

**Virtausmittaukset Suhangon alueella  
Ranualla, Kairanreiät SN-41, SUH-204,  
SUH-262, SUH-348, SUH-389 ja SUH-  
587**

Jere Komulainen  
Perttu Pulkkinen  
Kyösti Ripatti  
Elin Siggberg  
Jari Pöllänen

Pöyry Finland Oy

Syyskuu 2013

## **VIRTAUSMITTAUKSET RANUALLA SUHANGON ALUEELLA, KAIRANREIÄT SN-41, SUH-204, SUH-262, SUH-348, SUH-389 ja SUH-587**

### **TIIVISTELMÄ**

Posiva Flow Log -virtauseromittausmenetelmää (PFL DIFF) voidaan käyttää suhteellisen nopeaan vedenjohtavuuksien ja virtauspaineiden määrittämiseen raoista tai rakovyöhykkeistä kairanrei'issä. Menetelmässä käytetään virtausanturia ja ns. virtausohjainta. Tässä raportissa esitetään mittausperiaatteet ja tulokset mittauksista, jotka tehtiin kairanrei'issä SN-41, SUH-204, -262, -348, -389 ja -587 Ranualla Suhangon pohjoisella tutkimusalueella vuoden 2013 elo- ja syyskuun aikana.

Mittausohjelma oli sama kaikissa rei'issä. Mittausvälin pituus virtausohjaimessa oli 1 metri. Mittausväliltä mitattiin veden virtaus, reikään tai reiästä kallioon. Kaikki virtausmittaukset tehtiin pumppauksen aikana. Virtausmittaustuloksista on laskettu transmissiviteetit ( $T$ ).

Laite sisältää myös maadoitusvastusanturin (single point resistance, SPR). SPR:ää mitattiin aina virtausmittauksen yhteydessä.

Veden sähkönjohtavuutta (EC) mitattiin virtausmittauksen aikana.

Avainsanat: Pohjavesi, virtaus, mittaus, peruskallio, kairanreikä, maadoitusvastus, sähkönjohtavuus, Posiva Flow Log.

## **FLOW MEASUREMENTS AT THE SUHANKO SITE IN RANUA DRILLHOLES SN-41, SUH-204, SUH-262, SUH-348, SUH-389 and SUH-587**

### **ABSTRACT**

The Posiva Flow Log, Difference Flow Method (PFL DIFF) uses a flowmeter that incorporates a flow guide and can be used for relatively quick determinations of hydraulic conductivity and fresh water head in fractures/fractured zones in cored drillholes. This report presents the principles of the method and the results of measurements carried out in drillholes SN-41, SUH-204, SUH-262, SUH-348, SUH-389 and SUH-587 at the Suhanko North site during August and September on year 2013.

The section length of the flow guide in the flow logging measurements was 1 m. Flow into the drillhole or from the drillhole to the bedrock was measured within the section lengths and carried out in pumped conditions. Calculations of the transmissivity ( $T$ ) of the fractures are shown in the results.

The device include a sensor for single point resistance (SPR). SPR was measured in connection with flow measurements.

The electrical conductivity (EC) of the water was measured in conjunction with flow logging measurements.

Keywords: Groundwater, flow, measurement, bedrock, drillhole, single point resistance, electrical conductivity, Posiva Flow Log.

## SISÄLLYSLUETTELO

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

|          |                                                        |           |
|----------|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>JOHDANTO</b>                                        | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>MITTAUSLAITTEISTON TOIMINTAPERIAATE</b>             | <b>8</b>  |
| <b>3</b> | <b>MITTAUSTEN TULKINTA</b>                             | <b>13</b> |
| 3.1      | Hydraulinen painekorkeus                               | 13        |
| 3.2      | Transmissiviteetti                                     | 13        |
| 3.3      | Transmissiviteetin laskeminen Suhangon mittauksista    | 15        |
| <b>4</b> | <b>MITTAUSTEN SUORITUS</b>                             | <b>17</b> |
| 4.1      | Mittausohjelma ja aikataulu                            | 17        |
| 4.2      | Mittausolosuhteet                                      | 19        |
| <b>5</b> | <b>TULOKSET</b>                                        | <b>20</b> |
| 5.1      | Virtausmittaus ja kallion maadoitusvastusmittaus (SPR) | 20        |
| 5.2      | Rakojen transmissiviteetti virtausmittausten aikana    | 20        |
| 5.3      | Virtaus: Mittauksen teoreettiset ja käytännön rajat    | 20        |
| 5.4      | Vesipinta, ilmanpaine ja pumppaus                      | 21        |
| 5.5      | Reikävesi: sähkönjohtavuus ja lämpötila                | 21        |
| 5.6      | Kairanreikä SN-41                                      | 21        |
| 5.7      | Kairanreikä SUH-204                                    | 22        |
| 5.8      | Kairanreikä SUH-262                                    | 22        |
| 5.9      | Kairanreikä SUH-348                                    | 23        |
| 5.10     | Kairanreikä SUH-389                                    | 23        |
| 5.11     | Kairanreikä SUH-578                                    | 23        |
| <b>6</b> | <b>YHTEENVETO</b>                                      | <b>25</b> |
|          | <b>VIITTEET</b>                                        | <b>26</b> |

|                                     |                                                                                         |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Liitteet SN-41.1.1 – SN-41.1.12     | Kairanreikä SN-41, Virtaus ja maadoitusvastus                                           |
| Liite SN-41.2                       | Kairanreikä SN-41, Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana   |
| Liite SN-41.3                       | Kairanreikä SN-41, Reikäveden lämpötila                                                 |
| Liite SN-41.4                       | Kairanreikä SN-41, Reikäveden sähkönjohtavuus                                           |
| Liite SN-41.5                       | Kairanreikä SN-41, Havaittujen rakojen transmissiviteetti                               |
| Liite SN-41.6                       | Havaittujen rakojen transmissiviteetit                                                  |
| Liitteet SN-41.7.1 – SN-41.7.3      | Kairanreikä SN-41, Taulukoidut tulokset havaituista raoista                             |
| Liitteet SUH-204.1.1 – SUH-204.1.15 | Kairanreikä SUH-204, Virtaus ja maadoitusvastus                                         |
| Liite SUH-204.2                     | Kairanreikä SUH-204, Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana |
| Liite SUH-204.3                     | Kairanreikä SUH-204, Reikäveden lämpötila                                               |
| Liite SUH-204.4                     | Kairanreikä SUH-204, Reikäveden sähkönjohtavuus                                         |
| Liite SUH-204.5                     | Kairanreikä SUH-204, Havaittujen rakojen transmissiviteetti                             |
| Liite SUH-204.6                     | Havaittujen rakojen transmissiviteetit                                                  |
| Liitteet SUH-204.7.1 – SUH-204.7.2  | Kairanreikä SUH-204, Taulukoidut tulokset havaituista raoista                           |
| Liitteet SUH-262.1.1 – SUH-262.1.13 | Kairanreikä SUH-262, Virtaus ja maadoitusvastus                                         |
| Liite SUH-262.2                     | Kairanreikä SUH-262, Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana |
| Liite SUH-262.3                     | Kairanreikä SUH-262, Reikäveden lämpötila                                               |
| Liite SUH-262.4                     | Kairanreikä SUH-262, Reikäveden sähkönjohtavuus                                         |
| Liite SUH-262.5                     | Kairanreikä SUH-262, Havaittujen rakojen transmissiviteetti                             |
| Liite SUH-262.6                     | Havaittujen rakojen transmissiviteetit                                                  |
| Liitteet SUH-262.7.1 – SUH-262.7.3  | Kairanreikä SUH-262, Taulukoidut tulokset havaituista raoista                           |
| Liitteet SUH-348.1.1 – SUH-348.1.4  | Kairanreikä SUH-348, Virtaus ja maadoitusvastus                                         |
| Liite SUH-348.2                     | Kairanreikä SUH-348, Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana |
| Liite SUH-348.3                     | Kairanreikä SUH-348, Reikäveden lämpötila                                               |
| Liite SUH-348.4                     | Kairanreikä SUH-348, Reikäveden sähkönjohtavuus                                         |
| Liite SUH-348.5                     | Kairanreikä SUH-348, Havaittujen rakojen transmissiviteetti                             |
| Liite SUH-348.6                     | Havaittujen rakojen transmissiviteetit                                                  |
| Liite SUH-348.7.1                   | Kairanreikä SUH-348, Taulukoidut tulokset havaituista raoista                           |
| Liitteet SUH-389.1.1 – SUH-389.1.10 | Kairanreikä SUH-389, Virtaus ja maadoitusvastus                                         |
| Liite SUH-389.2                     | Kairanreikä SUH-389, Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana |
| Liite SUH-389.3                     | Kairanreikä SUH-389, Reikäveden lämpötila                                               |
| Liite SUH-389.4                     | Kairanreikä SUH-389, Reikäveden sähkönjohtavuus                                         |
| Liite SUH-389.5                     | Kairanreikä SUH-389, Havaittujen rakojen transmissiviteetti                             |
| Liite SUH-389.6                     | Havaittujen rakojen transmissiviteetit                                                  |
| Liitteet SUH-389.7.1 – SUH-389.7.2  | Kairanreikä SUH-389, Taulukoidut tulokset havaituista raoista                           |
| Liitteet SUH-587.1.1 – SUH-587.1.14 | Kairanreikä SUH-587, Virtaus ja maadoitusvastus                                         |
| Liite SUH-587.2                     | Kairanreikä SUH-587, Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana |
| Liite SUH-587.3                     | Kairanreikä SUH-587, Reikäveden lämpötila                                               |
| Liite SUH-587.4                     | Kairanreikä SUH-587, Reikäveden sähkönjohtavuus                                         |
| Liitteet SUH-587.5                  | Kairanreikä SUH-587, Havaittujen rakojen transmissiviteetti                             |
| Liite SUH-587.6                     | Havaittujen rakojen transmissiviteetit                                                  |
| Liitteet SUH-587.7.1 – SUH-587.7.2  | Kairanreikä SUH-587, Taulukoidut tulokset havaituista raoista                           |
| Liite Koonti                        | Havaittujen rakojen transmissiviteetit                                                  |

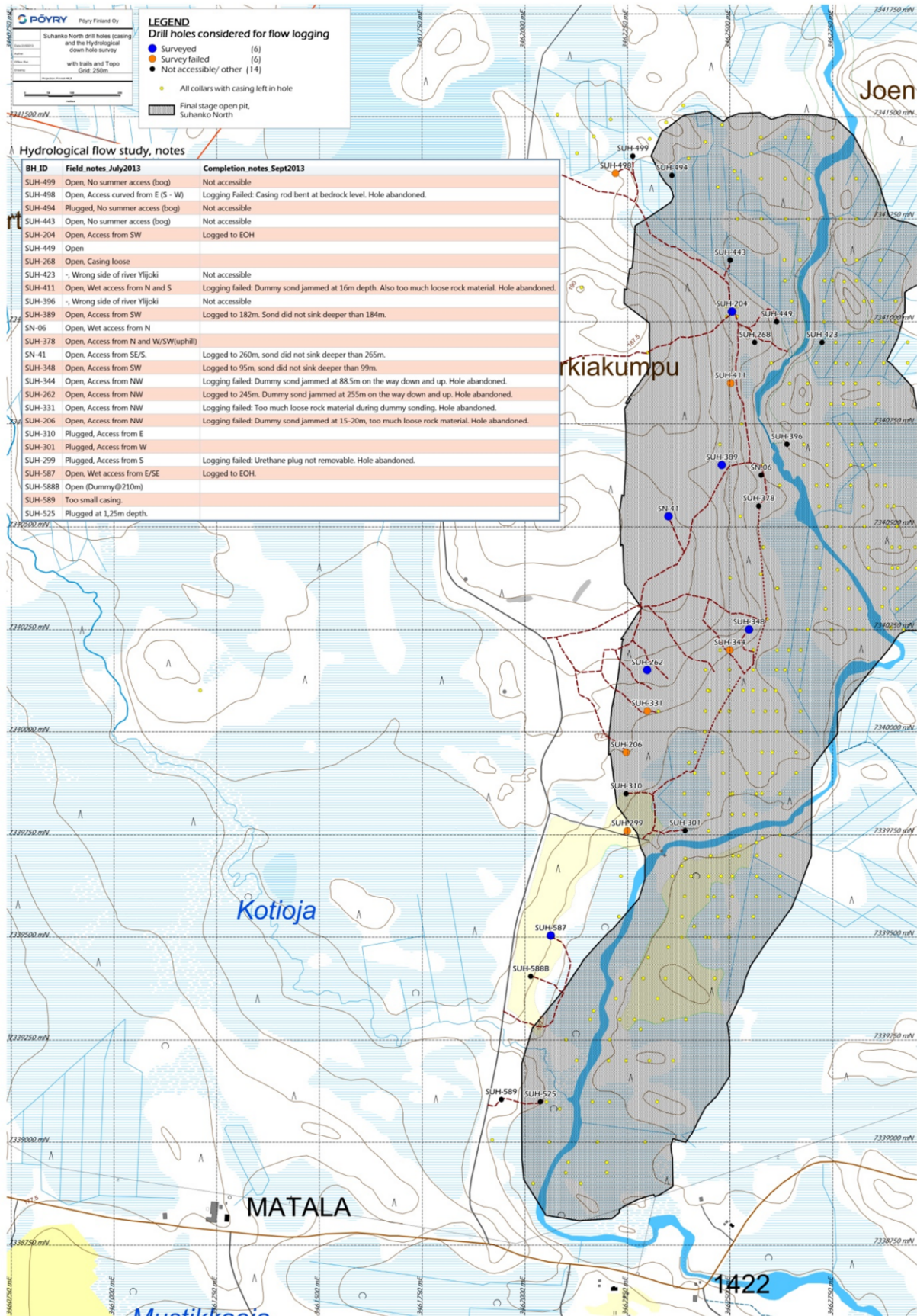
## 1 JOHDANTO

Gold Fields Arctic Platinum Oy tekee tutkimuksia Arctic Platinum -projektissa Ranualla Pohjois-Suomessa. Ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA) laatii Pöyry Finland Oy. YVA-selvitys on suunniteltu valmistuvaksi vuonna 2013. Cu-Ni-PGE -projekti sisältää kuusi eri tutkimusvaiheessa olevaa erillistä kaivantoa. Avonainen kaivanto vaikuttaa ympärillä olevaan kalliomassaan, pohjaveden virtauksiin ja ympäristöön yleisesti. Osana hydrogeologisia pohjavesitutkimuksia Suhangon pohjoinen tutkimusalue valittiin paikaksi tarkemmille pohjaveden virtaustutkimuksille. Kerätty tieto pohjaveden virtauksista peruskalliossa antaa tärkeää pohjatietoa pohjavesibalanssin laskentaa ja kaivannon vedenpoiston suunnitteluun.

Posiva Flow Log -virtauseromenetelmällä (PFL DIFF) tehtävien mittausten tarkoitus on tunnistaa vettä johtavat raot peruskalliossa. Kairanreikien sijainti Suhangossa on esitetty Kuvassa 1-1.

Käyttämällä erityistä virtausohjainta, reiän suuntaisen virtauksen mittaamisen sijaan, virtaus sisään tai ulos kalliosta tietyllä syvyysvälillä voidaan mitata suoraan. Tämä mahdollistaa peruskallion transmissiviteetin (tai hydraulisen johtavuuden) määrittämisen raoissa. Yksi menetelmän eduista on sen nopeus verrattuna perinteiseen kaksoistulppapainetestiin.

PFL DIFF –mittauskalustoa (peräkärriin asennetut vinssi ja kaapeli, mittausanturi ja tietokone) voidaan käyttää kairanrei'issä, joiden syvyys on alle 1500 m ja reiän halkaisija 56 mm tai suurempi.



*Kuva 1-1. Kairanreikien sijainti Suhangon alueella.*

## 2 MITTAUSLAITTEISTON TOIMINTAPERIAATE

Toisin kuin perinteisissä virtausmittareissa, joilla mitataan kumulatiivista reiän suuntaista virtausta, PFL DIFF anturi mittaa virtausta sisään tai ulos kalliosta tietyssä kairanreiän syvyysvälissä. Tietyn kairanreiän osan virtauksen mittaamisen etu on parantunut pienten virtauslisäyksien havaitseminen reiän suuntaisessa virtauksessa. Virtausten ollessa yleensä pieniä ne voivat helposti jäädä huomaamatta, kun käytetään perinteisiä virtausmittareita.

Mittauksissa käytetty laitteisto eli Posiva Flow log/virtauseromittari on kehitetty Pöyry Finland Oy:ssä Posiva Oy:n toimeksiannosta. Laitteistoa on käytetty 1990 luvulta saakka käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikkaan liittyvissä tutkimuksissa Suomessa, Ruotsissa ja Ranskassa sekä pilottiluontoisesti Kanadassa.

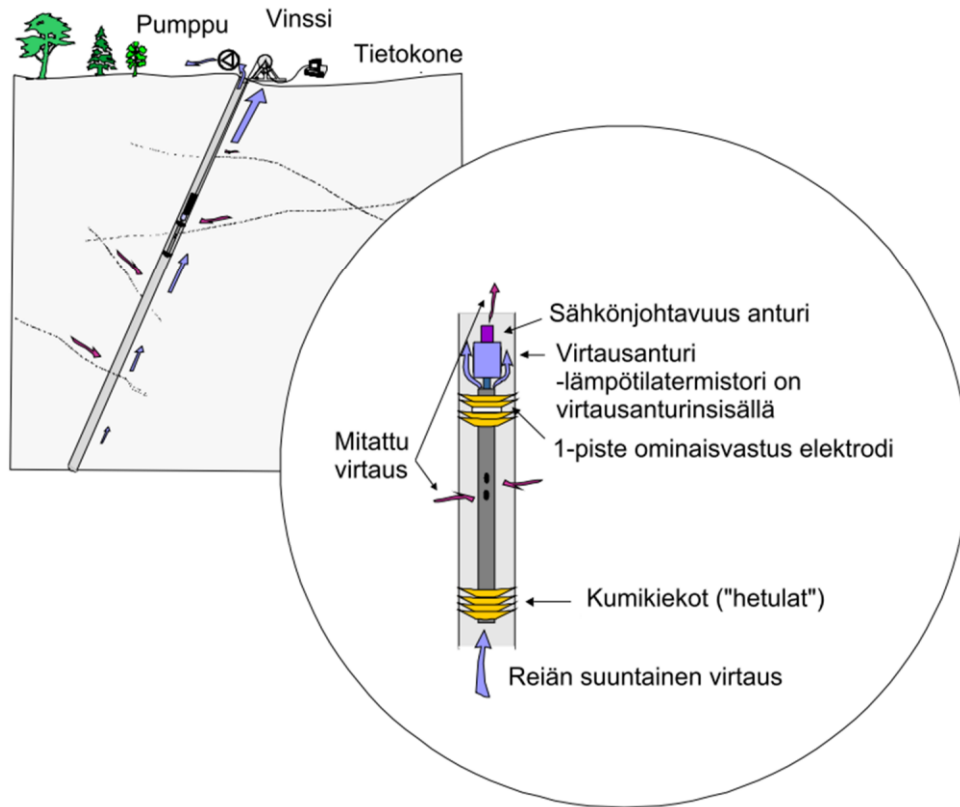
Mittausväli eristetään muusta reiästä kumikiekoilla, jotka sijaitsevat mittausvälin ylä- ja alalaidassa, kts. Kuva 2-1. Virtaus mittausvälistä ohjataan virtausanturin läpi. Reiän suuntainen virtaus pääsee virtaamaan mittausvälin ohi anturin sisällä olevan ohivirtausputken läpi. Rakennetta kutsutaan virtausohjajimeksi.

Virtauksen suuruutta mittausväliin tai mittausvälistä pois mitataan termistoreilla, jotka seuraavat sekä veden jäähtymistä lämpöpulssin jälkeen että lämpöpulssin siirtymistä veden mukana. Veden jäähtymismenetelmää (dilution) käytetään virtauksen suuruuden määrittämiseen, koska se on nopeampi kuin lämpöpulssin siirtymiseen perustuva pulssimenetelmä. Pulssimenetelmää käytetään virtauksen suunnan määrittämiseen. Molemmat menetelmät ovat käytössä samanaikaisesti jokaisessa mittauspisteessä.

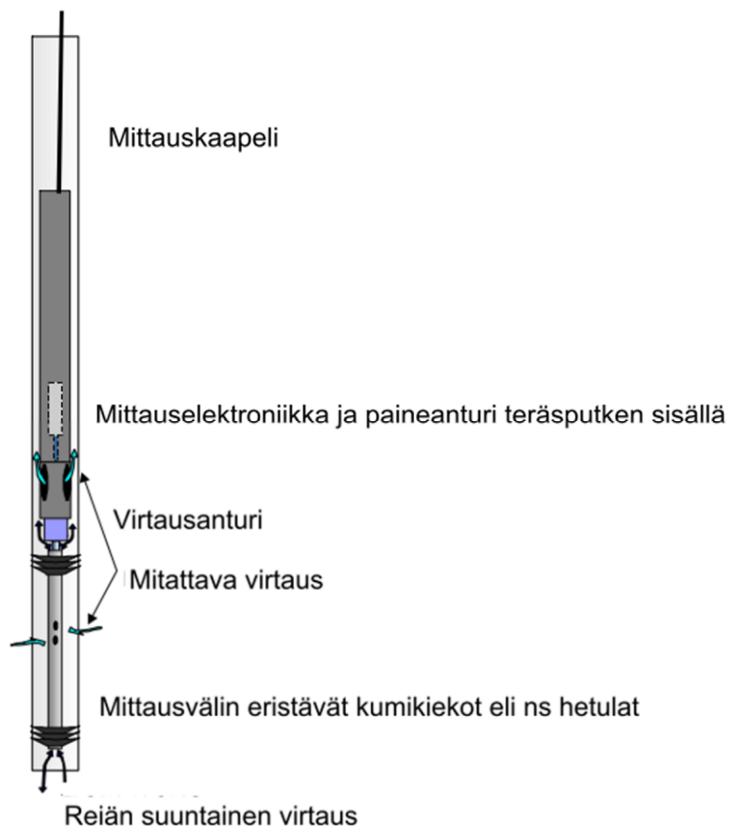
Virtauksen mittaamisen lisäksi PFL DIFF -anturilla voi mitata myös seuraavia suureita

- Veden sähkönjohtavuus reikävedessä ja raosta tulevassa vedessä. Sähkönjohtavuus-elektrodi sijaitsee virtausanturin päällä, kts. Kuva 2-1.
- Maadoitusvastus (Single point resistance SPR) kairanreiän seinässä. Elektrodi sijaitsee ylempien kumikiekkojen välissä, kts. Kuva 2-1, ja sitä käytetään tarkkaan rakojen ja geologisten rakenteiden syvyyden määrittämiseen.
- Vedenpaine kairanreiässä. Paineanturi sijaitsee anturin elektroniikkaputken sisällä ja on yhdistetty mittausväliin kapillaariputkella, kts. Kuva 2-2
- Veden lämpötila kairanreiässä. Lämpötila-anturi on osa virtausanturia, kts. Kuva 2-1.





**Kuva 2-1.** Periaatekuva PFL DIFF virtauseromittarista.



**Kuva 2-2.** Absoluuttipaineanturi sijaitsee elektroniikkaputken sisällä. Paine mitataan mittausvälistä absoluuttipaineanturilla kapillaariputkea pitkin.

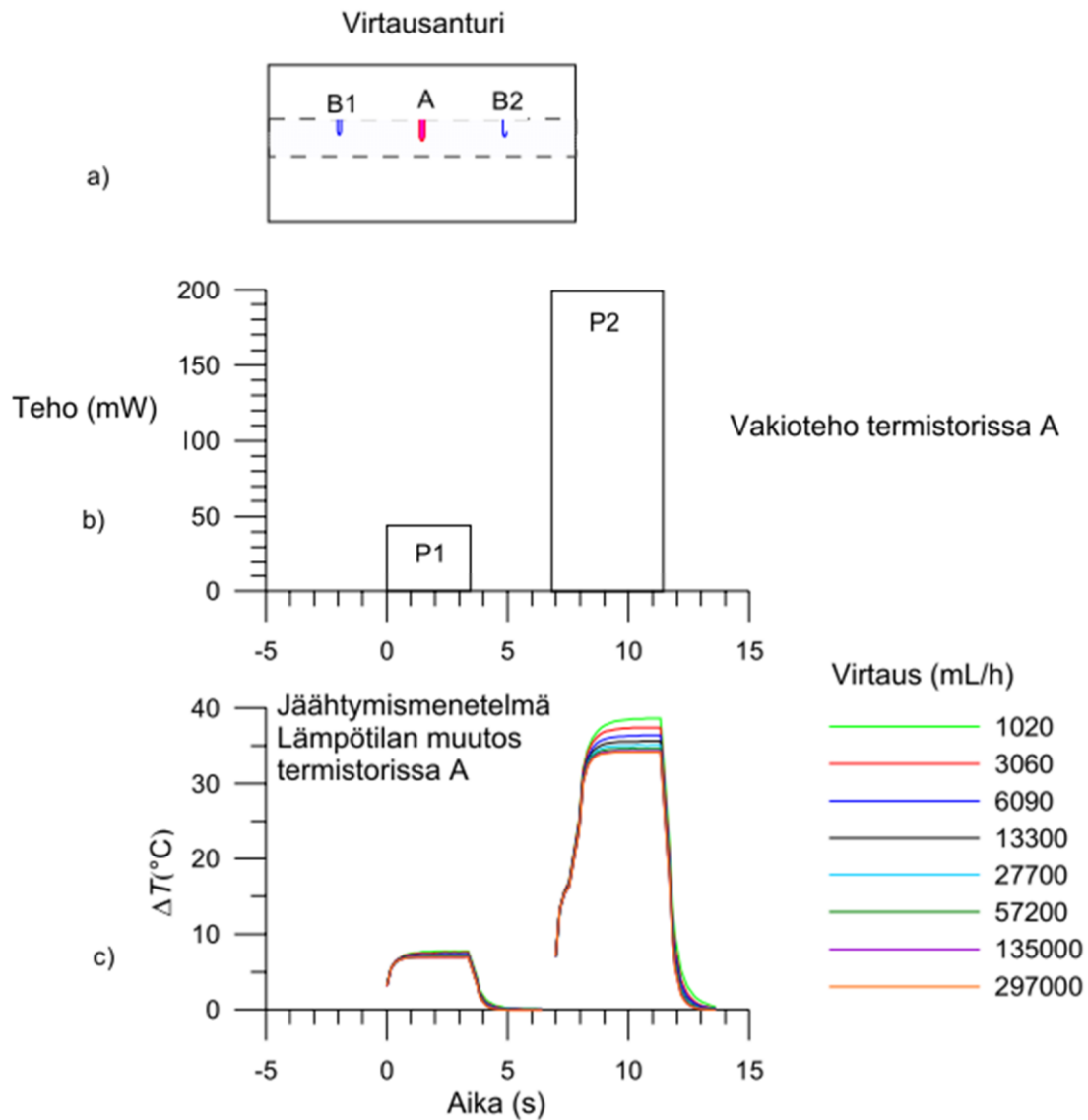
PFL DIFF -anturilla tehtävän virtausmittauksen periaate on esitetty kuvassa 2-3. Virtausanturi koostuu kolmesta termistorista (Kuva 2-3 a). Keskitermistoria, A, käytetään sekä lämmityselementtinä että lämpötilan muutoksen mittaamiseen (Kuva 2-3 b ja c). Laitatermistorit, B1 ja B2, mittaavat keskitermistorin aiheuttaman lämpöpulssin liikkumista.

Virtauksen suuruus määritetään mittaamalla lämpötilan muutosta termistorilla A tehtävän vakioitehoisen lämmityksen jälkeen (kts. Kuva 2-3 c). Mittaus aloitetaan vakioitehoisella ( $P_1$ ) lämmityksellä. Jos virtauksen suuruus ylittää mittausrajan, termistorin lämmitys tehdään uudestaan käyttämällä korkeampaa tehoa ( $P_2$ ). Lämmityksen jälkeen virtauksen suuruus määritetään uudelleen mittaamalla lämpötilan muutosta.

Virtaus mitataan anturin ollessa paikoillaan. Anturin siirron jälkeen odotetaan tietty odotusaika (Aika voidaan asettaa mittausolosuhteiden mukaan) ennen kuin keskitermistoria lämmitetään (Kuva 2-3 b). Mittausaika vakioitehoisen lämmityspulssin jälkeen voidaan myös asettaa tarpeen mukaan. Normaalisti mittausaika on 100 sekuntia, kun anturia on siirretty mittausvälin pituinen matka, ja 10 sekuntia kaikissa muissa pisteissä. Pidempää mittausaikaa (100 sekuntia) käytetään mittausvälin pituuden välein, jotta pienimpienkin virtausten suunta saadaan selvitettyä.

Virtausmittauksen mittausalue on 30 ml/h – 300 000 ml/h. Virtausmittauksen alaraja on pienin mahdollinen mitattava arvo, joka jäähtymismenetelmää (dilution) käyttäen voidaan teoreettisesti mitata. Kairanreiän olosuhteista riippuen mittausalueen rajat eivät aina päde. Esimerkkejä mahdollisista häiriöitä aiheuttavista tekijöistä ovat kairauksesta reikään jäänyt kiintoaines, kaasukuplat ja suuri (n. 30 l/min l. 1 800 000 ml/h tai enemmän) reiän suuntainen virtaus. Jos häiriötekijät ovat suuria, käytännön mittausrajat lasketaan erikseen jokaiselle mittausdatalle.

Anturilla on mahdollista mitata myös reiän suuntaista virtausta. Reiän suuntaista virtausta mitattaessa anturi on vähemmän herkkä kairanreiän seinämän epätasaisuuksille ja irtonaiselle kiviainekselle. Sen lisäksi reiän suuntaisen virtauksen mittauksen asetuksilla on mahdollista mitata huomattavasti suurempia virtauksia, jotka tulevat reiän pohjasta, ja varmentaa mittauksia heti mittauspaikalla, kun anturi on reiän yläpäässä (jos mitattavaa reikää pumpataan tai mitattava reikä on avoin maanalainen reikä, saadaan koko reiän tuotto saadaan mitattua). Reiän suuntaisen mittauksen haittapuolena on mittauksen tarkkuuden huononeminen, joka on noin 20 % mitatusta arvosta ja, että pienet virtaukset isompien virtausten yläpuolella voivat jäädä huomaamatta.



**Kuva 2-3.** Virtauksen mittaus.

Syvyyden nolapiste on maanpinta (reikäsyvyys 0 m). Anturin syvyyspiste on anturin mittausvälin yläreunassa. Reikäsyvyys tuloksissa tarkoittaa näiden kahden syvyyspisteen etäisyyttä eli syvyyttä reiän suuntaisesti.

Virtausanomalioiden paikkaa määriteltäessä tulokset sisältävät aina syvyysvirheitä. Syvyysvirheet voivat johtua seuraavista syistä.

1. Kaapeli venyy jännityksessä. Kun anturia nostetaan ylöspäin syvyydestä n. 1000 m, kaapeliin kohdistuva jännitys voi olla n. 175 kg. Kun taas anturia lasketaan samassa syvyydessä, jännitys voi olla n. 75 kg. Ero voi aiheuttaa 3 m:n eron eri mittausten välillä ko. syvyydessä. Nämä jännitysarvot ovat arvioita ja riippuen käytettävästä mittauskalustosta ja reiästä jännitteet voivat olla hyvinkin erilaisia. Syvyysvirheet on määritelty kairanreiässä, jossa on syvyysmerkkejä tietyillä syvyyksillä reiän seinämässä. Virheen suuruus on ollut noin 1 m (ennen syvyyden korjausta syvyysmerkkien mukaan) 1000 metrin syvyydessä.
2. Jos mittauspisteiden väli on  $x$ , niin huonoimmassa tapauksessa rakosyvyyden syvyysvirhe voi olla  $\pm x$ .

3. Mittausvälin pituus ei ole tarkka. Määritelty mittausvälin pituus tarkoittaa etäisyyttä alimmasta yläkumikiekosta ylimpään alakumikiekkoon. Todellinen mittausvälin pituus voi olla pidempi, koska mittausvälin molemmissa päissä on neljä kumikiekkoa. Vierekkäisten kumikiekkojen etäisyys toisistaan on 5 cm. Tämä aiheuttaa "pyöristyneitä" virtausanomalioita, koska voi olla mahdollista, että virtaus havaitaan jo silloin, kun rako on neljän kumikiekkon välissä. Tämä voi aiheuttaa  $\pm 0.05$  metrin virheen. Samanlainen virhe voi aiheutua myös reiänsuuntaista virtausta mitatessa.

Suurin kokonaisvirhe syvyydessä voidaan arvioida. Huonoimmassa tilanteessa virheet summautuvat yhteen. Suurin kokonaisvirhe syvyydelle olisi:

$$E = \pm 0.002d + x + 0.05 \text{ m,}$$

missä

- **$E$  on arvioitu kokonaisvirhe pahimmassa tapauksessa (m),**
- **$d$  on anturi syvyys (m), ja**
- **$x$  on mittauspisteiden välinen etäisyys (m).**

Huom, tämä on vain karkea arvio ja voi muuttua.

Syvyysvirheitä voidaan oleellisesti pienentää, jos kairanreiän seinässä on syvyysmerkkejä, joihin PFL DIFF -virtausmittaus voidaan kohdistaa. Syvyysmerkit ovat piirteitä reiän seinässä, joita voidaan tunnistaa PFL DIFF -anturilla, yleensä maadoitusvastus elektrodilla. Syvyysmerkit voivat olla keinotekoisesti tehtyjä tai geologisia piirteitä kairausnäytteissä, jotka näkyvät maadoitusvastus anomaliassa. maadoitusvastus mitataan 1 cm välein.

Reiän suuntaiset tai lähes yhdensuuntaiset raot voivat olla myös ongelmallisia. Raon sijainti voi olla vaikea määrittää tällaisissa tilanteissa.

### 3 MITTAUSTEN TULKINTA

Mittausten tulkinta on esitelty yleisesti kappaleissa 3.1 ja 3.2. Laskukaavoja voidaan käyttää, jos mittausohjelma sisältää mittauksia, jotka on tehty ainakin kahdella eri painekorkeudella. Jos mittausohjelma on suppeampi, tiettyjä muutoksia pitää tehdä. Laskukaavat, joita käytetään tässä raportissa, on esitelty kappaleessa 3.3.

#### 3.1 Hydraulinen painekorkeus

PFL DIFF -anturin absoluuttinen paineanturi mittaa ilmanpaineen ja reiässä olevan hydrostaattisen paineen summan. Ilmanpaine mitataan myös erikseen. Hydraulinen painekorkeus luonnontilassa ja pumppauksen aikana voidaan määrittellä mitatusta suureista. Hydraulista painekorkeutta laskettaessa absoluuttisen paineanturin lukemasta vähennetään ensin ilmanpaine.

Hydraulinen painekorkeus ( $h$ ) tietyllä korkeudella suhteessa merenpintaan ( $z$ ) lasketaan seuraavalla yhtälöllä.

$$h = \frac{p_{\text{abs}} - p_{\text{b}}}{\rho \cdot g} + z, \quad 3-1$$

missä

- $h$  on hydraulinen painekorkeus (masl),
- $p_{\text{abs}}$  on absoluuttinen paine (Pa),
- $p_{\text{b}}$  on ilmanpaine (Pa),
- $\rho$  on veden tiheys  $1000 \text{ kg/m}^3$ ,
- $g$  on standardi maanvetovoiman kiihtyvyys  $9.80665 \text{ m/s}^2$ , ja
- $z$  on mittauspisteen etäisyys meren pinnan tasosta (masl).

Absoluuttipaineanturin offset vähennetään kaikista absoluuttipaineanturin lukemista.

Tarkka  $z$ -koordinaatin mittauspisteelle on tärkeä, koska 10 cm virhe  $z$ -koordinaatissa aiheuttaa 10 cm virheen laskettuun painekorkeuteen.

#### 3.2 Transmissiviteetti

Mitatun datan tulkinta perustuu Thiem'n tai Dupuit'n laskentakaavoihin, jotka määrittelevät kaksi-dimensionaalisen säteittäisen virtauksen kairanreikään vakaassa tilassa (Marsily 1986):

$$h_s - h = \frac{Q}{T \cdot a}, \quad 3-2$$

missä

- $h$  on hydraulinen painekorkeus kairanreiän läheisyydessä,
- $h_s$  on hydraulinen painekorkeus vaikutusalueen säteen etäisyydellä ( $R$ ),
- $Q$  on virtaus kairanreikään,
- $T$  on mittausvälin transmissiviteetti, ja
- $a$  on vakio joka määrytyy oletetun virtausgeometrian mukaan.

Lieriömäiselle virtaukselle vakio  $a$  on:

$$a = \frac{2\pi}{\ln(R/r_0)}, \quad 3-3$$

missä

- $r_0$  on kairanreiän säde ja
- $R$  on vaikutusalueen säde, eli alue, jonka sisällä pumppauksen vaikutus voidaan havaita.

Jos virtausmittaukset on tehty käyttäen kahta eri hydraulista painekorkeutta, luonnollista painekorkeutta ja pumppauksella aikaan saatua painekorkeutta, mittausvälin luonnollinen (häiriintymätön) hydraulinen painekorkeus ja transmissiviteetti voidaan laskea. Yhtälö 3-2 voidaan muotoilla uudelleen kahdella seuraavalla tavalla.

$$Q_{s0} = T_s \cdot a \cdot (h_s - h_0) \text{ ja} \quad 3-4$$

$$Q_{s1} = T_s \cdot a \cdot (h_s - h_1), \quad 3-5$$

missä

- $h_0$  ja  $h_1$  ovat hydrauliset painekorkeudet kairanreiässä mittausvälyssä,
- $Q_{s0}$  ja  $Q_{s1}$  ovat mitatut virtaukset mittausvälissä,
- $T_s$  on transmissiviteetti mittausvälissä, ja
- $h_s$  on luonnollinen (häiriintymätön) hydraulinen painekorkeus mitattavalla alueella kaukana kairanreiästä.

Virtausgeometriasta tiedetään yleisesti ottaen hyvin vähän joten oletuksena käytetään lieriömäistä virtausta ilman rajakerrosta. Lieriömäisen virtausgeometrian käyttö on perusteltua, koska kairanreiässä on vakio painekorkeus ja reiän suuntaisia suuria paineeroja ei ole paitsi reiän päissä.

Säteen suuntaista etäisyyttä  $R$  luonnolliseen (häiriintymättömään) hydrauliseen painekorkeuteen ei tiedetä vaan se joudutaan oletamaan.  $R/r_0$  arvona PFL mittauksissa käytetään 500:ta. Hydraulinen painekorkeus  $h_s$  ja transmissiviteetti  $T_s$  mittausvälissä voidaan laskea kahdesta mittauksesta käyttäen yhtälöitä,

$$h_s = \frac{h_0 - bh_1}{1 - b} \text{ ja} \quad 3-6$$

$$T_s = \frac{1}{a} \frac{Q_{s0} - Q_{s1}}{h_1 - h_0}, \quad 3-7$$

missä  $b = Q_{s0}/Q_{s1}$ .

Yksittäisen raon transmissiviteetti ( $T_f$ ) ja hydraulinen painekorkeus ( $h_f$ ) voidaan laskea, jos yksittäisten rakojen virtaukset tiedetään. Samoja oletamuksia kuten yllä täytyy käyttää (lieriömäinen virtausgeometria ilman rajakerrosta vakaassa tilassa)

$$h_f = \frac{h_0 - bh_1}{1 - b} \text{ ja} \quad 3-8$$

$$T_f = \frac{1}{a} \frac{Q_{f0} - Q_{f1}}{h_1 - h_0}, \quad 3-9$$

missä

- $Q_{f0}$  ja  $Q_{f1}$  ovat rakovirtaukset ja
- $h_f$  ja  $T_f$  ovat hydraulinen painekorkeus (kaukana reiästä) ja raon transmissiviteetti.

Koska todellista virtausgeometriaa ja rajakerroksen vaikutusta ei tiedetä, lasketut transmissiviteetti- ja virtausarvot kertovat vain todellisten arvojen suuruusluokan. Lasketut hydrauliset painekorkeudet taas eivät riipu geometrisista ominaisuuksista vaan ainoastaan eri painekorkeuksilla mitatuista virtauksista joten hydraulisen painekorkeuden tulisi olla vähemmän herkkä tuntemattomalle raon geometrialle. Transmissiviteetin ja hydraulisen painekorkeuden lasketaan liittyvistä mahdollisista epävarmuuksista voi löytää lisää tietoa muualta (Ludvigson et al. 2002).

