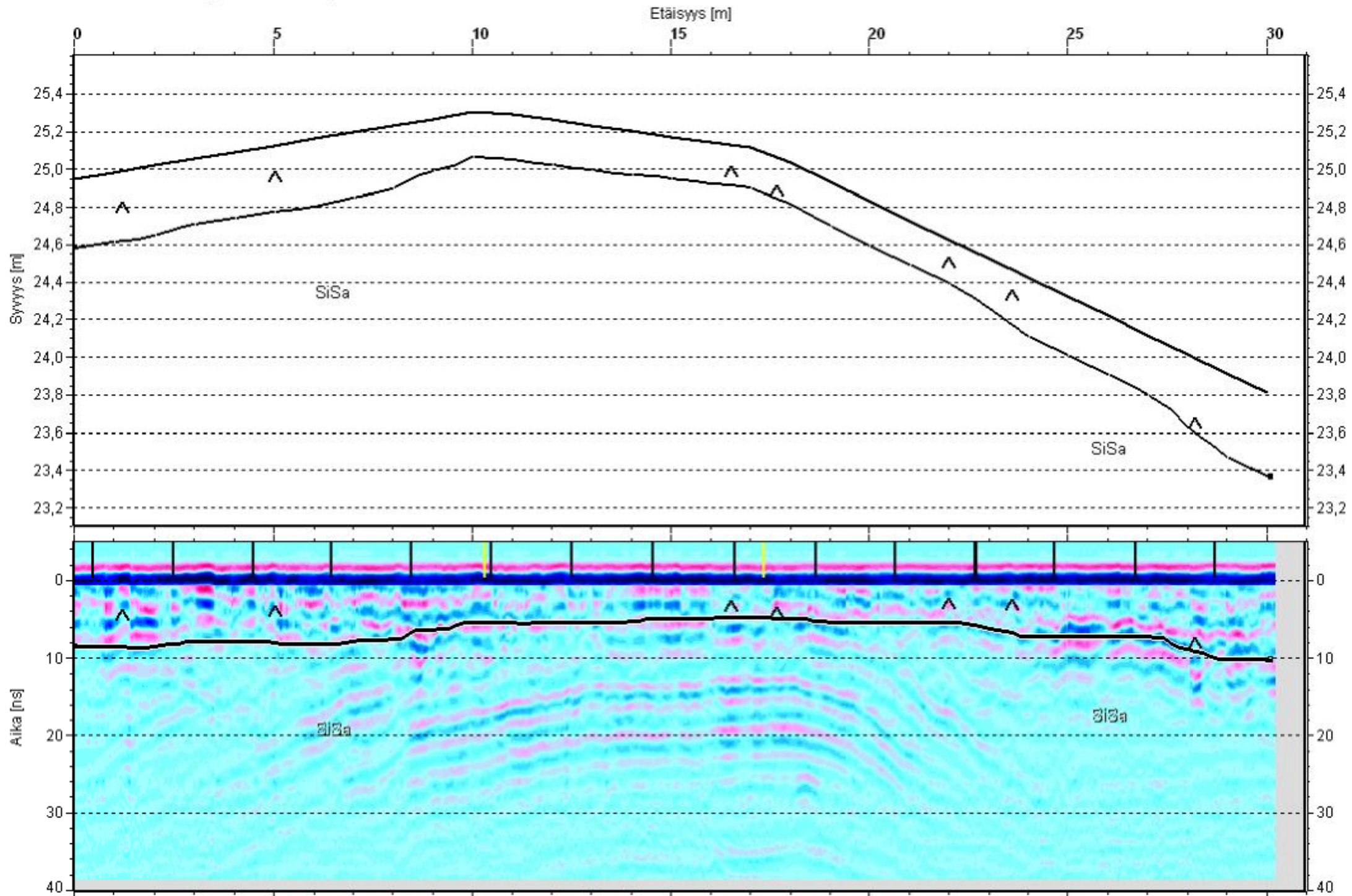


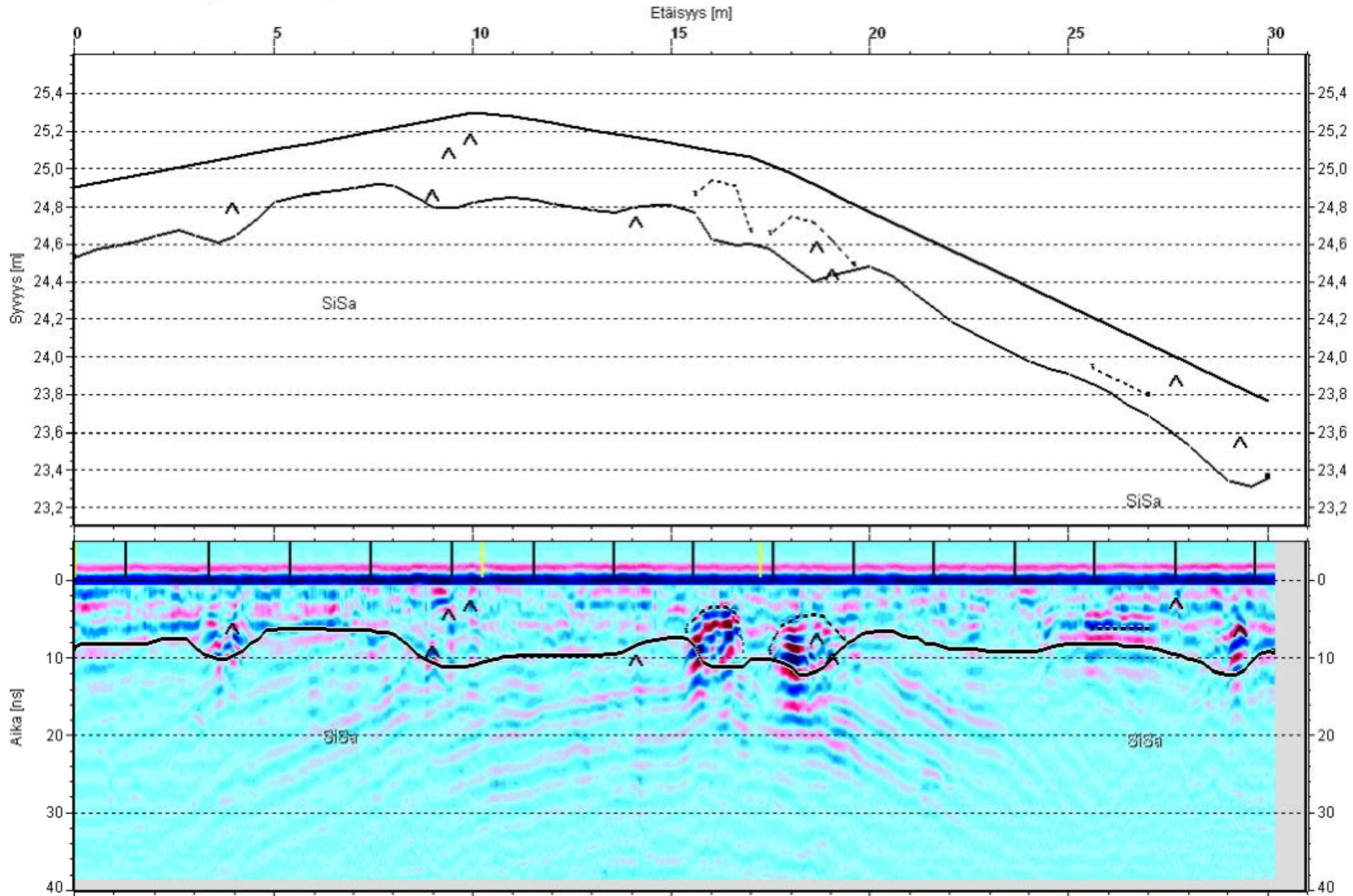


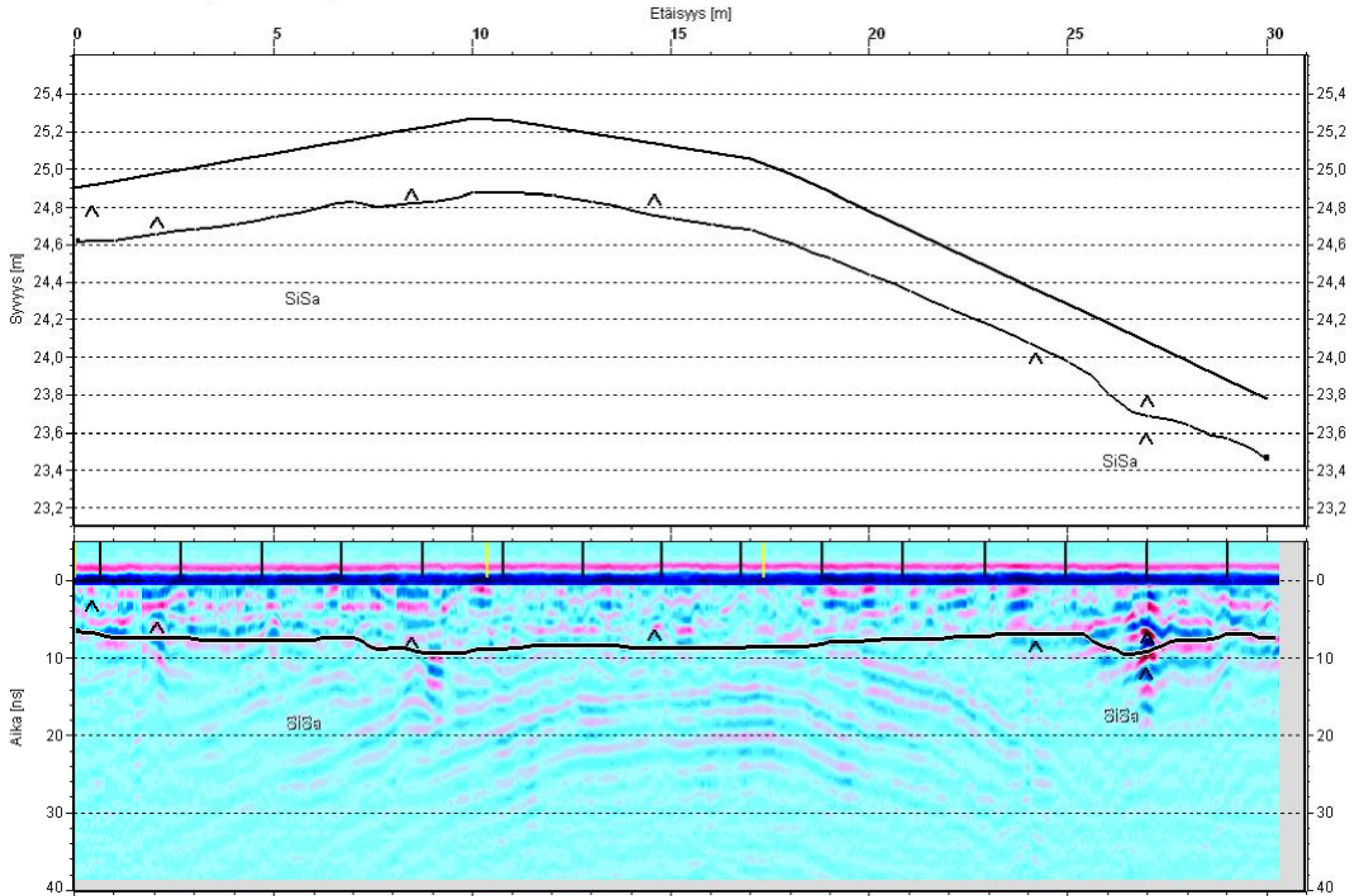


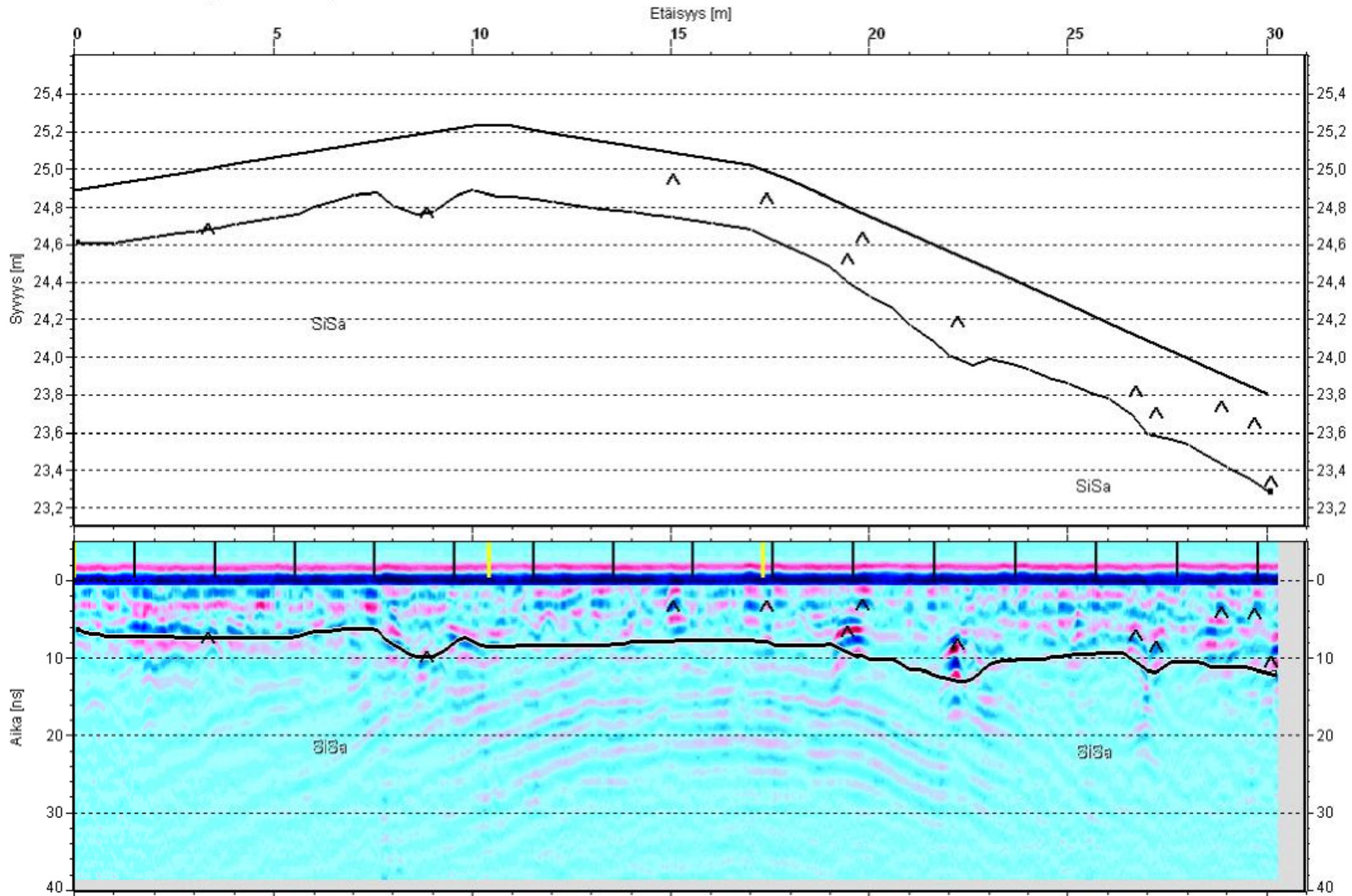


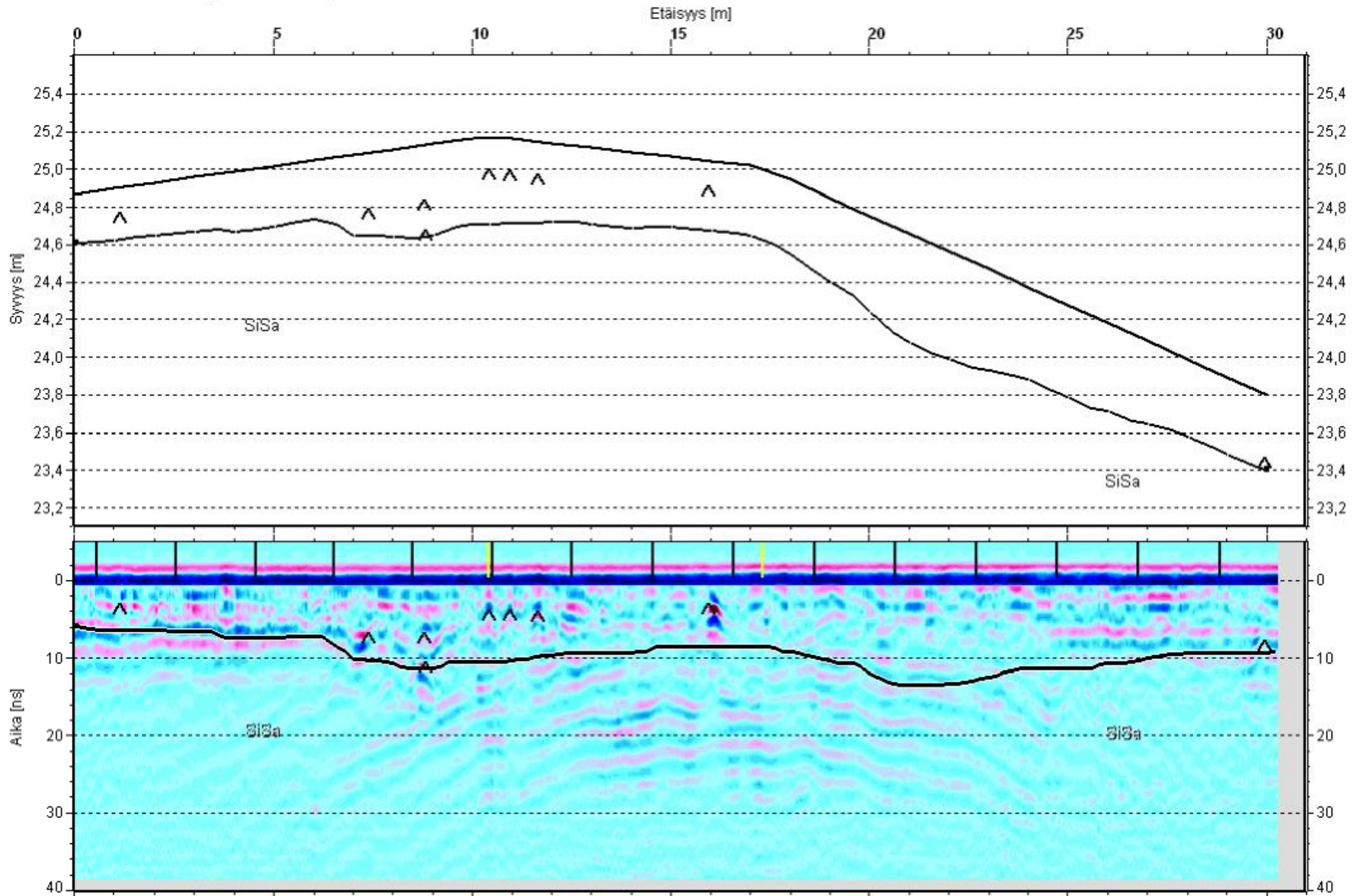


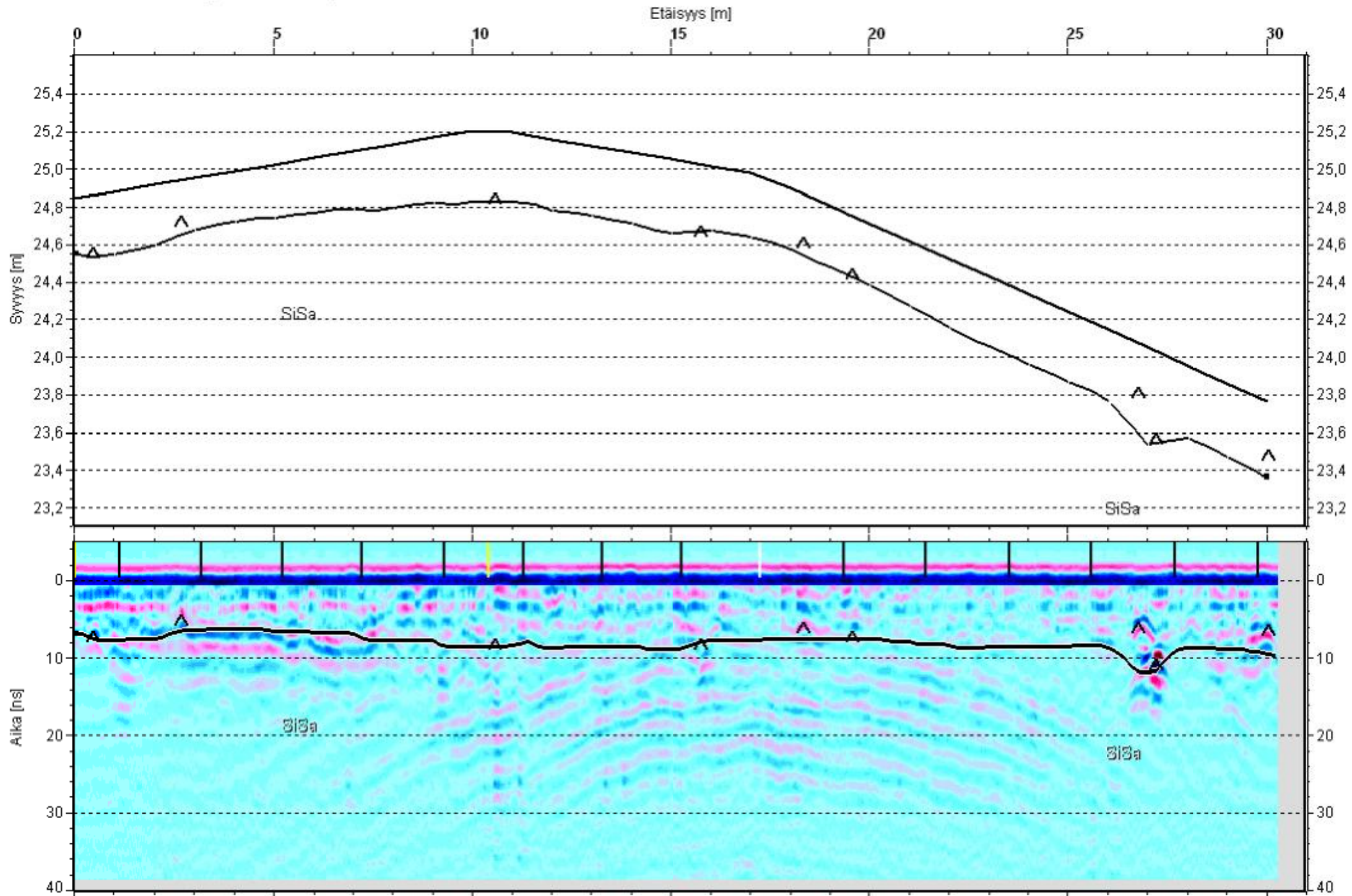