### 3.3 Transmissiviteetin laskeminen Suhangon mittauksista

Näissä mittauksissa kairanreiät mitattiin vain kerran joten yhtälöä 3-9 ei voi käyttää suoraan, koska arvoja  $Q_{f0}$  ja  $h_0$  ei ole mitattu. Tässä tapauksessa näitä muuttujia ei oteta huomioon ja lasketakaava on

$$T_f = \frac{1}{a} \frac{Q_{f1}}{s}, \quad 3-10$$

missä  $Q_{f1}$  on virtaus kun reikää pumpataan,  $s$  on pumppauksesta aiheutuva vesipinnan alenema ja  $a$  on selitetty yhtälössä 3-3.

#### LAITESPESIFIKAATIOT

Posiva Flow Log -virtauseromenetelmässä (PFL DIFF) kairanreiän pohjaveden virtausta mittausväliässä monitoroidaan virtausohjaimen avulla. Mitattava virtaus on joko reikään tai kallioon päin. Virtausohjain eristää kumikiekkojen avulla mitattavan sektorin virtauksen muusta kairanreiän reiansuuntaisesta virtauksesta. Virtausohjaimen rakenteen johdosta mittausvälin painekorkeus on sama kuin muunkin reiän. Pohjaveden virtaus mittausvälistä pois tai mittausväliin ohjataan virtausantureille. Virtaus mitataan käyttämällä lämpöpulssimenetelmää ja jäähtymismenetelmää. Mitatut arvot siirretään tietokoneelle digitaalisessa muodossa. Laitteiston pääosat ja ominaisuudet on listattu taulukkoon 4-1. Sensorien mittausalueet ja tarkkuudet on esitetty taulukossa 4-2.

**Taulukko 3-1.** Virtauseromittauslaitteisto ja ominaisuudet

| Osa/Ominaisuus                     | Kuvaus                                                   |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Virtausanturi                      | PFL DIFF -anturi                                         |
| Mitattavat kairanreiän halkaisijat | 56 mm, 66 mm and 76 mm (tai suurempi)                    |
| Mittausvälin pituus                | Virtausohjaimen pituutta voidaan vaihdella               |
| Virtausmittauksen menetelmä        | Pulssimenetelmä (suunta) ja jäähtymismenetelmä (suuruus) |

|                        |                                                                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lisämittaukset         | Lämpötila, Maadoitusvastus, Sähkönjohtavuus, Painekorkeus                                       |
| Vinssi                 | Mount Sopris Wna 10, 0.55 kW, Teräsvaijeri 1500 m, neljä johdinta, Gerhard -Owen -kaapelipääte. |
| Syvyyden määrittäminen | Perustuu digitaaliseen etäisyyslaskuriin.                                                       |
| Mittaustietokone       | PC (Windows 7)                                                                                  |
| Ohjelmisto             | Perustuu MS Visual Basic -ohjelmistoon                                                          |
| Tehonkulutus           | 1.5 – 2.5 kW riippuen mittauksissa käytettävästä pumpusta                                       |

*Taulukko 3-2. PFL DIFF -laitteiston antureiden mittausalue ja tarkkuus.*

| <b>Anturi</b>                            | <b>Mittausalue</b> | <b>Tarkkuus</b>         |
|------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Virtaus                                  | 30 – 300 000 mL/h  | ± 10% mitatusta arvosta |
| Lämpötila (keskitermistori)              | 0 – 50 °C          | 0.1 °C                  |
| Lämpötilaero (laitatermistorien välillä) | -2 – (+2) °C       | 0.0001 °C               |
| Sähkönjohtavuus (EC)                     | 0.02 – 11 S/m      | ± 5% mitatusta arvosta  |
| Maadoitusvastusanturi                    | 5 – 500 000 Ω      | ± 10% mitatusta arvosta |
| Pohjaveden korkeuden mittausanturi       | 0 – 0.1 MPa        | ± 1% maksimiarvosta     |
| Ilmanpaineanturi                         | 800 – 1060 hPa     | ± 5 hPa                 |
| Absoluuttipaineanturi                    | 0 – 20 MPa         | ± 0.01% maksimiarvosta  |



## 4 MITTAUSTEN SUORITUS

### 4.1 Mittausohjelma ja aikataulu

PFL DIFF -virtauseromittausmenetelmällä tehdyt virtausmittaukset suoritettiin elo- ja syyskuussa kairanrei'issä SN-41, SUH-204, SUH-262, SUH-348, SUH-389 ja SUH-587. Mittausohjelma oli kaikissa rei'issä sama.

1. Dummy-sondaus (kairanreiän avoimuuden / riskin arviointi)
2. Virtausmittaus pumppauksella (Mittausvälin pituus = 1.0 m, pisteväli = 0.25 m tai 0.1 m).

Dummy-sondaus tehtiin joka kairanreiässä vähintään kerran. Dummy-sondi on esitetty Kuvassa 5-1. Aina ensimmäisen dummy-sondauksen jälkeen dummy-sondi nostettiin ulos reiästä ja mahdolliset sondin sisällä olevat irtokivet mitattiin. Jos sondissa oli mittarajan ylittäviä kiviä, paksumpia halkaisijaltaan kuin 3 mm, toinen dummy-sondaus suoritettiin ajamalla kairanreikä läpi ylös ja alas kaksi tai kolme kertaa ennen dummy-sondin ylösnostoa. Dummy-sondaus toistettiin niin kauan kunnes mittausrajan ylittäviä kiviä ei enää löytynyt dummy-sondin sisältä. Jos dummy-sondi juuttui kairanreikään kiinni, taikka dummy-sondaus oli toistettu useita kertoja, poistettiin kyseinen kairanreikä virtausmittausohjelmasta, koska varsinaisen mittausanturin juuttumisesta reikään olisi ollut erittäin suuri.



*Kuva 5-1. Dummy-sondi.*

Suoritettujen mittausten aikataulu on listattu (Taulukko 4-1). Tulosten tarkempi analysointi on esitetty kappaleessa 6.

**Taulukko 4-1. Mittausten aikataulu.**

| <b>Päivä</b>           | <b>Kairanreikä</b> | <b>Aktiviteetti (Havainnot)</b>                                                                                                                           |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27.8.2013              | SN-41              | Dummy (Ei mennyt 265 m syvemmälle)                                                                                                                        |
| <b>27. – 28.8.2013</b> | <b>SN-41</b>       | <b>Virtausmittaus pumppauksella (Depth 260 m – 31 m)</b>                                                                                                  |
| 29.8.2013              | SUH-411            | Dummy toisto 1 (Huomattava määrä hiekkaa ja mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                 |
| 29. – 30.8.2013        | SUH-411            | Dummy toisto 2 (Dummy juuttui syvyyteen 16 m, Kairanreikä poistettiin mittausohjelmasta)                                                                  |
| 30.8.2013              | SUH-344            | Dummy (Dummy juuttui syvyyteen 88.5 m, Mittausrajan ylittäviä kiviä, Kairanreikä poistettiin mittausohjelmasta)                                           |
| 31.8.2013              | SUH-206            | Dummy toisto. 1 (Mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                            |
| 31.8.2013              | SUH-206            | Dummy toisto. 2 (Mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                            |
| 31.8.2013              | SUH-206            | Dummy toisto 3 (Dummy laskeutui epätasaisesti välillä 15 m – 20 m, Mittausrajan ylittäviä kiviä, Kairanreikä poistettiin mittausohjelmasta)               |
| 2.9.2013               | SUH-331            | Dummy toisto 1 (Paljon mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                      |
| 2.9.2013               | SUH-331            | Dummy toisto 2 (Paljon mittausrajan ylittäviä kiviä, Kairanreikä poistettiin mittausohjelmasta)                                                           |
| 2.9.2013               | SUH-348            | Dummy toisto 1 (Ei mennyt 154 m syvemmälle, Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                        |
| 2.9.2013               | SUH-348            | Dummy toisto 2 (Paljon mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                      |
| 3.9.2013               | SUH-348            | Dummy toisto 3 (Yksi mittausrajan ylittävä kivi)                                                                                                          |
| 3.9.2013               | SUH-348            | Dummy toisto 4 (Ei mennyt 99 m syvemmälle, Yksi mittausrajan ylittävä kivi)                                                                               |
| 3.9.2013               | SUH-348            | Dummy toisto 5 (Ei mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                          |
| <b>3. – 4.9.2013</b>   | <b>SUH-348</b>     | <b>Virtausmittaus pumppauksella (Syvyys 95 m – 23 m)</b>                                                                                                  |
| 4.9.2013               | SUH-389            | Dummy toisto 1 (Ei mennyt 184 m syvemmälle, Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                        |
| 4.9.2013               | SUH-389            | Dummy toisto 2 (Sondattu kolme kertaa alas ja ylös nostamatta dummy-sondia. Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                        |
| 4.9.2013               | SUH-389            | Dummy toisto 3 (Ei mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                          |
| <b>4. – 5.9.2013</b>   | <b>SUH-389</b>     | <b>Virtausmittaus pumppauksella (Syvyys 182 m – 14 m)</b>                                                                                                 |
| 5.9.2013               | SUH-578            | Dummy toisto 1 (Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                    |
| 5.9.2013               | SUH-578            | Dummy toisto 2 (Sondattu kaksi kertaa alas ja ylös nostamatta dummy-sondia. Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                        |
| 5.9.2013               | SUH-578            | Dummy toisto 3 (Hiekkaa, Ei mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                 |
| <b>5. – 9.9.2013</b>   | <b>SUH-578</b>     | <b>Virtausmittaus pumppauksella (Pohja – 7 m)</b>                                                                                                         |
| 10.9.2013              | SUH-498            | Dummy toisto 1 (Kaluston paino ei mennyt kairanreikään, Reiän suojaputki oli vääntynyt maanpinnan alapuolelta, Kairanreikä poistettiin mittausohjelmasta) |
| 10.9.2013              | SUH-204            | Dummy toisto 1 (Ei mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                          |
| <b>10. – 11.9.2013</b> | <b>SUH-204</b>     | <b>Virtausmittaus pumppauksella (Pohja – 13 m)</b>                                                                                                        |
| 11.9.2013              | SUH-299            | Tulpan irroitus kairanreistä (Toinen tulppa havaittu syvemmällä kairanreissä, Tulppaa ei saatu irrotettua, Kairanreikä poistettiin mittausohjelmasta)     |
| 11. – 12.9.2013        | SUH-262            | Dummy toisto 1 (Dummy jumiintui syvyydelle 258 m mutta meni lopulta kohdan läpi, Paljon mittausrajan ylittäviä kiviä)                                     |
| 12.9.2013              | SUH-262            | Dummy toisto 2. (Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                   |
| 12.9.2013              | SUH-262            | Dummy toisto 3. (Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                   |
| 12.9.2013              | SUH-262            | Dummy toisto 4. (Muutamia mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                   |
| 12.9.2013              | SUH-262            | Dummy toisto 5. (Ei mittausrajan ylittäviä kiviä)                                                                                                         |
| <b>12. – 13.9.2013</b> | <b>SUH-262</b>     | <b>Virtausmittaus pumppauksella (Syvyys 245 m – 14 m)</b>                                                                                                 |

## 4.2 Mittausolosuhteet

PFL DIFF – mittauslaitteistoa (peräkärky varustettuna vinssillä, mittauskaapelilla, virtausanturilla ja mittaus tietokoneella) käytetään yleensä tutkimusrei'issä, joihin on pääsy henkilöautolla ja sähkö on myös saatavilla. Suhangon mittausalueella ei ollut tieverkostoa eikä sähköä. Mittauslaitteisto kuljetettiin kairanrei'ille metsätraktorilla. Mittauslaitteille saatiin sähkö kannettavalla generaattorilla (katso Kuvat 5-2 ja 5-3).



*Kuva 5-2. PFL traileri kairanreiällä SUH-206*



*Kuva 5-3. PFL traileri kairanreiällä SN-41*

## 5 TULOKSET

Tulokset on esitelty graafisesti ja taulukoina liitteissä. Lista liitteistä löytyy sisällysluettelon jälkeiseltä sivulta. Kaikkia kairanreikiä koskeva yleinen käsittely on esitetty kappaleissa 6.1 – 6.5. Kairanreikäkohtaiset tulokset on käsitelty kappaleissa 6.6 – 6.11.

Kuusi kairanreikää kahdestatoista mahdollisesta mitattiin PFL DIFF -virtausanturilla. Kuusi kairanreikää jäi mittaamatta eri syistä, katso Taulukko 5-1.

### 5.1 Virtausmittaus ja kallion maadoitusvastusmittaus (SPR)

Virtausmittaus- ja kallion maadoitusvastus (SPR) ovat esitelty samassa kuvassa (virtaus vasemmalla ja maadoitusvastus oikealla kuvaajassa) katso liitteet otsikolla ”Virtaus ja maadoitusvastus”. Maadoitusvastuksen arvo on yleensä pienempi vettä johtavan raon kohdalla. Monet muut maadoitusvastusanomaliat johtuvat muista raoista ja geologisista tekijöistä. Maadoitusvastuselektrodi on sijoitettu PFL-anturin ylempien kumikiekkojen väliin. Tästä johtuen maadoitusvastusanomaliat näkyvät virtausanomalioiden alareunan kohdalla.

Havaitut raot ja niiden sijainnit on esitetty syvyysasteikolla. Koska havaitut raot on tulkittu virtauskäyrien perusteella, ne esittävät rakoja, joissa on havaittu virtausta. Pitkä viiva esittää virtaavan raon sijaintia ja lyhyt viiva esittää virtaavaa rakoja, joka on tulkinnan perusteella epävarma. Lyhyttä viivaa käytetään virtauksen ollessa vähemmän kuin 30 mL/h tai, jos virtausanomalia on päällekkäin tai ne eivät ole selkeitä taustakohinan takia. Mustat kolmiot osoittavat virtauksen voimakkuuden ja suunnan.

Virtausmittaukset suoritettiin kalustoasetuksella, jossa käytettiin yhden metrin mittasektoria. Mittausten aikana reikää pumpattiin ja mittapisteitä otettiin joko 0.25 m tai 0.1 m välein.

### 5.2 Rakojen transmissiviteetti virtausmittausten aikana

Mittaussektorin virtausta analysoidessa yksittäisten rakojen virtausta ei ole vaikeaa arvioida, kun virtaavien rakojen etäisyys on suurempi kuin yksi metri, joka on mittaussektorin pituus. Arviointi voi olla ongelmallista kun rakojen välinen etäisyys on tätä pienempi. Näissä tapauksissa mittapisteiden välinen nousu tai lasku virtauskuvaajan käyrässä vastaa yksittäisen raon virtausta. Kairanreikien transmissiviteettien arviontien tulokset on esitetty taulukkomuodossa kunkin reiän kuvaajien yhteydessä otsikoituna ”Havaittujen rakojen transmissiviteetit” ja ”Taulukoidut tulokset havaituista raoista”.

Kairanreiän sektorien transmissiviteetit voidaan laskea virtausdatasta kappaleessa 3.5 kuvatun menetelmän mukaisesti.

Jotkut rakokohtaiset tulokset on luokiteltu ”epävarmoiksi.” Peruste tälle luokitukselle on joko todella pieni rakovirtaus (<30 mL/h) tai epäselvä rakoanomalia. Rakoanomaliat ajatellaan epävarmoiksi, jos rakojen välinen etäisyys on todella pieni tai, jos niissä on paljon taustakohinaa. Epävarmat raot on merkattu otsikolla ”Virtaus ja maadoitusvastus” oleviin liitteisiin.

### 5.3 Virtaus: Mittauksen teoreettiset ja käytännön rajat

Teoreettinen alaraja mitattavalle virtaukselle päällekkäisissä mittauksissa on noin 30 ml/h. Yläraja virtausmittauksilla on 300 000 ml/h. Nämä ala- ja ylärajat on määriteltä virtauskalibroinnissa, koska on arvioitu, että otollisissa olosuhteissa luotettavasti havaittavat virtaukset löytyvät näistä rajoista.

#### **5.4 Vesipinta, ilmanpaine ja pumppaus**

Pumppausmääriä ja mitattujen rakovirtausten summia on vertailtu kappaleissa 6.6 – 6.11. Mitattujen virtausten summa kuvaa kairanreiästä mitattua osuutta. Kairanreiän alin osa jää aina mittaamatta, koska virtausanturin alapuolella on kiinni painoja ja keskitin. Osa kairanrei'istä (SN41, SUH-348, SUH-389 and SUH-262) mitattiin vain osittain johtuen dummy-luotauksen aikana havaituista ongelmista.

#### **5.5 Reikävesi: sähkönjohtavuus ja lämpötila**

Liitteet otsikoituna ”Reikäveden sähkönjohtavuus”, liitteet SN-41.4, SUH-204.4, SUH-262.4, SUH-348.4, SUH-389.4 and SUH-587.4 esittävät reikäkohtaisen veden sähkönjohtavuuden profiilin, ja liitteet otsikoituna ”Reikäveden lämpötila”, liitteet SN-41.3, SUH-204.3, SUH-262.3, SUH-348.3, SUH-389.3 ja SUH-587.3 esittävät lämpötilamittauksia, jotka tehtiin samanaikaisesti. Mainitut sähkönjohtavuusarvot on lämpötilakorjattu 25°C:een, jotta ne olisivat paremmin vertailukelpoisia muiden sähkönjohtavuusmittausten kanssa (Heikkonen et. al 2002).

Sähkönjohtavuus- ja lämpötilatulokset eivät välttämättä vastaa täysin todellisia olosuhteita kairanreiässä. Kun virtausmittaus tehdään yhden metrin mittasektorilla, käytetään sektorin ylä- ja alapäässä kumikielloja. Tässä tapauksessa virtausohjain kuljettaa vettä mukanaan eikä sähkönjohtavuusmittaus elektrodin ja lämpötila-anturin kunnollista huuhtoutumista voida taata.

#### **5.6 Kairanreikä SN-41**

Kairanreikä SN-41 mitattiin väliltä 31 - 258 metriä. Kairanreiän kokonaispituus on 310.35 metriä. Kairanreikää ei mitattu pohjalta saakka, koska dummy-luotain juuttui syvyydelle 265 metriä. Pumppauksen tuotto reiässä oli hieman suurempi kuin rakovirtausten summa. Koska ero ei ollut suuri, voidaan todeta suurimman osan johtavista raoista olevan syvyyden 258 m yläpuolella.

Kun virtausmittauksia tehtiin välillä 186 - 217 metriä, pumppu sammui ja vesipinta kairanreiässä nousi. Tämän takia virtaus- ja transmissiviteetti-arvot tällä mittausvälillä ovat mahdollisesti pienempiä kuin ne todellisuudessa ovat. Pumppauksen keskituotto oli 5.22 L/min, millä saatiin reikään 10 m alenema.

**Taulukko 6-1. Reiän SN-41 tulokset**

| <b>SN-41</b>                                  |                      |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Rakovirtausten summa                          | 4.73 L/min           |
| Pumppauksen tuotto                            | 5.22 L/min           |
| Transmissiviteetti (Dupuit, alenema = 10.0 m) | $8.61 \cdot 10^{-6}$ |
| Rakojen transmissiviteettien summa            | $7.80 \cdot 10^{-6}$ |

### 5.7 Kairanreikä SUH-204

Kairanreikä SUH-204 mitattiin pohjalta 13 metriin saakka, mikä oli pumpun syvyys. Pohjalta jäi mittaamatta neljä metriä, johtuen virtausanturin rakenteesta. Pumppauksen tuotto oli suurempi kuin rakovirtausten summa, mutta ei merkittävästi. Pumppauksen tuotto oli noin 13 L/min ja alenema viisi metriä.

**Taulukko 6-2. Reiän SUH-204 tulokset**

| <b>SUH-204</b>                                |                      |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Rakovirtausten summa                          | 11.36 L/min          |
| Pumppauksen tuotto                            | 13.19 L/min          |
| Transmissiviteetti (Dupuit, alenema = 10.0 m) | $4.35 \cdot 10^{-5}$ |
| Rakojen transmissiviteettien summa            | $3.75 \cdot 10^{-5}$ |

### 5.8 Kairanreikä SUH-262

Kairanreikä SUH-262 mitattiin syvyydeltä 246 metriä syvyydelle 14 metriä saakka, mikä oli pumpun syvyys. Kairanreiän kokonaispituus on 333.1 metriä, mutta mittaukset suoritettiin 246 metristä ylöspäin, koska dummy-luotain pysähtyi syvyydelle 255 metriä. Alenema mittausten aikana oli vain 0.5 metriä ja pumppauksen tuotto noin 11.5 L/min. Transmissiviteetti kairanreiässä oli niin suuri, että saatavilla olevalla pumppauskalustolla ei pystytty saavuttamaan suurempaa alenemaa.

Pumppauksen tuotto oli suurempi kuin rakovirtausten summa. Näin ollen on mahdollista, että syvyyden 246 metriä alapuolella on vettä johtavia rakoja.

Mittausvälillä 154 - 178 metriä kaikki mitatut virtaukset ovat negatiivisia (tarkoittaa, että virtaukset ovat kairanreistä kalliioon). 0.5 metrin alenema ei ollut riittävä suuri kääntämään kaikkia virtauksia positiivisiksi (virtaussuunta kallioista reikään).

**Taulukko 6-3. Reiän SUH-262 tulokset**

| <b>SUH-262</b>                                |                      |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Rakovirtausten summa                          | 7.20 L/min           |
| Pumppauksen tuotto                            | 11.46 L/min          |
| Transmissiviteetti (Dupuit, alenema = 10.0 m) | $3.78 \cdot 10^{-4}$ |
| Rakojen transmissiviteettien summa            | $2.39 \cdot 10^{-4}$ |

## 5.9 Kairanreikä SUH-348

Kairanreikä SUH-348 mitattiin syvyydeltä 96 metriä syvyydelle 23 metriä saakka, mikä oli pumpun syvyys. Kairanreiän kokonaispituus on 213.3 metriä. Dummy-luotain pysähtyi syvyydelle 99 metriä, näin ollen reikää ei mitattu 96 metrin alapuolelta. Pumppauksen tuotto oli 12.3 L/min ja alenema 2 metriä. Pumppauskalustolla ei saatu aikaan suurempaa alenemaa.

Pumppauksen tuotto oli suurempi kuin rakovirtausten summa. Näin ollen on mahdollista, että syvyyden 96 metriä alapuolella on muutama vettä johtava rako, mutta suurin vettä johtava vyöhyke on joka tapauksessa syvyyden 96 metriä yläpuolella.

*Taulukko 6-4. Reiän SUH-348 tulokset*

| SUH-348                                       |                      |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Rakovirtausten summa                          | 8.85 L/min           |
| Pumppauksen tuotto                            | 12.33 L/min          |
| Transmissiviteetti (Dupuit, alenema = 10.0 m) | $1.02 \cdot 10^{-4}$ |
| Rakojen transmissiviteettien summa            | $7.30 \cdot 10^{-5}$ |

## 5.10 Kairanreikä SUH-389

Kairanreikä SUH-389 mitattiin syvyydeltä 183 metriä syvyydelle 14 metriä saakka, mikä oli pumpun syvyys. Kairanreiän kokonaispituus on 301.0 metriä. Dummy-luotain pysähtyi syvyydelle 184 metriä, näin ollen reikää ei mitattu tämän alapuolelta. Pumppauksen tuotto oli 13 L/min, jolla saatiin aikaan yhden metrin alenema. Pumppauksen tuotto oli kaksi kertaa niin suuri kuin rakovirtausten summa. Näin ollen on oletettavaa, että syvyyden 183 metriä alapuolella on suuria rakoja.

Mittausvälillä 84 metriä – 183 metriä kaikki mitatut virtaukset ovat negatiivisia (tarkoittaa, että virtaukset ovat kairanreiästä kallioon). Yhden metrin alenema ei ollut riittävä suuri kääntämään kaikkia virtauksia positiivisiksi (virtaussuunta kallioista reikään).

*Taulukko 6-5. Reiän SUH-389 tulokset*

| SUH-389                                       |                      |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Rakovirtausten summa                          | 5.46 L/min           |
| Pumppauksen tuotto                            | 12.98 L/min          |
| Transmissiviteetti (Dupuit, alenema = 10.0 m) | $2.14 \cdot 10^{-4}$ |
| Rakojen transmissiviteettien summa            | $1.14 \cdot 10^{-4}$ |

## 5.11 Kairanreikä SUH-578

Kairanreikä SUH-578 mitattiin pohjalta 7 m:iin saakka, mikä oli pumpun syvyys. Pohjalta jäi mittaamatta neljä metriä, johtuen virtausanturin rakenteesta. Kairanreiän kokonaispituus on 270.8 metriä, pumppauksen tuotto oli 8.3 L/min ja alenema yksi metri. Ero pumppauksen tuoton ja rakovirtausten summa välillä on suhteellisen suuri, kun otetaan huomioon että kairareikä mitattiin lähes koko matkalta.

Syvyydellä 15 metriä tippuu kallion maadoitusvastuksen (SPR) taso niin alas, että kyseessä saattaa olla tilanne, jossa on veden virtausta kumikiekkojen ohitse. Myös virtausanomalia osoittaa, että kumikiekot vuotavat. Virtausarvot kasvavat suuriksi kun molemmat, sekä ala- että yläkumikiekot ovat alueella, jossa maadoitusvastusarvo on pieni. Jos alueella on todellisia virtaavia rakoja, niitä ei pystytä havaitsemaan.

**Taulukko 6-6.** Reiän SUH-587 tulokset

| <b>SUH-587</b>                                |                      |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Rakovirtausten summa                          | 6.10 L/min           |
| Pumppauksen tuotto                            | 8.31 L/min           |
| Transmissiviteetti (Dupuit, alenema = 10.0 m) | $1.37 \cdot 10^{-4}$ |
| Rakojen transmissiviteettien summa            | $1.01 \cdot 10^{-4}$ |



## 6 YHTEENVETO

Gold Fields Arctic Platinum Oy tekee tutkimuksia Arctic Platinum projektissa Ranuaalla Pohjois-Suomessa. Ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA) laatii Pöyry Finland Oy. YVA-selvitys on suunniteltu valmistuvaksi vuonna 2013. Osana YVA-selvitystä Suhangossa tehtiin virtausmittauksia Posivan Flow Log -mittauskalustolla.

Mitatut suureet ovat virtaus DIFF -geometriassa, maadoitus ominaisvastus (SPR), veden pinnan taso kairanreiässä, ilmanpaine ja veden sähkönjohtavuus. Transmissiviteetti on laskettu mitatuista suureista.

Veden sähkönjohtavuus ja lämpötila mitattiin virtausmittauksen yhteydessä. Esitetyt veden sähkönjohtavuusarvot ovat lämpötilakorjattuja 25 °C:een, jotta ne ovat vertailukelpoisia muiden veden sähkönjohtavuusmittausten kanssa.

Yhteensä 12 kairanreikää luodattiin Dummy-sondilla. Näiden luotausten perusteella kuusi kairanreikää mitattiin PFL -anturilla, mutta vain kaksi näistä rei'istä kokonaan. Neljä kairanreikää mitattiin osittain. Osa kairanrei'istä jätettiin mittaamatta, koska ko. osat arvioitiin liian riskialttiiksi, jotta ne olisi voitu mitata ilman mittausanturin juuttumista reikään.

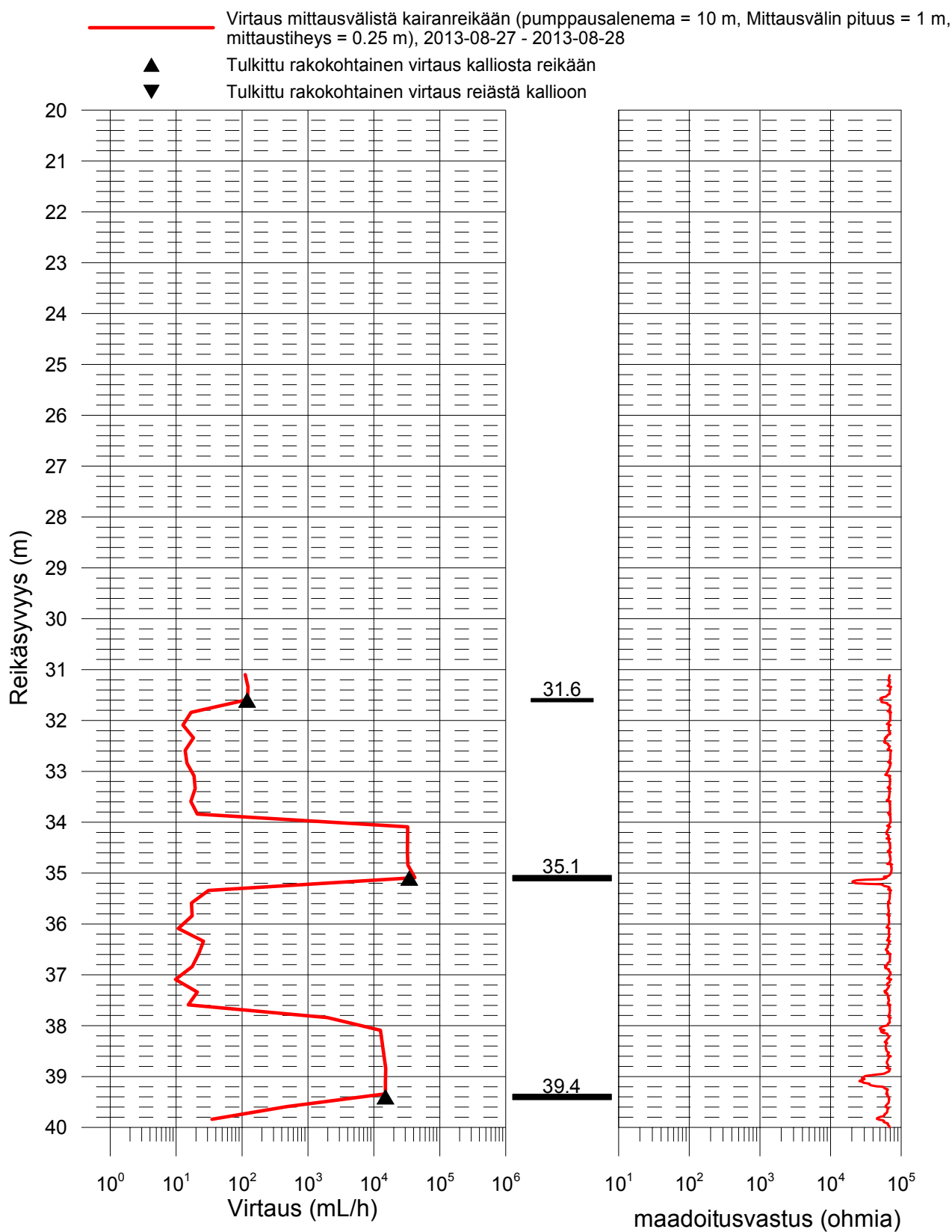
**VIITTEET**

**Heikkonen, J., Heikkinen, E and Mäntynen, M., 2002.** Mathematical modelling of temperature adjustment algorithm for groundwater electrical conductivity on basis of synthetic water sample analysis (in Finnish). Posiva Oy, Helsinki. Working Report 2002-10.

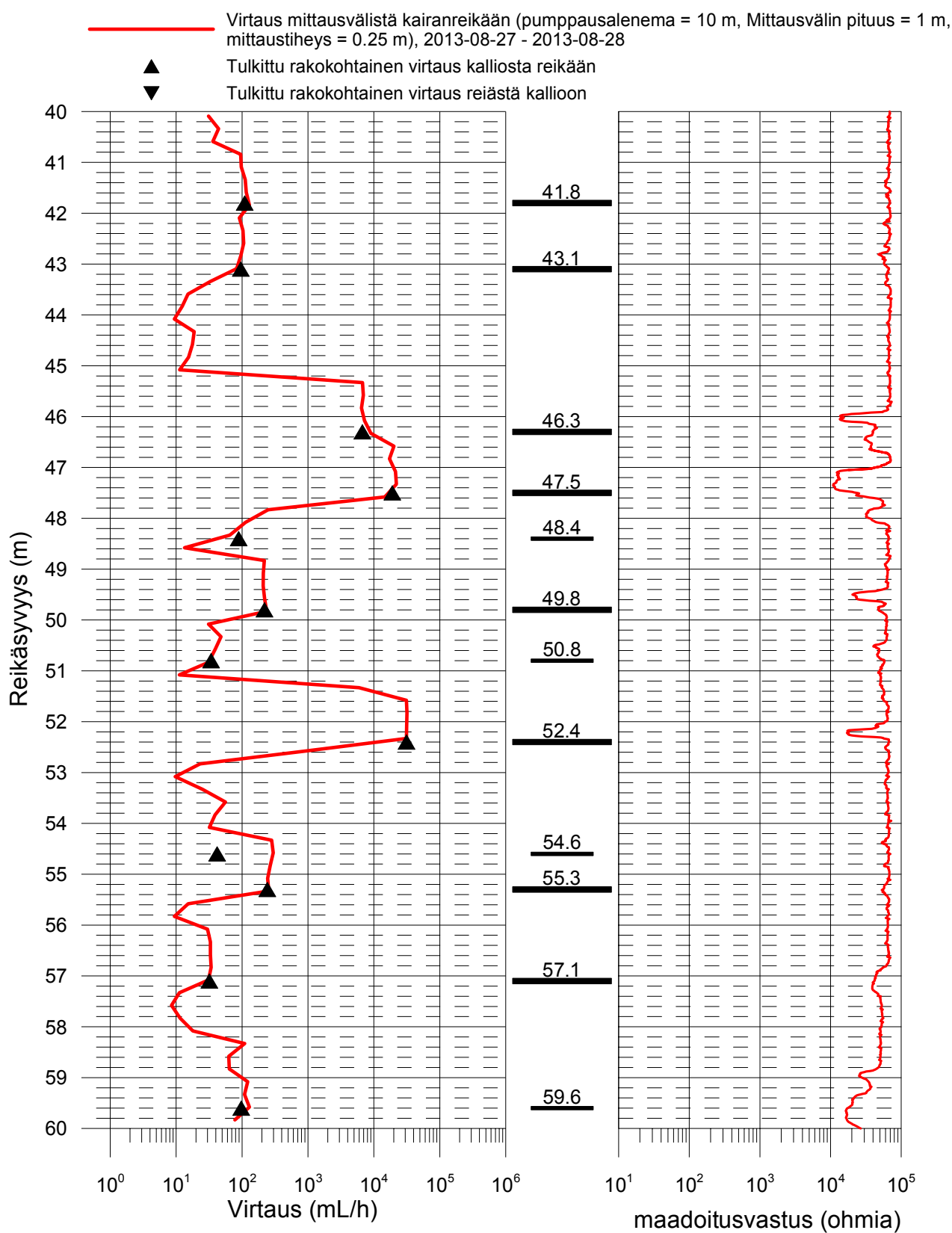
**Ludvigson, J.-E., Hansson, K. and Rouhiainen, P., 2002.** Methodology study of Posiva difference flow metre in borehole KLX02 at Laxemar. SKB Rapport R-01-52.

**Marsily, G., 1986.** Quantitative Hydrology, Groundwater Hydrology for Engineers. Academic Press, Inc., London

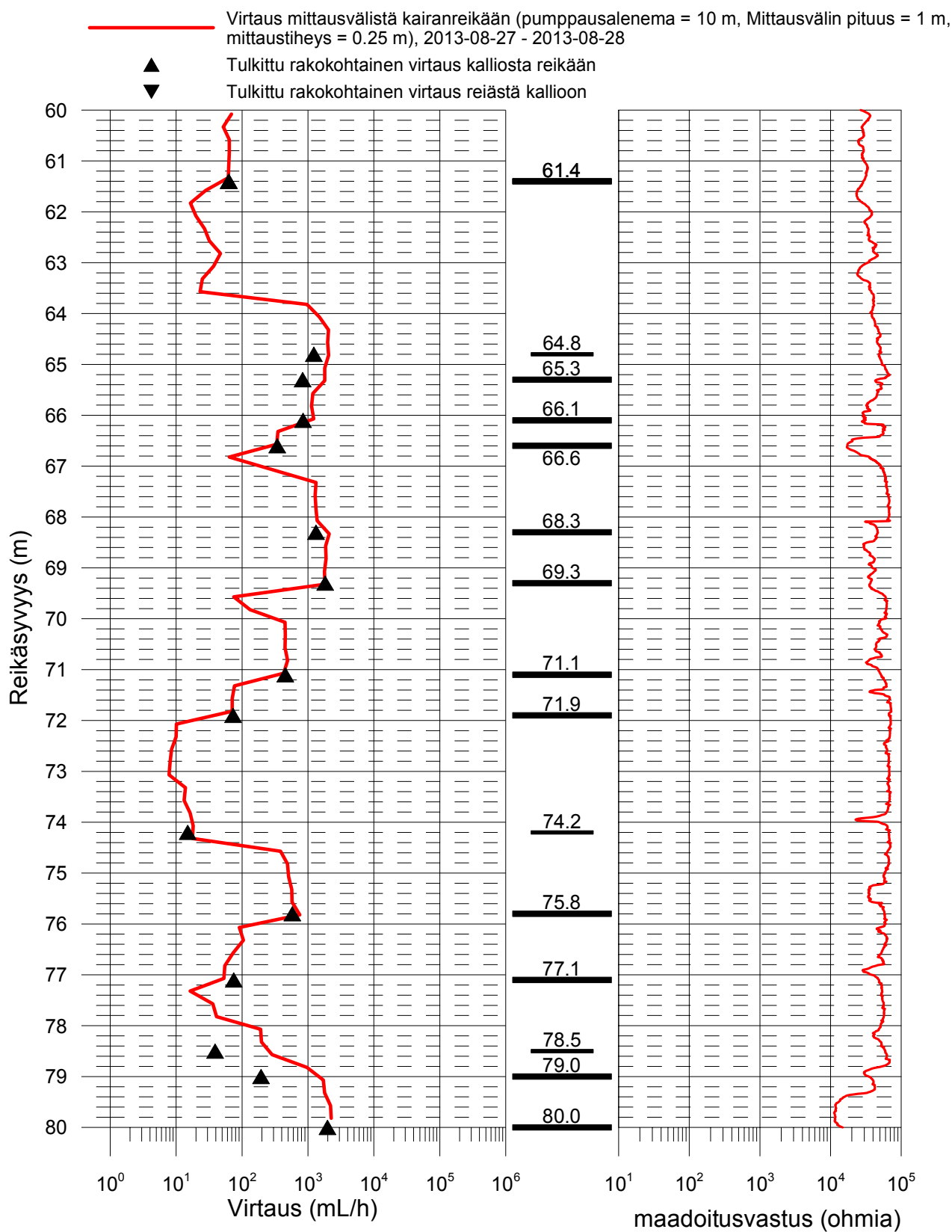
## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus



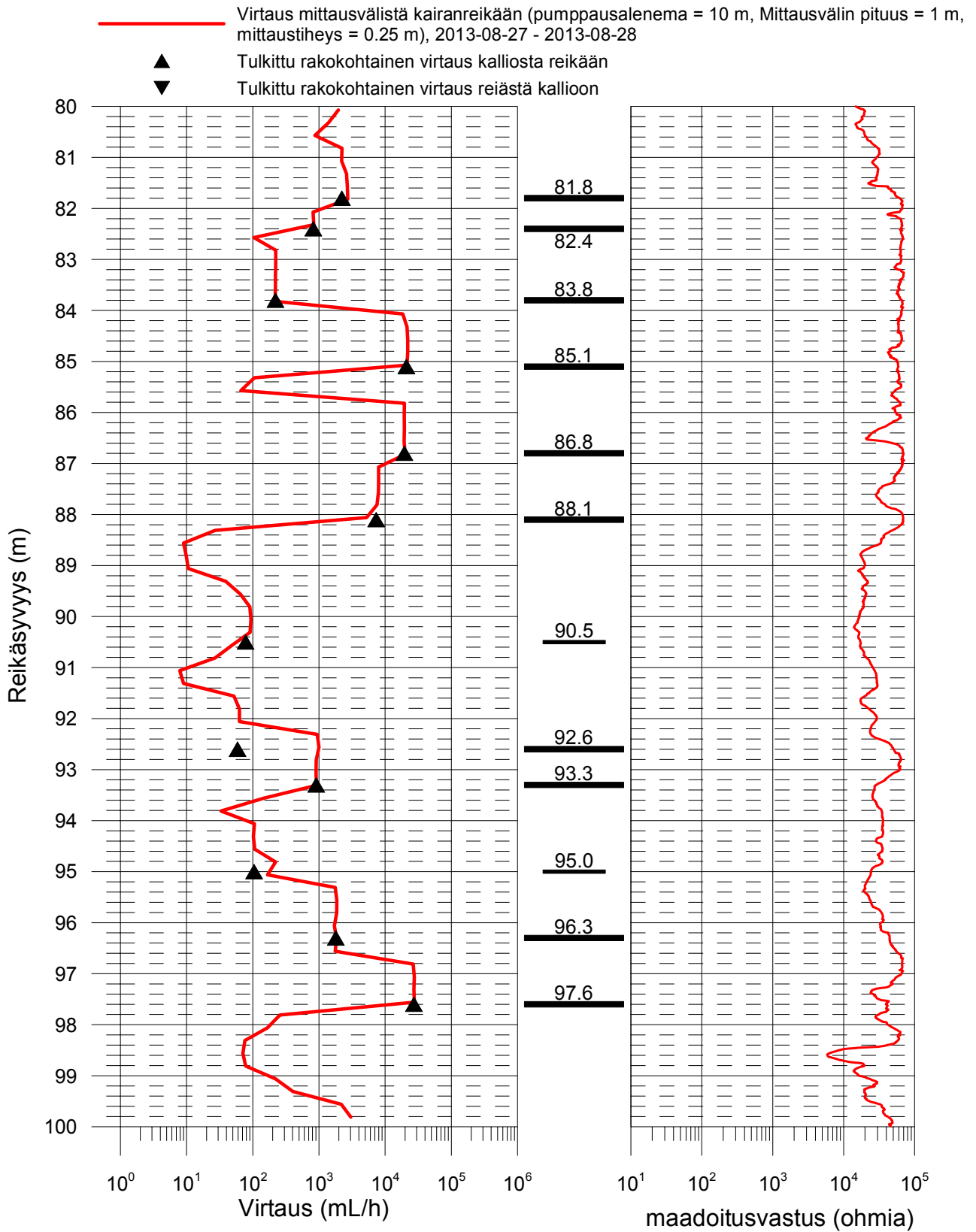
## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus



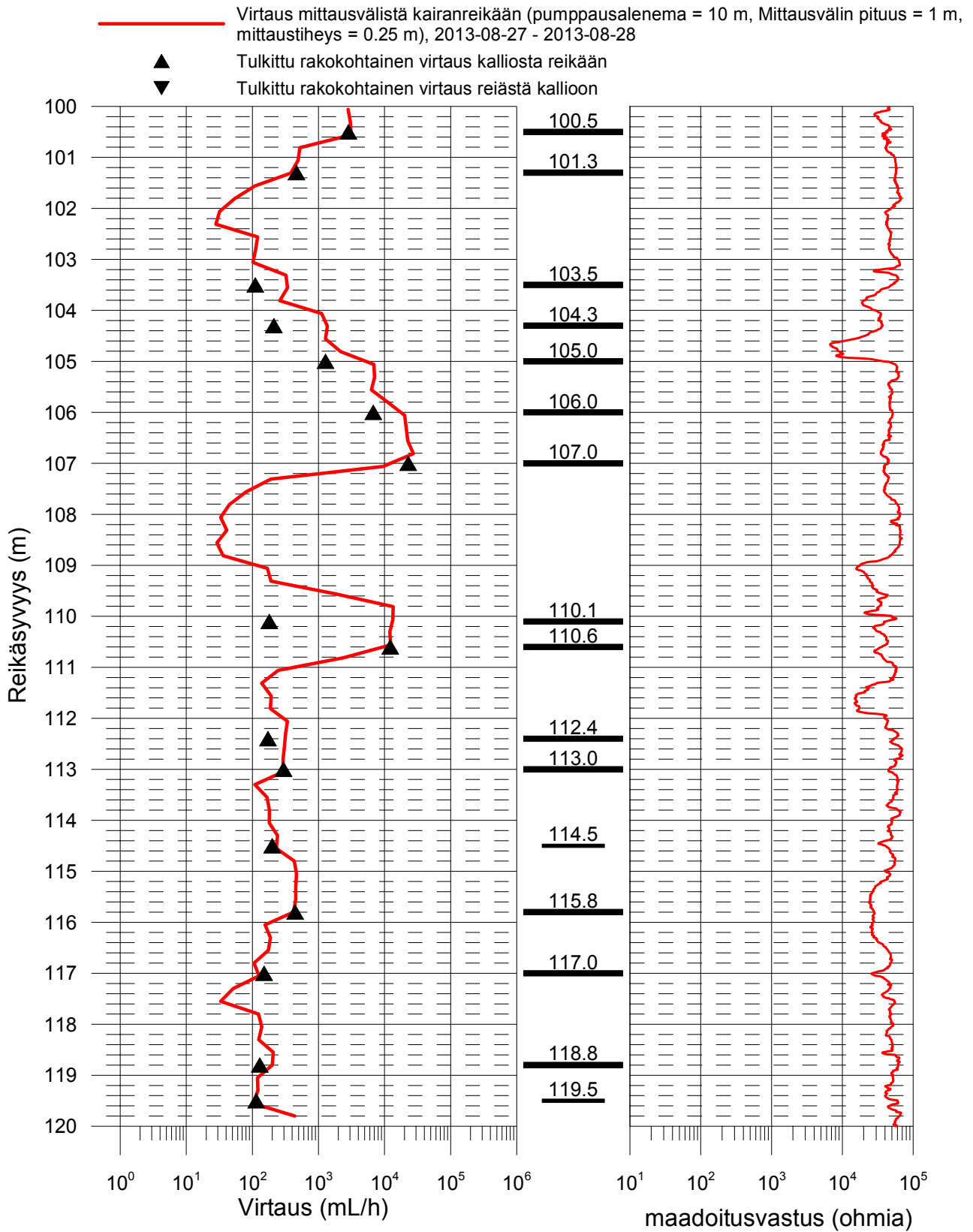
## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus



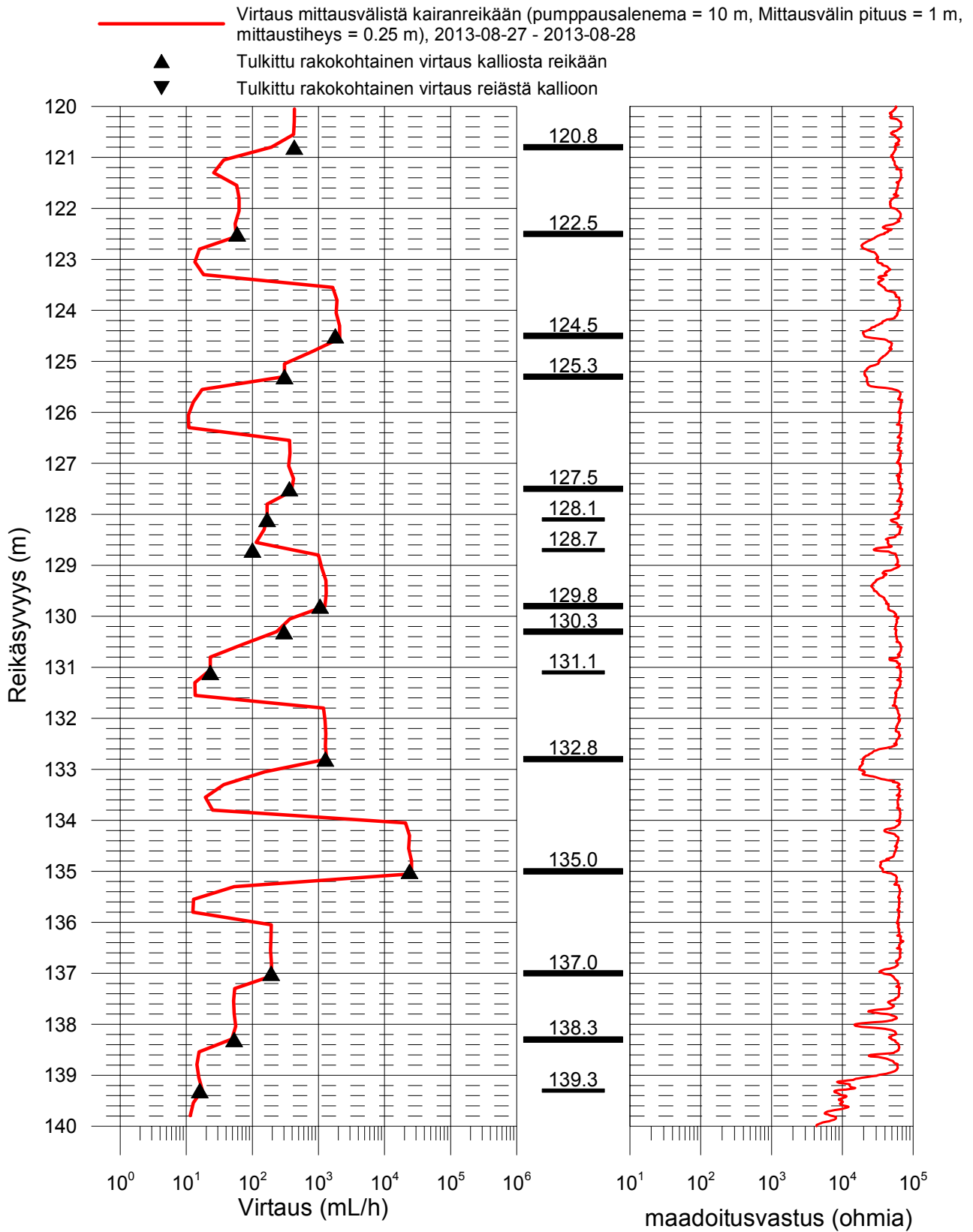
## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus

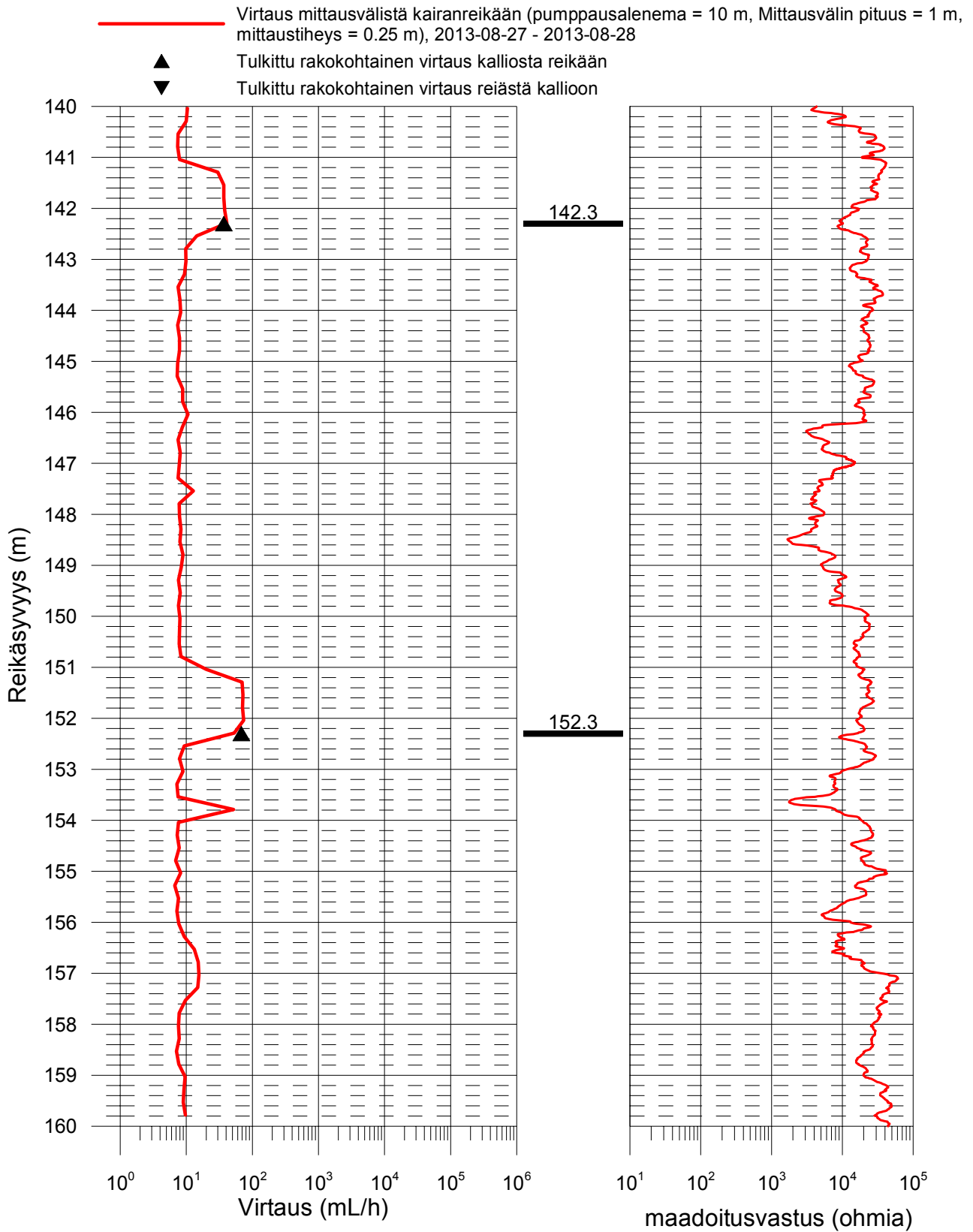


## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus



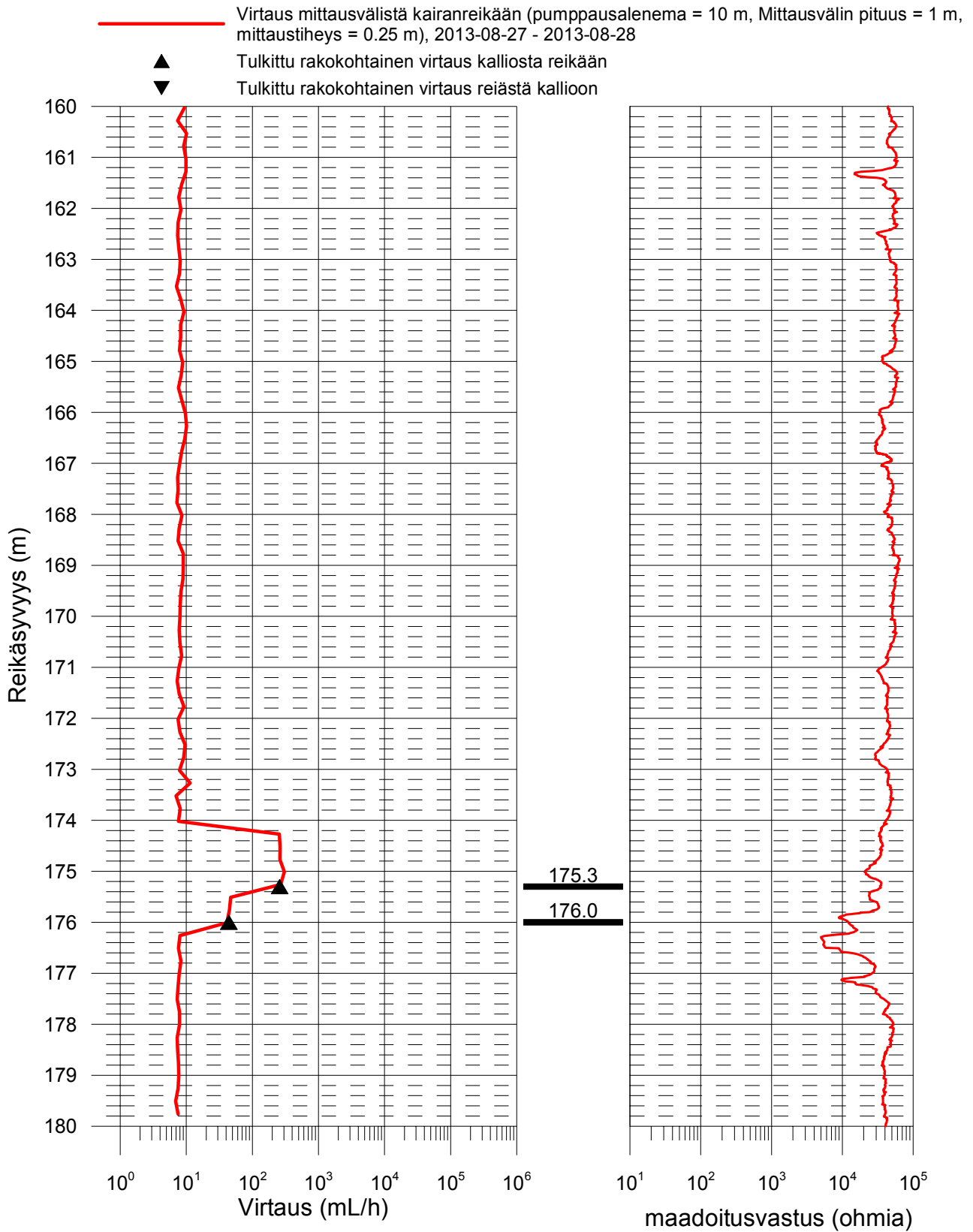


## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus



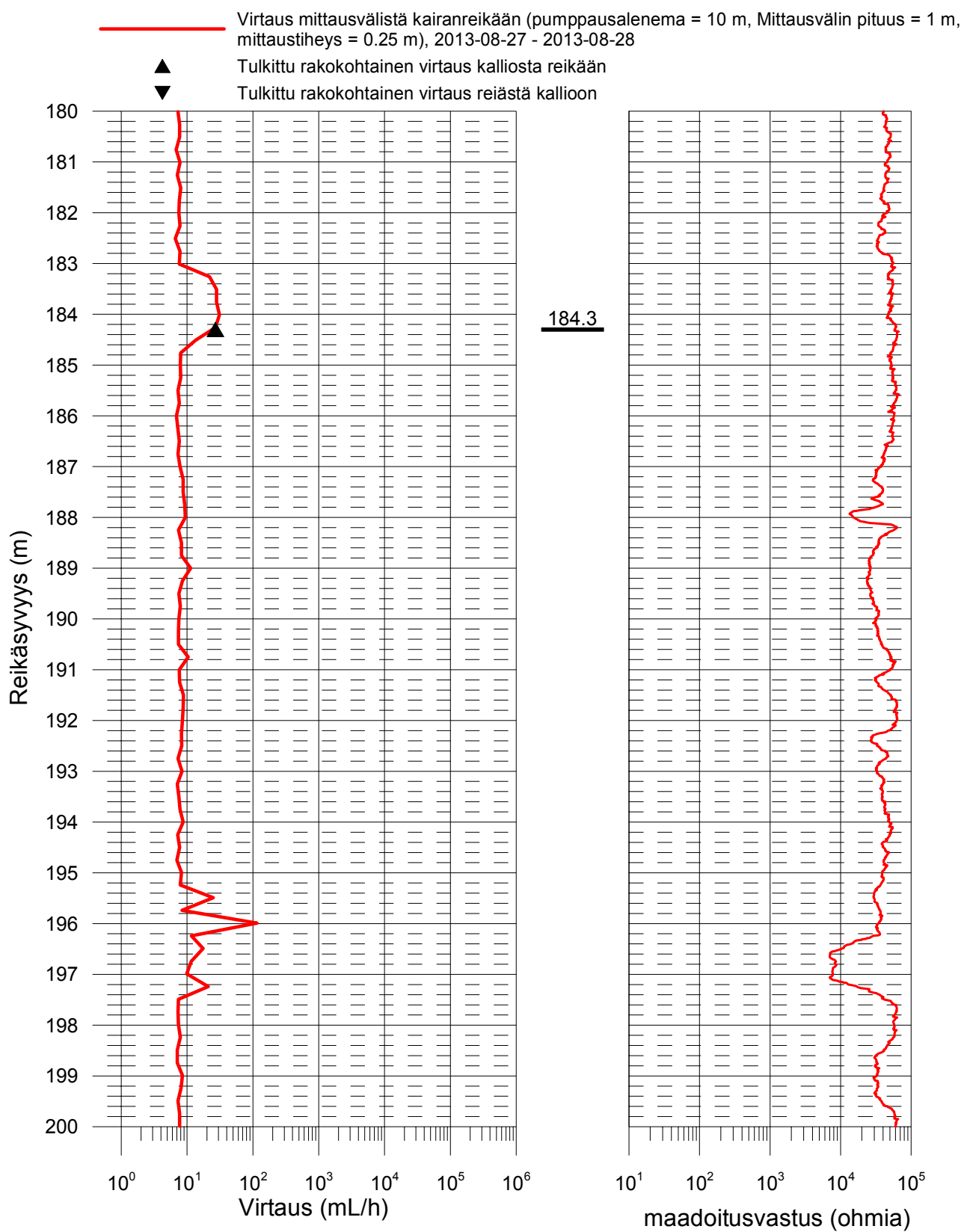
## Suhanko, kairanreikä SN-41

### Virtaus ja maadoitusvastus

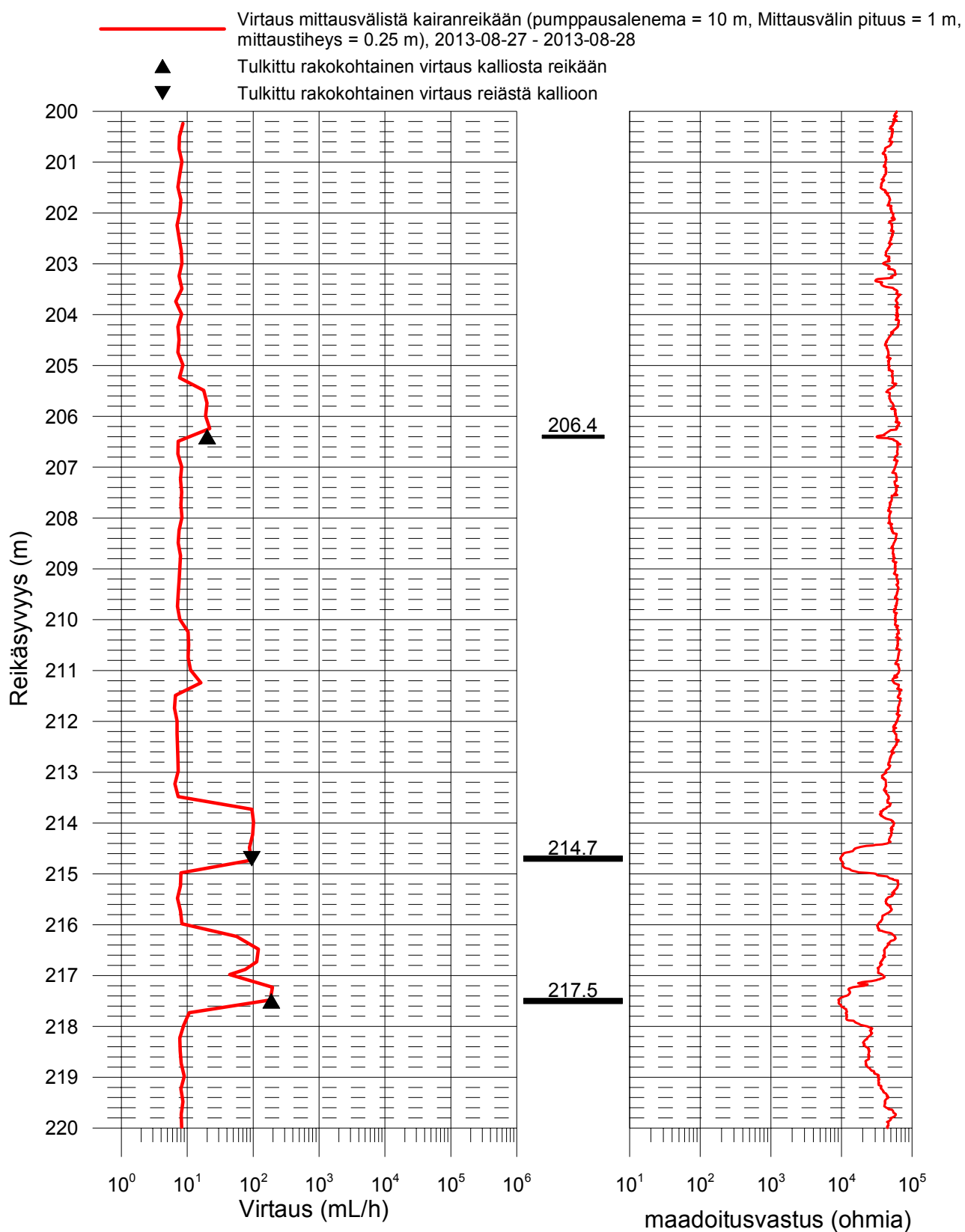


## Suhanko, kairanreikä SN-41

### Virtaus ja maadoitusvastus

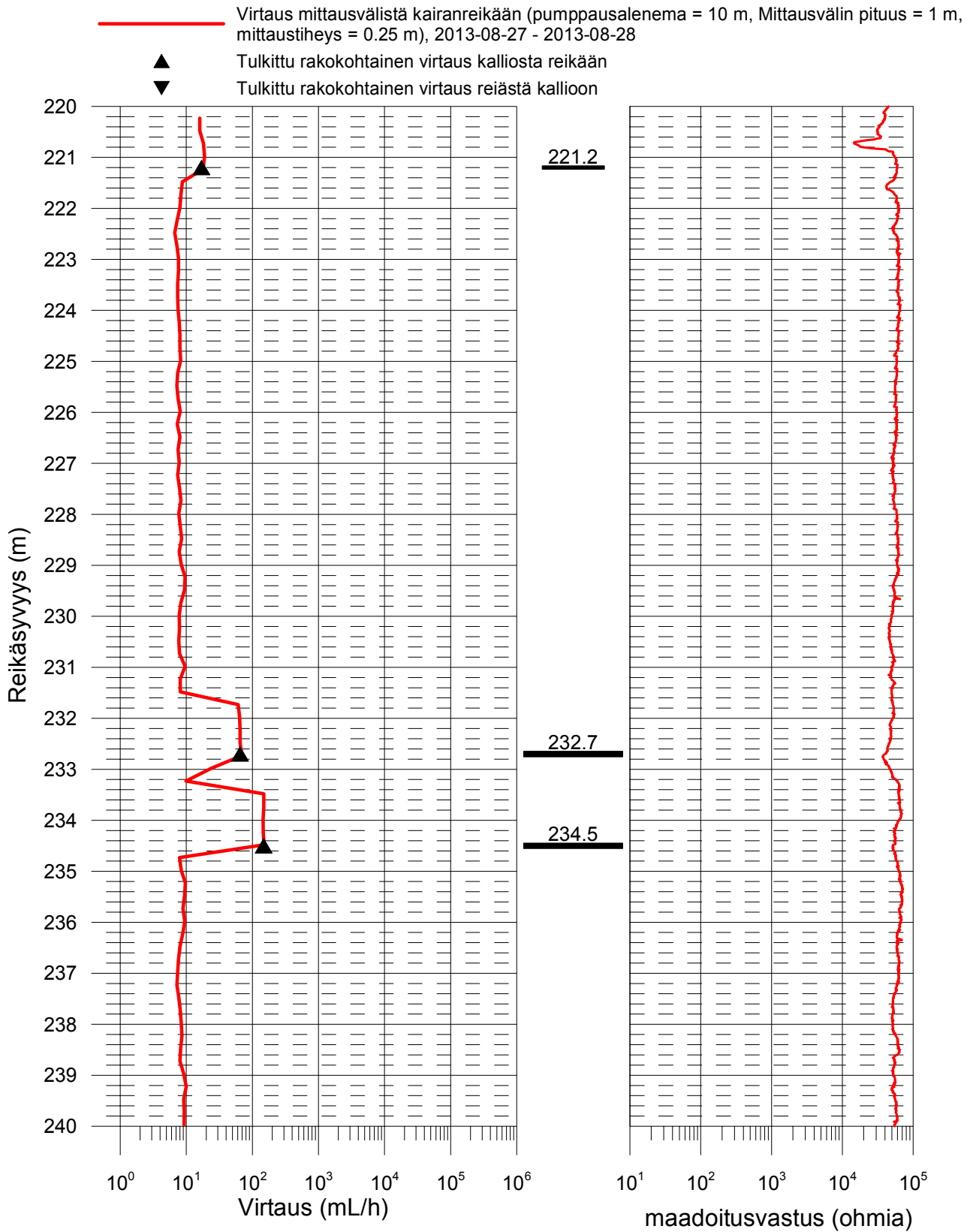


## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus

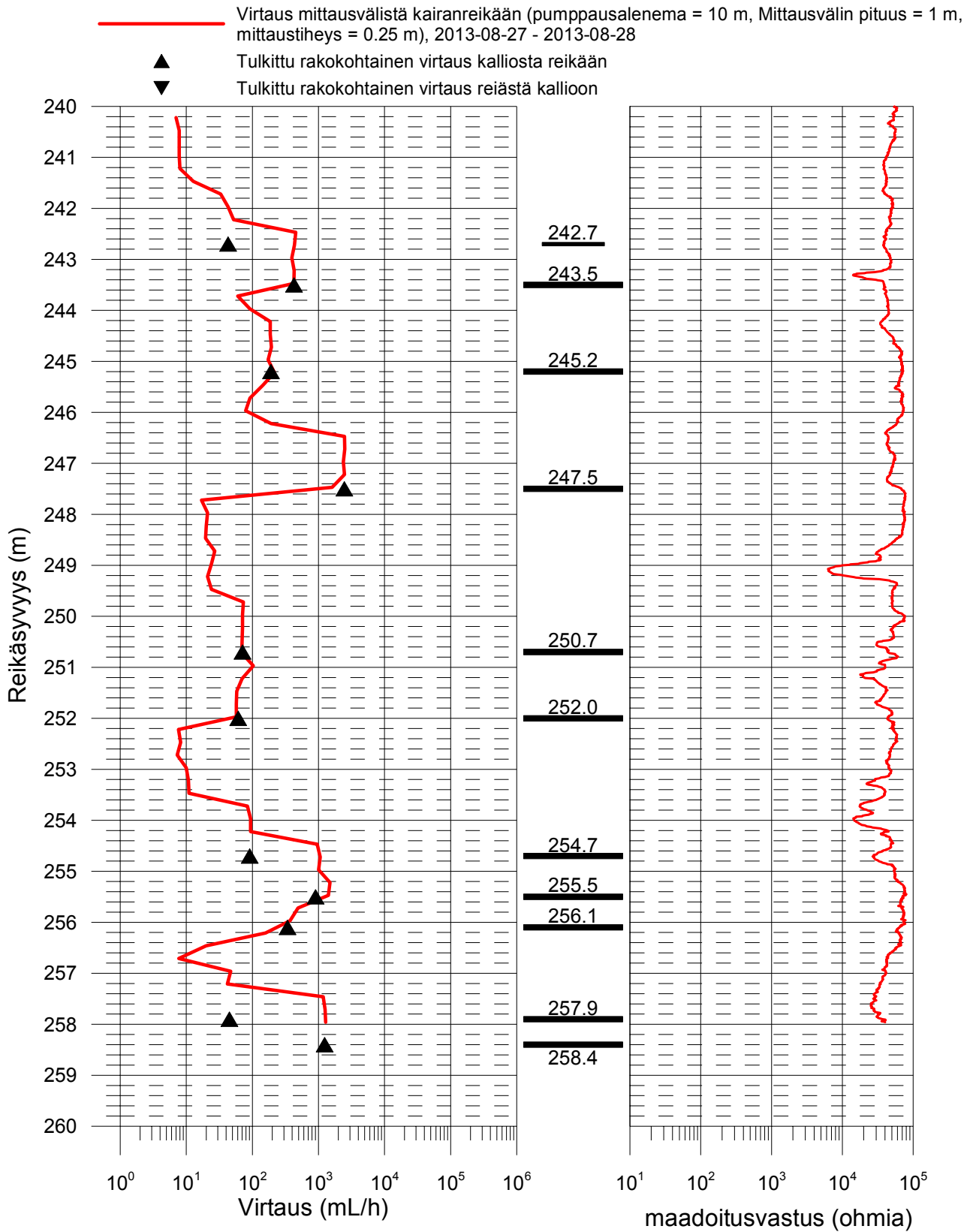


## Suhanko, kairanreikä SN-41

### Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SN-41 Virtaus ja maadoitusvastus

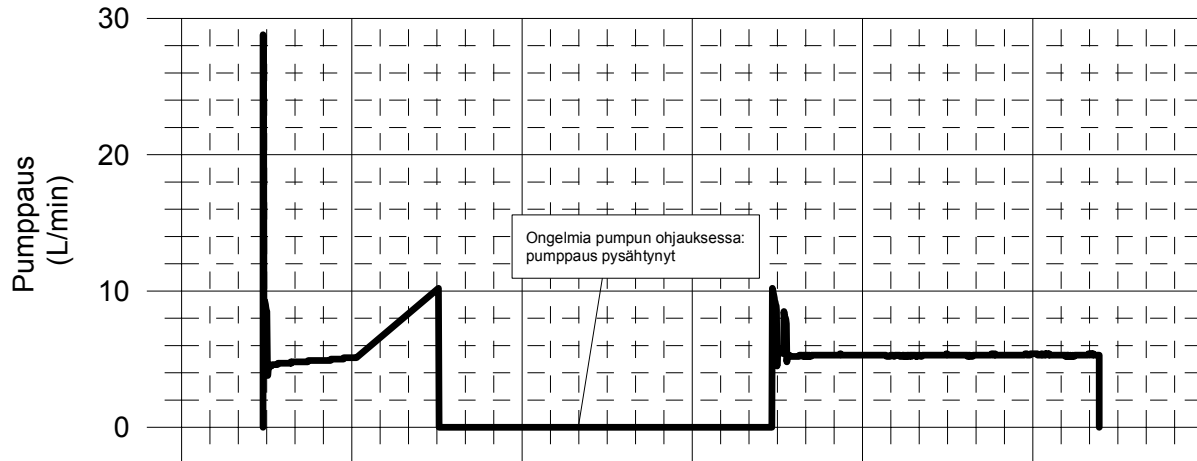
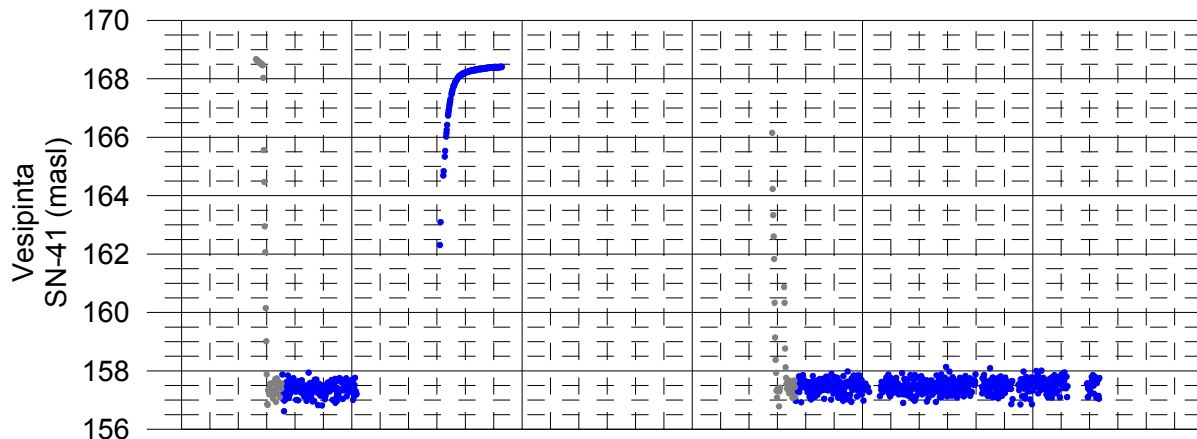
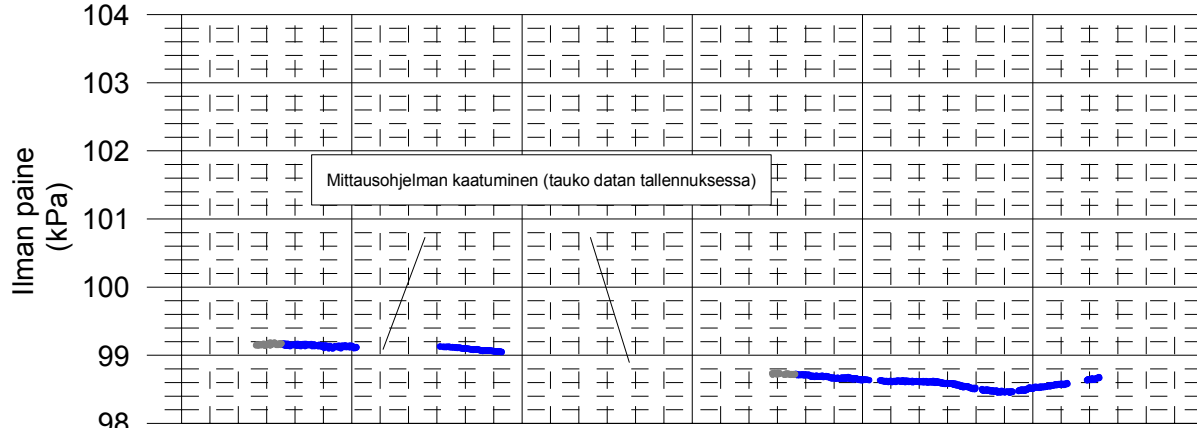