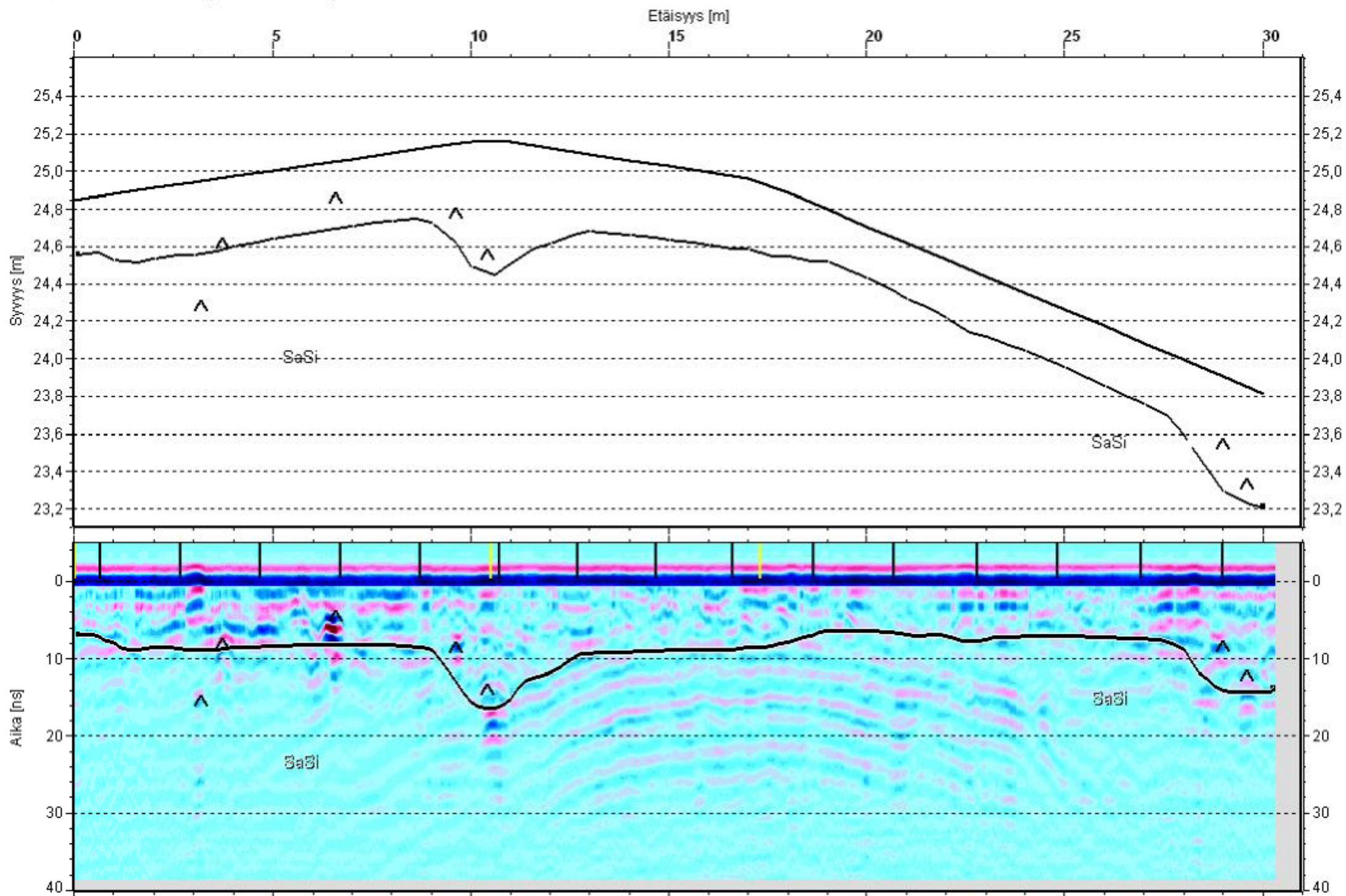


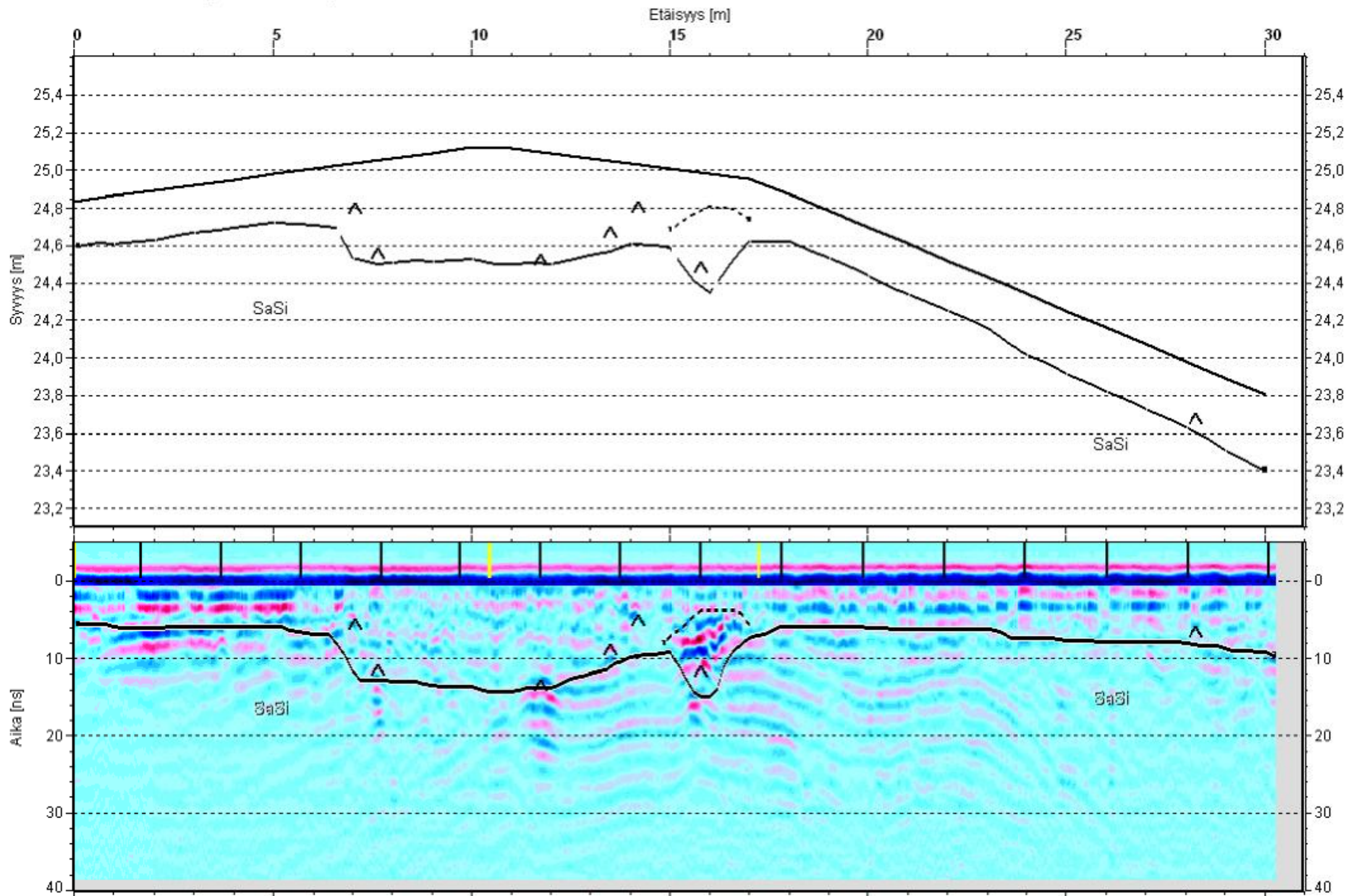


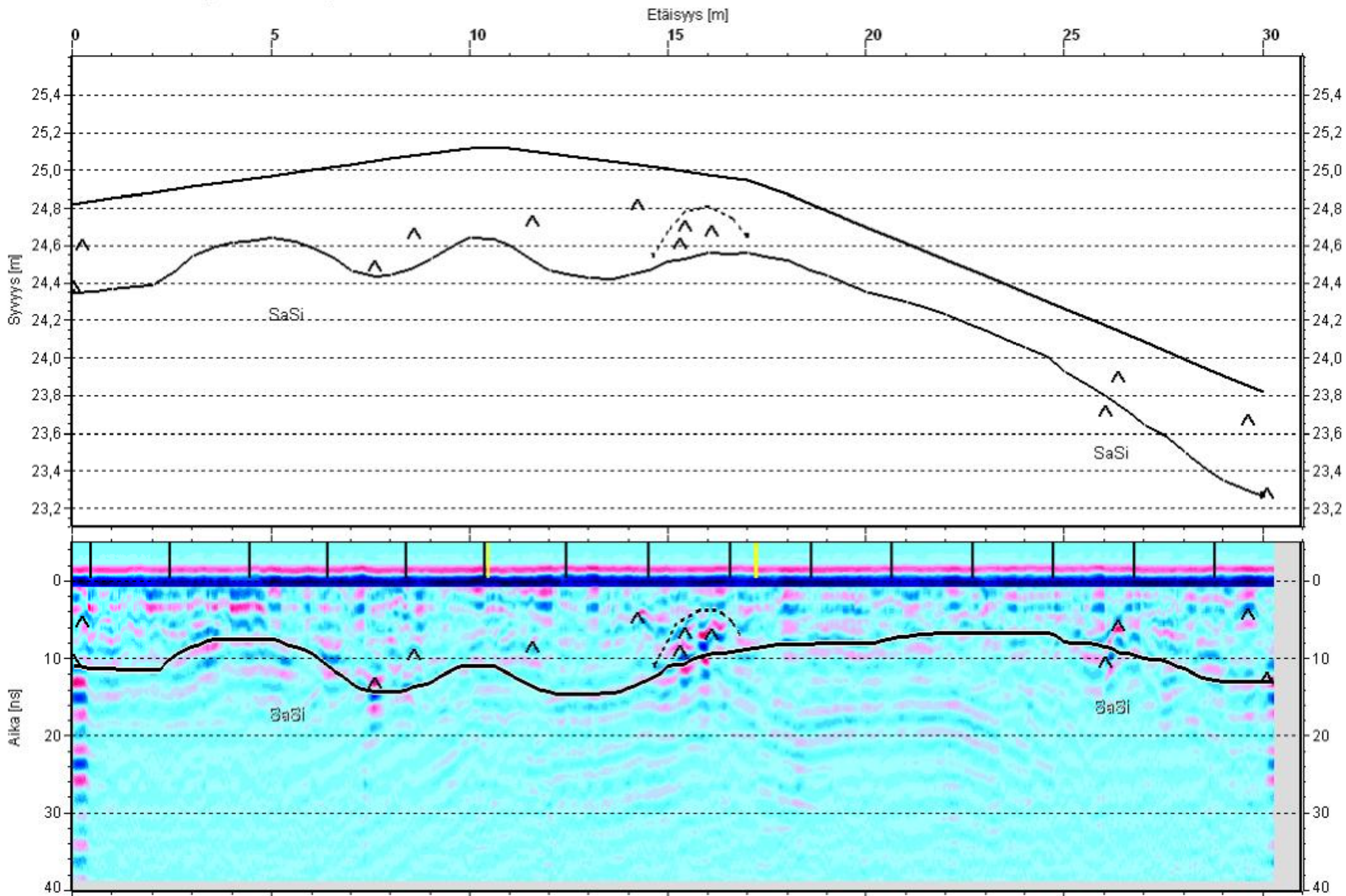