## Suhanko, kairanreikä SN-41

## Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana

- Vesipinta pumppauksen aikana (Pumppausalenema = 10 m, Mittausväli = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m)
- Vesipinta pumppauksen aikana (Pumppausalenema = 10 m, Mittausväli = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m)

masl = metriä meren pinna yläpuolella



2013-08-27 / 12:00

2013-08-27 / 18:00

2013-08-28 / 0:00

2013-08-28 / 6:00

2013-08-28 / 12:00

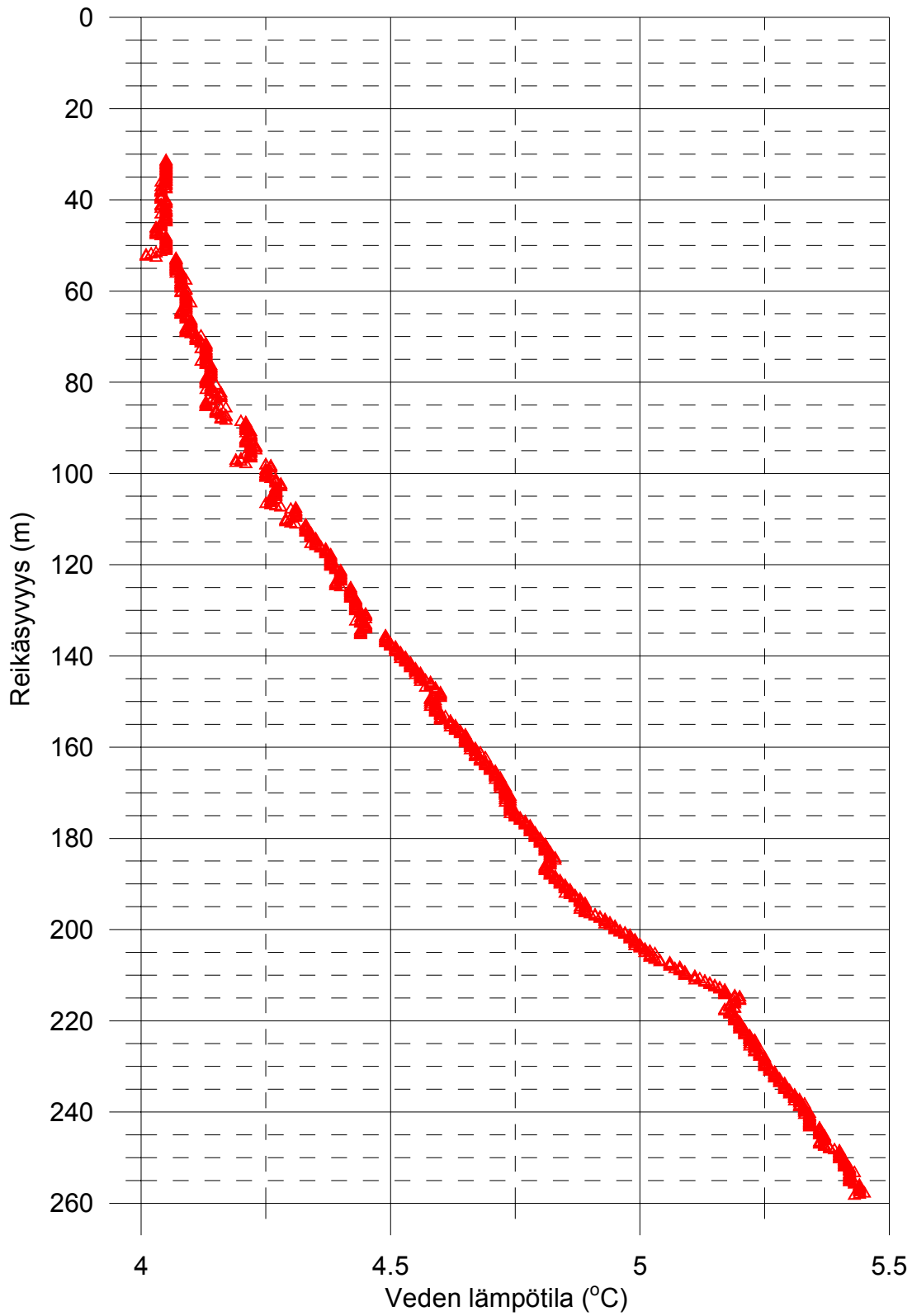
2013-08-28 / 18:00

2013-08-29 / 0:00

Vuosi-Kuukausi-Päivä

## Suhanko, Kairanreikä SN-41 Reikäveden lämpötila

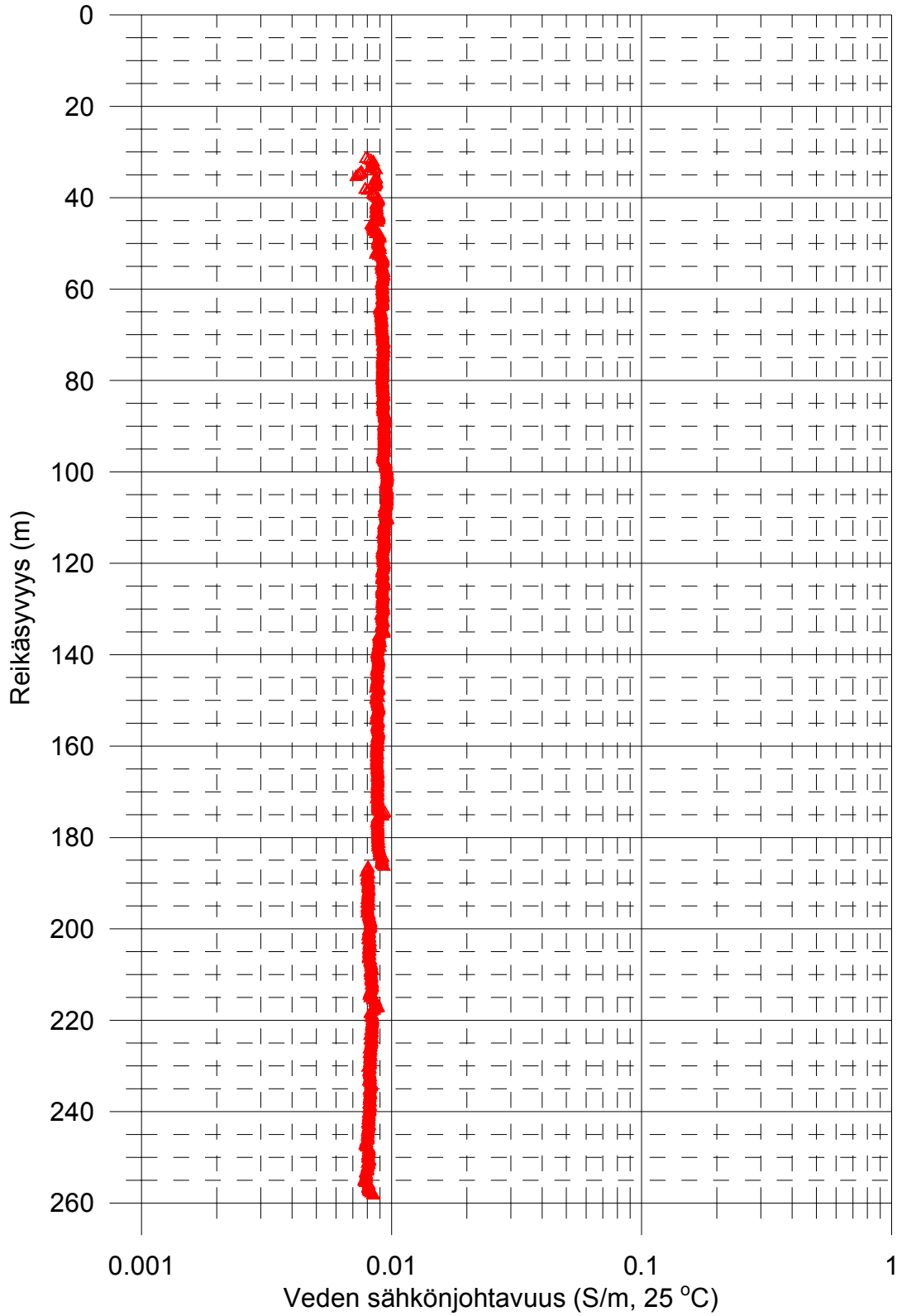
▲ Virtausmittauksen aikana ( $L = 1$  m,  $dL = 0.25$  m),  
2013-08-27 - 2013-08-28. Mittaussuunta: Alhaalta ylöspäin





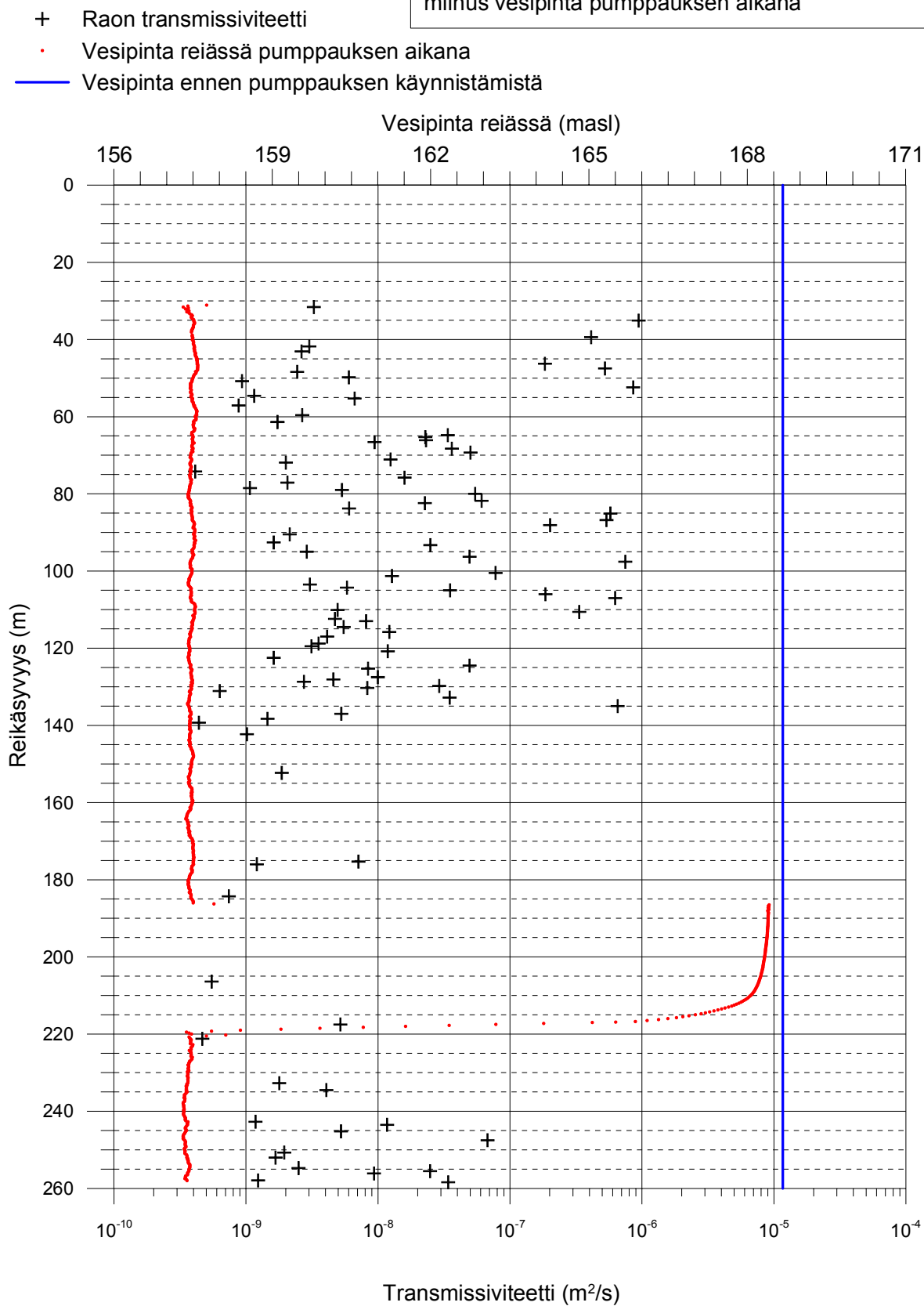
## Suhanko, Kairanreikä SN-41 Reikäveden sähköjohtavuus

▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-08-27 - 2013-08-28



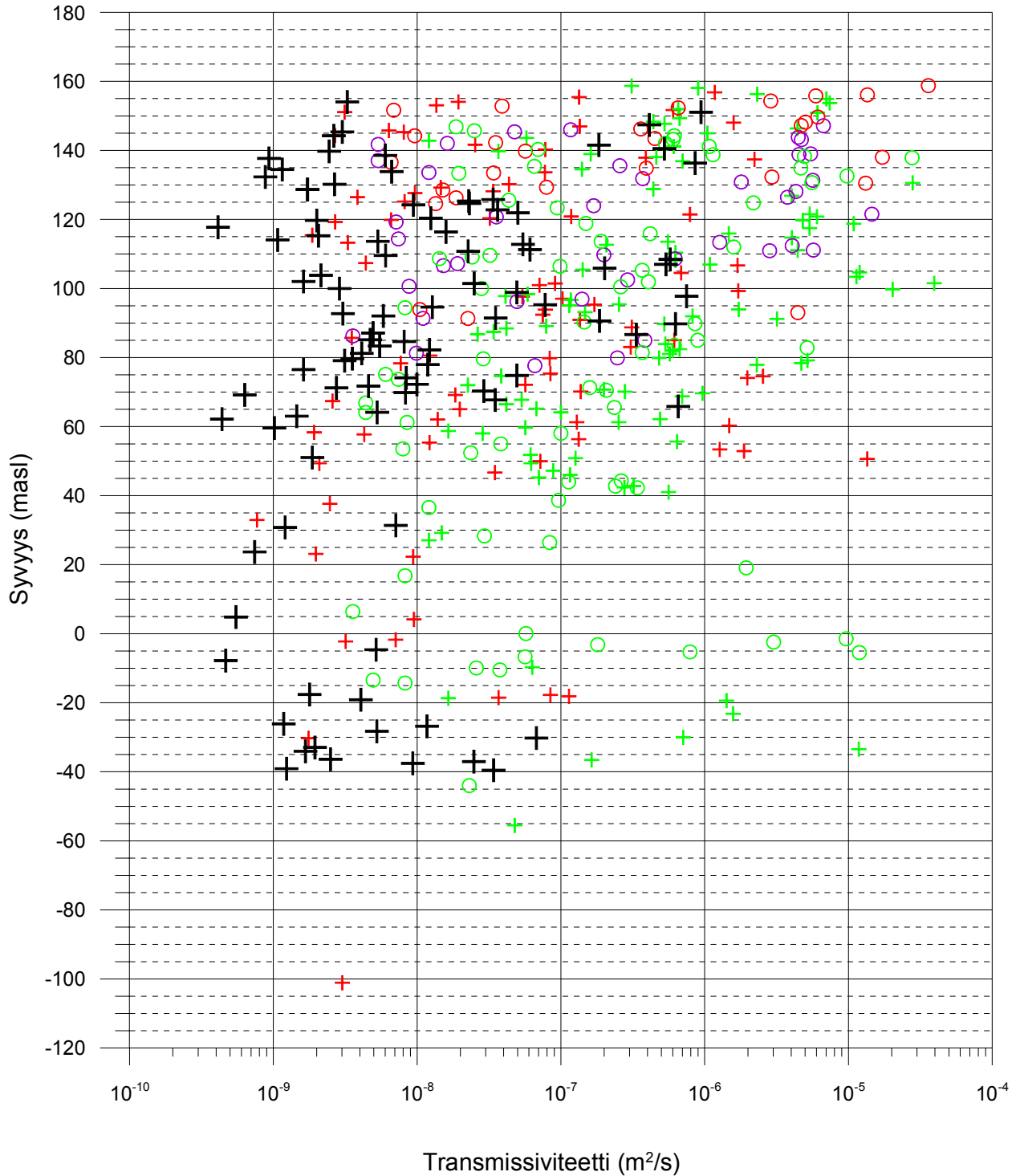
Suhanko, kairanreikä SN-41  
 Havaittujen rakojen transmissiviteetti  
 2013-08-27 - 2013-08-28

Pumppausalenema = Vesipinta ennen pumppausta  
 miinus vesipinta pumppauksen aikana



Suhanko  
Havaittujen rakojen transmissiviteetit  
2013-08-27 - 2013-09-13

- + SN-41 Raon transmissiviteetti
- + SUH-204 Raon transmissiviteetti
- + SUH-262 Raon transmissiviteetti
- SUH-348 Raon transmissiviteetti
- SUH-389 Raon transmissiviteetti
- SUH-587 Raon transmissiviteetti



## Taulukoidut tulokset havaituista raoista, SN-41

| Maanpinnan korkeustaso (masl):<br>masl = metriä merenpinnan yläpuolella | 181.02         |                         |                      |          |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|----------|-----------|
| Reiän kaade (asteina):                                                  | 59.54          |                         |                      |          |           |
| Reiän suuntainen rakosyvyys (m)                                         | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-alenema (m) | T (m2/s) | Kommentit |
| 31.6                                                                    | 119            | 154.0                   | 10                   | 3.27E-09 | *         |
| 35.1                                                                    | 34400          | 151.1                   | 10                   | 9.45E-07 |           |
| 39.4                                                                    | 15000          | 147.4                   | 10                   | 4.12E-07 |           |
| 41.8                                                                    | 110            | 145.4                   | 10                   | 3.02E-09 |           |
| 43.1                                                                    | 96             | 144.2                   | 10                   | 2.64E-09 |           |
| 46.3                                                                    | 6700           | 141.5                   | 10                   | 1.84E-07 |           |
| 47.5                                                                    | 19100          | 140.5                   | 10                   | 5.25E-07 |           |
| 48.4                                                                    | 89             | 139.7                   | 10                   | 2.45E-09 |           |
| 49.8                                                                    | 219            | 138.5                   | 10                   | 6.02E-09 |           |
| 50.8                                                                    | 34             | 137.7                   | 10                   | 9.34E-10 | *         |
| 52.4                                                                    | 31300          | 136.3                   | 10                   | 8.60E-07 |           |
| 54.6                                                                    | 42             | 134.4                   | 10                   | 1.15E-09 | *         |
| 55.3                                                                    | 242            | 133.9                   | 10                   | 6.65E-09 |           |
| 57.1                                                                    | 32             | 132.3                   | 10                   | 8.79E-10 |           |
| 59.6                                                                    | 97             | 130.2                   | 10                   | 2.67E-09 | *         |
| 61.4                                                                    | 63             | 128.7                   | 10                   | 1.73E-09 |           |
| 61.4                                                                    | 63             | 128.7                   | 10                   | 1.73E-09 |           |
| 64.8                                                                    | 1230           | 125.8                   | 10                   | 3.38E-08 | *         |
| 65.3                                                                    | 831            | 125.3                   | 10                   | 2.28E-08 |           |
| 66.1                                                                    | 841            | 124.6                   | 10                   | 2.31E-08 |           |
| 66.6                                                                    | 343            | 124.2                   | 10                   | 9.42E-09 |           |
| 68.3                                                                    | 1320           | 122.8                   | 10                   | 3.63E-08 |           |
| 69.3                                                                    | 1830           | 121.9                   | 10                   | 5.03E-08 |           |
| 71.1                                                                    | 453            | 120.4                   | 10                   | 1.24E-08 |           |
| 71.9                                                                    | 73             | 119.7                   | 10                   | 2.01E-09 |           |
| 74.2                                                                    | 15             | 117.7                   | 10                   | 4.12E-10 | *         |
| 75.8                                                                    | 578            | 116.4                   | 10                   | 1.59E-08 |           |
| 77.1                                                                    | 75             | 115.3                   | 10                   | 2.06E-09 |           |
| 78.5                                                                    | 39             | 114.1                   | 10                   | 1.07E-09 | *         |
| 79.0                                                                    | 194            | 113.6                   | 10                   | 5.33E-09 |           |
| 80.0                                                                    | 1980           | 112.8                   | 10                   | 5.44E-08 |           |
| 81.8                                                                    | 2220           | 111.3                   | 10                   | 6.10E-08 |           |
| 82.4                                                                    | 825            | 110.7                   | 10                   | 2.27E-08 |           |
| 83.8                                                                    | 220            | 109.5                   | 10                   | 6.04E-09 |           |
| 85.1                                                                    | 21000          | 108.4                   | 10                   | 5.77E-07 |           |
| 86.8                                                                    | 19600          | 107.0                   | 10                   | 5.39E-07 |           |
| 88.1                                                                    | 7330           | 105.9                   | 10                   | 2.01E-07 |           |
| 90.5                                                                    | 78             | 103.8                   | 10                   | 2.14E-09 | *         |
| 92.6                                                                    | 59             | 102.0                   | 10                   | 1.62E-09 |           |
| 93.3                                                                    | 908            | 101.4                   | 10                   | 2.49E-08 |           |
| 95.0                                                                    | 105            | 100.0                   | 10                   | 2.88E-09 | *         |
| 96.3                                                                    | 1800           | 98.9                    | 10                   | 4.95E-08 |           |
| 97.6                                                                    | 27200          | 97.8                    | 10                   | 7.47E-07 |           |

| Reiän suuntainen rakosyvyys (m) | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-alenema (m) | T (m2/s) | Kommentit |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|----------|-----------|
| 100.5                           | 2830           | 95.3                    | 10                   | 7.78E-08 |           |
| 101.3                           | 465            | 94.6                    | 10                   | 1.28E-08 |           |
| 103.5                           | 111            | 92.7                    | 10                   | 3.05E-09 |           |
| 104.3                           | 212            | 92.0                    | 10                   | 5.82E-09 |           |
| 105.0                           | 1280           | 91.4                    | 10                   | 3.52E-08 |           |
| 106.0                           | 6760           | 90.6                    | 10                   | 1.86E-07 |           |
| 107.0                           | 22800          | 89.7                    | 10                   | 6.26E-07 |           |
| 110.1                           | 180            | 87.1                    | 10                   | 4.95E-09 |           |
| 110.6                           | 12200          | 86.7                    | 10                   | 3.35E-07 |           |
| 112.4                           | 172            | 85.1                    | 10                   | 4.73E-09 |           |
| 113.0                           | 296            | 84.6                    | 10                   | 8.13E-09 |           |
| 114.5                           | 200            | 83.3                    | 10                   | 5.49E-09 | *         |
| 115.8                           | 444            | 82.2                    | 10                   | 1.22E-08 |           |
| 117.0                           | 150            | 81.2                    | 10                   | 4.12E-09 |           |
| 118.8                           | 129            | 79.7                    | 10                   | 3.54E-09 |           |
| 119.5                           | 114            | 79.1                    | 10                   | 3.13E-09 | *         |
| 120.8                           | 432            | 78.0                    | 10                   | 1.19E-08 |           |
| 122.5                           | 59             | 76.5                    | 10                   | 1.62E-09 |           |
| 124.5                           | 1800           | 74.8                    | 10                   | 4.95E-08 |           |
| 125.3                           | 306            | 74.1                    | 10                   | 8.41E-09 |           |
| 127.5                           | 363            | 72.2                    | 10                   | 9.97E-09 |           |
| 128.1                           | 167            | 71.7                    | 10                   | 4.59E-09 | *         |
| 128.7                           | 100            | 71.2                    | 10                   | 2.75E-09 | *         |
| 129.8                           | 1060           | 70.3                    | 10                   | 2.91E-08 |           |
| 130.3                           | 302            | 69.8                    | 10                   | 8.30E-09 |           |
| 131.1                           | 23             | 69.2                    | 10                   | 6.32E-10 | *         |
| 132.8                           | 1270           | 67.7                    | 10                   | 3.49E-08 |           |
| 135.0                           | 23800          | 65.8                    | 10                   | 6.54E-07 |           |
| 137.0                           | 192            | 64.1                    | 10                   | 5.28E-09 |           |
| 138.3                           | 53             | 63.0                    | 10                   | 1.46E-09 |           |
| 139.3                           | 16             | 62.2                    | 10                   | 4.40E-10 | *         |
| 142.3                           | 37             | 59.6                    | 10                   | 1.02E-09 |           |
| 152.3                           | 68             | 51.0                    | 10                   | 1.87E-09 |           |
| 175.3                           | 259            | 31.4                    | 10                   | 7.12E-09 |           |
| 176.0                           | 44             | 30.8                    | 10                   | 1.21E-09 |           |
| 184.3                           | 27             | 23.7                    | 10                   | 7.42E-10 | *         |
| 206.4                           | 20             | 4.8                     | 10                   | 5.49E-10 | * **      |
| 214.7                           | -95            | -2.3                    | 10                   | -        | **        |
| 217.5                           | 189            | -4.6                    | 10                   | 5.19E-09 |           |
| 221.2                           | 17             | -7.8                    | 10                   | 4.67E-10 | *         |
| 232.7                           | 65             | -17.6                   | 10                   | 1.79E-09 |           |
| 234.5                           | 148            | -19.1                   | 10                   | 4.07E-09 |           |
| 242.7                           | 43             | -26.1                   | 10                   | 1.18E-09 | *         |
| 243.5                           | 427            | -26.8                   | 10                   | 1.17E-08 |           |
| 245.2                           | 191            | -28.3                   | 10                   | 5.25E-09 |           |
| 247.5                           | 2460           | -30.2                   | 10                   | 6.76E-08 |           |
| 250.7                           | 71             | -33.0                   | 10                   | 1.95E-09 |           |
| 252.0                           | 61             | -34.1                   | 10                   | 1.68E-09 |           |

| Reiän suuntainen rakosyvyys (m) | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| 254.7                           | 91             | -36.4                   | 10                   | 2.50E-09              |           |
| 255.5                           | 903            | -37.0                   | 10                   | 2.48E-08              |           |
| 256.1                           | 340            | -37.6                   | 10                   | 9.34E-09              |           |
| 257.9                           | 45             | -39.1                   | 10                   | 1.24E-09              |           |
| 258.4                           | 1240           | -39.5                   | 10                   | 3.41E-08              |           |

\* Epävarma rako. Virtaus on vähemmän kuin 30 mL/h tai virtausanomaliat ovat päällekkäin tai epäselviä kohinan takia.

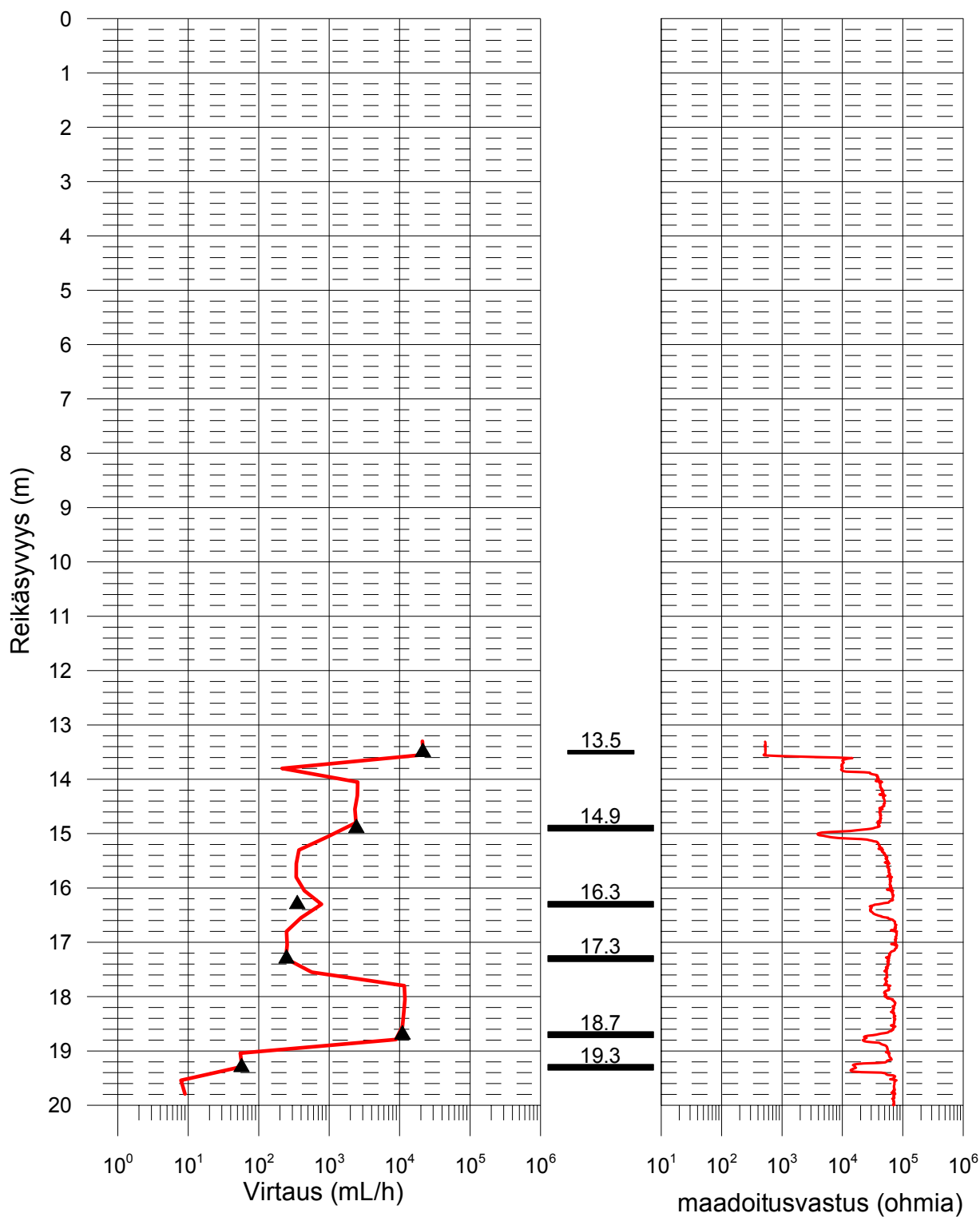
\*\* Transmissiviteettiä (T) ei voida määrittää negatiivisen virtausarvon johdosta.

\*\*\* Ongelmia pitää yllä haluttu pumppausalenema. Transmissiviteetti (T) todennäköisesti suurempi.

## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

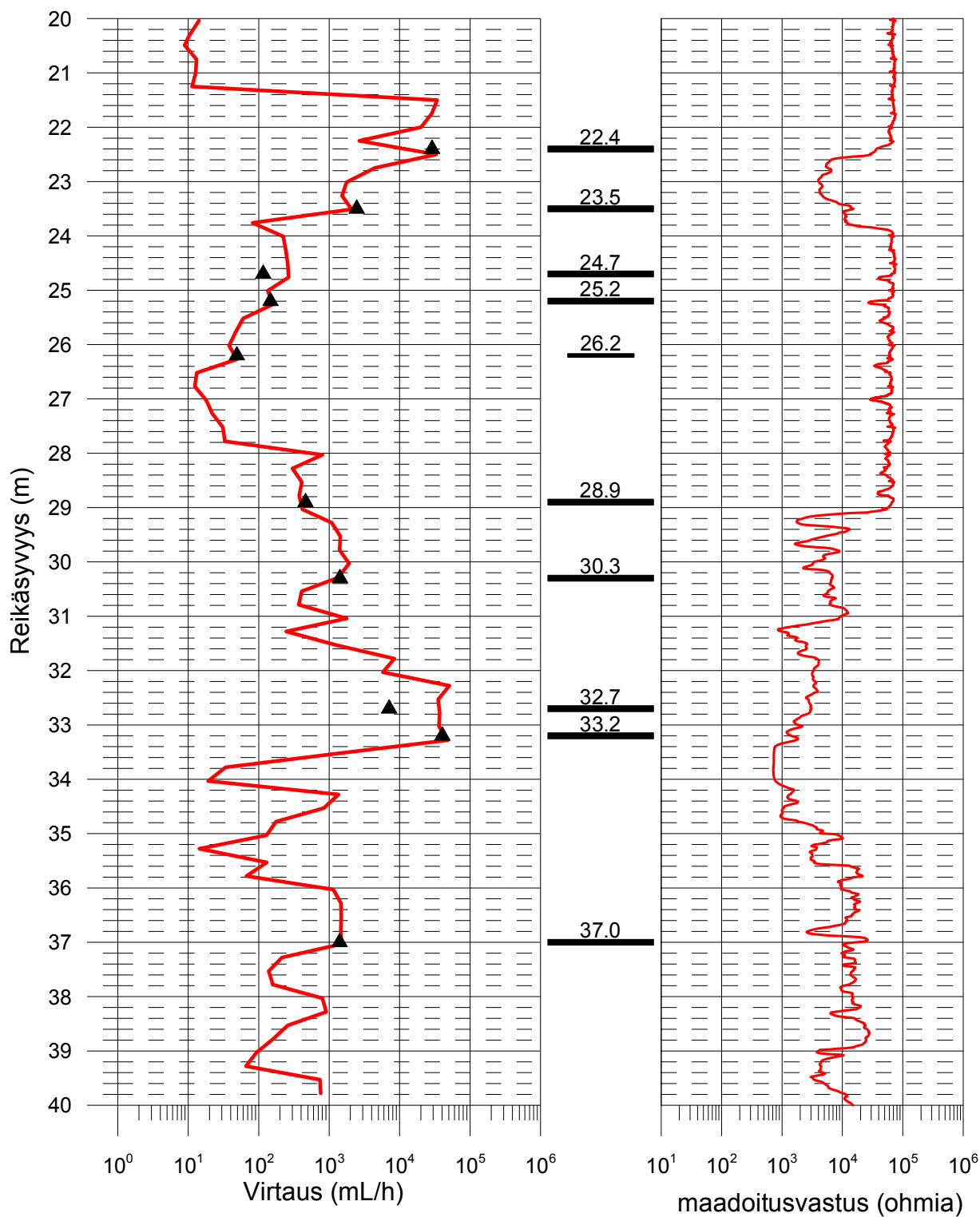
▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

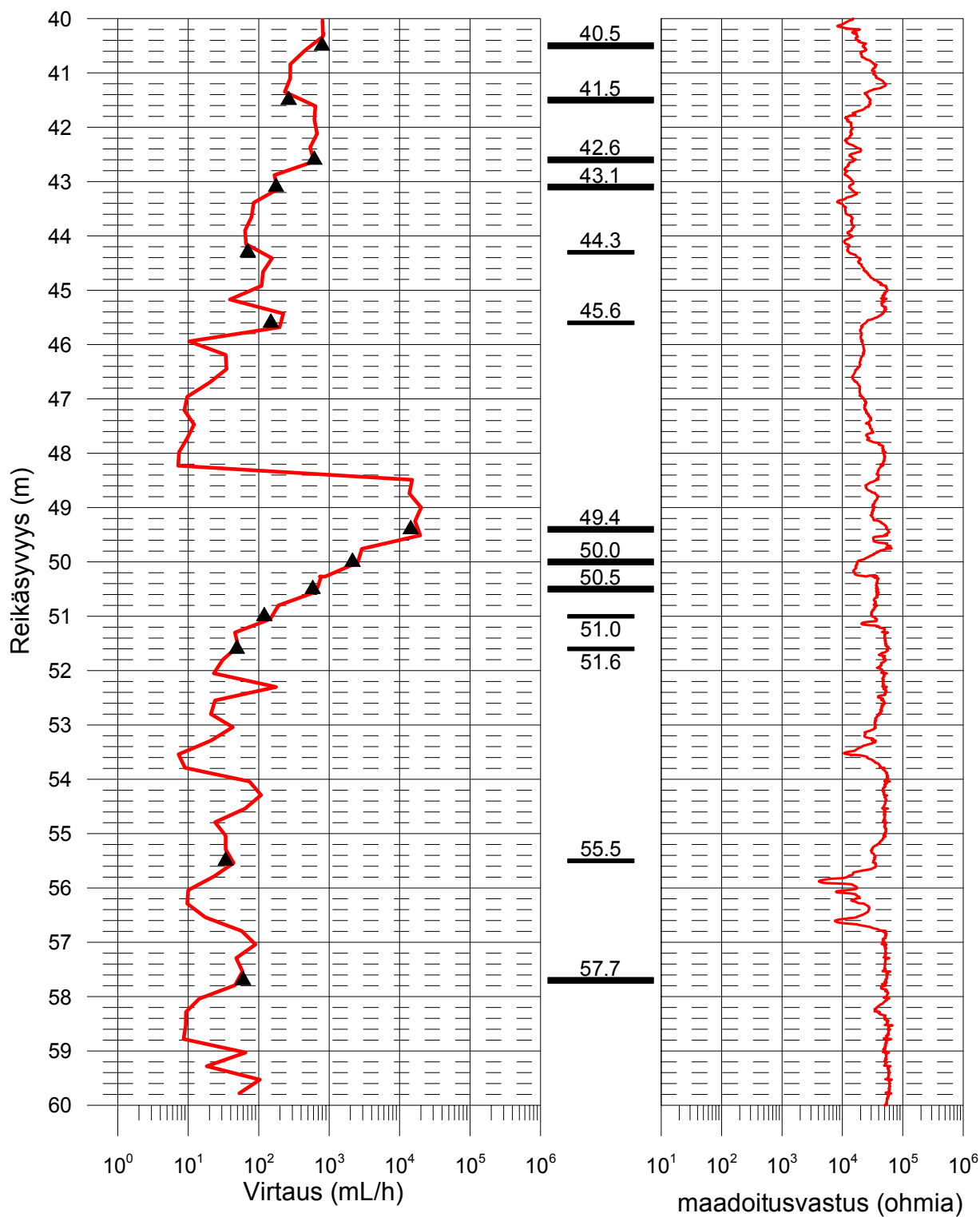




## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

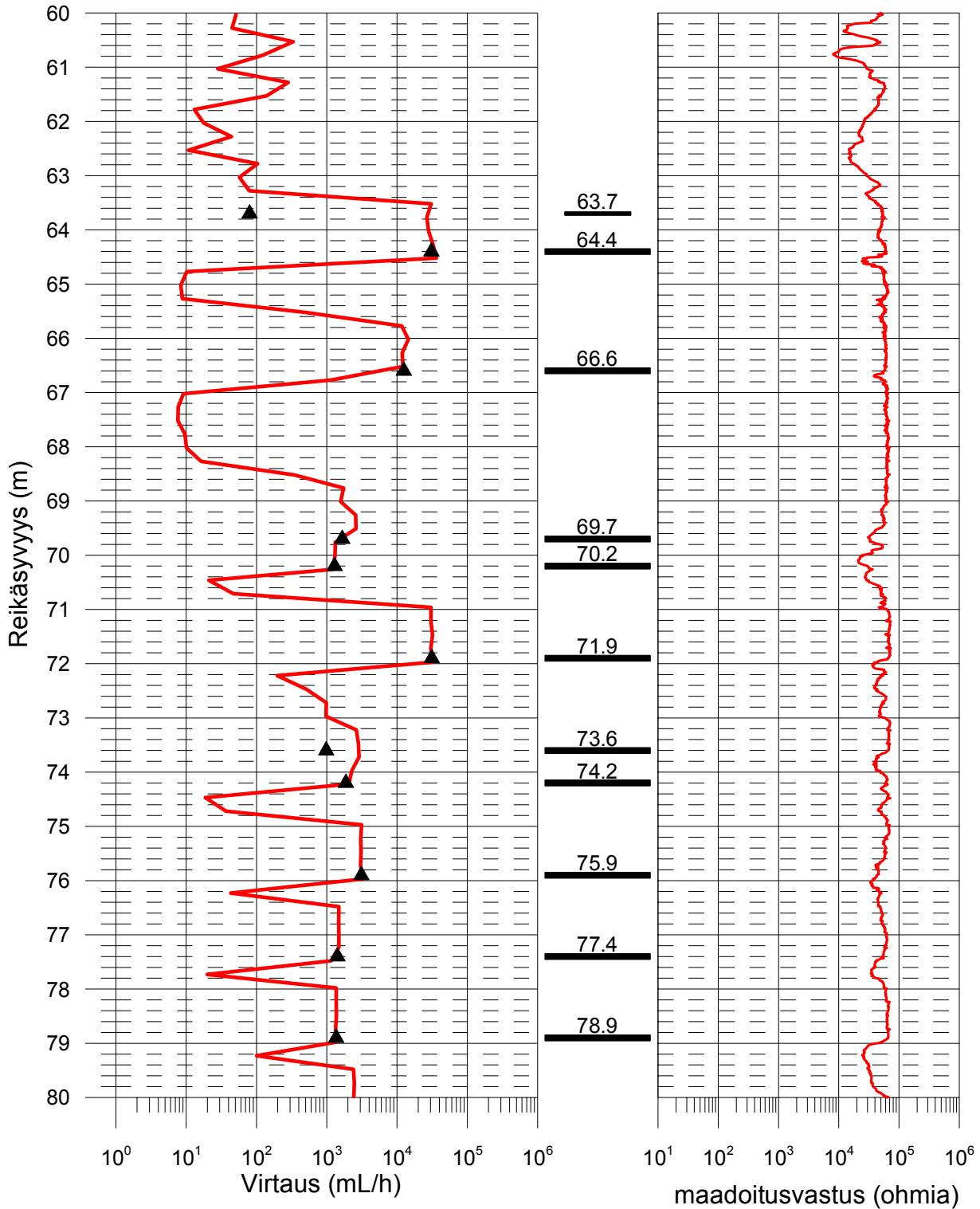
▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



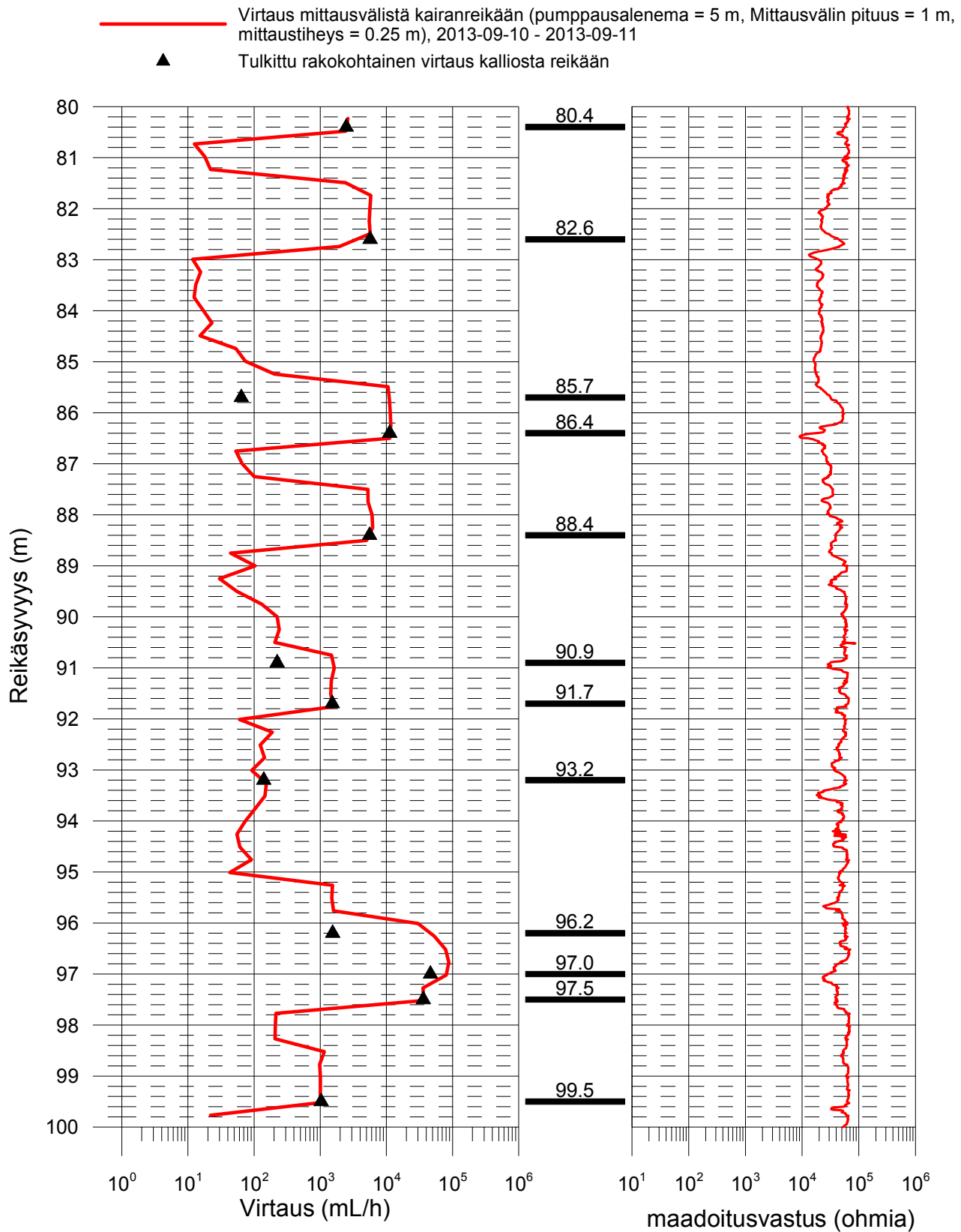
## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



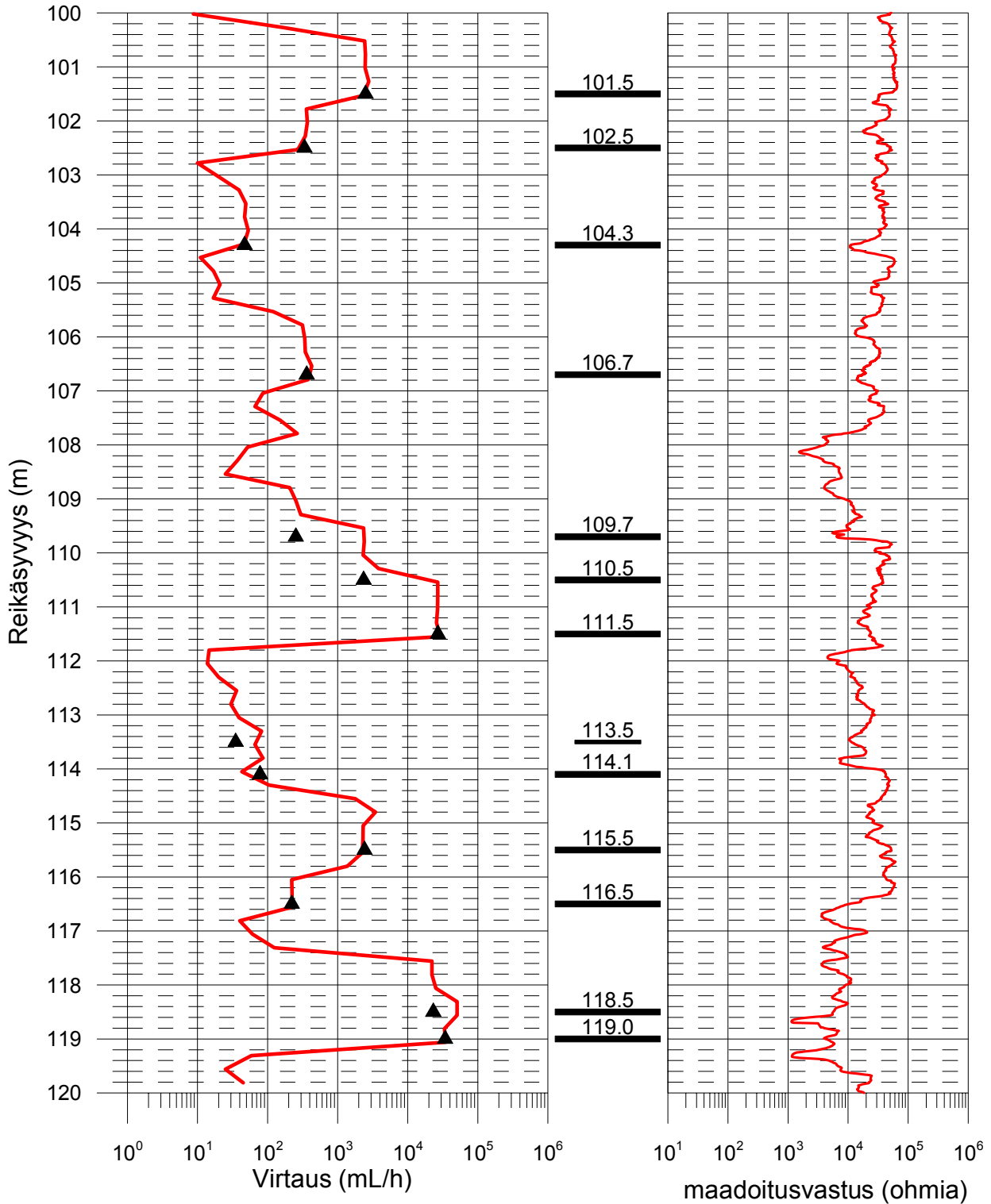
## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

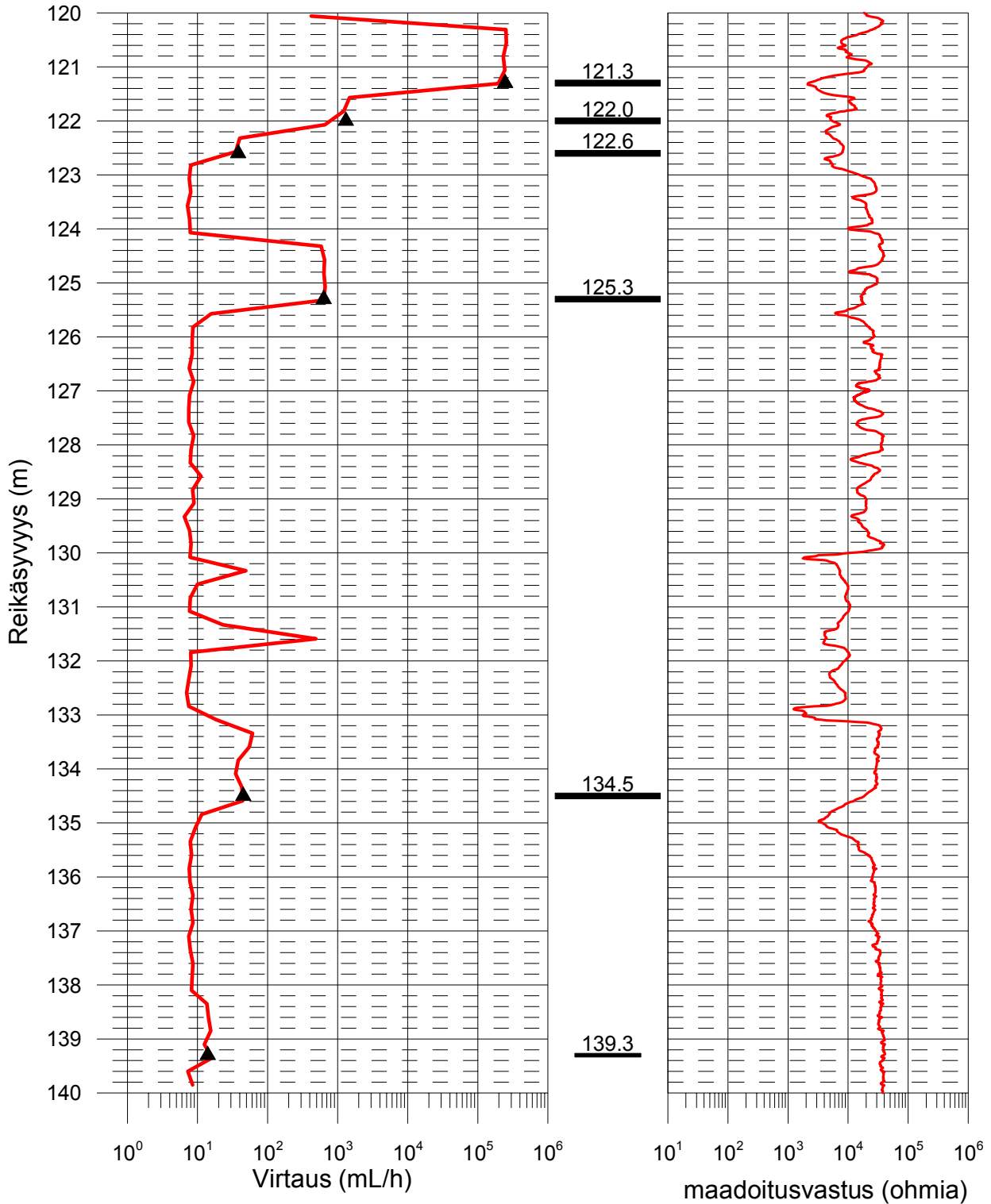
▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

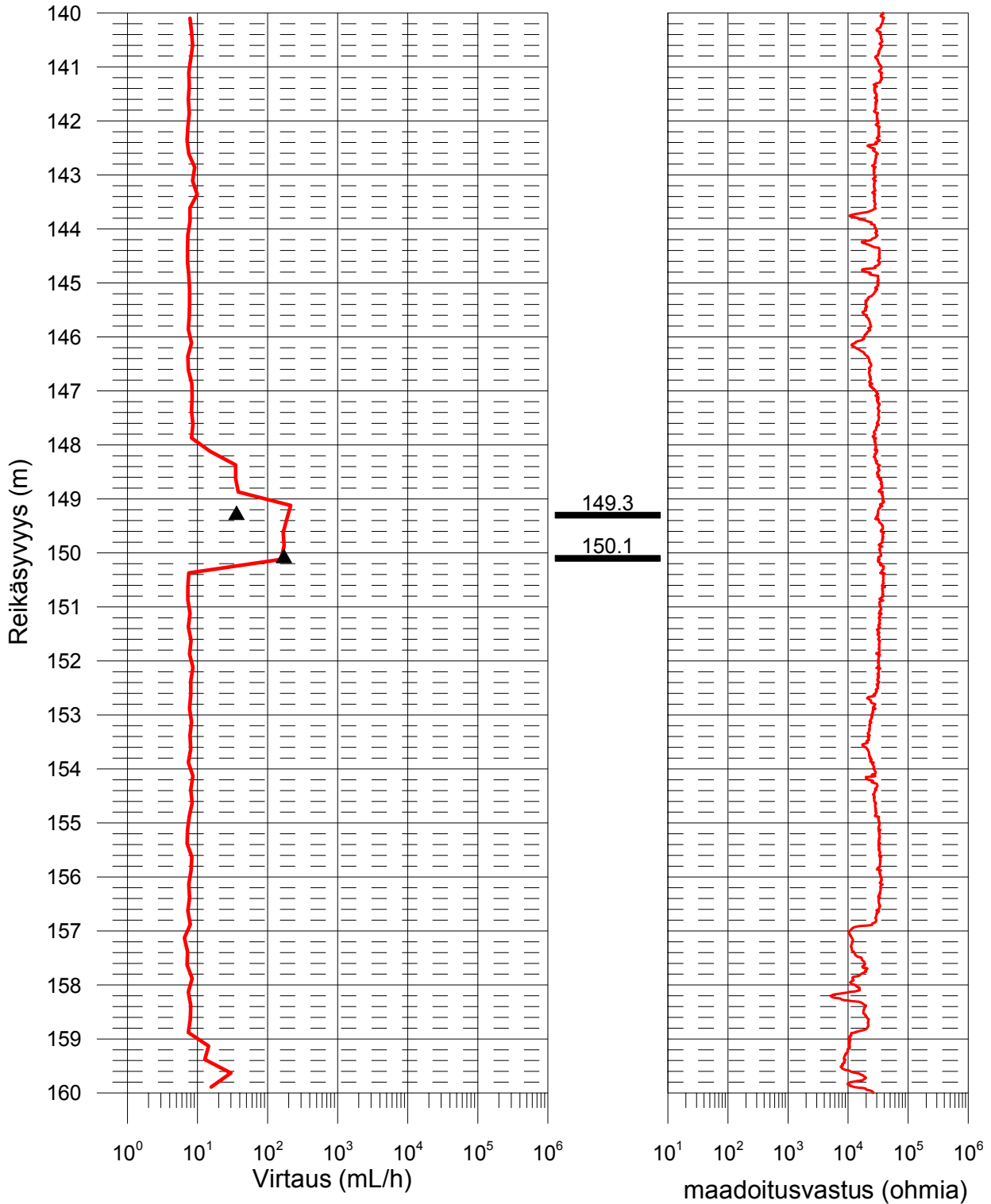
▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

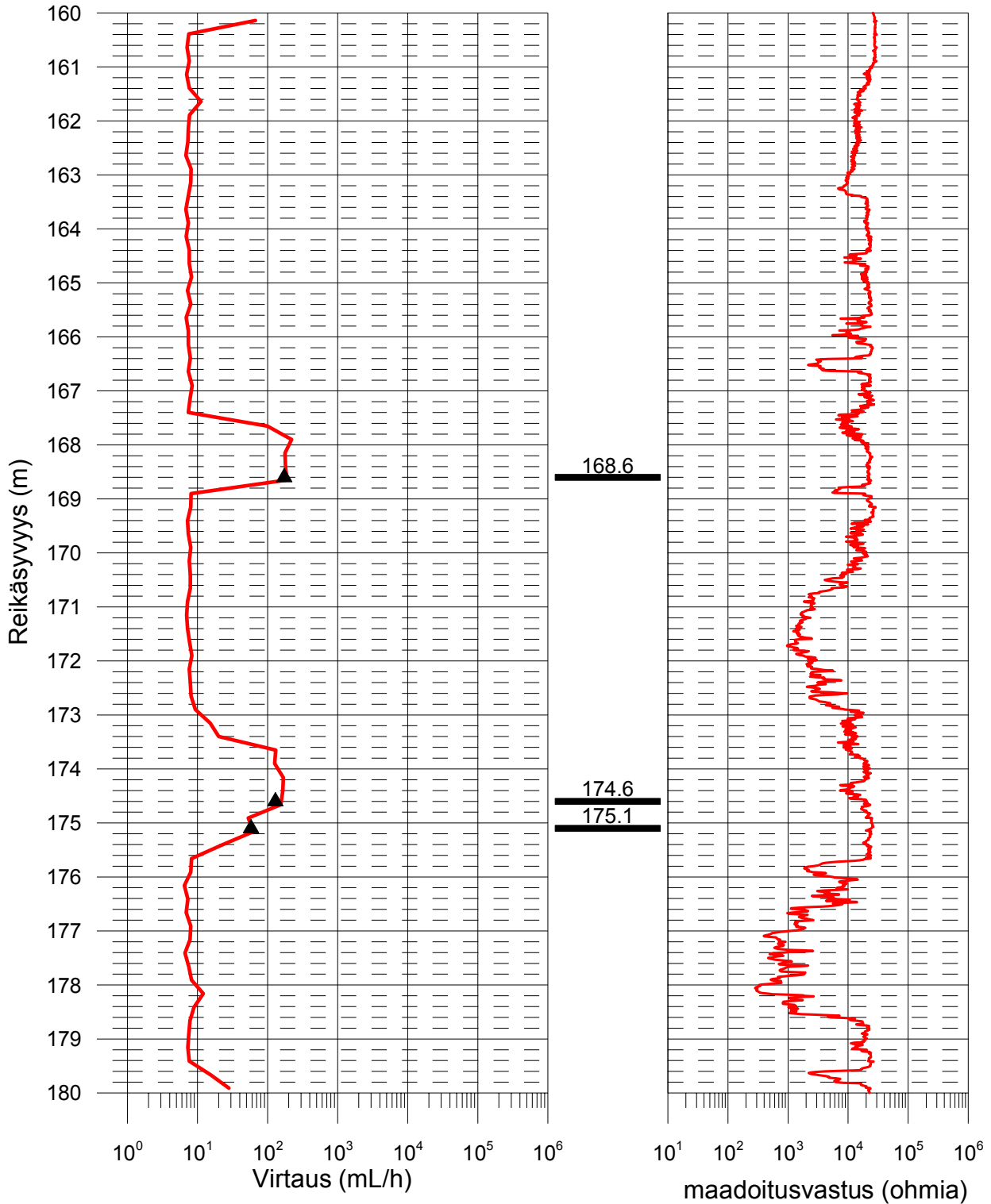
▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

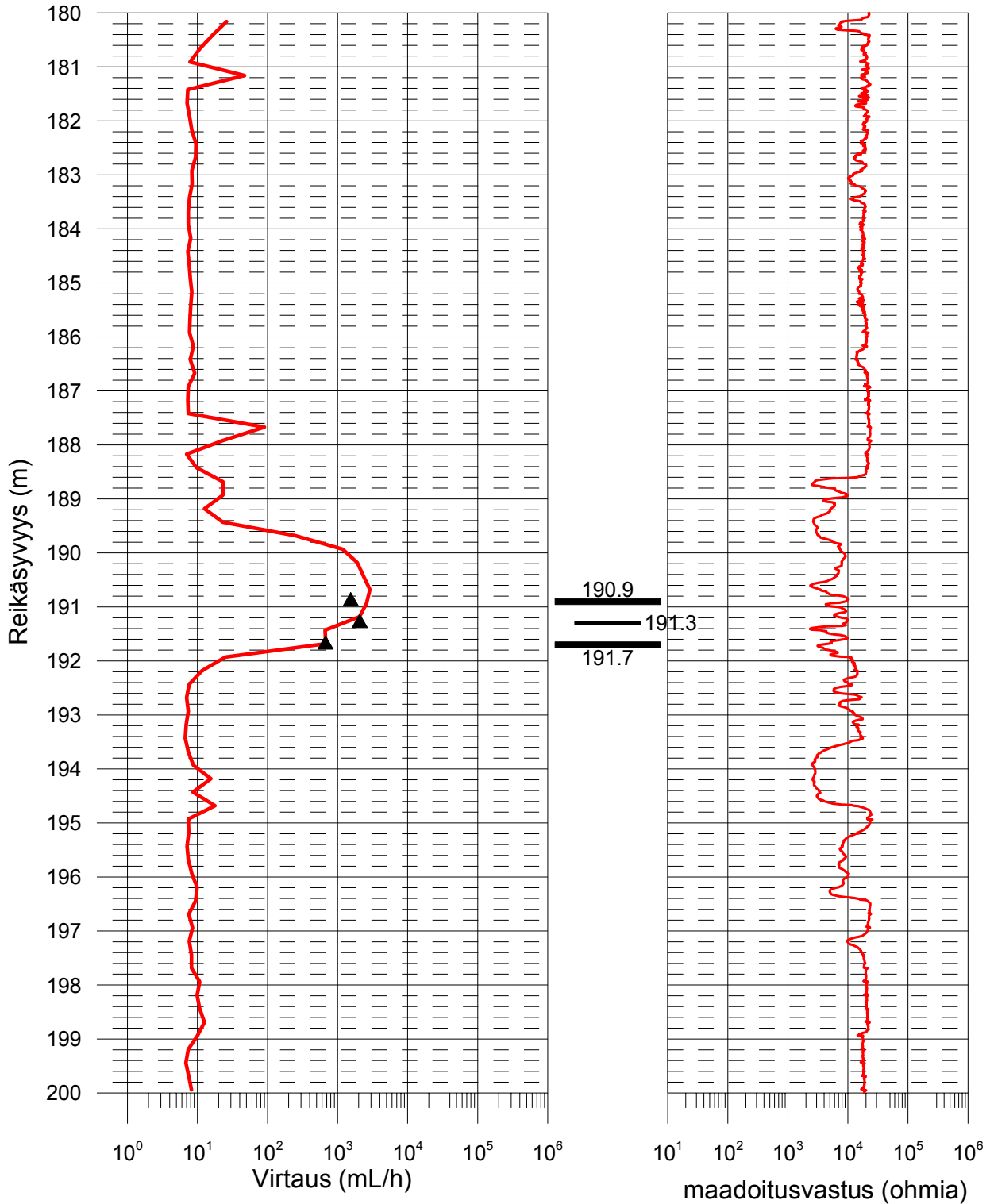
▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



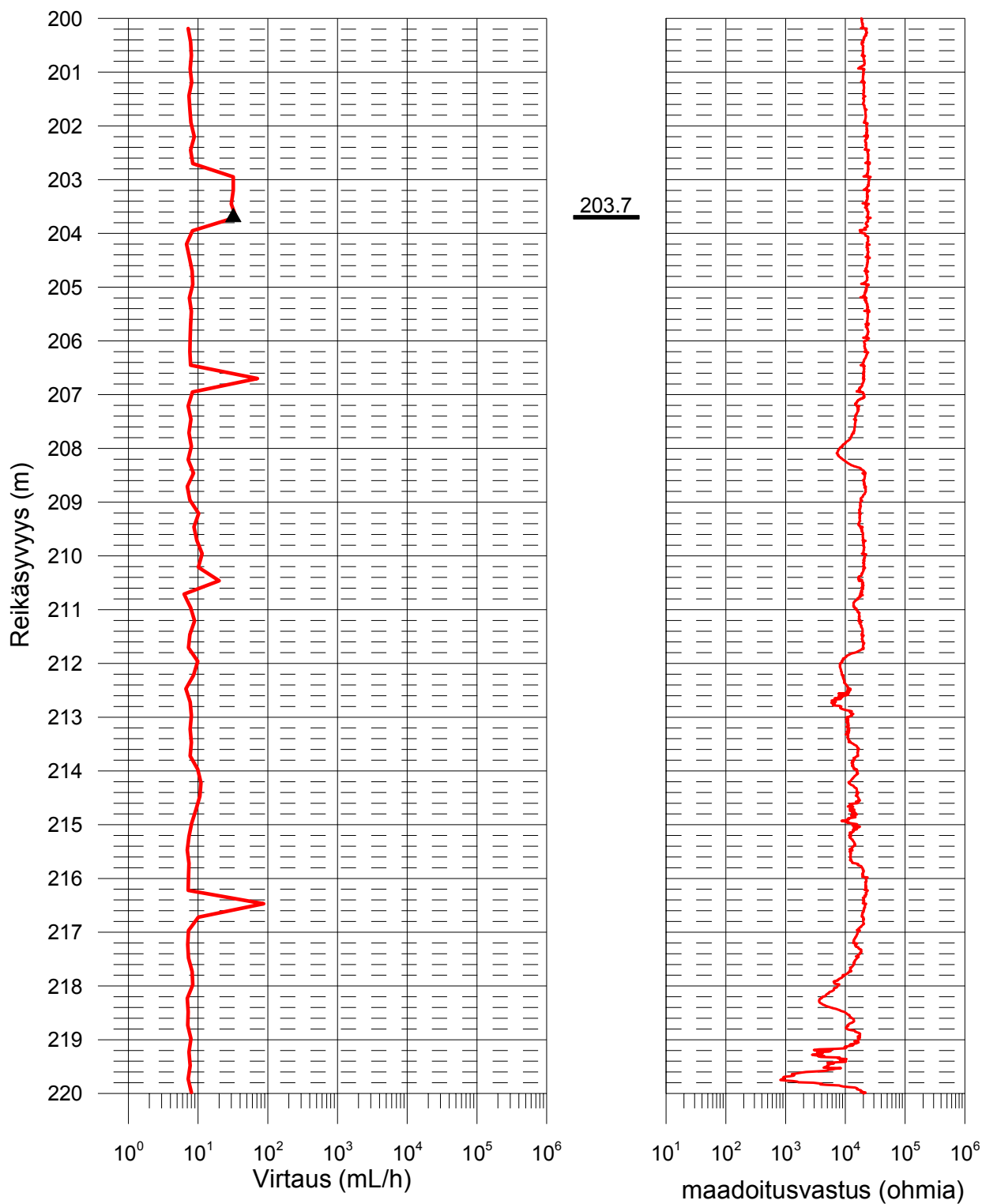


## Suhanko, kairanreikä SUH-204

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

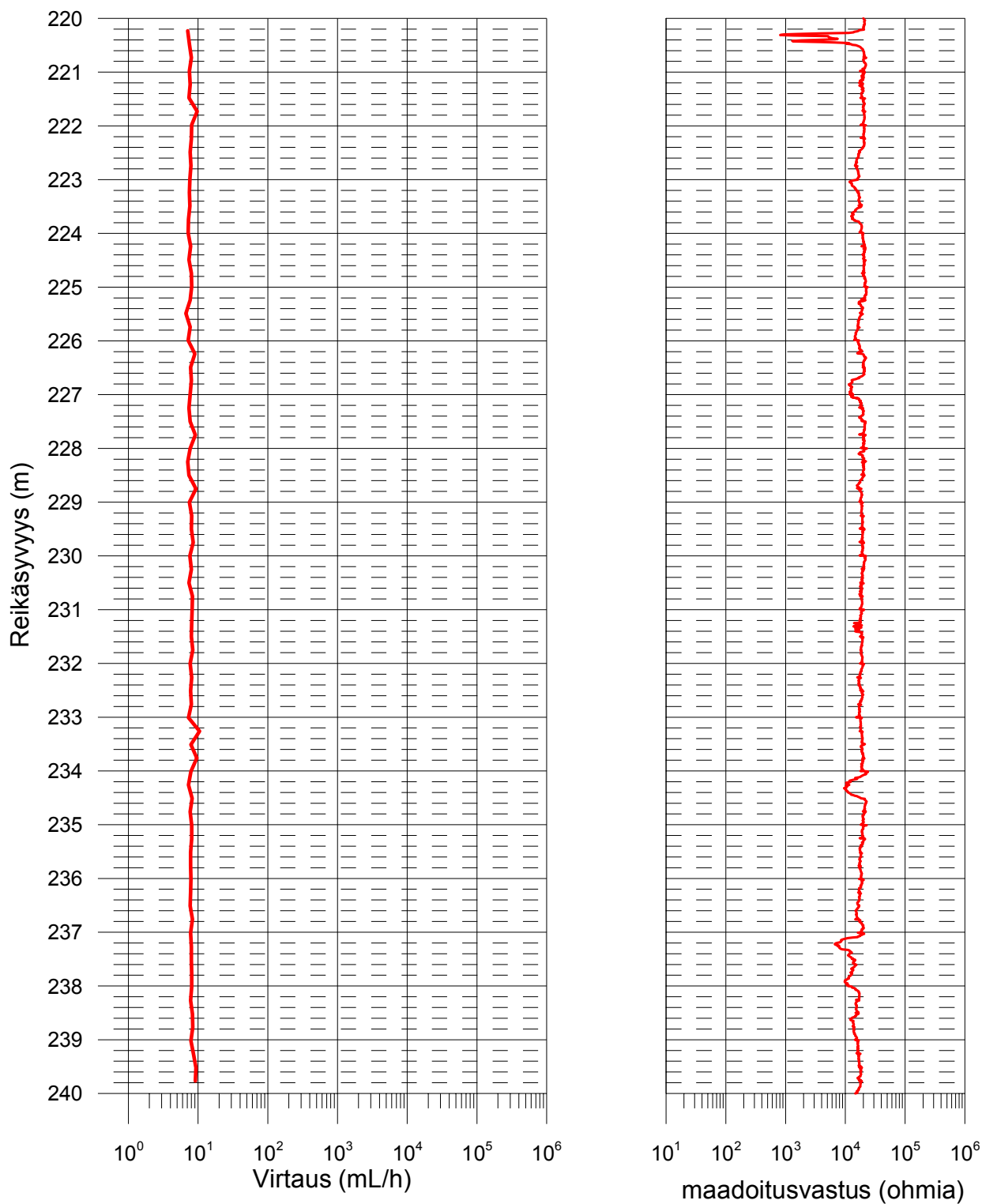


## Suhanko, kairanreikä SUH-204

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-204 Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

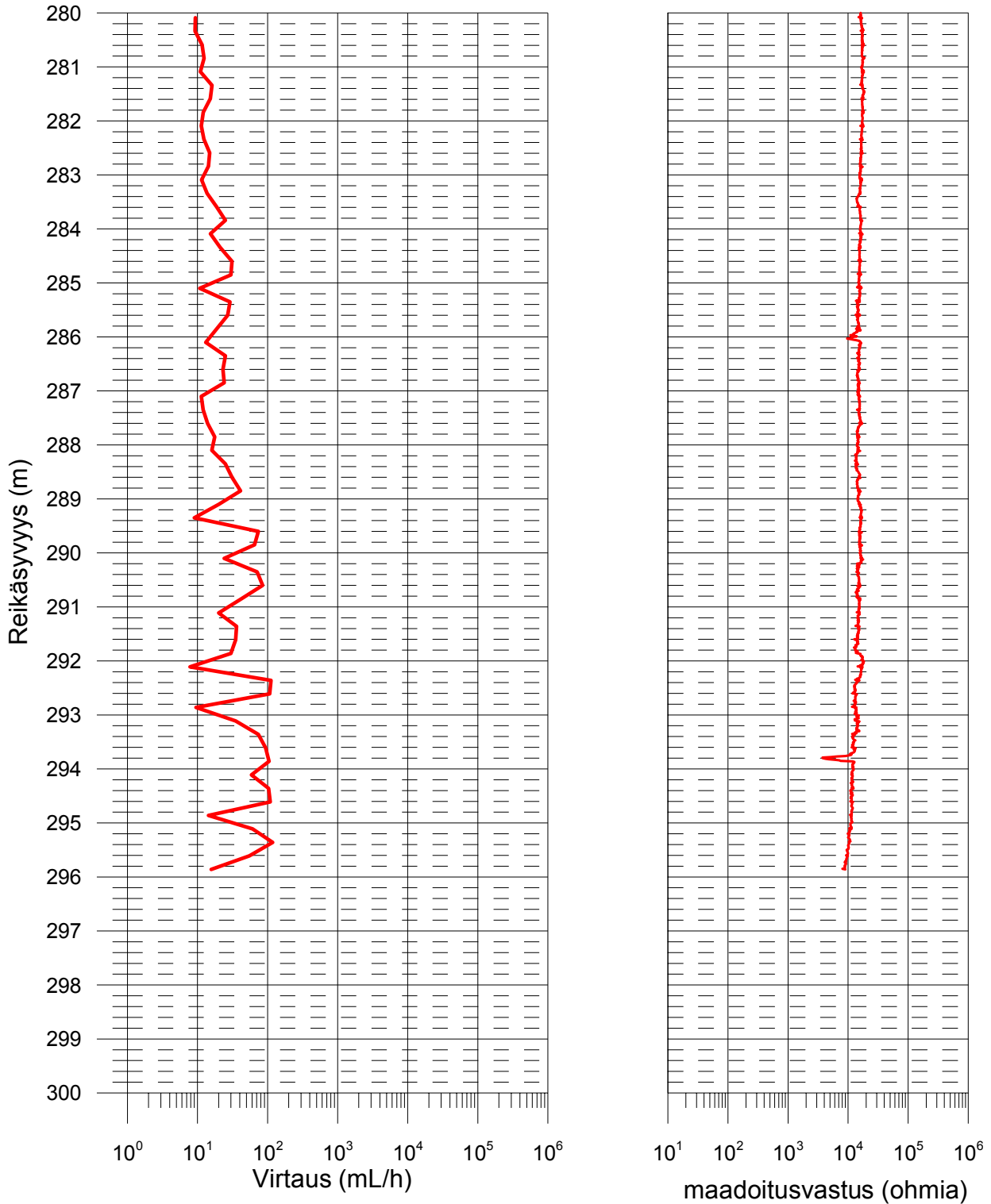


## Suhanko, kairanreikä SUH-204

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 5 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-10 - 2013-09-11

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

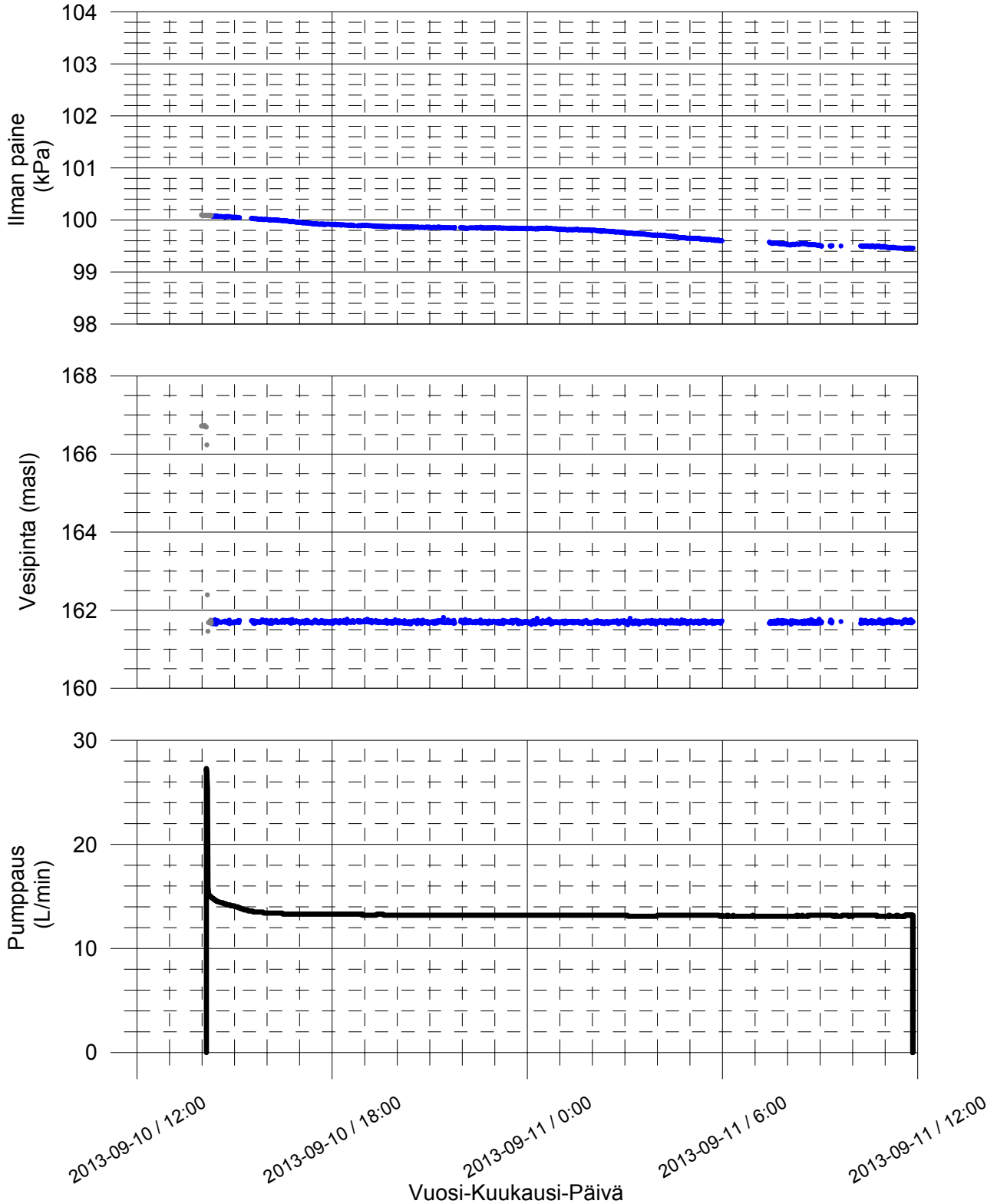


## Suhanko, kairanreikä SUH-204

## Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana

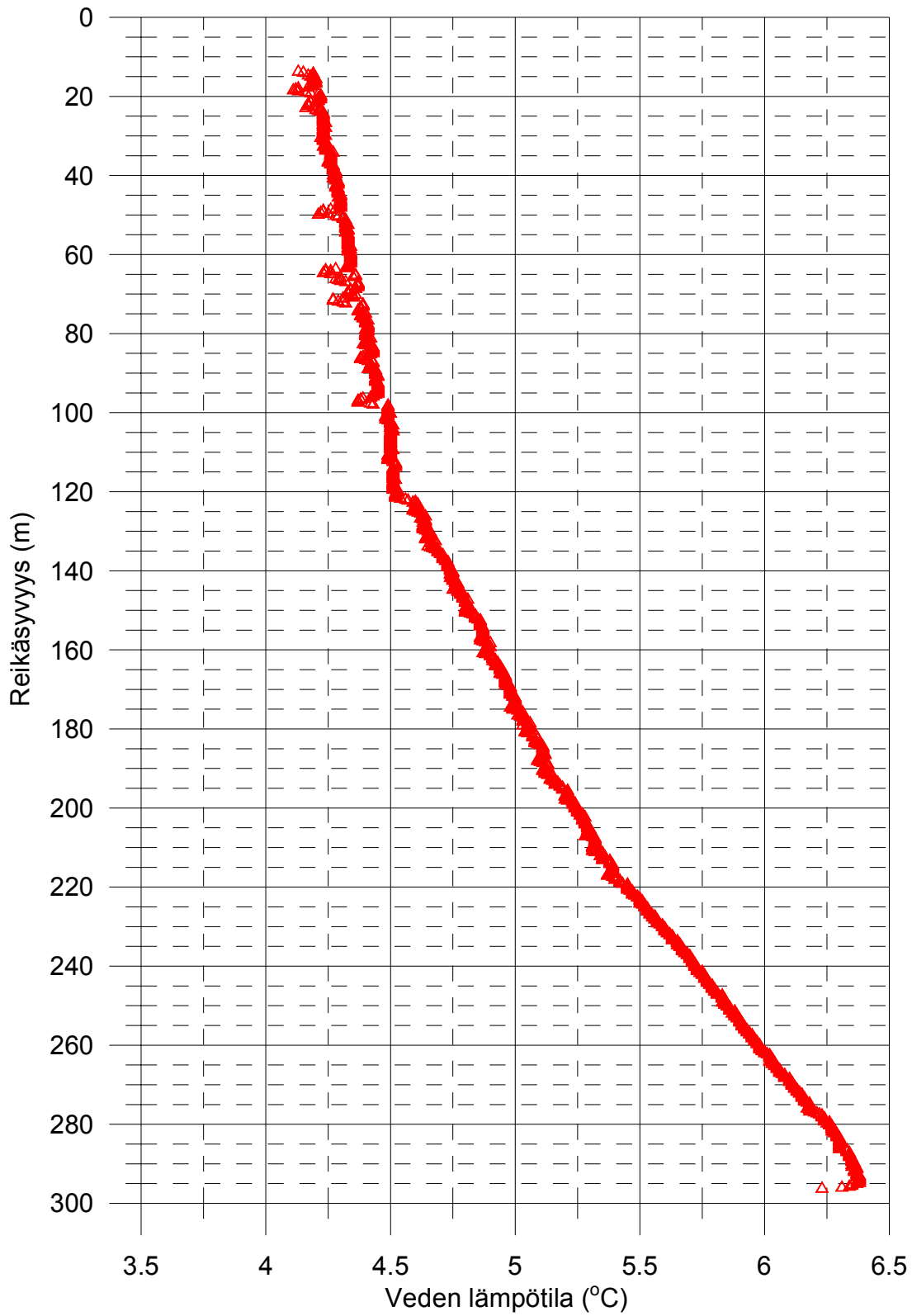
- Vesipinta pumppauksen aikana (Pumppausalenema = 10 m, Mittausväli = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m)
- Vesipinnan tasoittumisen odottelua

masl = metriä meren pinna yläpuolella



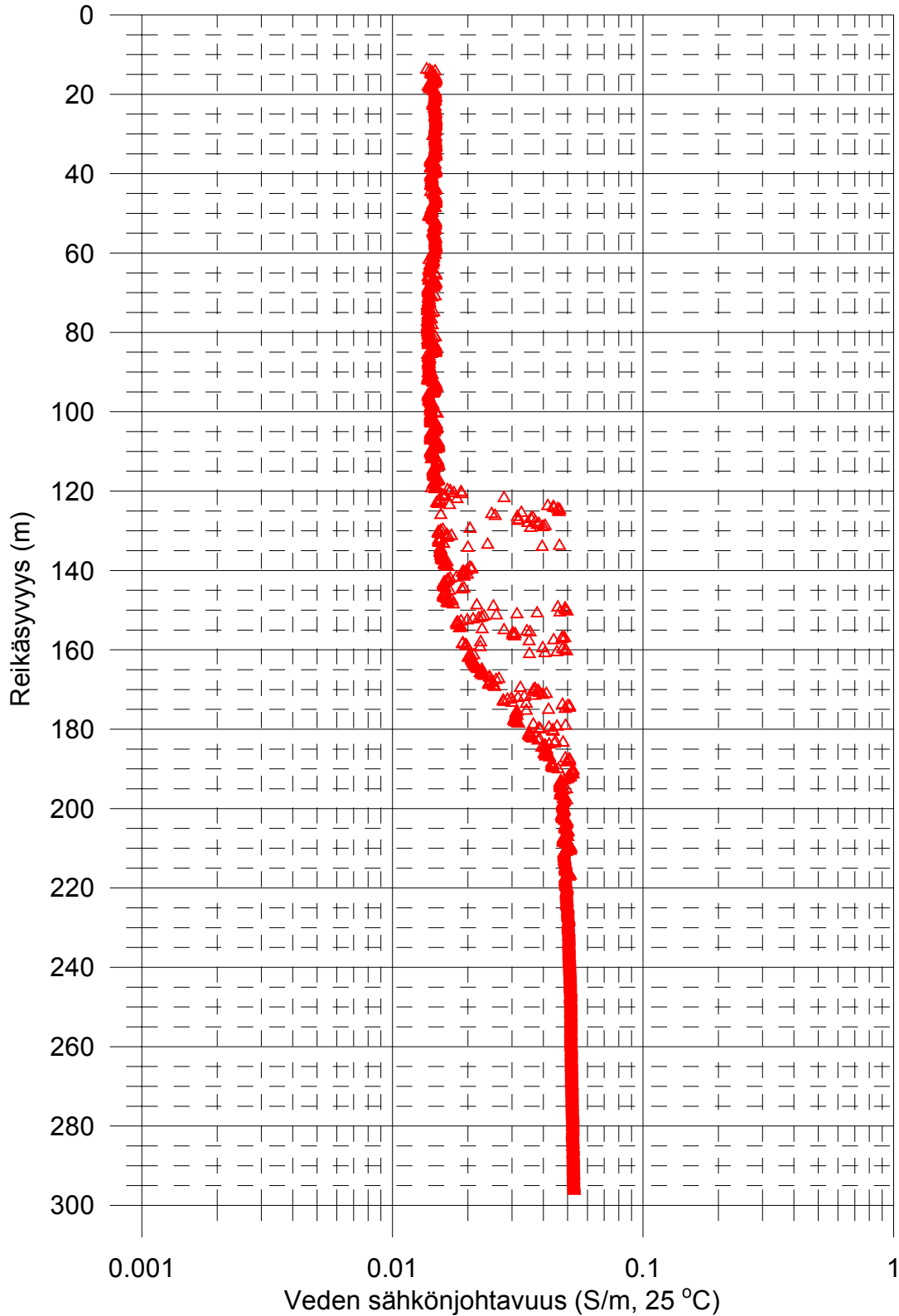
## Suhanko, Kairanreikä SUH-204 Reikäveden lämpötila

△ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-09-10 - 2013-09-11



## Suhanko, Kairanreikä SUH-204 Reikäveden sähkönjohtavuus

▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-09-10 - 2013-09-11

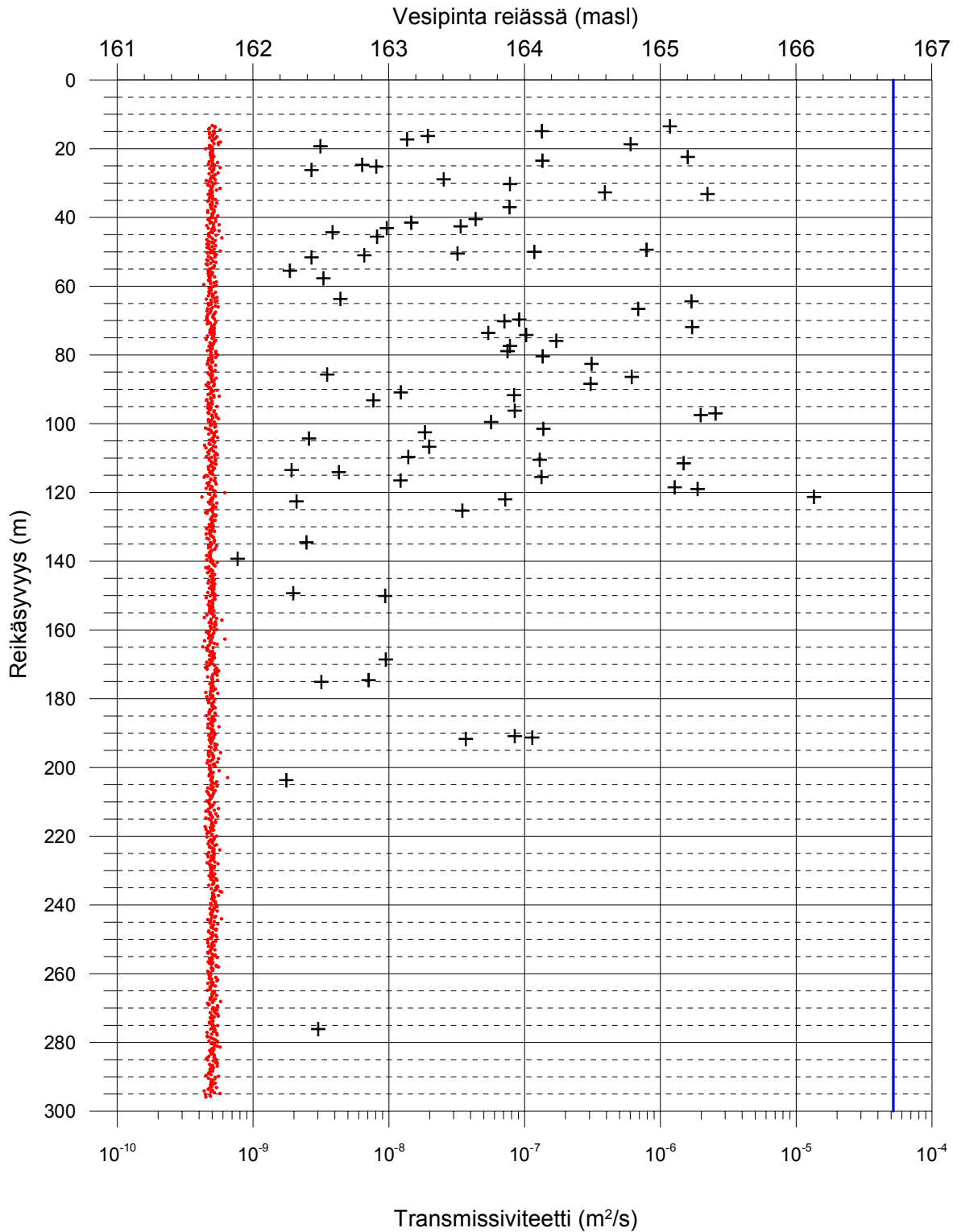




Suhanko, kairanreikä SUH-204  
 Havaittujen rakojen transmissiviteetti  
 2013-09-10 - 2013-09-11

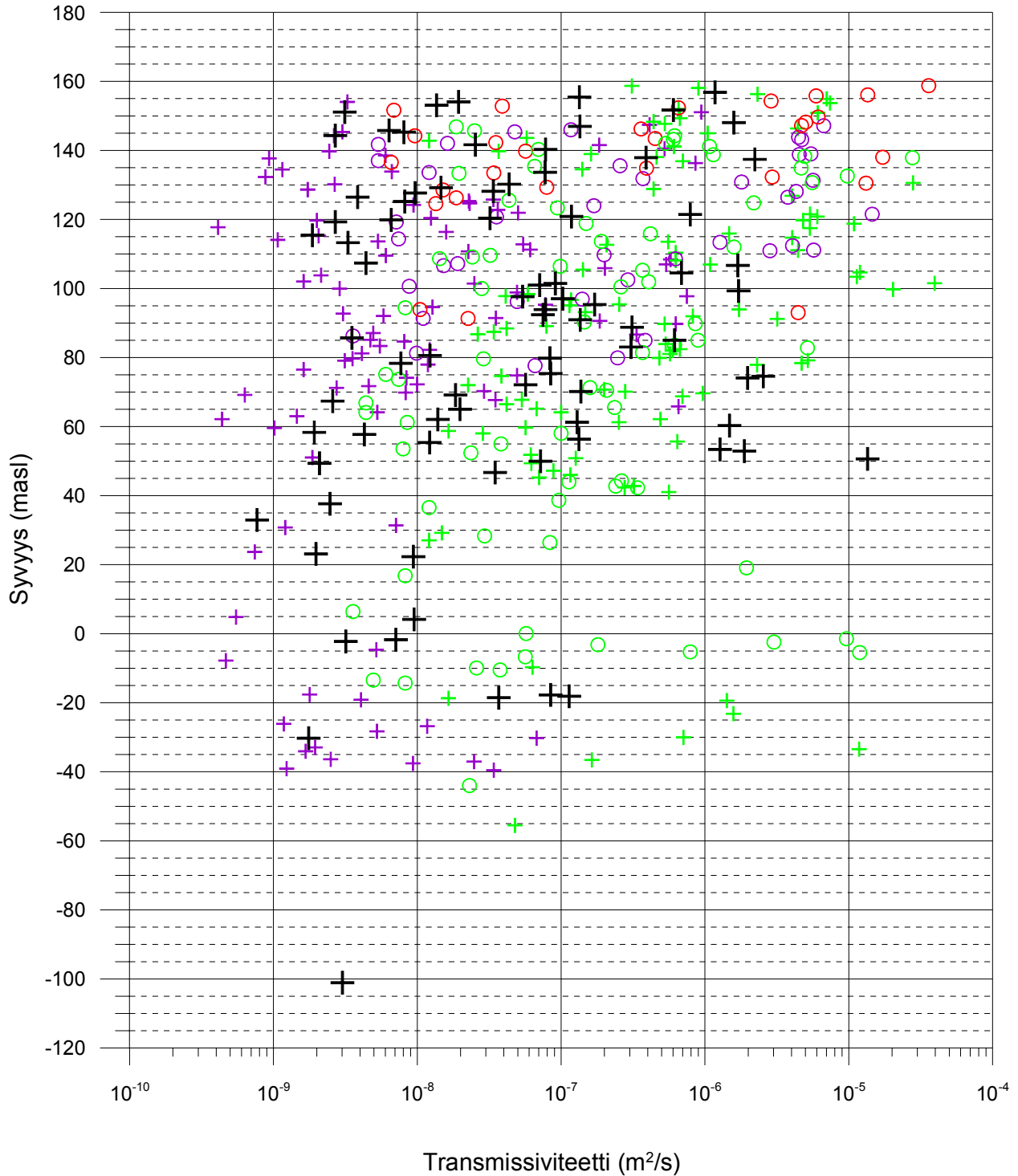
Pumppausalenema = Vesipinta ennen pumppausta  
 miinus vesipinta pumppauksen aikana

- + Raon transmissiviteetti
- Vesipinta reiässä pumppauksen aikana
- Vesipinta ennen pumppauksen käynnistämistä



Suhanko  
Havaittujen rakojen transmissiviteetit  
2013-08-27 - 2013-09-13

- + SN-41 Raon transmissiviteetti
- + SUH-204 Raon transmissiviteetti
- + SUH-262 Raon transmissiviteetti
- SUH-348 Raon transmissiviteetti
- SUH-389 Raon transmissiviteetti
- SUH-587 Raon transmissiviteetti



## Taulukoidut tulokset havaituista raoista, SUH-204

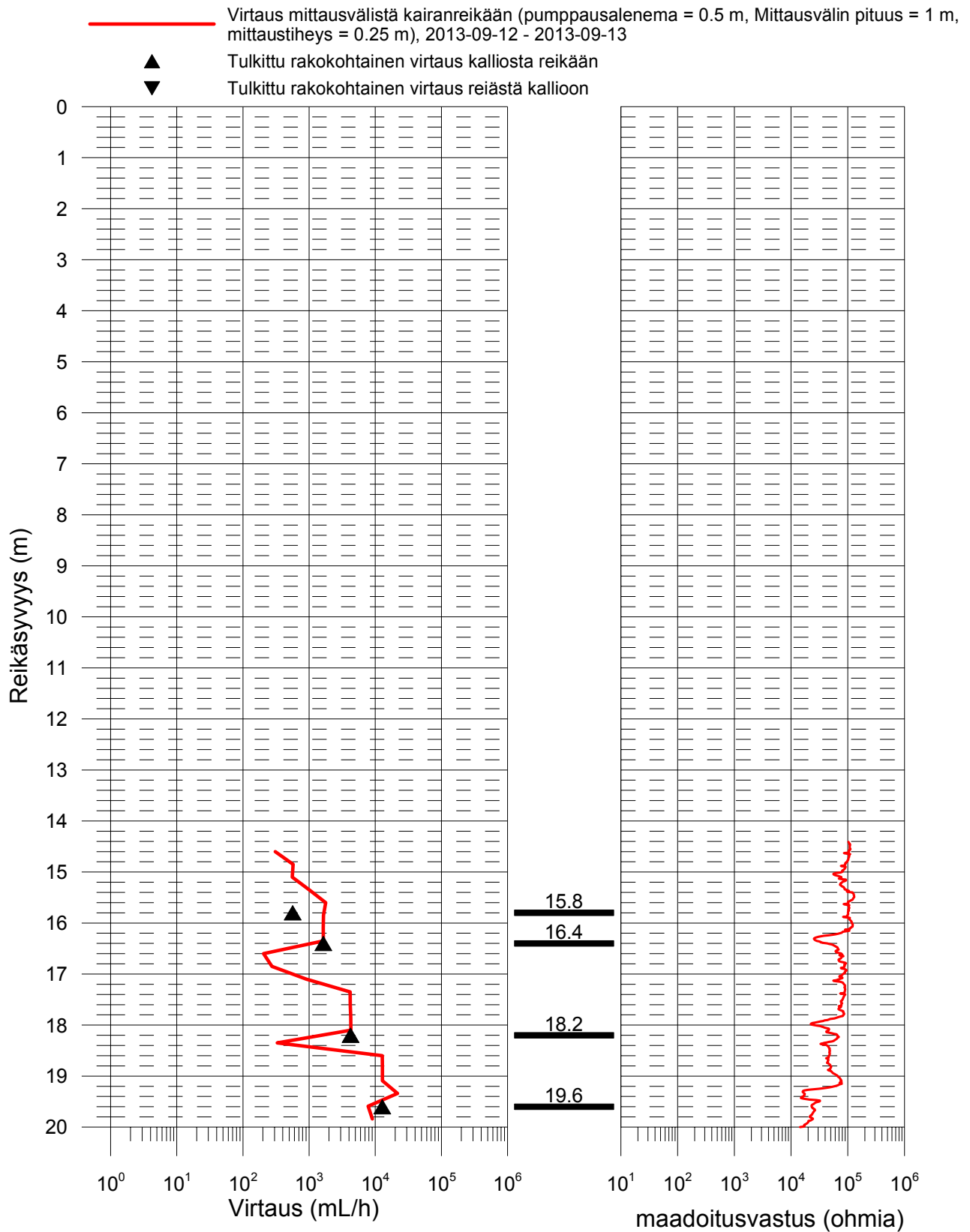
| Maanpinnan korkeustaso (masl):<br>masl = metriä merenpinnan yläpuolella | 170.13         |                         |                          |                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| Reiän kaade (asteina):                                                  | 80.48          |                         |                          |                       |           |
| Reiän suuntainen rakosyvyys (m)                                         | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-<br>alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
| 13.5                                                                    | 21400          | 156.8                   | 5                        | 1.18E-06              | *         |
| 14.9                                                                    | 2440           | 155.4                   | 5                        | 1.34E-07              |           |
| 16.3                                                                    | 352            | 154.1                   | 5                        | 1.93E-08              |           |
| 17.3                                                                    | 248            | 153.1                   | 5                        | 1.36E-08              |           |
| 18.7                                                                    | 11000          | 151.7                   | 5                        | 6.04E-07              |           |
| 19.3                                                                    | 57             | 151.1                   | 5                        | 3.13E-09              |           |
| 22.4                                                                    | 28900          | 148.0                   | 5                        | 1.59E-06              |           |
| 23.5                                                                    | 2460           | 147.0                   | 5                        | 1.35E-07              |           |
| 24.7                                                                    | 116            | 145.8                   | 5                        | 6.37E-09              |           |
| 25.2                                                                    | 147            | 145.3                   | 5                        | 8.08E-09              |           |
| 26.2                                                                    | 49             | 144.3                   | 5                        | 2.69E-09              | *         |
| 28.9                                                                    | 461            | 141.6                   | 5                        | 2.53E-08              |           |
| 30.3                                                                    | 1420           | 140.3                   | 5                        | 7.80E-08              |           |
| 32.7                                                                    | 7100           | 137.9                   | 5                        | 3.90E-07              |           |
| 33.2                                                                    | 40500          | 137.4                   | 5                        | 2.23E-06              |           |
| 37.0                                                                    | 1410           | 133.7                   | 5                        | 7.75E-08              |           |
| 40.5                                                                    | 792            | 130.2                   | 5                        | 4.35E-08              |           |
| 41.5                                                                    | 266            | 129.2                   | 5                        | 1.46E-08              |           |
| 42.6                                                                    | 615            | 128.1                   | 5                        | 3.38E-08              |           |
| 43.1                                                                    | 176            | 127.6                   | 5                        | 9.67E-09              |           |
| 44.3                                                                    | 70             | 126.5                   | 5                        | 3.85E-09              | *         |
| 45.6                                                                    | 149            | 125.2                   | 5                        | 8.19E-09              | *         |
| 49.4                                                                    | 14400          | 121.4                   | 5                        | 7.91E-07              |           |
| 50.0                                                                    | 2150           | 120.9                   | 5                        | 1.18E-07              |           |
| 50.5                                                                    | 584            | 120.4                   | 5                        | 3.21E-08              |           |
| 51.0                                                                    | 120            | 119.9                   | 5                        | 6.59E-09              | *         |
| 51.6                                                                    | 49             | 119.3                   | 5                        | 2.69E-09              | *         |
| 55.5                                                                    | 34             | 115.4                   | 5                        | 1.87E-09              | *         |
| 57.7                                                                    | 60             | 113.3                   | 5                        | 3.30E-09              |           |
| 63.7                                                                    | 80             | 107.4                   | 5                        | 4.40E-09              | *         |
| 64.4                                                                    | 30800          | 106.7                   | 5                        | 1.69E-06              |           |
| 66.6                                                                    | 12500          | 104.5                   | 5                        | 6.87E-07              |           |
| 69.7                                                                    | 1660           | 101.5                   | 5                        | 9.12E-08              |           |
| 70.2                                                                    | 1290           | 101.0                   | 5                        | 7.09E-08              |           |
| 71.9                                                                    | 31200          | 99.3                    | 5                        | 1.71E-06              |           |
| 73.6                                                                    | 982            | 97.6                    | 5                        | 5.40E-08              |           |
| 74.2                                                                    | 1870           | 97.0                    | 5                        | 1.03E-07              |           |
| 75.9                                                                    | 3110           | 95.4                    | 5                        | 1.71E-07              |           |
| 77.4                                                                    | 1420           | 93.9                    | 5                        | 7.80E-08              |           |
| 78.9                                                                    | 1360           | 92.4                    | 5                        | 7.47E-08              |           |
| 80.4                                                                    | 2470           | 90.9                    | 5                        | 1.36E-07              |           |
| 82.6                                                                    | 5660           | 88.8                    | 5                        | 3.11E-07              |           |

| Reiän suuntainen rakosyvyys (m) | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-alenema (m) | T (m2/s) | Kommentit |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|----------|-----------|
| 85.7                            | 64             | 85.7                    | 5                    | 3.52E-09 |           |
| 86.4                            | 11200          | 85.0                    | 5                    | 6.15E-07 |           |
| 88.4                            | 5570           | 83.0                    | 5                    | 3.06E-07 |           |
| 90.9                            | 223            | 80.6                    | 5                    | 1.23E-08 |           |
| 91.7                            | 1520           | 79.8                    | 5                    | 8.35E-08 |           |
| 93.2                            | 140            | 78.3                    | 5                    | 7.69E-09 |           |
| 96.2                            | 1540           | 75.4                    | 5                    | 8.46E-08 |           |
| 97.0                            | 46300          | 74.6                    | 5                    | 2.54E-06 |           |
| 97.5                            | 36100          | 74.1                    | 5                    | 1.98E-06 |           |
| 99.5                            | 1030           | 72.1                    | 5                    | 5.66E-08 |           |
| 101.5                           | 2500           | 70.1                    | 5                    | 1.37E-07 |           |
| 102.5                           | 336            | 69.2                    | 5                    | 1.85E-08 |           |
| 104.3                           | 47             | 67.4                    | 5                    | 2.58E-09 |           |
| 106.7                           | 361            | 65.0                    | 5                    | 1.98E-08 |           |
| 109.7                           | 253            | 62.1                    | 5                    | 1.39E-08 |           |
| 110.5                           | 2350           | 61.3                    | 5                    | 1.29E-07 |           |
| 111.5                           | 27000          | 60.3                    | 5                    | 1.48E-06 |           |
| 113.5                           | 35             | 58.3                    | 5                    | 1.92E-09 | *         |
| 114.1                           | 78             | 57.7                    | 5                    | 4.29E-09 |           |
| 115.5                           | 2420           | 56.3                    | 5                    | 1.33E-07 |           |
| 116.5                           | 222            | 55.4                    | 5                    | 1.22E-08 |           |
| 118.5                           | 23200          | 53.4                    | 5                    | 1.27E-06 |           |
| 119.0                           | 34200          | 52.9                    | 5                    | 1.88E-06 |           |
| 121.3                           | 246000         | 50.6                    | 5                    | 1.35E-05 |           |
| 122.0                           | 1310           | 49.9                    | 5                    | 7.20E-08 |           |
| 122.6                           | 38             | 49.4                    | 5                    | 2.09E-09 |           |
| 125.3                           | 632            | 46.7                    | 5                    | 3.47E-08 |           |
| 134.5                           | 45             | 37.6                    | 5                    | 2.47E-09 |           |
| 139.3                           | 14             | 32.9                    | 5                    | 7.69E-10 | *         |
| 149.3                           | 36             | 23.1                    | 5                    | 1.98E-09 |           |
| 150.1                           | 171            | 22.3                    | 5                    | 9.40E-09 |           |
| 168.6                           | 173            | 4.1                     | 5                    | 9.51E-09 |           |
| 174.6                           | 129            | -1.7                    | 5                    | 7.09E-09 |           |
| 175.1                           | 58             | -2.2                    | 5                    | 3.19E-09 |           |
| 190.9                           | 1540           | -17.7                   | 5                    | 8.46E-08 |           |
| 191.3                           | 2070           | -18.1                   | 5                    | 1.14E-07 | *         |
| 191.7                           | 671            | -18.5                   | 5                    | 3.69E-08 |           |
| 203.7                           | 32             | -30.3                   | 5                    | 1.76E-09 | *         |
| 276.1                           | 55             | -101.1                  | 5                    | 3.02E-09 | *         |

\* Epävarma rako. Virtaus on vähemmän kuin 30 mL/h tai virtausanomaliat ovat päällekkäin tai epäselviä kohinan takia.

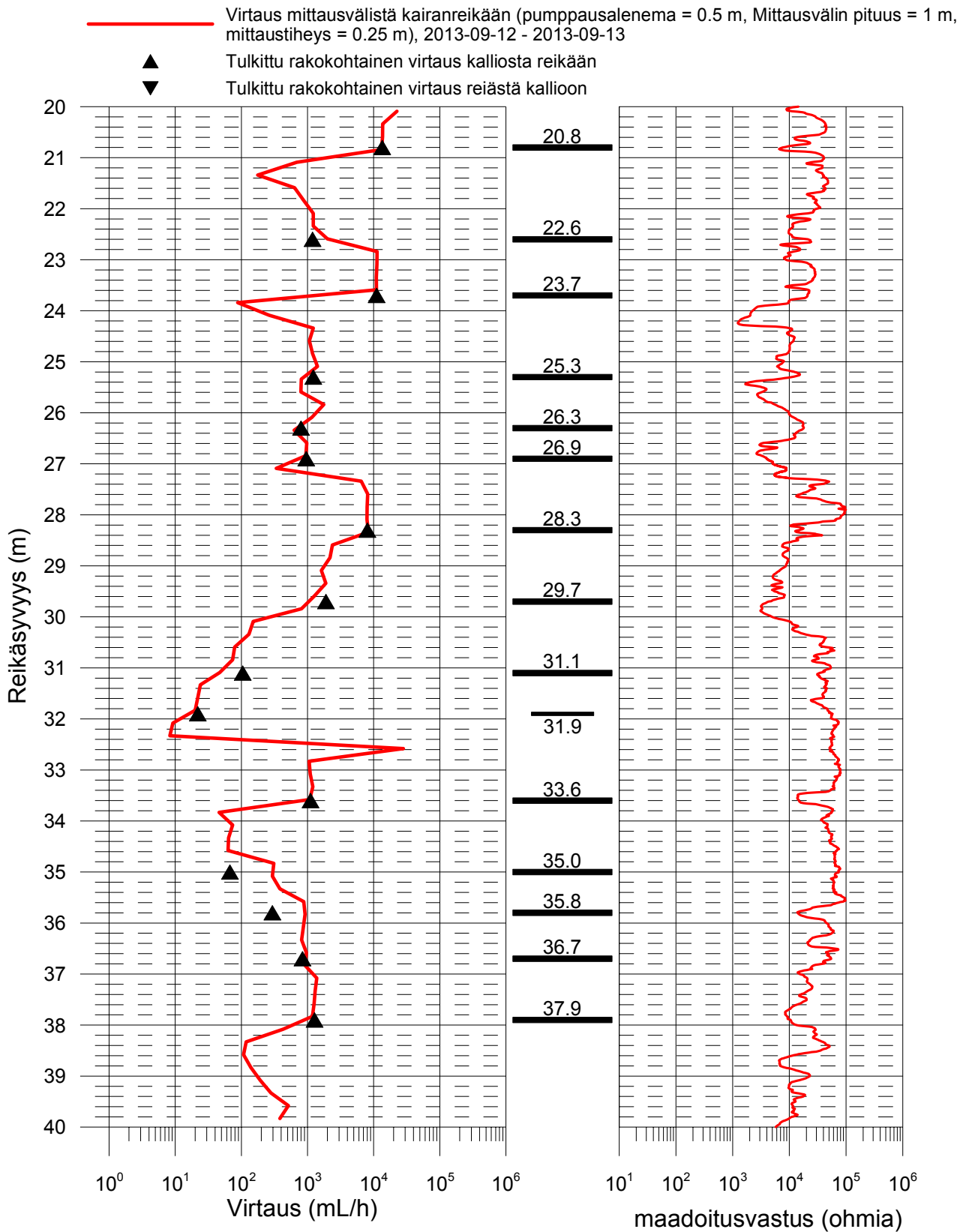
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



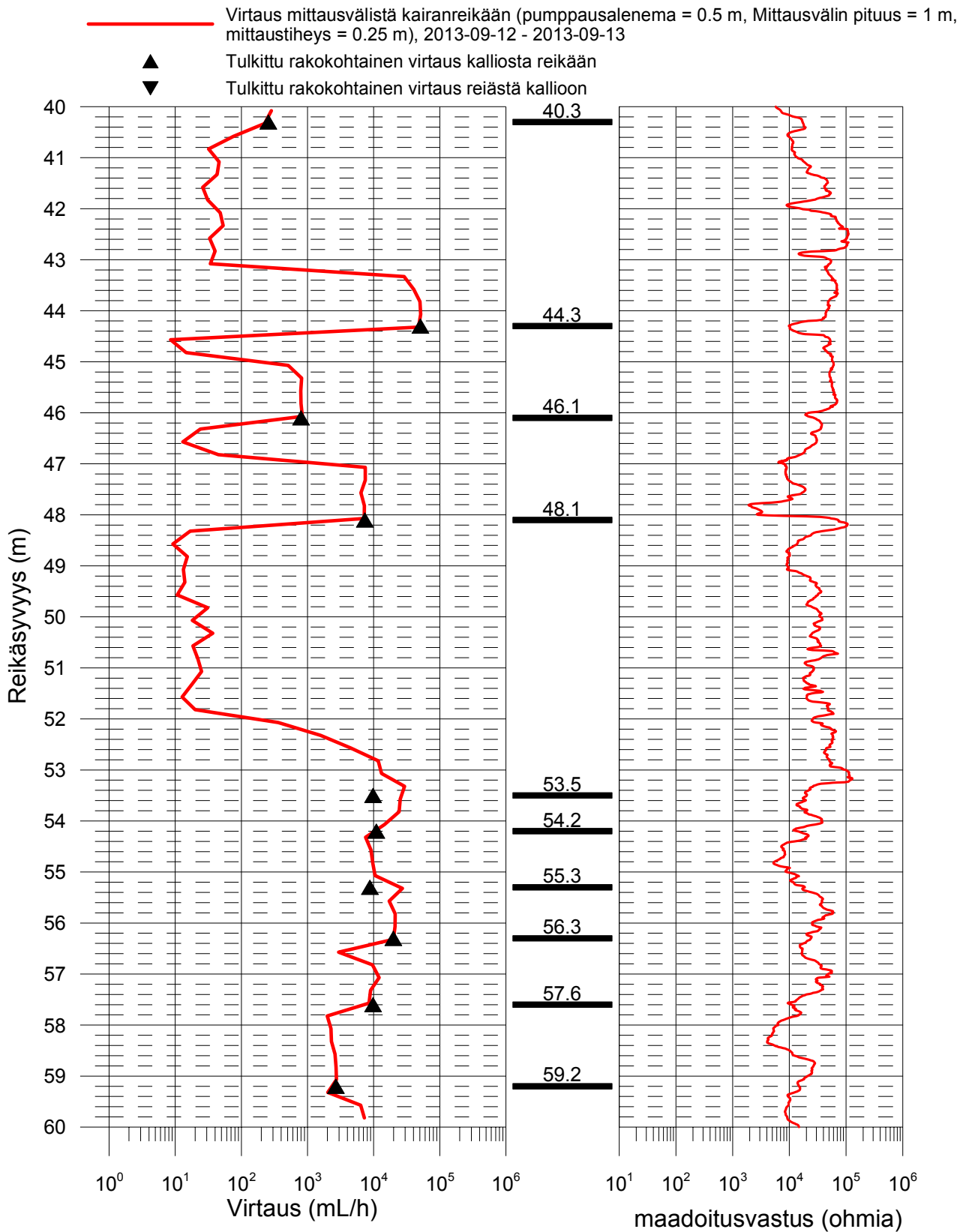
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



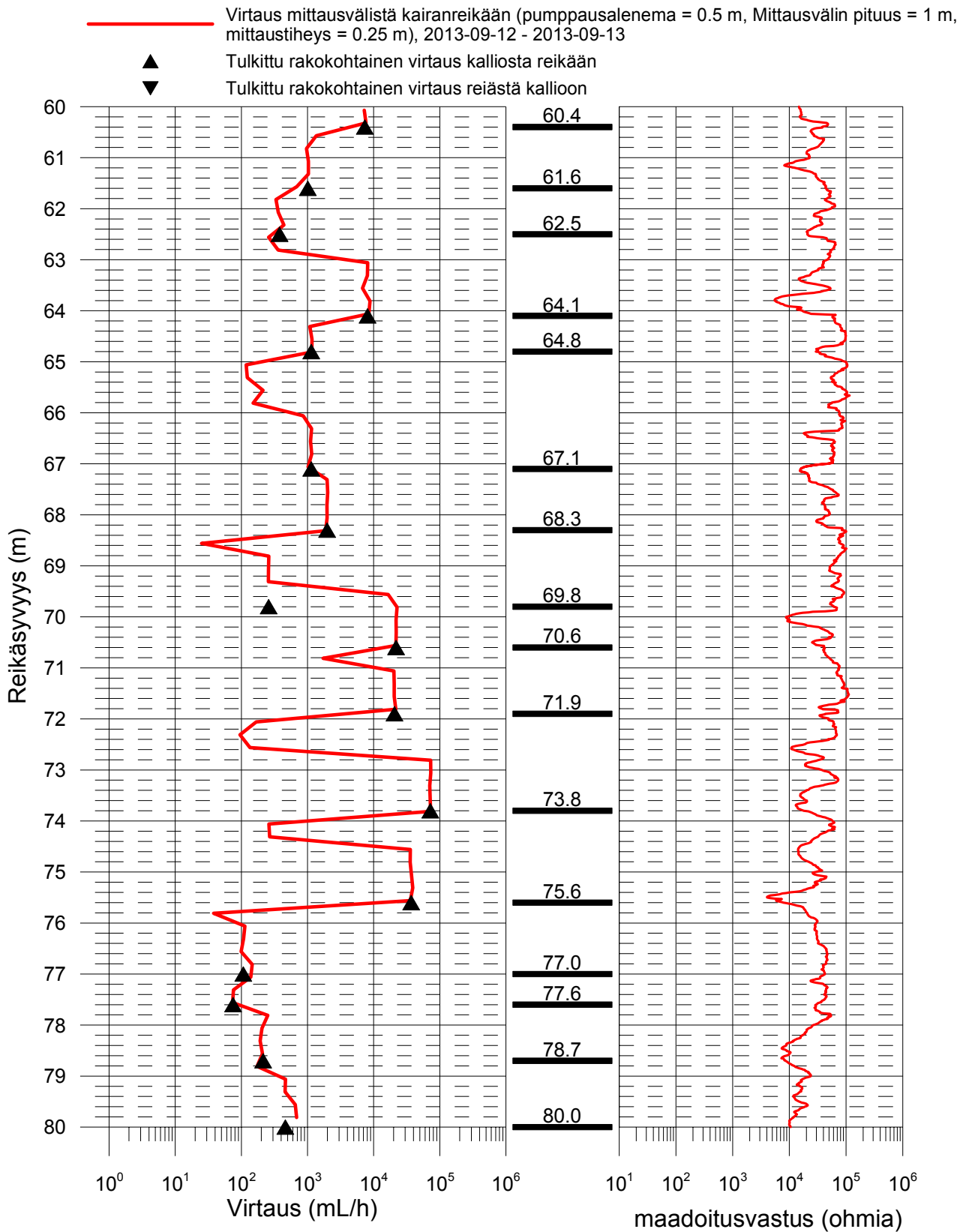
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SUH-262

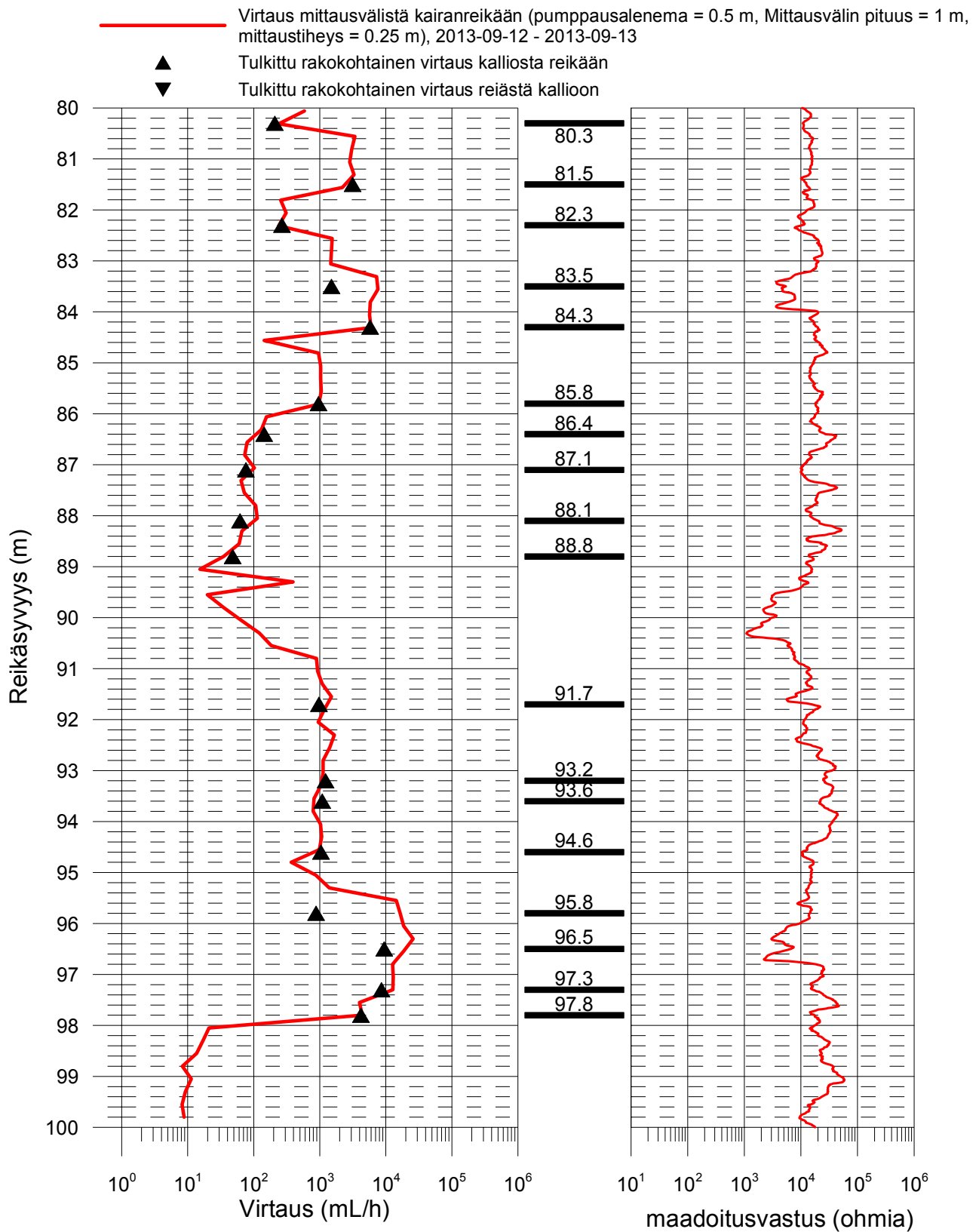
### Virtaus ja maadoitusvastus





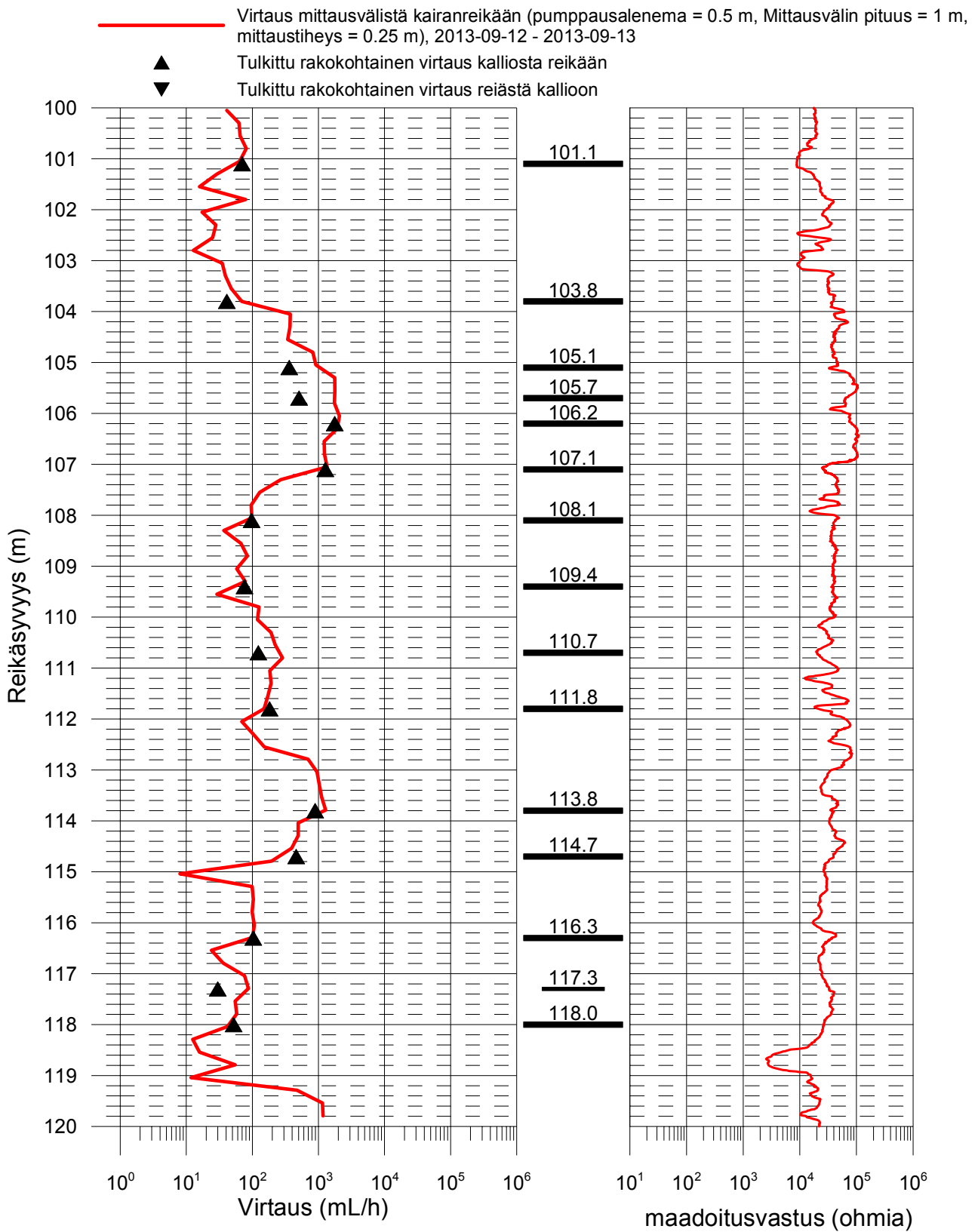
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