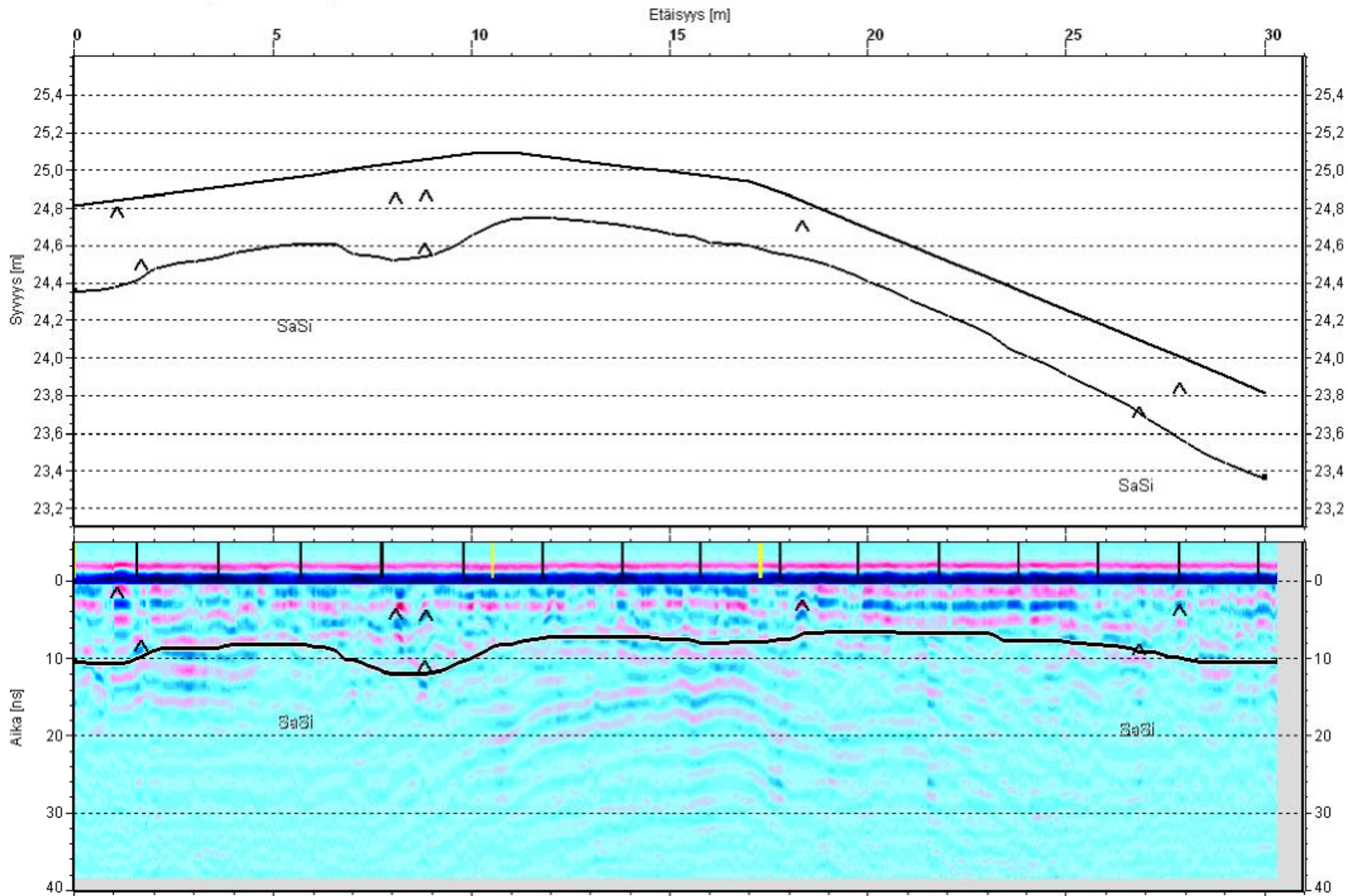


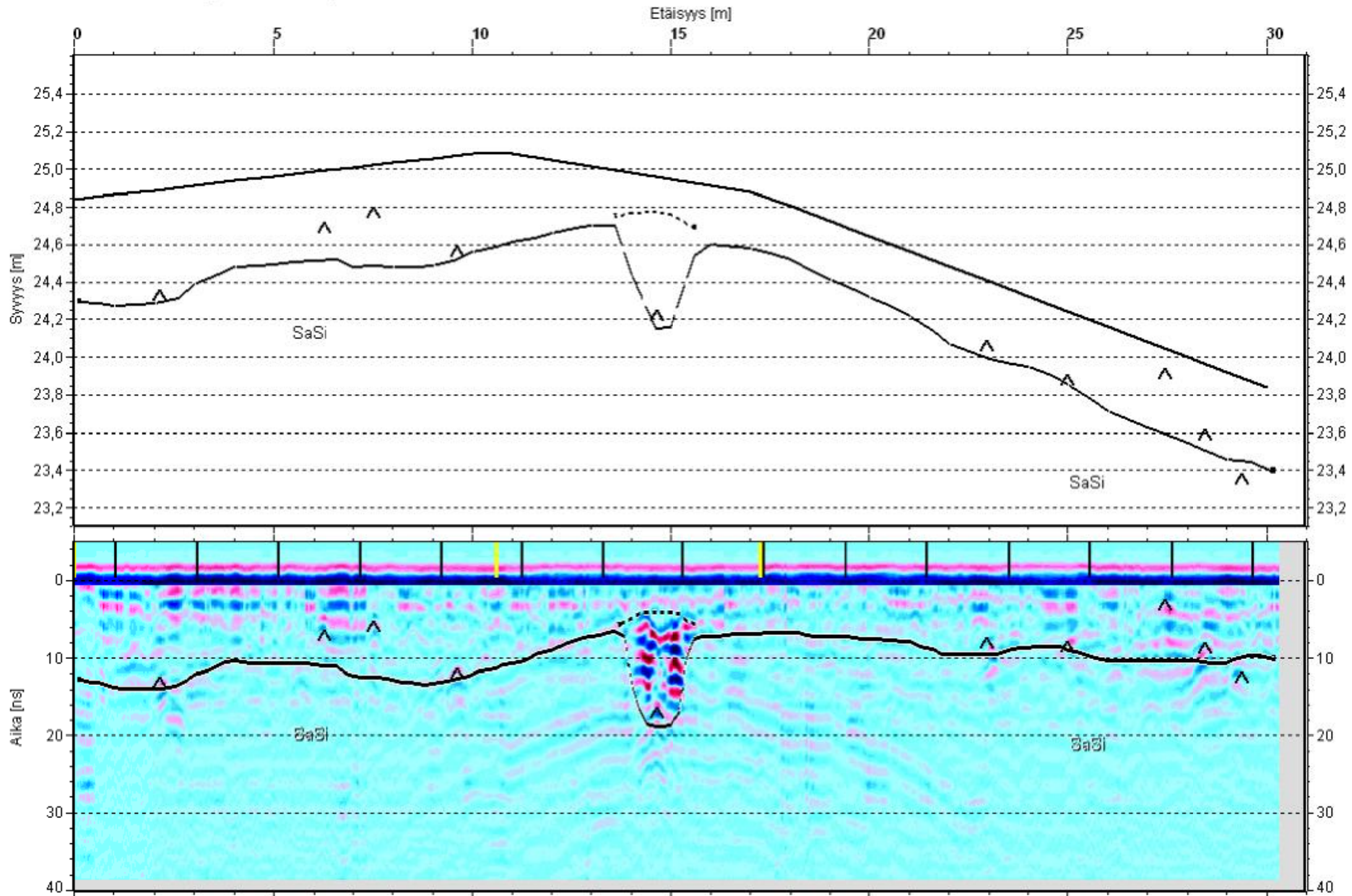


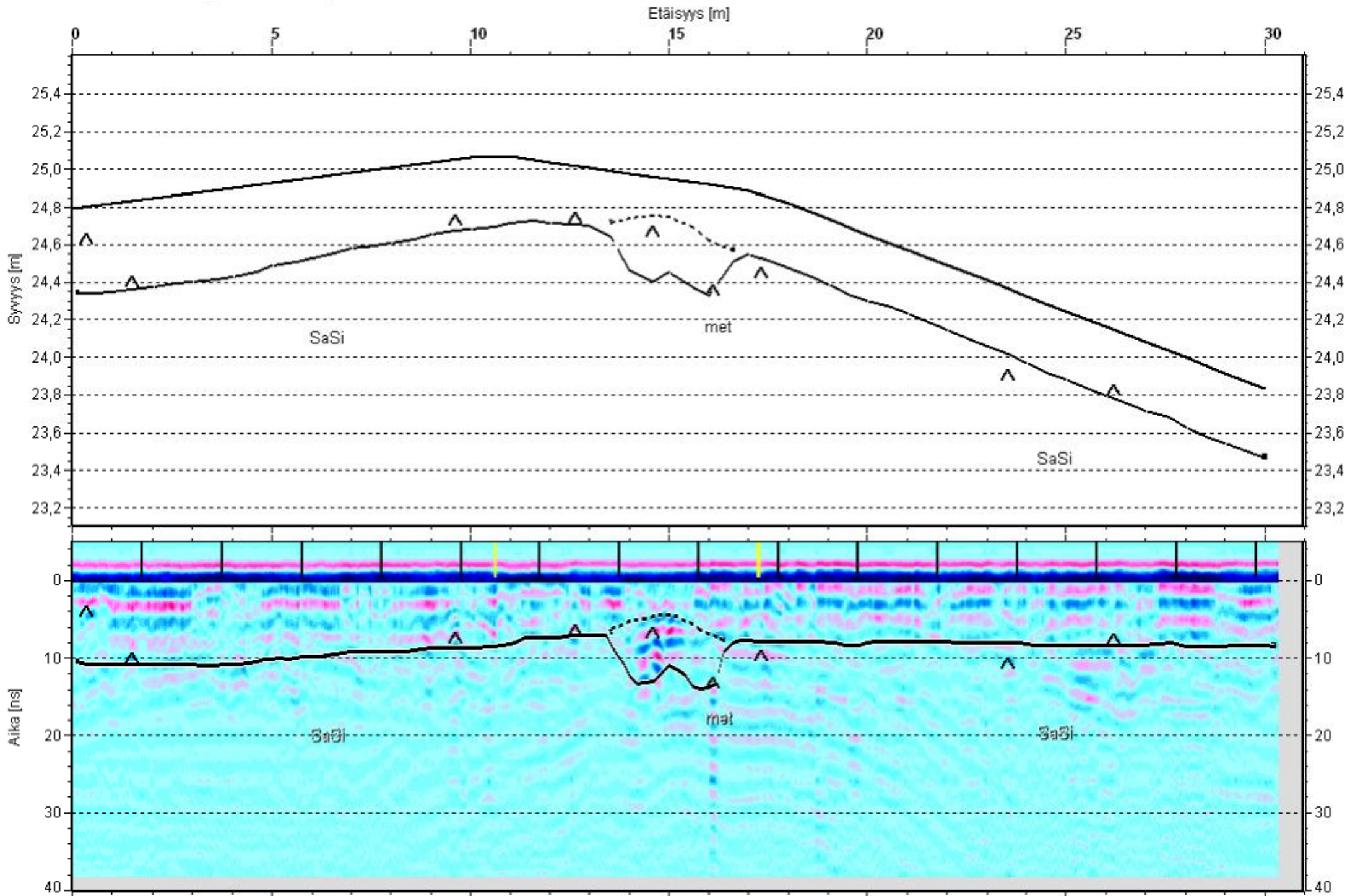


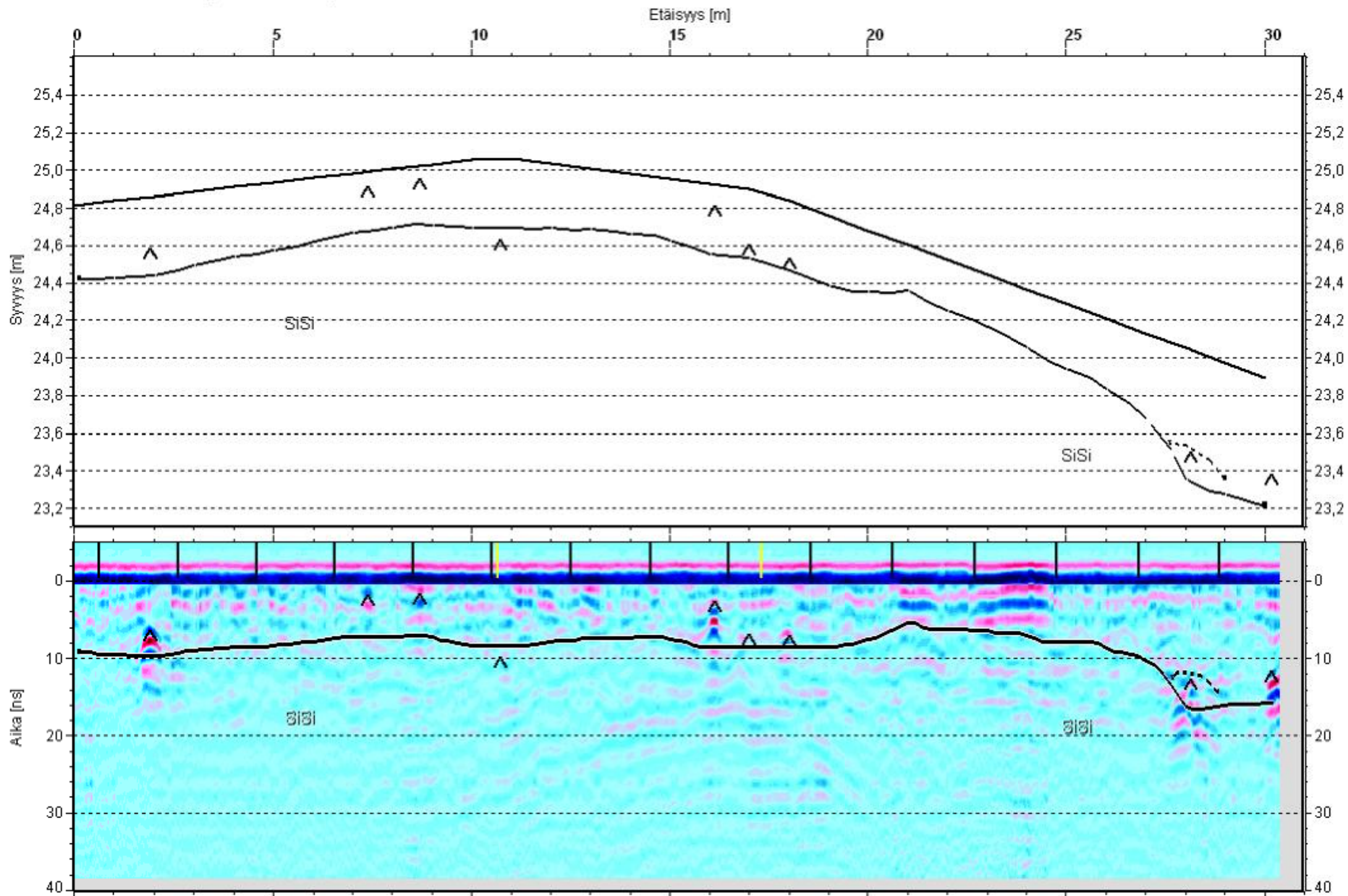


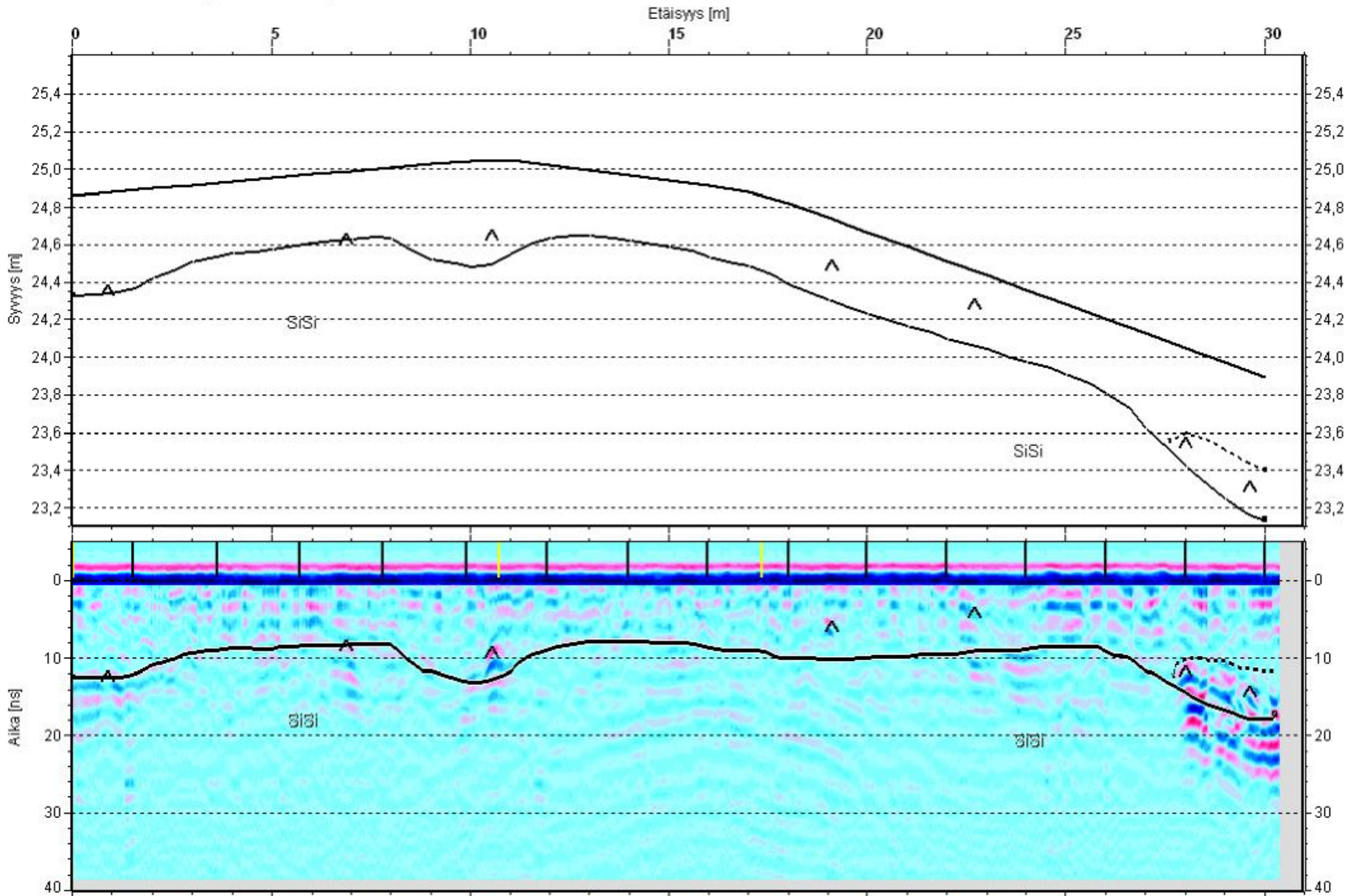






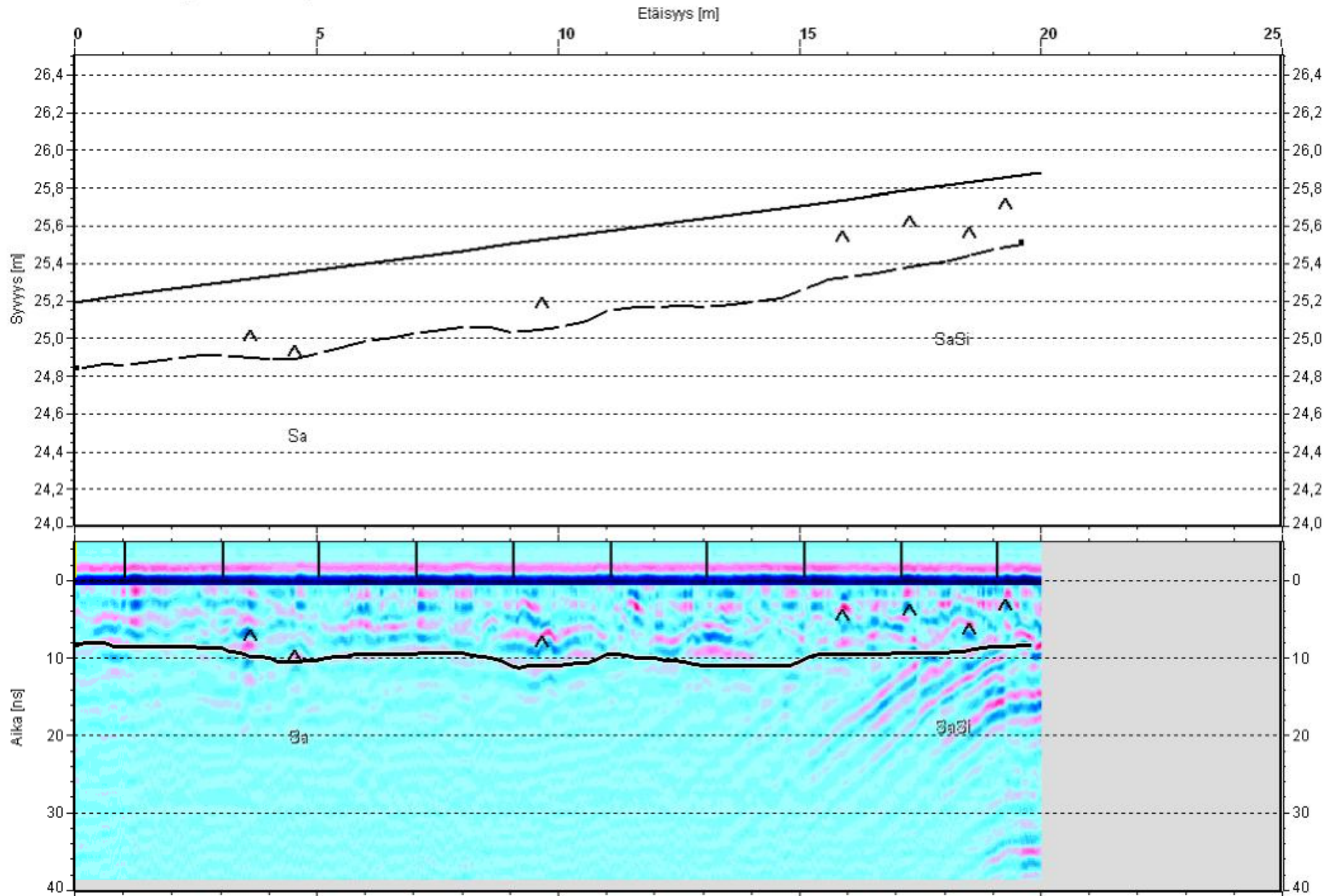


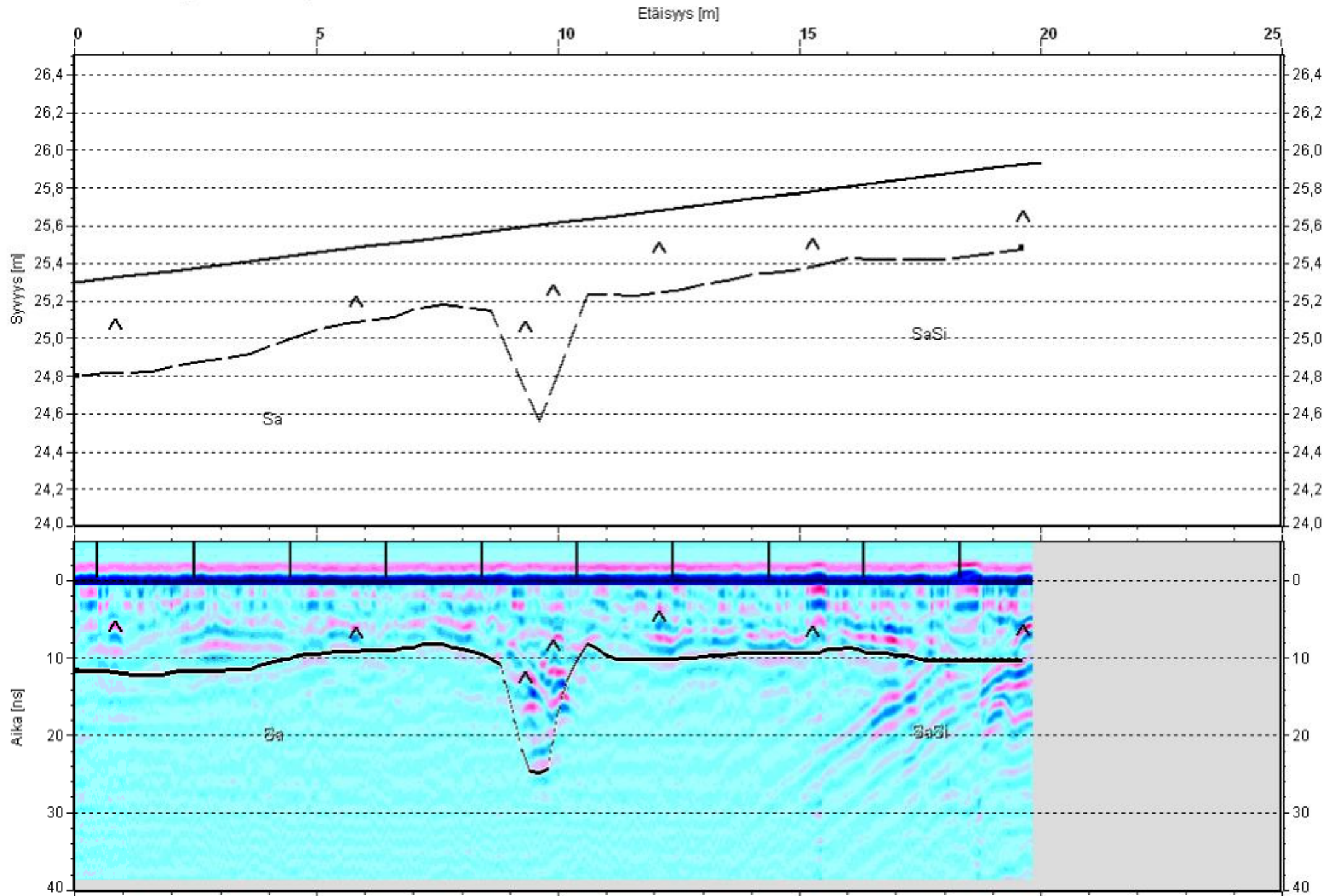