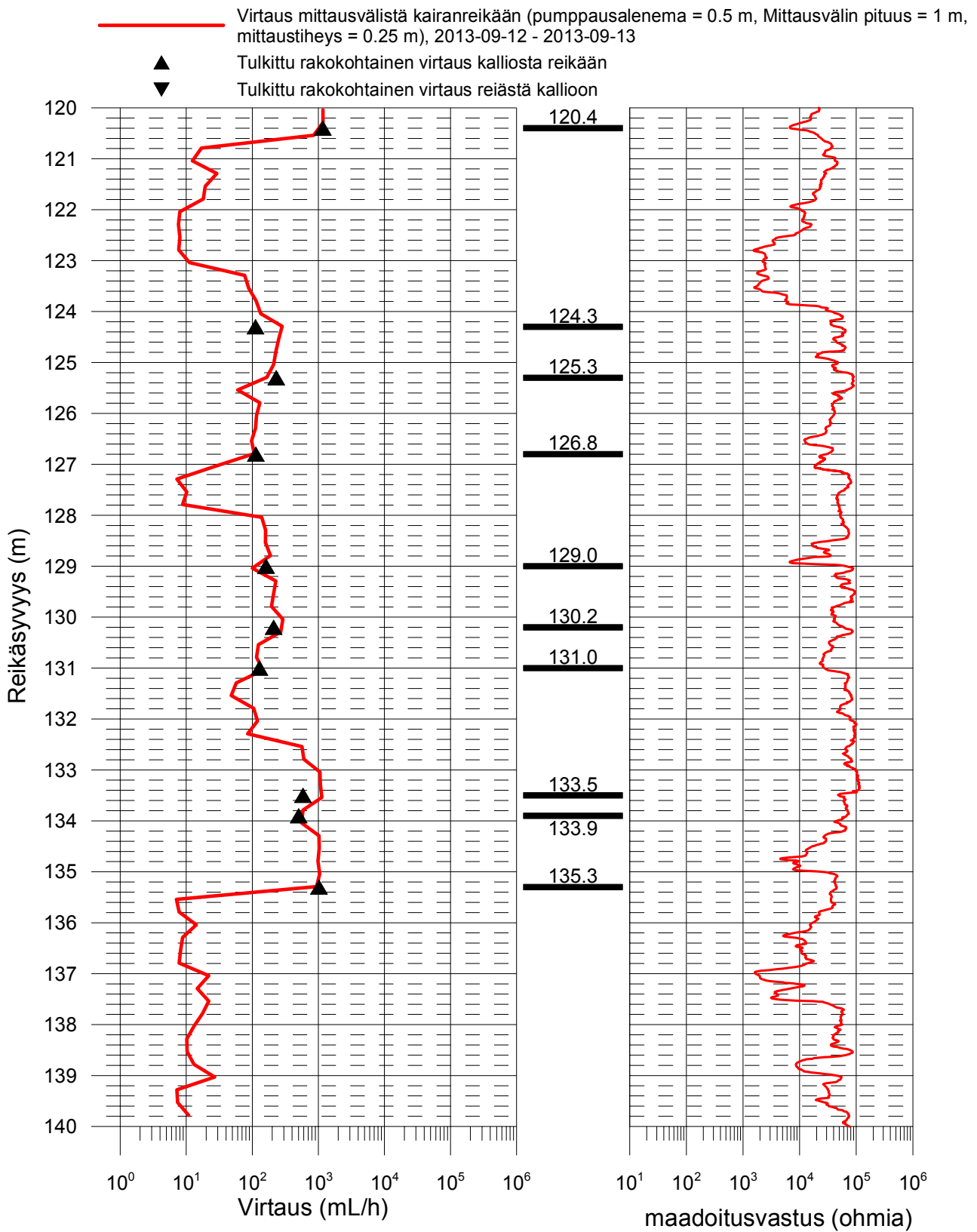
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



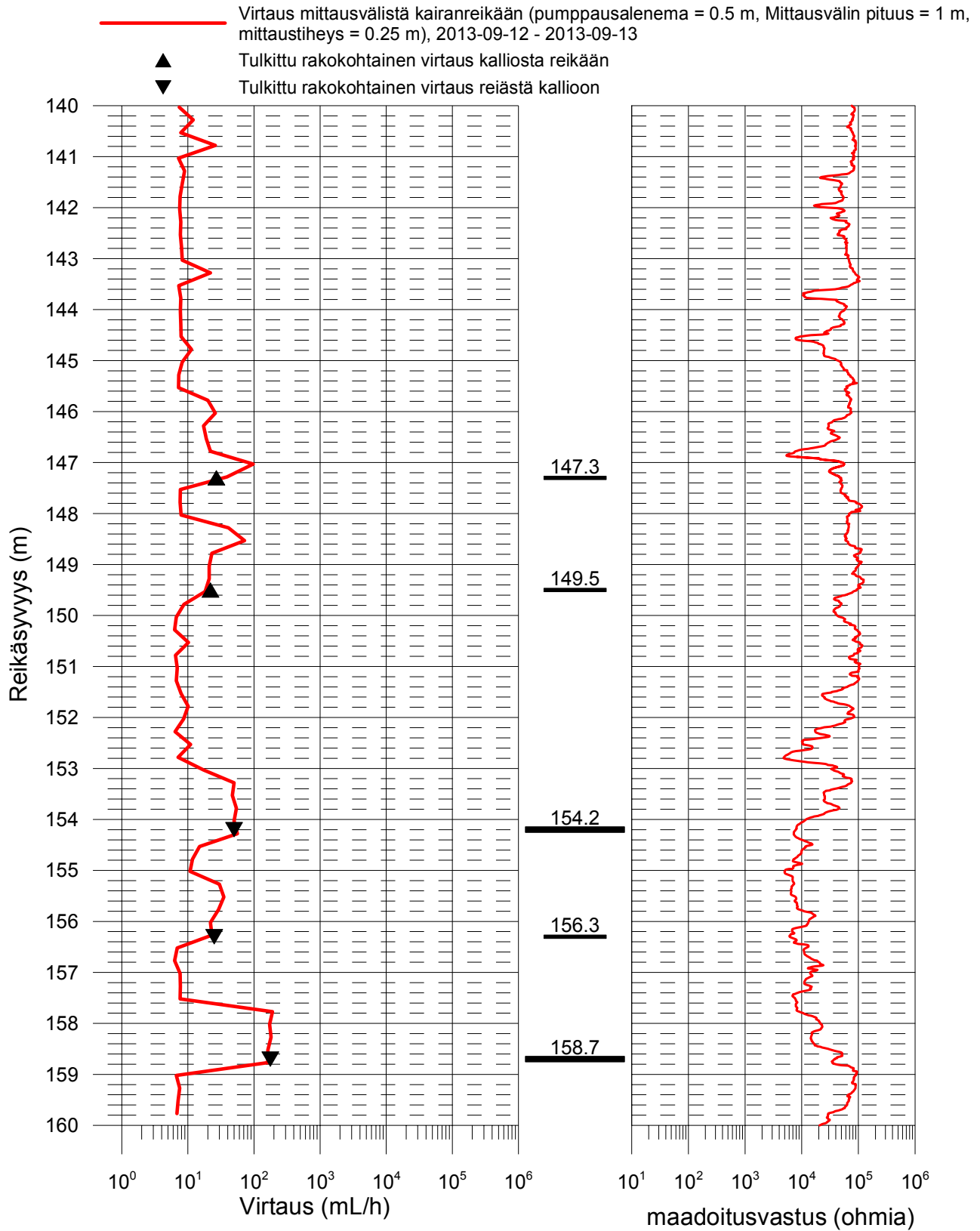
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



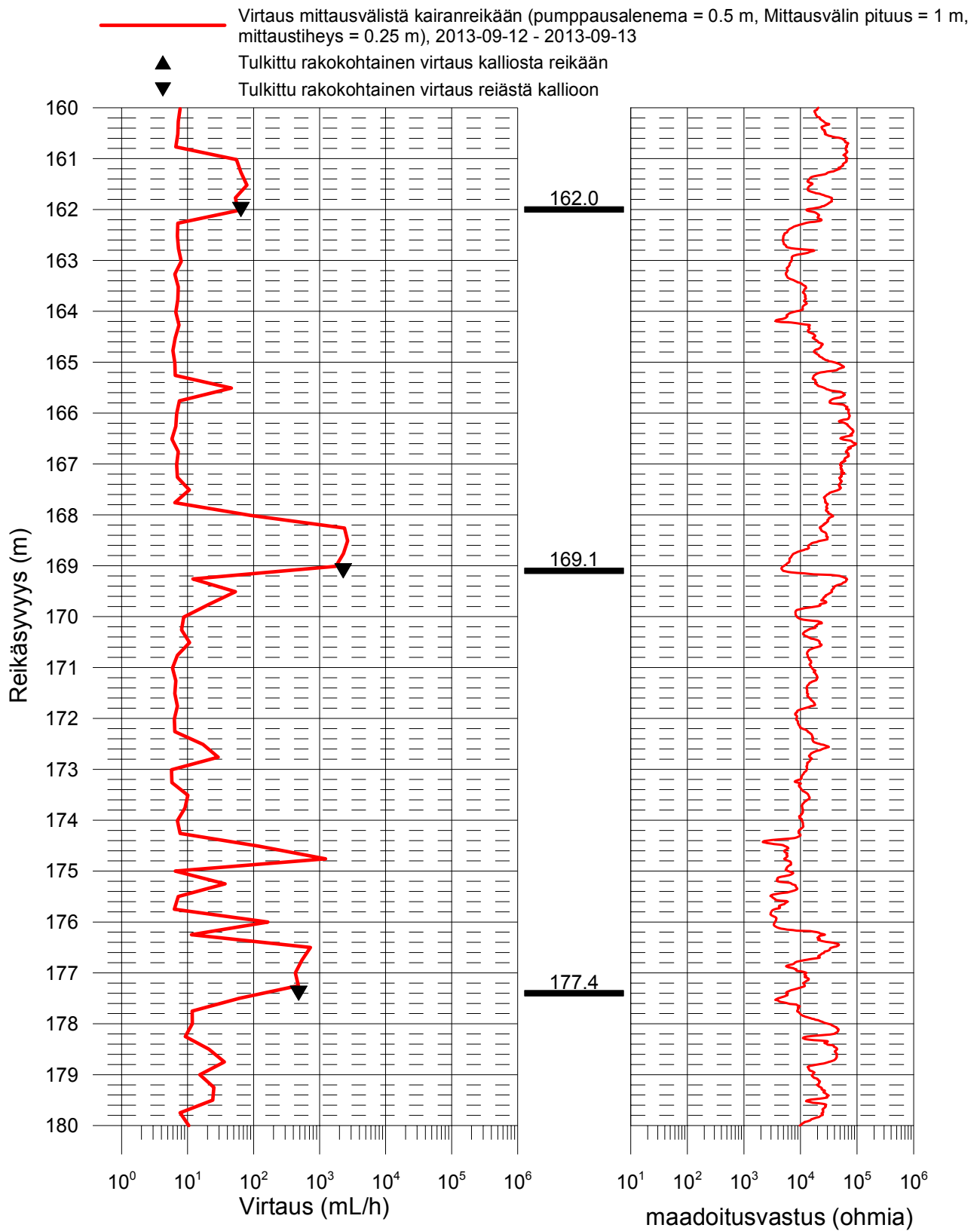
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



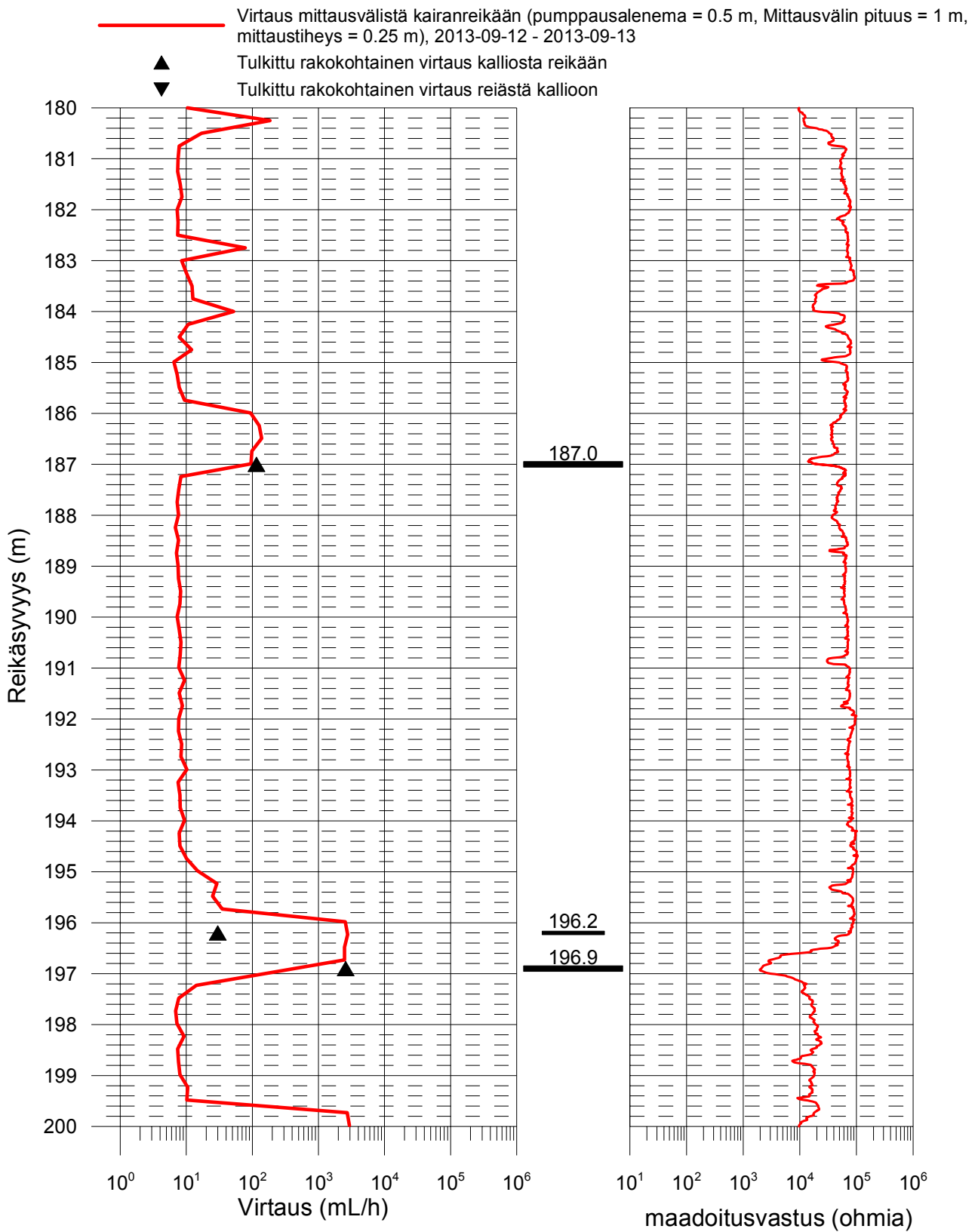
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



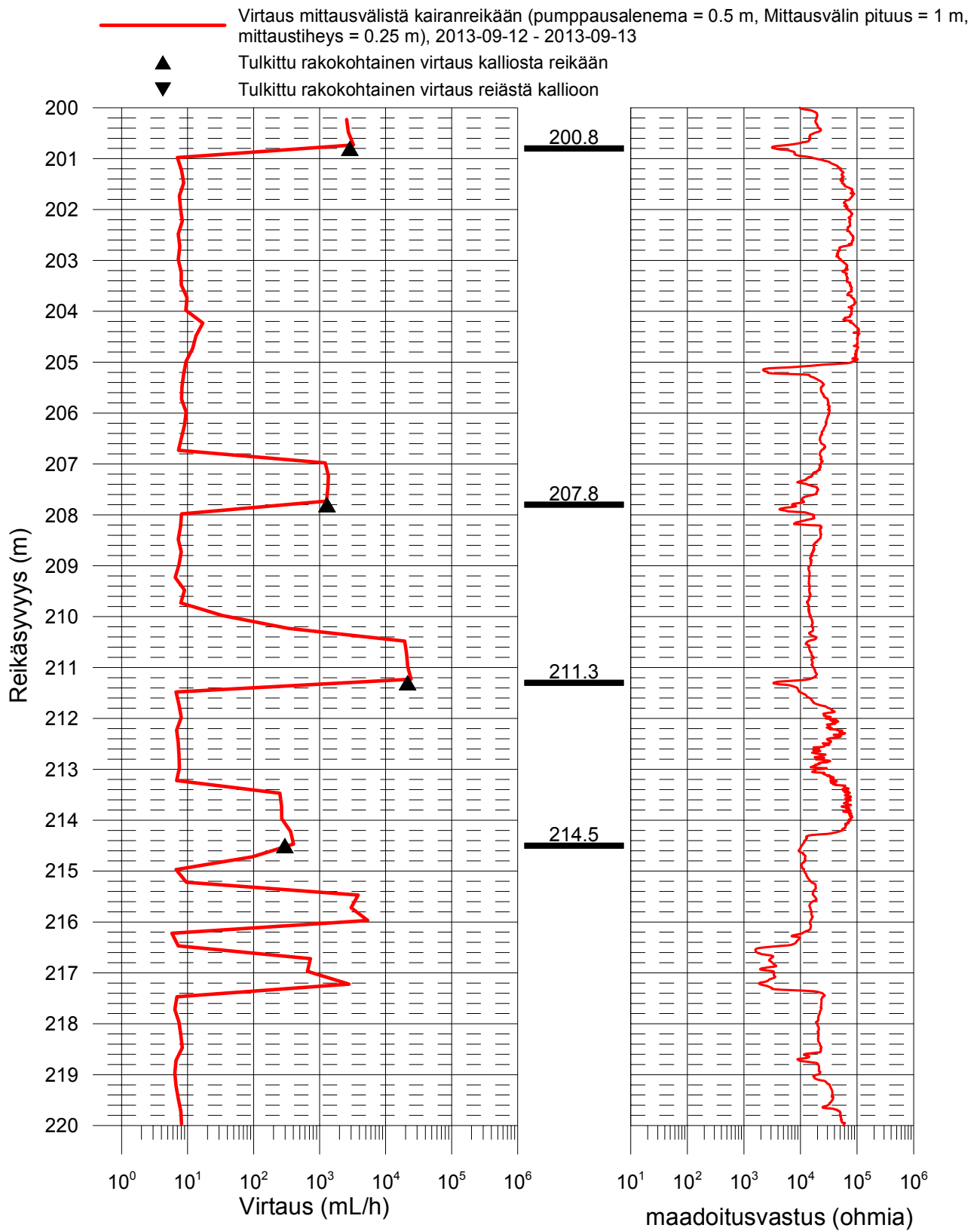
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



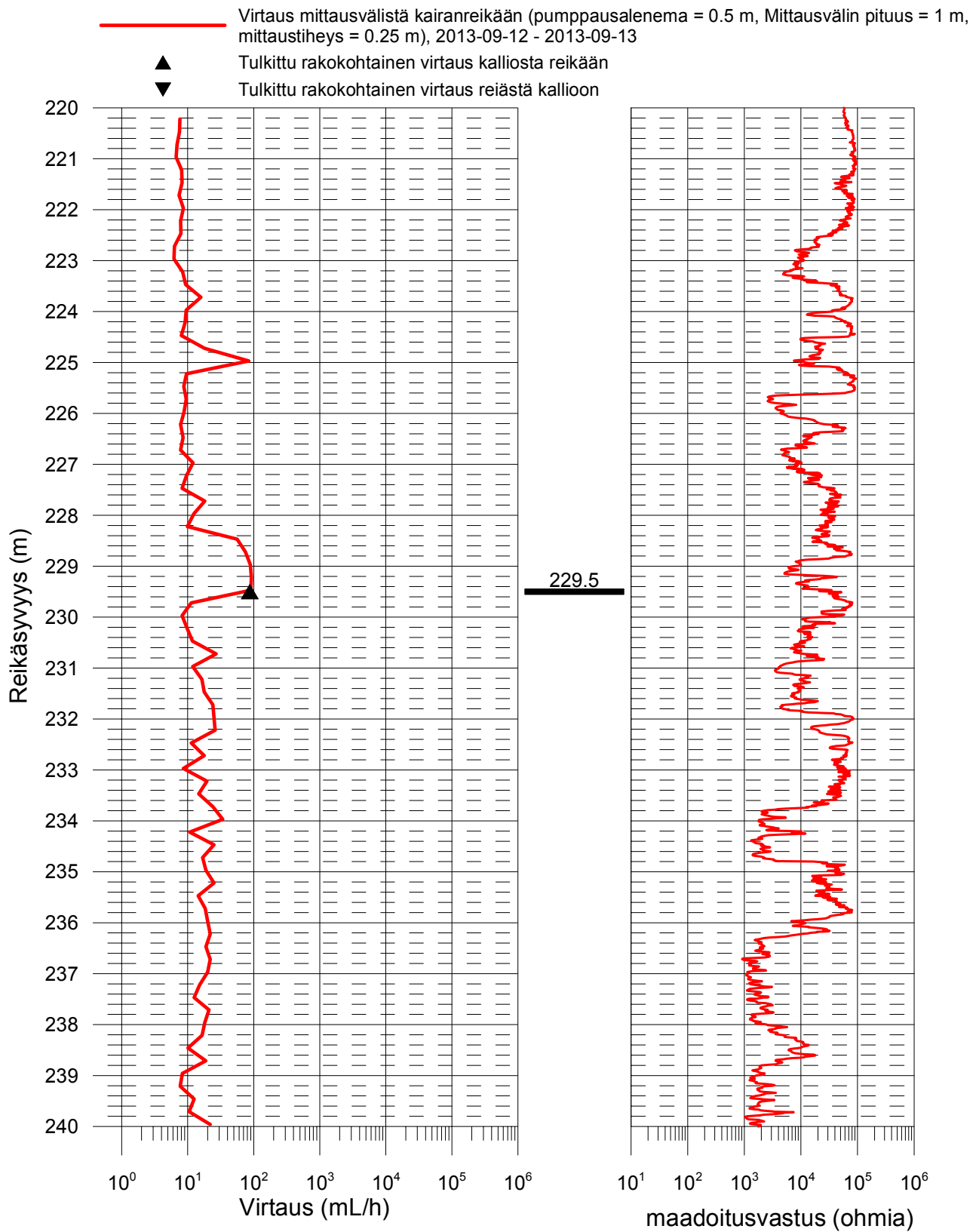
## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SUH-262

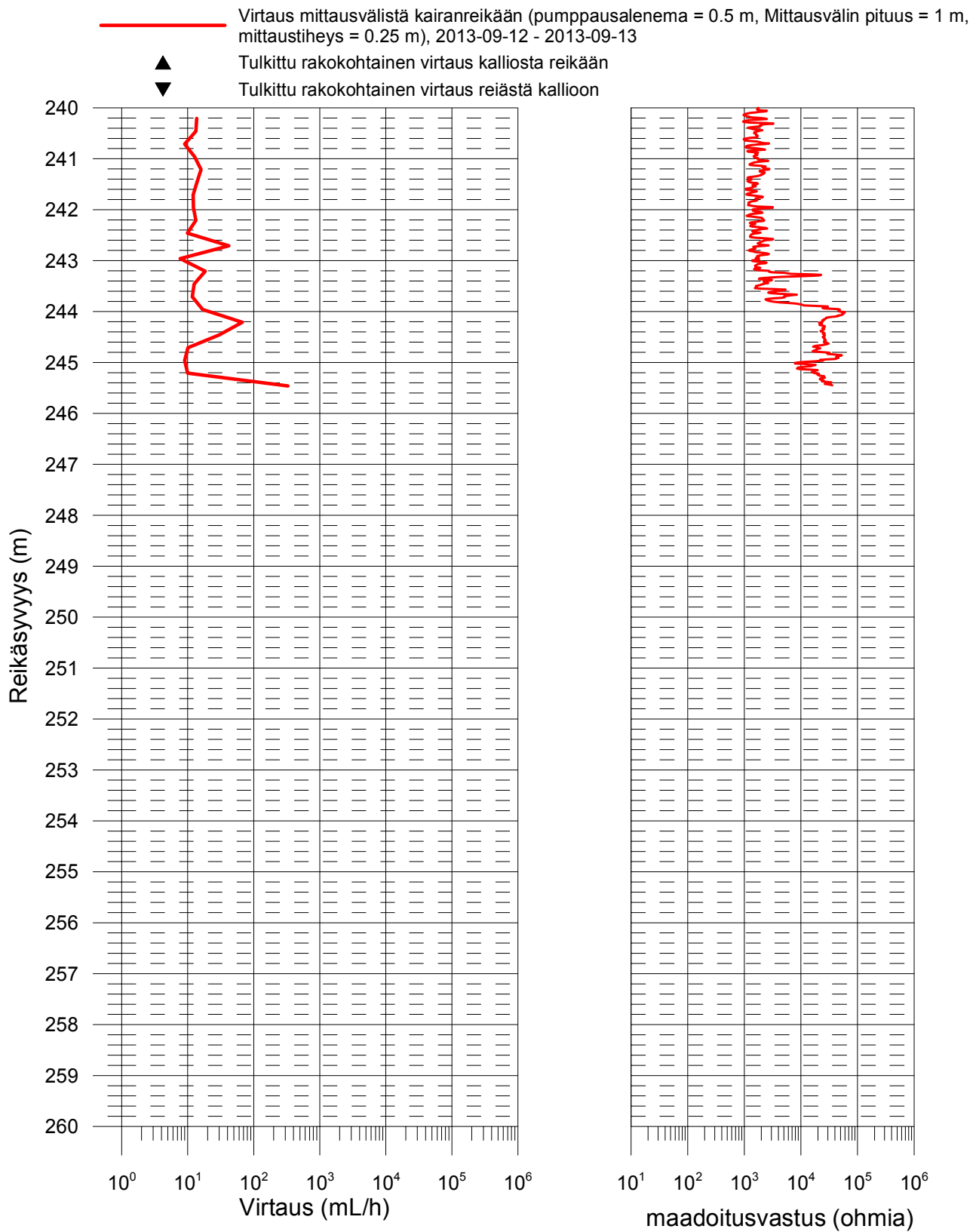
### Virtaus ja maadoitusvastus





## Suhanko, kairanreikä SUH-262

### Virtaus ja maadoitusvastus

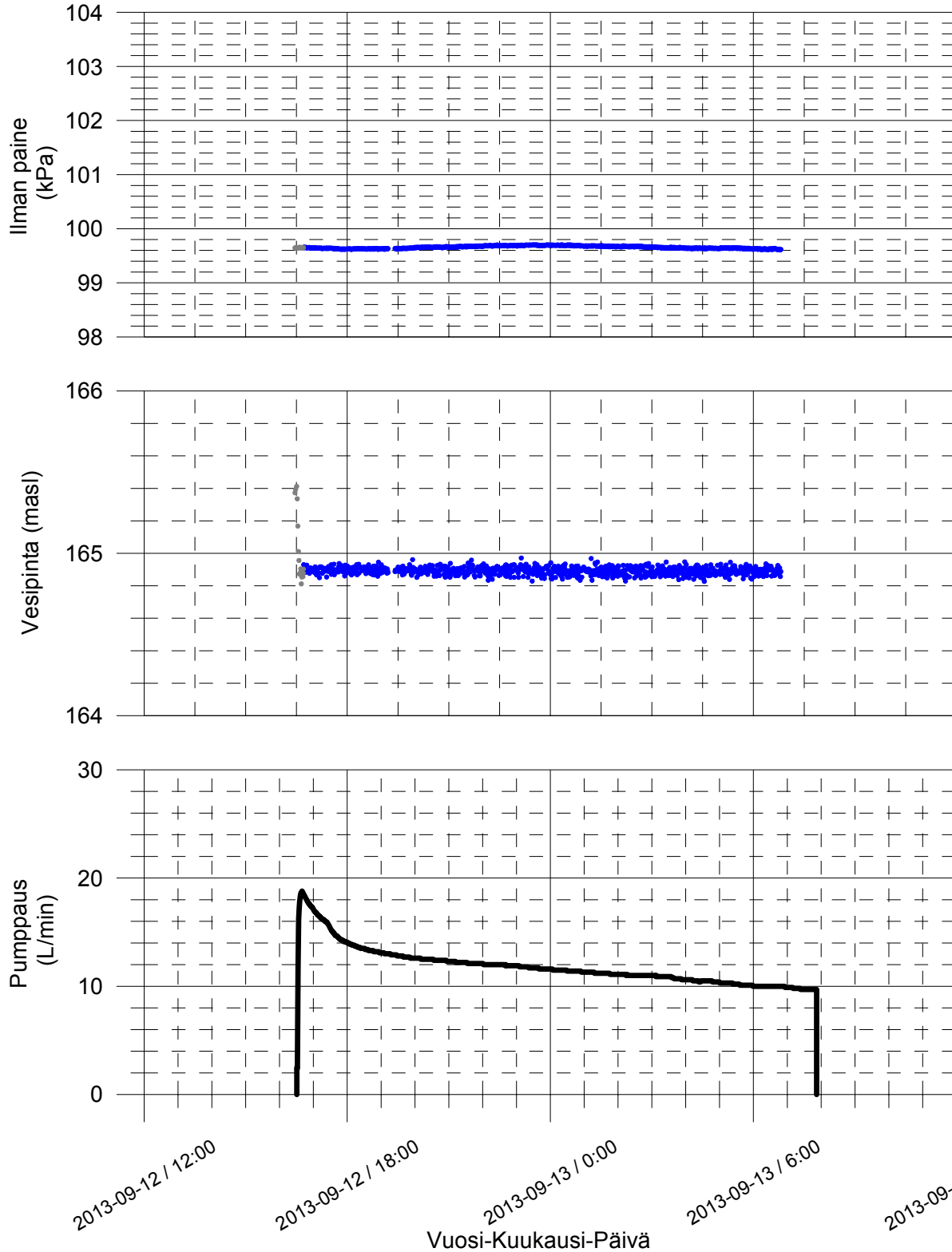


## Suhanko, kairanreikä SUH-262

## Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana

- Vesipinta pumppauksen aikana (Pumppausalenema = 0.5 m, Mittausväli = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m)
- Vesipinnan tasoittumisen odottelua

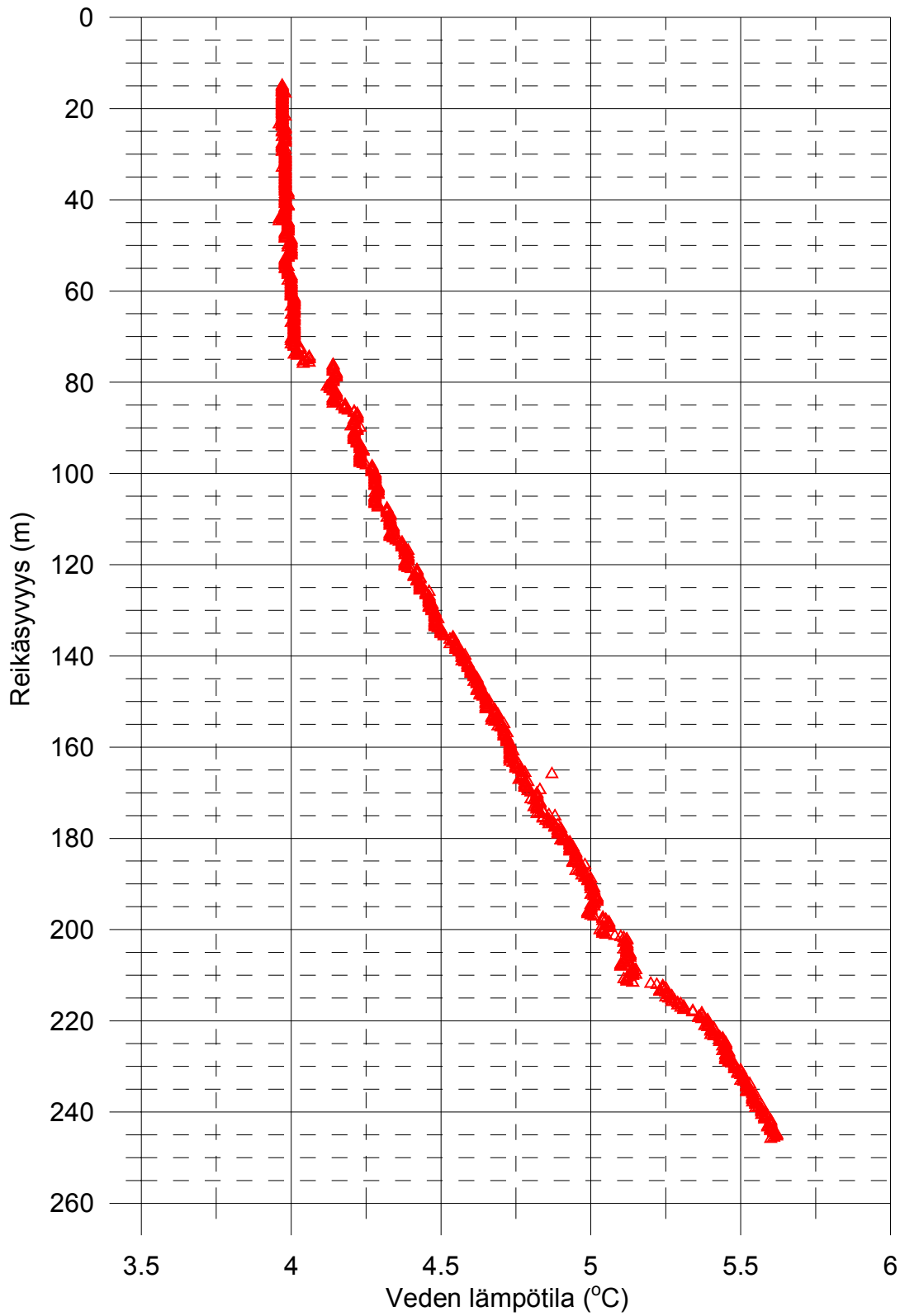
masl = metriä meren pinna yläpuolella



# Suhanko, Kairanreikä SUH-262

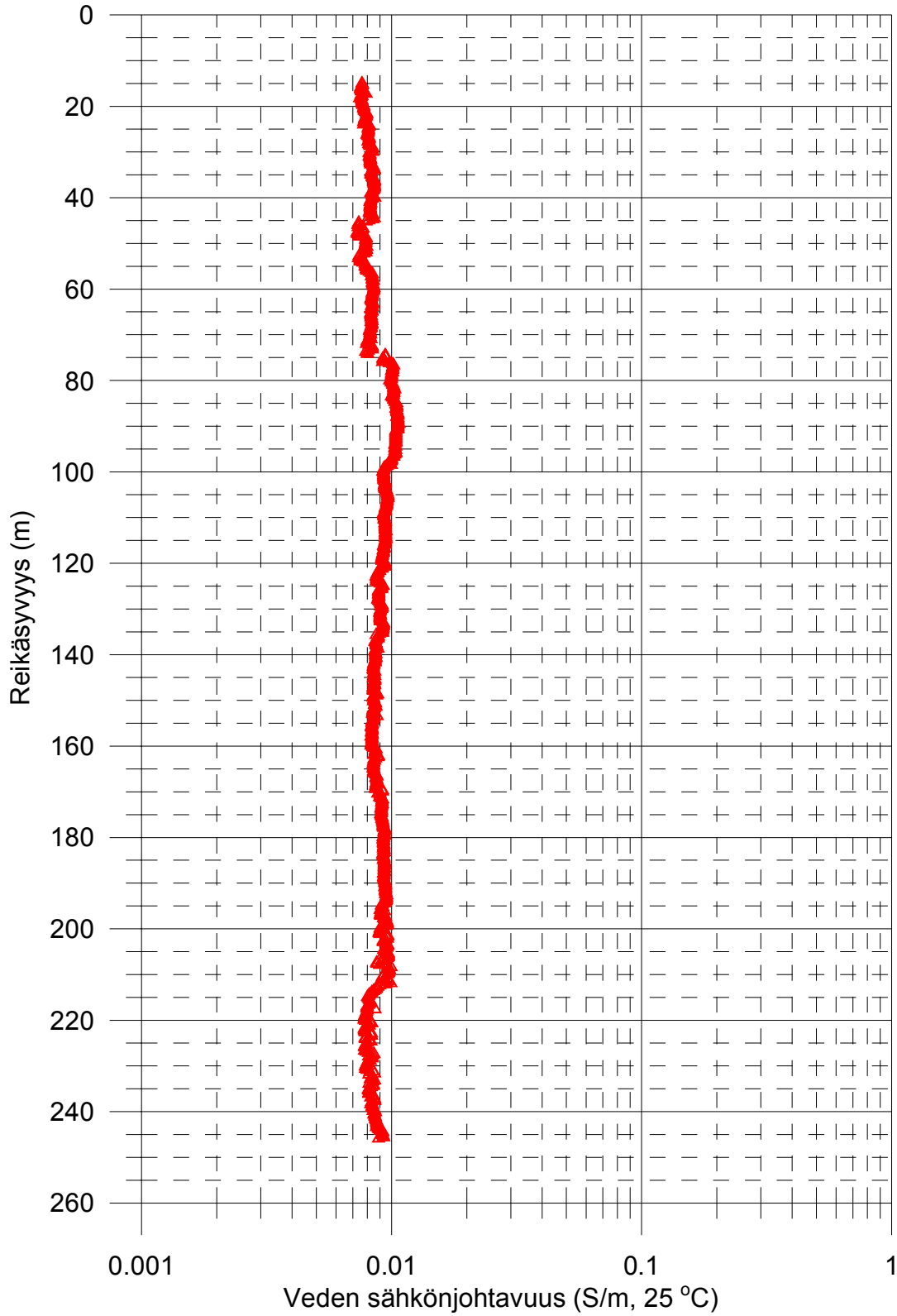
## Reikäveden lämpötila

▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-09-12 - 2013-09-13



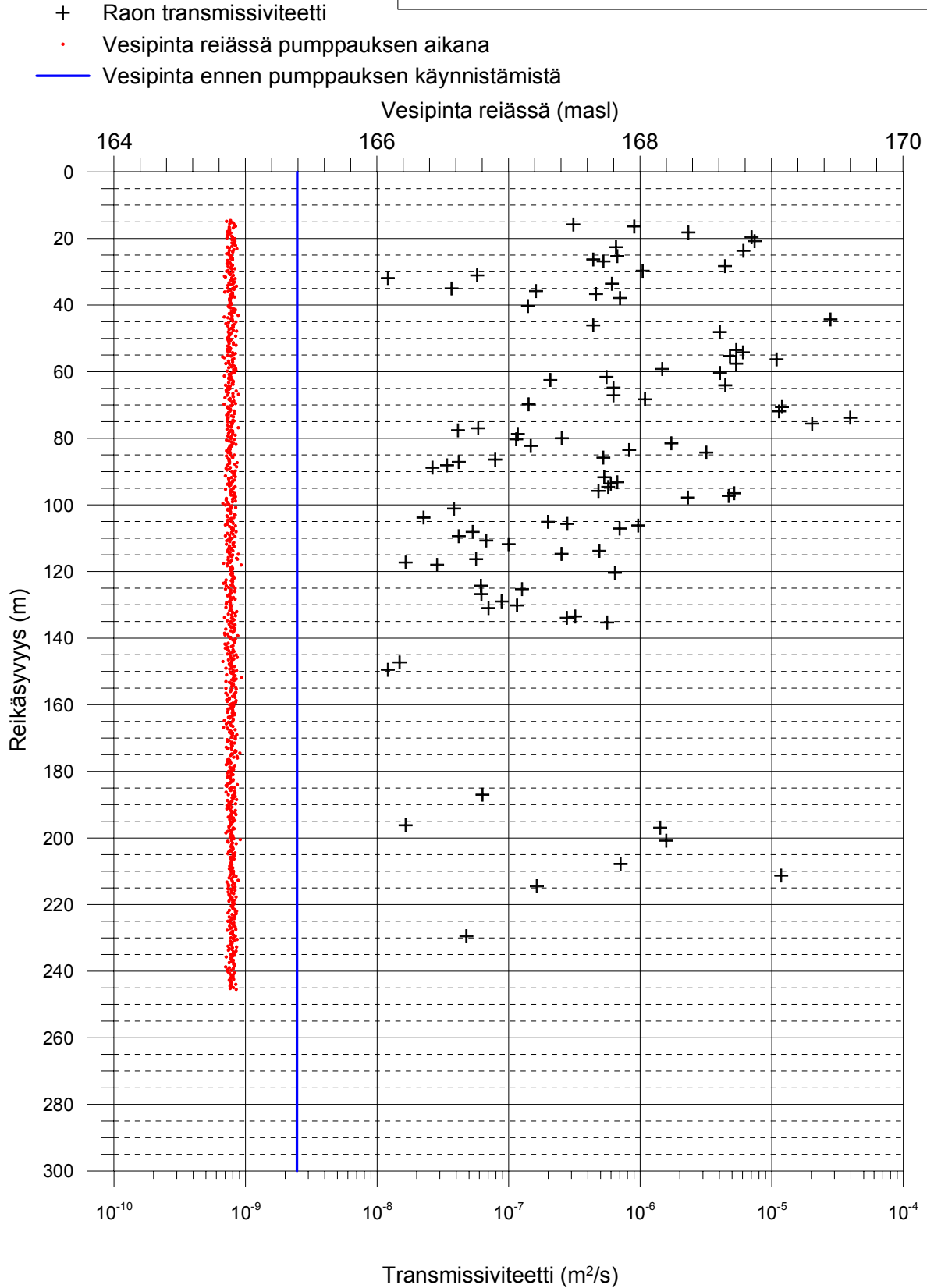
## Suhanko, Kairanreikä SUH-262 Reikäveden sähkönjohtavuus