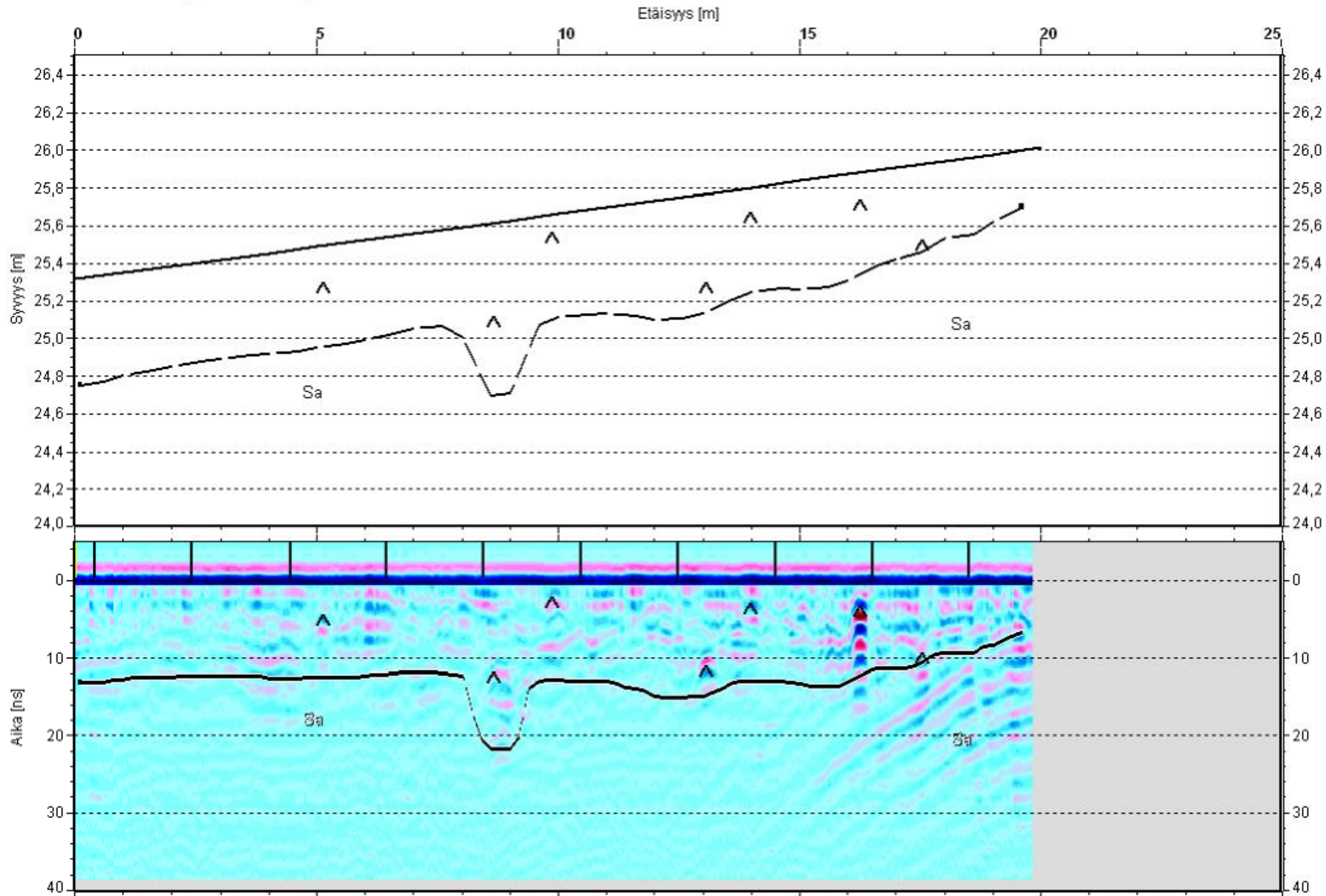


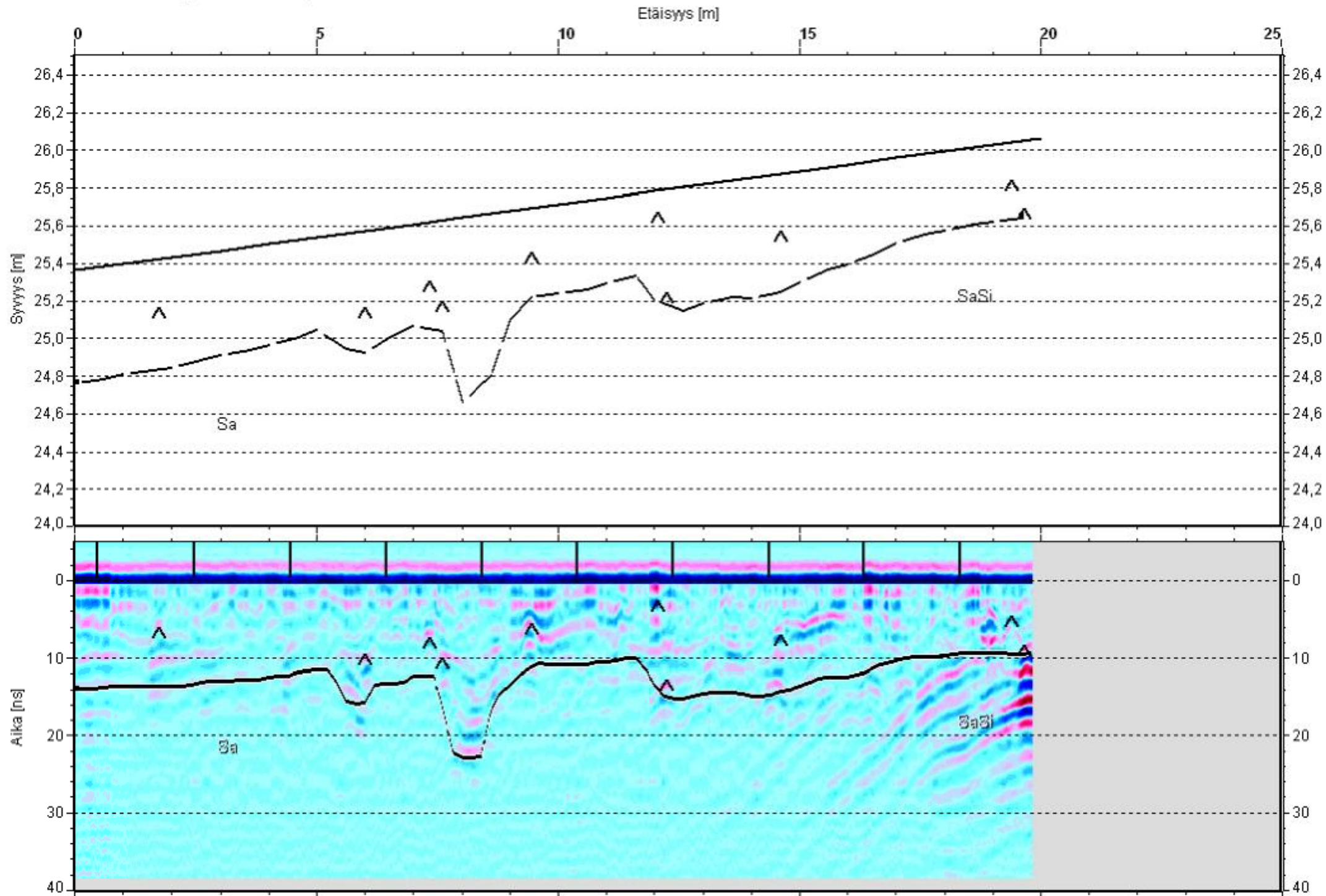
Alue 2

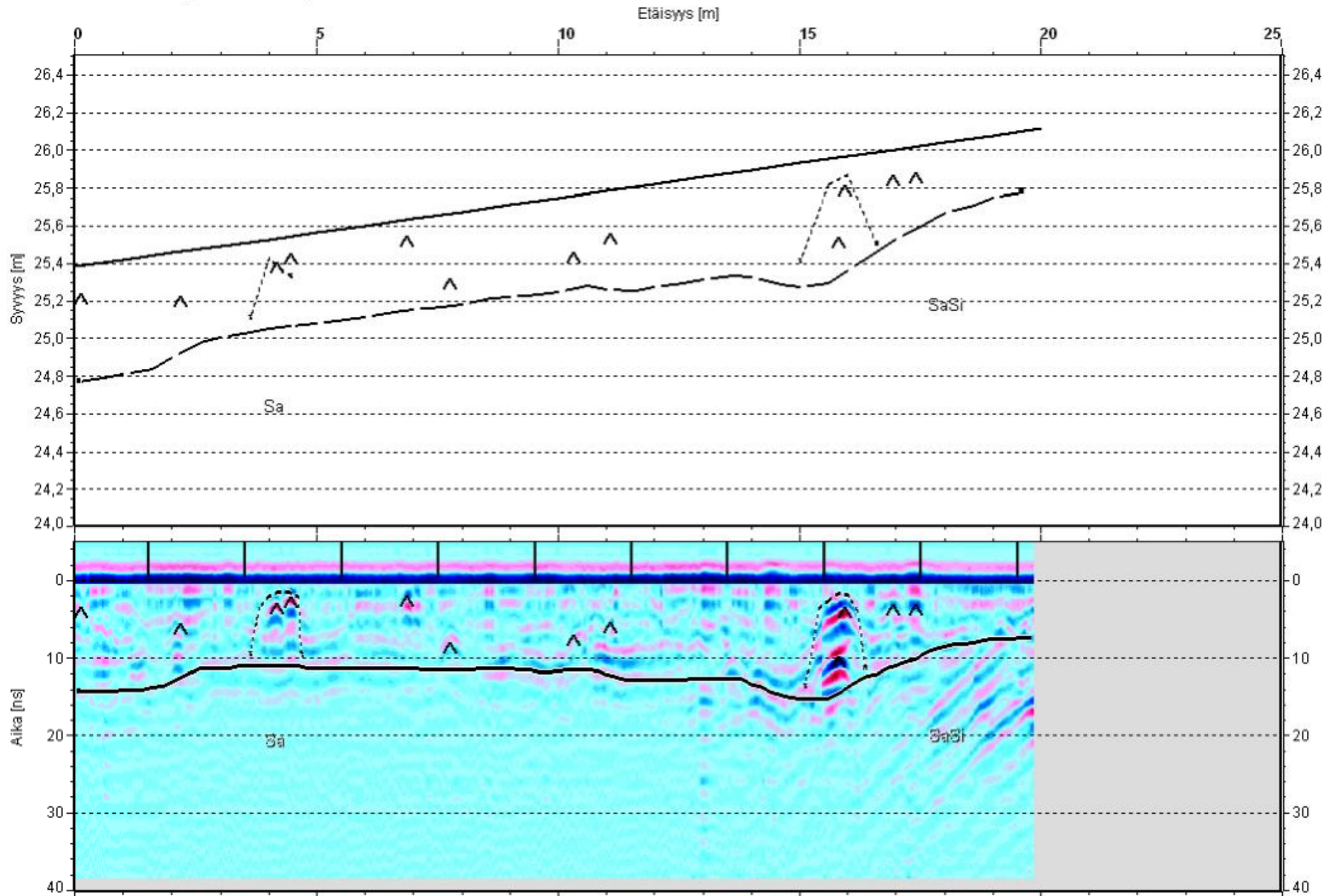
Linjat 1-10

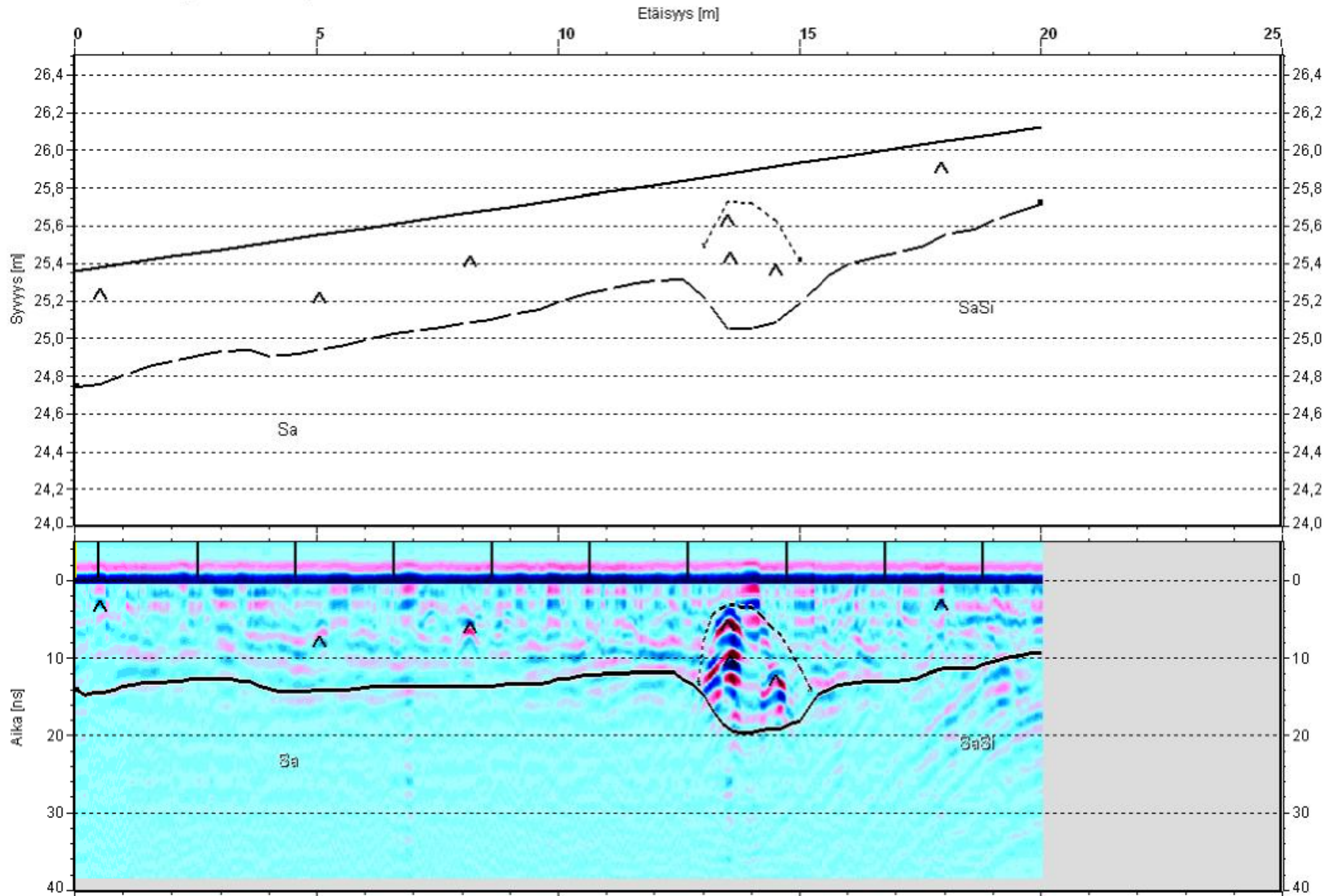


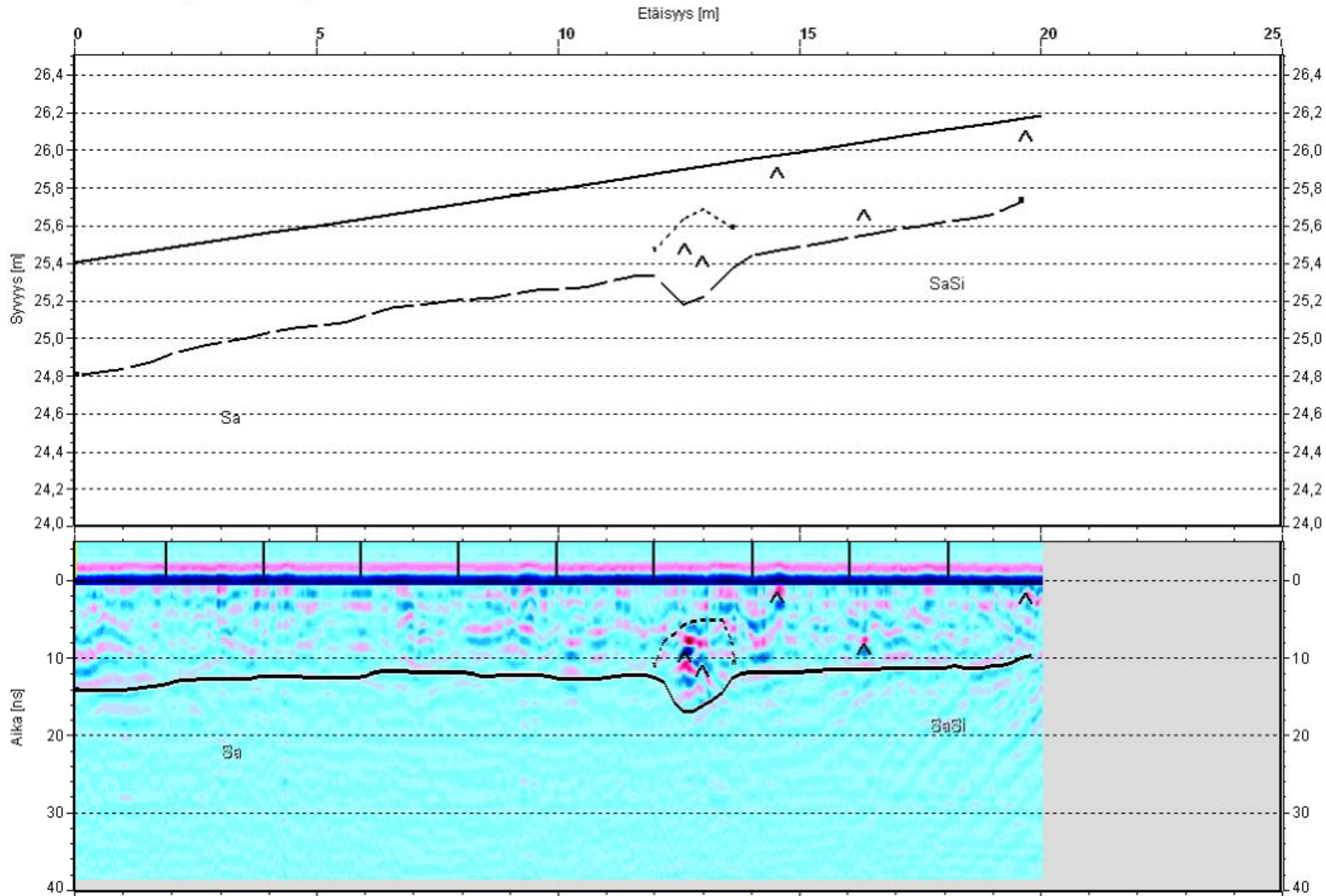


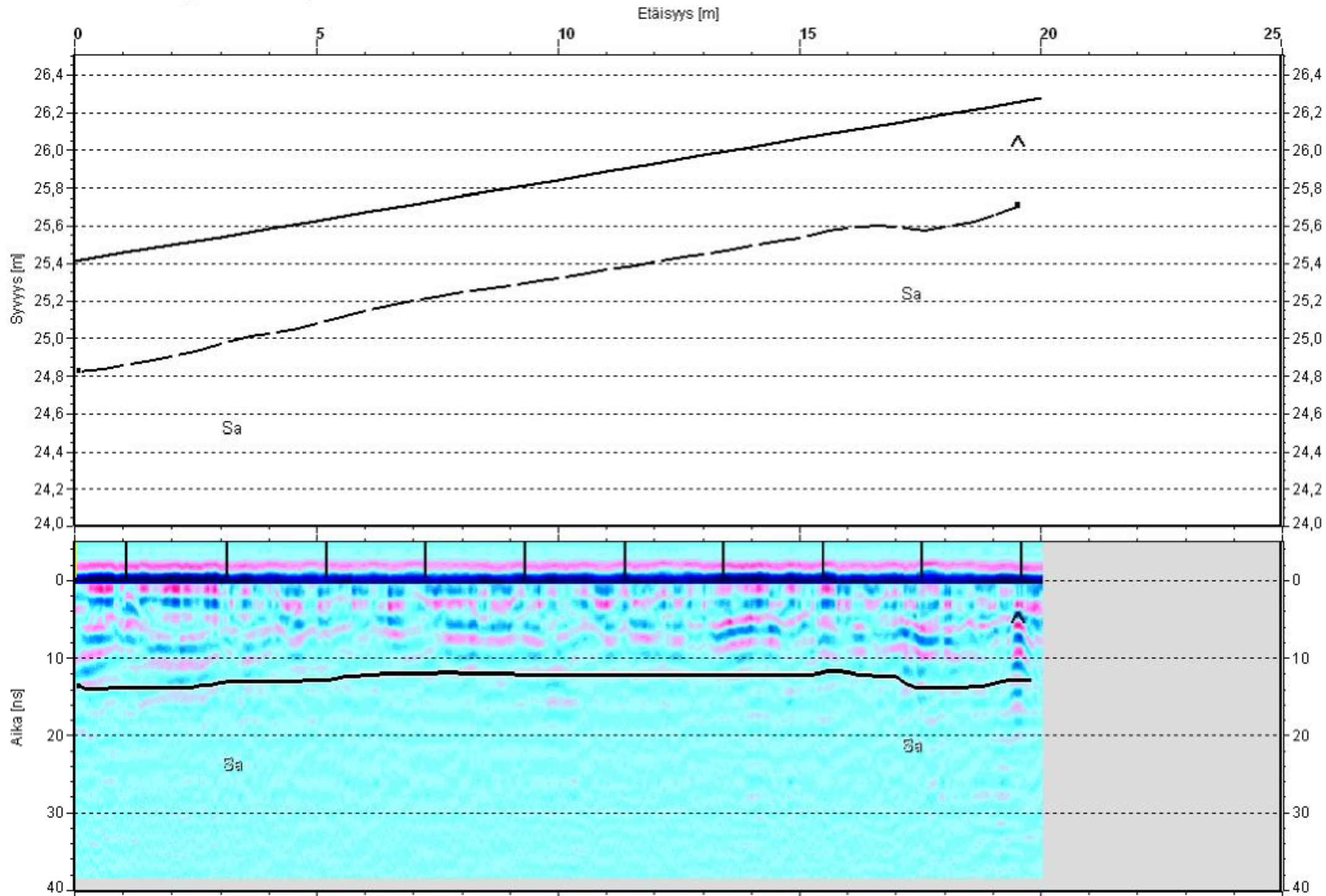


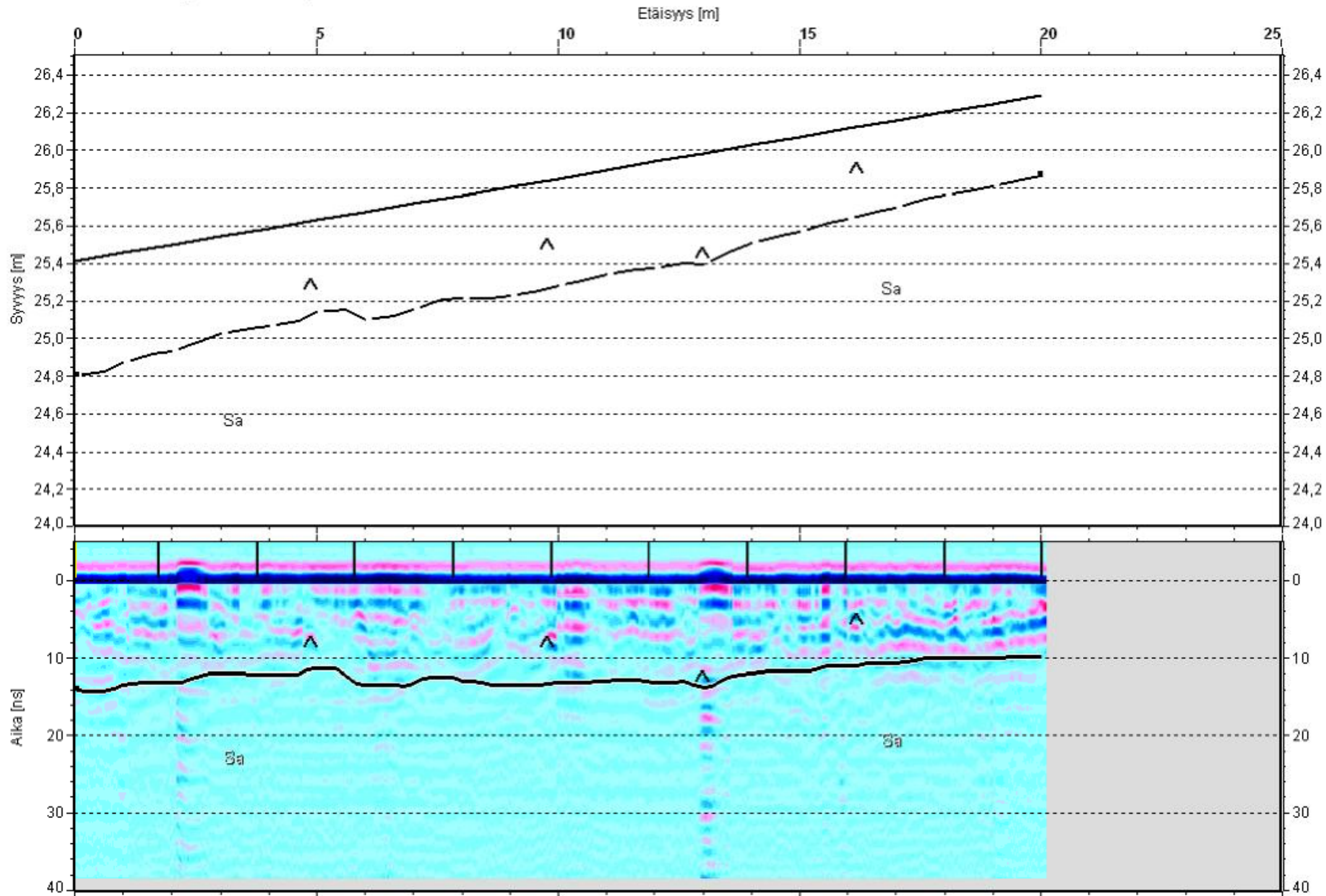


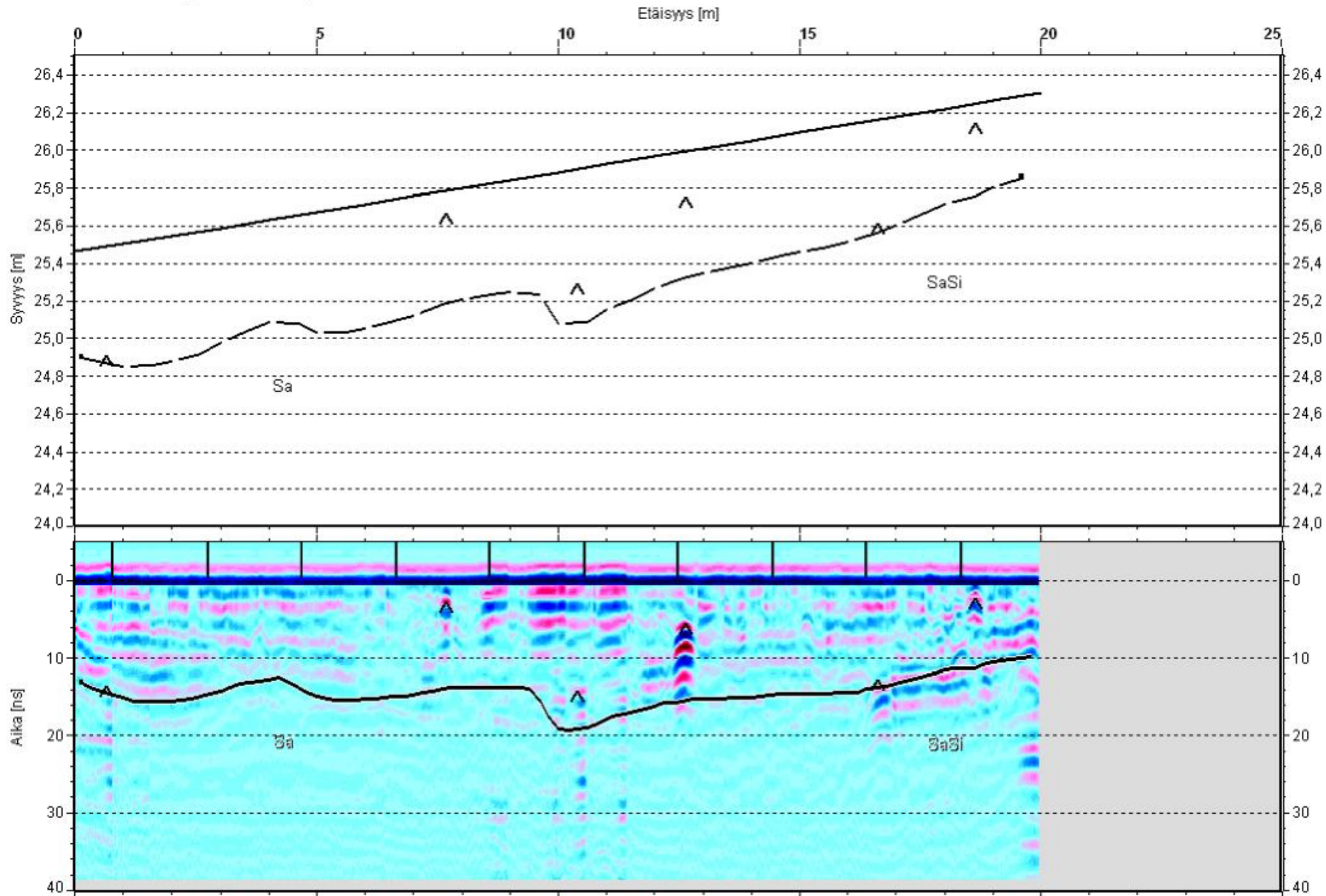












Alue 3

Linjat 1-10