▲ Virtausmittauksen aikana ( $L = 1$  m,  $dL = 0.25$  m),  
2013-09-12 - 2013-09-13



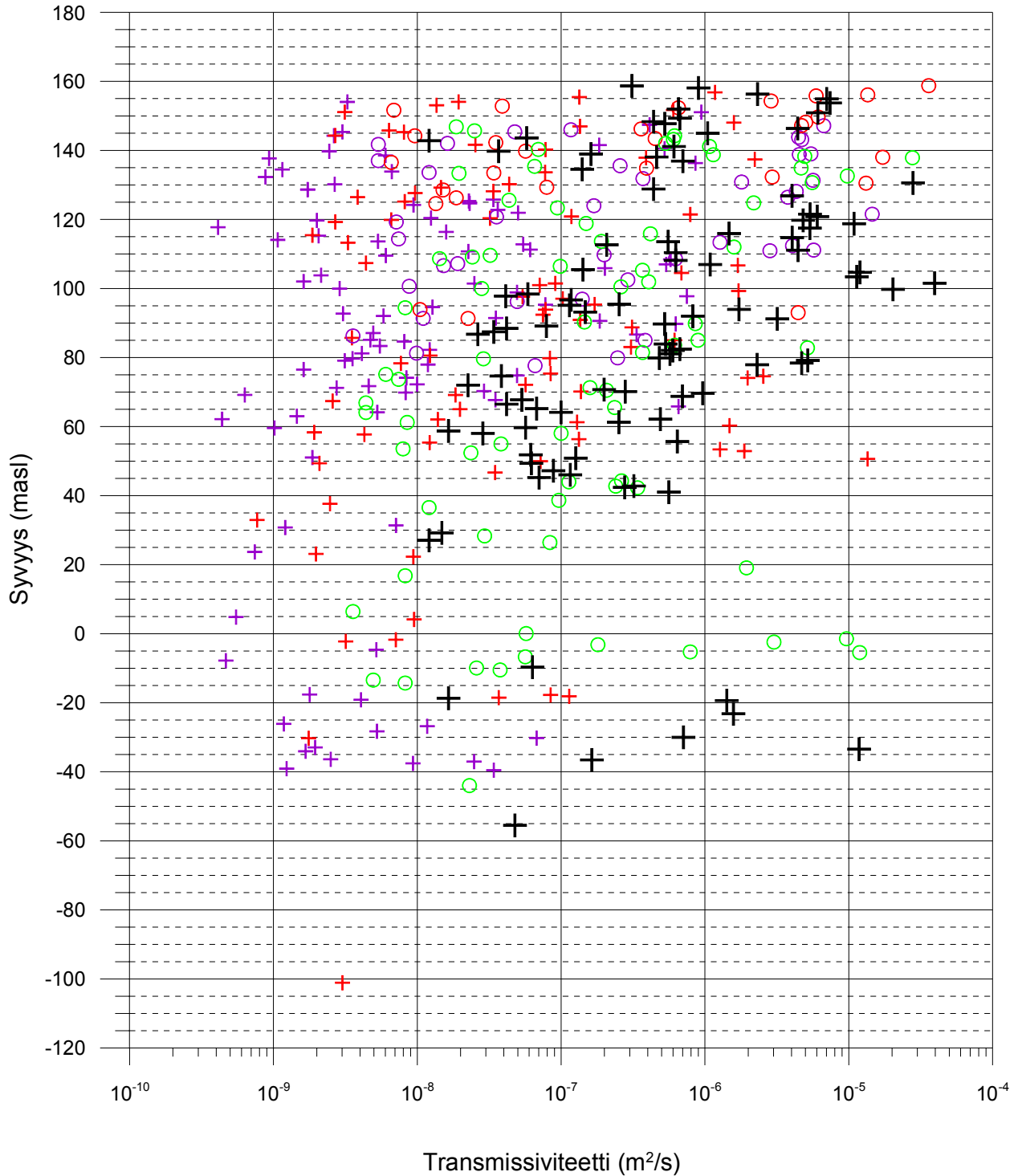
Suhanko, kairanreikä SUH-262  
Havaittujen rakojen transmissiviteetti  
2013-09-12 - 2013-09-13

Pumppausalenema = Vesipinta ennen pumppausta  
miinus vesipinta pumppauksen aikana



Suhanko  
Havaittujen rakojen transmissiviteetit  
2013-08-27 - 2013-09-13

- + SN-41 Raon transmissiviteetti
- + SUH-204 Raon transmissiviteetti
- + SUH-262 Raon transmissiviteetti
- SUH-348 Raon transmissiviteetti
- SUH-389 Raon transmissiviteetti
- SUH-587 Raon transmissiviteetti



## Taulukoidut tulokset havaituista raoista, SUH-262

| Maanpinnan korkeustaso (masl):<br>masl = metriä merenpinnan yläpuolella | 174.25         |                         |                          |                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| Reiän kaade (asteina):                                                  | 80.56          |                         |                          |                       |           |
| Reiän suuntainen rakosyvyys (m)                                         | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-<br>alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
| 15.8                                                                    | 565            | 158.7                   | 0.5                      | 3.10E-07              |           |
| 16.4                                                                    | 1640           | 158.1                   | 0.5                      | 9.01E-07              |           |
| 18.2                                                                    | 4230           | 156.3                   | 0.5                      | 2.32E-06              |           |
| 19.6                                                                    | 12800          | 154.9                   | 0.5                      | 7.03E-06              |           |
| 20.8                                                                    | 13500          | 153.7                   | 0.5                      | 7.42E-06              |           |
| 22.6                                                                    | 1190           | 152.0                   | 0.5                      | 6.54E-07              |           |
| 23.7                                                                    | 11100          | 150.9                   | 0.5                      | 6.10E-06              |           |
| 25.3                                                                    | 1220           | 149.3                   | 0.5                      | 6.70E-07              |           |
| 26.3                                                                    | 800            | 148.3                   | 0.5                      | 4.40E-07              |           |
| 26.9                                                                    | 958            | 147.7                   | 0.5                      | 5.26E-07              |           |
| 28.3                                                                    | 8030           | 146.3                   | 0.5                      | 4.41E-06              |           |
| 29.7                                                                    | 1900           | 145.0                   | 0.5                      | 1.04E-06              |           |
| 31.1                                                                    | 105            | 143.6                   | 0.5                      | 5.77E-08              |           |
| 31.9                                                                    | 22             | 142.8                   | 0.5                      | 1.21E-08              | *         |
| 33.6                                                                    | 1110           | 141.1                   | 0.5                      | 6.10E-07              |           |
| 35.0                                                                    | 67             | 139.7                   | 0.5                      | 3.68E-08              |           |
| 35.8                                                                    | 294            | 139.0                   | 0.5                      | 1.62E-07              |           |
| 36.7                                                                    | 839            | 138.1                   | 0.5                      | 4.61E-07              |           |
| 37.9                                                                    | 1280           | 136.9                   | 0.5                      | 7.03E-07              |           |
| 40.3                                                                    | 255            | 134.5                   | 0.5                      | 1.40E-07              |           |
| 44.3                                                                    | 50900          | 130.6                   | 0.5                      | 2.80E-05              |           |
| 46.1                                                                    | 800            | 128.8                   | 0.5                      | 4.40E-07              |           |
| 48.1                                                                    | 7350           | 126.8                   | 0.5                      | 4.04E-06              |           |
| 53.5                                                                    | 9800           | 121.5                   | 0.5                      | 5.39E-06              |           |
| 54.2                                                                    | 11000          | 120.8                   | 0.5                      | 6.04E-06              |           |
| 55.3                                                                    | 8780           | 119.7                   | 0.5                      | 4.82E-06              |           |
| 56.3                                                                    | 19800          | 118.8                   | 0.5                      | 1.09E-05              |           |
| 57.6                                                                    | 9780           | 117.5                   | 0.5                      | 5.37E-06              |           |
| 59.2                                                                    | 2680           | 115.9                   | 0.5                      | 1.47E-06              |           |
| 60.4                                                                    | 7370           | 114.7                   | 0.5                      | 4.05E-06              |           |
| 61.6                                                                    | 1010           | 113.5                   | 0.5                      | 5.55E-07              |           |
| 62.5                                                                    | 378            | 112.7                   | 0.5                      | 2.08E-07              |           |
| 64.1                                                                    | 8070           | 111.1                   | 0.5                      | 4.43E-06              |           |
| 64.8                                                                    | 1140           | 110.4                   | 0.5                      | 6.26E-07              |           |
| 67.1                                                                    | 1140           | 108.1                   | 0.5                      | 6.26E-07              |           |
| 68.3                                                                    | 1980           | 106.9                   | 0.5                      | 1.09E-06              |           |
| 69.8                                                                    | 258            | 105.5                   | 0.5                      | 1.42E-07              |           |
| 70.6                                                                    | 21800          | 104.7                   | 0.5                      | 1.20E-05              |           |
| 71.9                                                                    | 20700          | 103.4                   | 0.5                      | 1.14E-05              |           |
| 73.8                                                                    | 71900          | 101.5                   | 0.5                      | 3.95E-05              |           |
| 75.6                                                                    | 37000          | 99.7                    | 0.5                      | 2.03E-05              |           |
| 77.0                                                                    | 107            | 98.4                    | 0.5                      | 5.88E-08              |           |

| Reiän suuntainen rakosyvyys (m) | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| 77.6                            | 75             | 97.8                    | 0.5                  | 4.12E-08              |           |
| 78.7                            | 214            | 96.7                    | 0.5                  | 1.18E-07              |           |
| 80.0                            | 461            | 95.4                    | 0.5                  | 2.53E-07              |           |
| 80.3                            | 208            | 95.1                    | 0.5                  | 1.14E-07              |           |
| 81.5                            | 3140           | 93.9                    | 0.5                  | 1.73E-06              |           |
| 82.3                            | 268            | 93.2                    | 0.5                  | 1.47E-07              |           |
| 83.5                            | 1500           | 92.0                    | 0.5                  | 8.24E-07              |           |
| 84.3                            | 5800           | 91.2                    | 0.5                  | 3.19E-06              |           |
| 85.8                            | 955            | 89.7                    | 0.5                  | 5.25E-07              |           |
| 86.4                            | 144            | 89.1                    | 0.5                  | 7.91E-08              |           |
| 87.1                            | 76             | 88.4                    | 0.5                  | 4.18E-08              |           |
| 88.1                            | 62             | 87.4                    | 0.5                  | 3.41E-08              |           |
| 88.8                            | 48             | 86.8                    | 0.5                  | 2.64E-08              |           |
| 91.7                            | 970            | 83.9                    | 0.5                  | 5.33E-07              |           |
| 93.2                            | 1220           | 82.4                    | 0.5                  | 6.70E-07              |           |
| 93.6                            | 1090           | 82.0                    | 0.5                  | 5.99E-07              |           |
| 94.6                            | 1040           | 81.0                    | 0.5                  | 5.71E-07              |           |
| 95.8                            | 877            | 79.9                    | 0.5                  | 4.82E-07              |           |
| 96.5                            | 9440           | 79.2                    | 0.5                  | 5.19E-06              |           |
| 97.3                            | 8580           | 78.4                    | 0.5                  | 4.71E-06              |           |
| 97.8                            | 4200           | 77.9                    | 0.5                  | 2.31E-06              |           |
| 101.1                           | 70             | 74.6                    | 0.5                  | 3.85E-08              |           |
| 103.8                           | 41             | 72.0                    | 0.5                  | 2.25E-08              |           |
| 105.1                           | 362            | 70.7                    | 0.5                  | 1.99E-07              |           |
| 105.7                           | 508            | 70.1                    | 0.5                  | 2.79E-07              |           |
| 106.2                           | 1760           | 69.6                    | 0.5                  | 9.67E-07              |           |
| 107.1                           | 1270           | 68.7                    | 0.5                  | 6.98E-07              |           |
| 108.1                           | 97             | 67.8                    | 0.5                  | 5.33E-08              |           |
| 109.4                           | 76             | 66.5                    | 0.5                  | 4.18E-08              |           |
| 110.7                           | 123            | 65.2                    | 0.5                  | 6.76E-08              |           |
| 111.8                           | 182            | 64.1                    | 0.5                  | 1.00E-07              |           |
| 113.8                           | 892            | 62.1                    | 0.5                  | 4.90E-07              |           |
| 114.7                           | 459            | 61.3                    | 0.5                  | 2.52E-07              |           |
| 116.3                           | 103            | 59.7                    | 0.5                  | 5.66E-08              |           |
| 117.3                           | 30             | 58.7                    | 0.5                  | 1.65E-08              | *         |
| 118.0                           | 52             | 58.0                    | 0.5                  | 2.86E-08              |           |
| 120.4                           | 1170           | 55.7                    | 0.5                  | 6.43E-07              |           |
| 124.3                           | 112            | 51.8                    | 0.5                  | 6.15E-08              |           |
| 125.3                           | 230            | 50.8                    | 0.5                  | 1.26E-07              |           |
| 126.8                           | 113            | 49.4                    | 0.5                  | 6.21E-08              |           |
| 129.0                           | 161            | 47.2                    | 0.5                  | 8.85E-08              |           |
| 130.2                           | 211            | 46.0                    | 0.5                  | 1.16E-07              |           |
| 131.0                           | 128            | 45.2                    | 0.5                  | 7.03E-08              |           |
| 133.5                           | 584            | 42.8                    | 0.5                  | 3.21E-07              |           |
| 133.9                           | 503            | 42.4                    | 0.5                  | 2.76E-07              |           |
| 135.3                           | 1020           | 41.0                    | 0.5                  | 5.60E-07              |           |
| 147.3                           | 27             | 29.2                    | 0.5                  | 1.48E-08              | *         |
| 149.5                           | 22             | 27.1                    | 0.5                  | 1.21E-08              | *         |



| Reiän suuntainen rakosyvyys (m) | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| 154.2                           | -50            | 22.4                    | 0.5         | -                     | **        |
| 156.3                           | -25            | 20.4                    | 0.5         | -                     | * **      |
| 158.7                           | -176           | 18.0                    | 0.5         | -                     | **        |
| 162.0                           | -64            | 14.8                    | 0.5         | -                     | **        |
| 169.1                           | -2280          | 7.8                     | 0.5         | -                     | **        |
| 177.4                           | -482           | -0.3                    | 0.5         | -                     | **        |
| 187.0                           | 115            | -9.7                    | 0.5         | 6.32E-08              |           |
| 196.2                           | 30             | -18.7                   | 0.5         | 1.65E-08              | *         |
| 196.9                           | 2580           | -19.4                   | 0.5         | 1.42E-06              |           |
| 200.8                           | 2870           | -23.2                   | 0.5         | 1.58E-06              |           |
| 207.8                           | 1290           | -30.0                   | 0.5         | 7.09E-07              |           |
| 211.3                           | 21500          | -33.4                   | 0.5         | 1.18E-05              |           |
| 214.5                           | 298            | -36.6                   | 0.5         | 1.64E-07              |           |
| 229.5                           | 87             | -55.5                   | 0.5         | 4.78E-08              |           |

\* Epävarma rako. Virtaus on vähemmän kuin 30 mL/h tai virtausanomaliat ovat päällekkäin tai epäselviä kohinan takia.

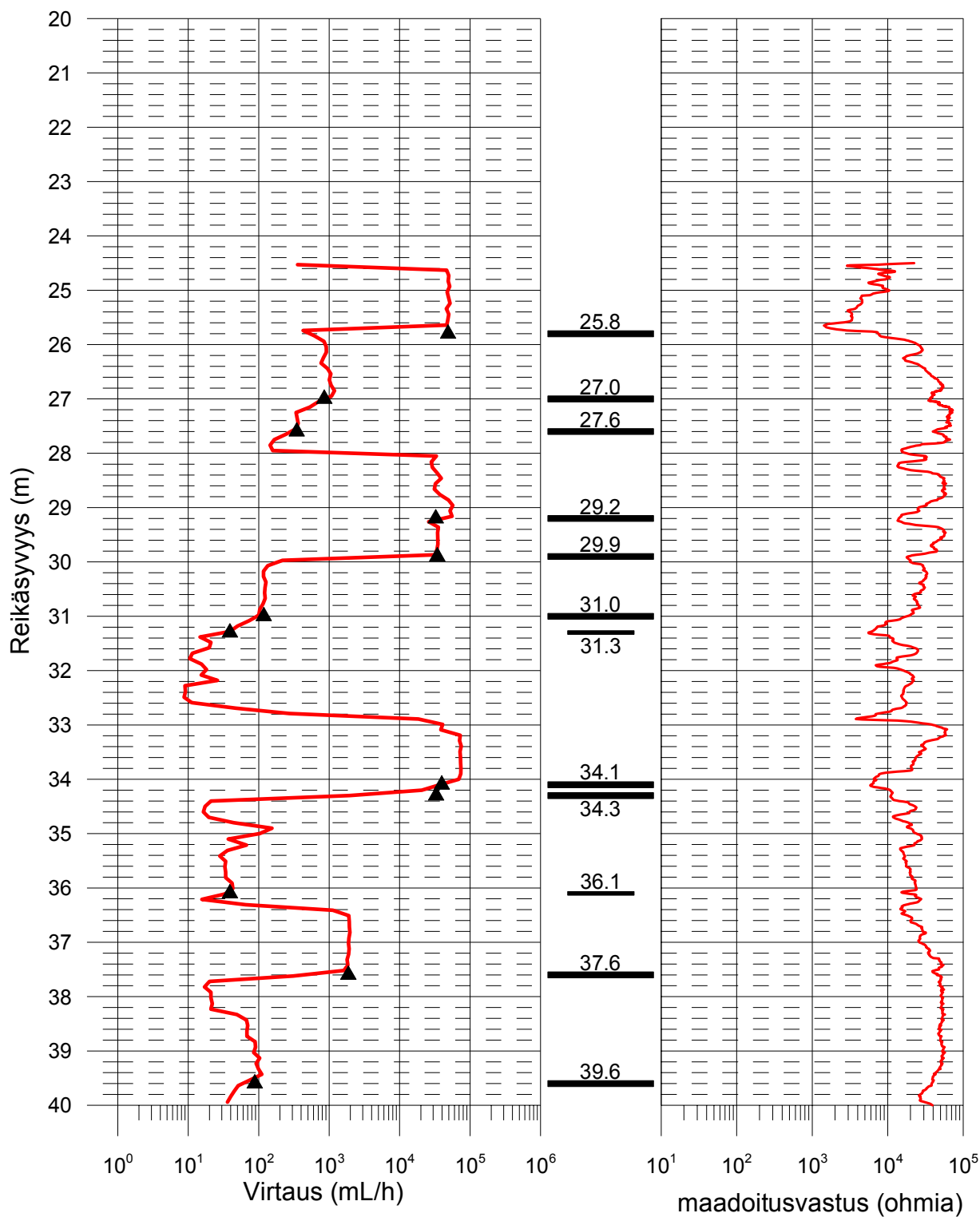
\*\* Transmissiviteettiä (T) ei voida määrittää negatiivisen virtausarvon johdosta.

## Suhanko, kairanreikä SUH-348

### Virtaus ja maadoitusvastus

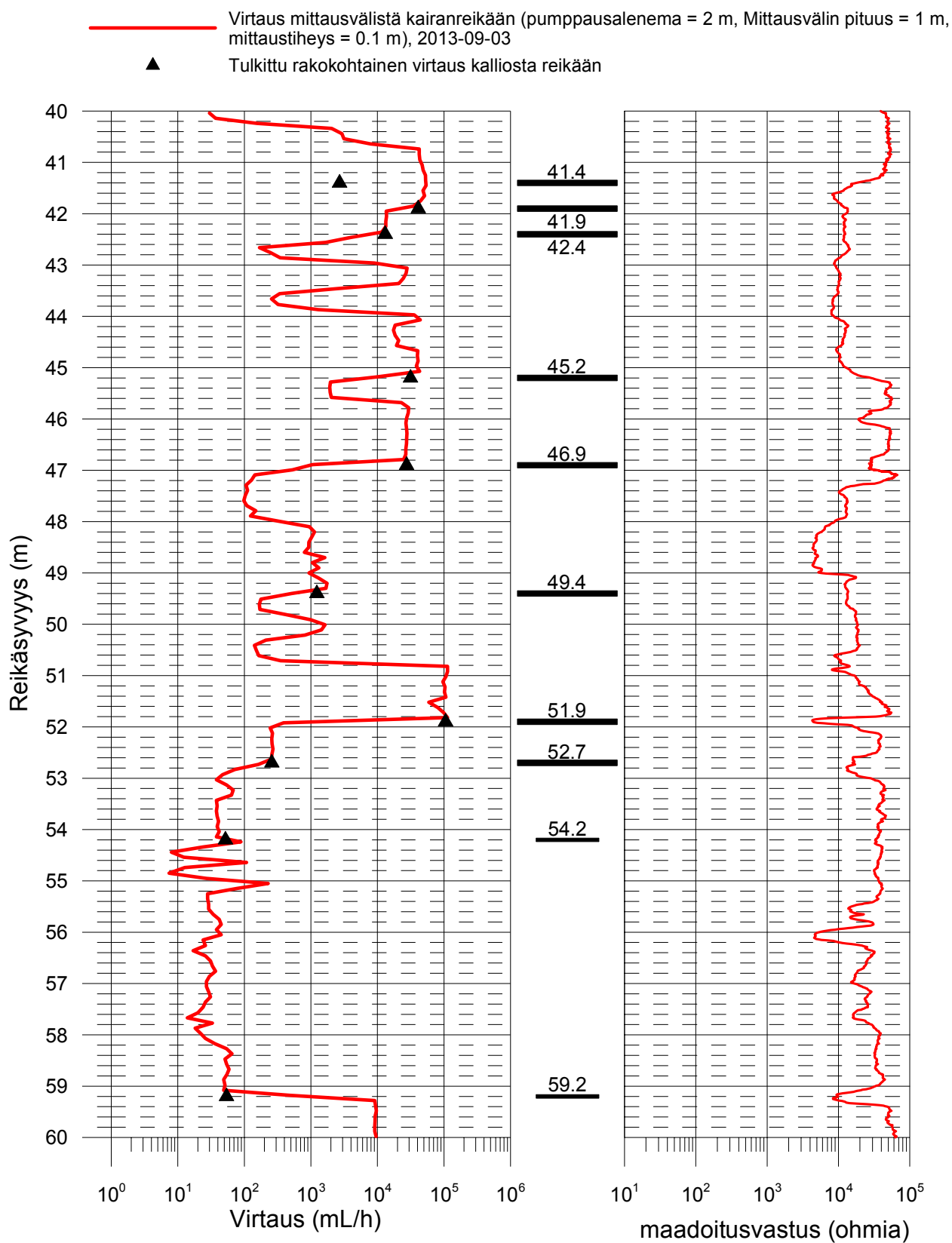
— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 2 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.1 m), 2013-09-03

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



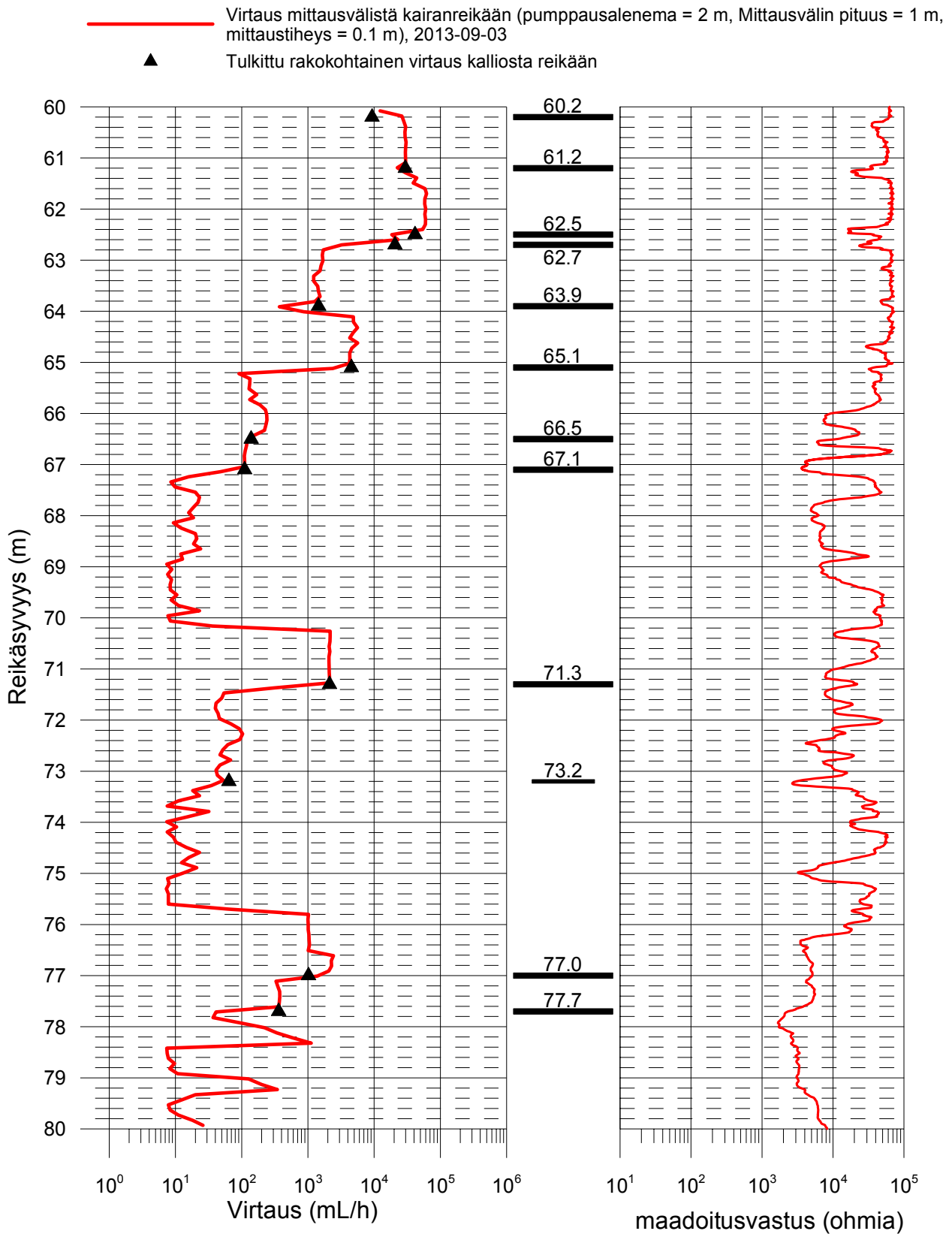
## Suhanko, kairanreikä SUH-348

### Virtaus ja maadoitusvastus



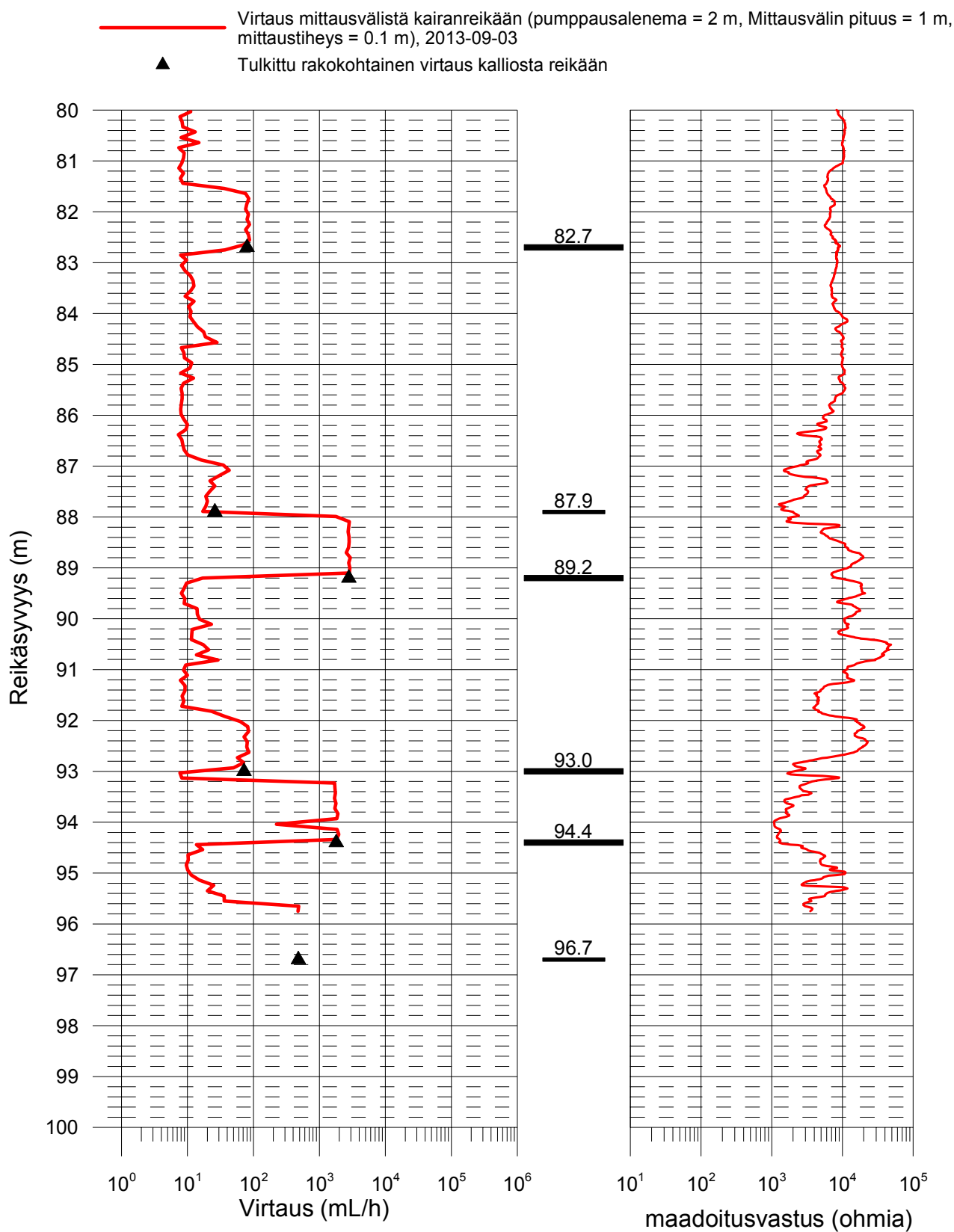
## Suhanko, kairanreikä SUH-348

### Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SUH-348

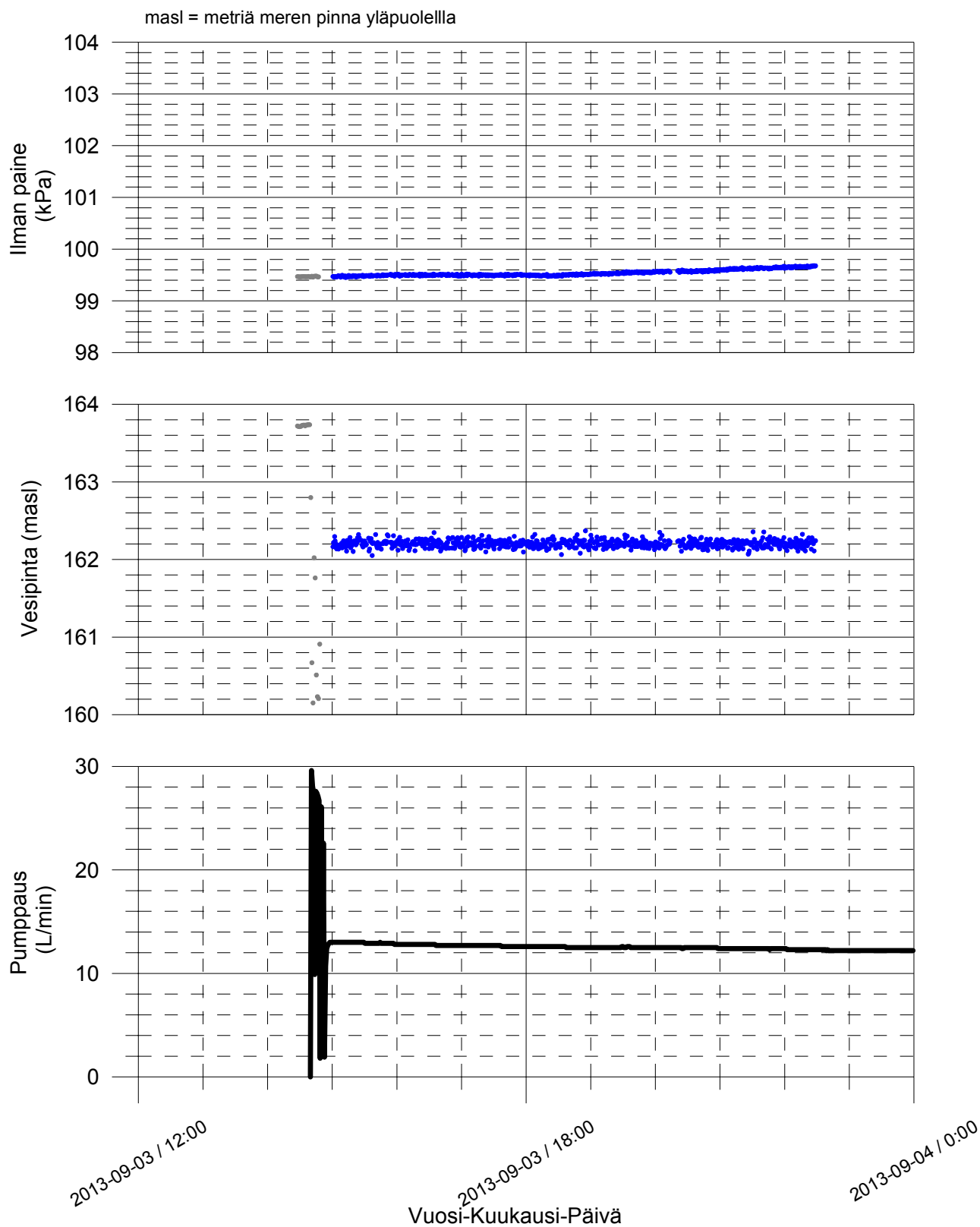
### Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SUH-348

## Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana

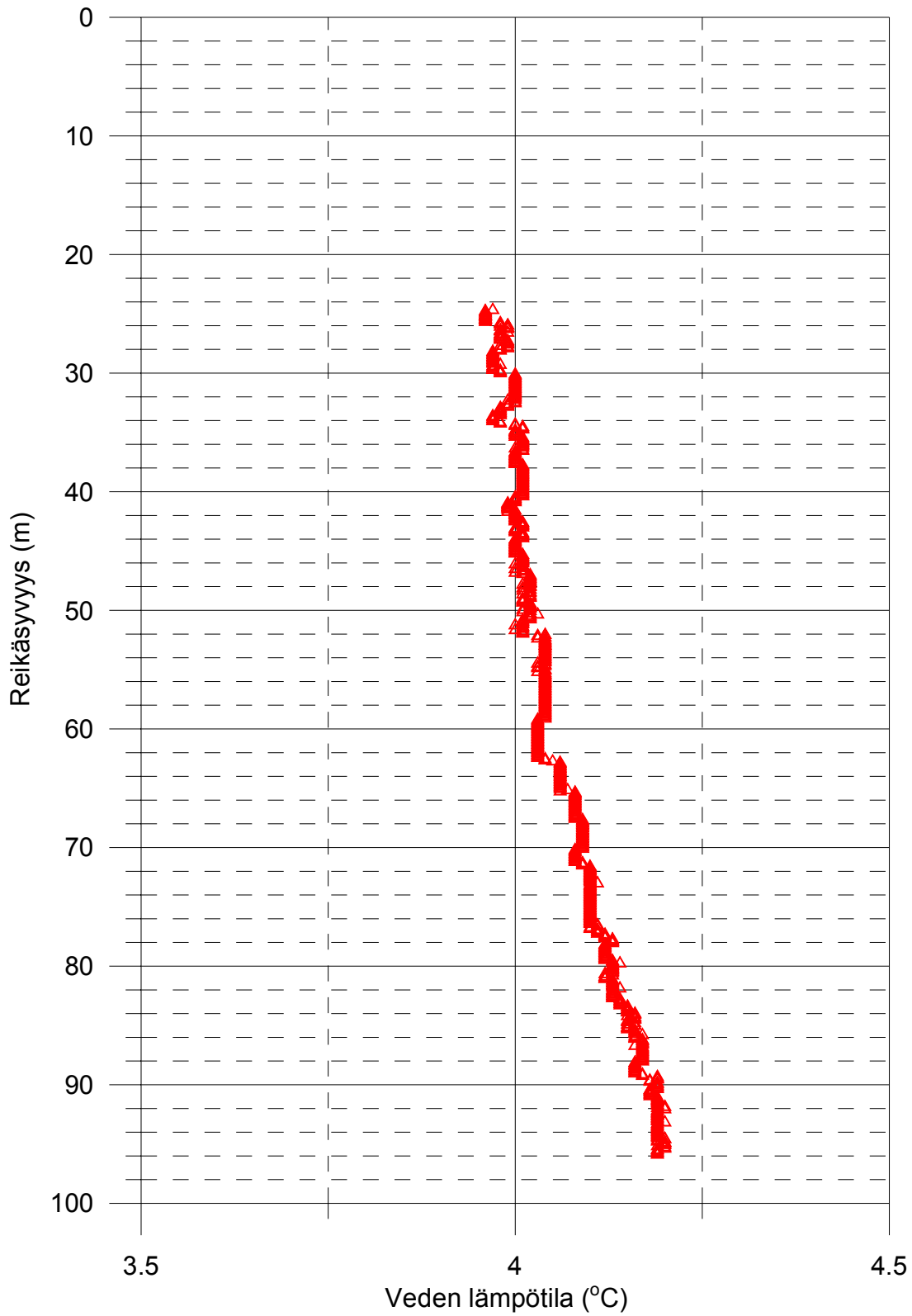
- Vesipinta pumppauksen aikana (Pumppausalenema = 2 m, Mittausväli = 1 m, mittaustiheys = 0.1 m)
- Vesipinnan tasoittumisen odottelua



# Suhanko, Kairanreikä SUH-348

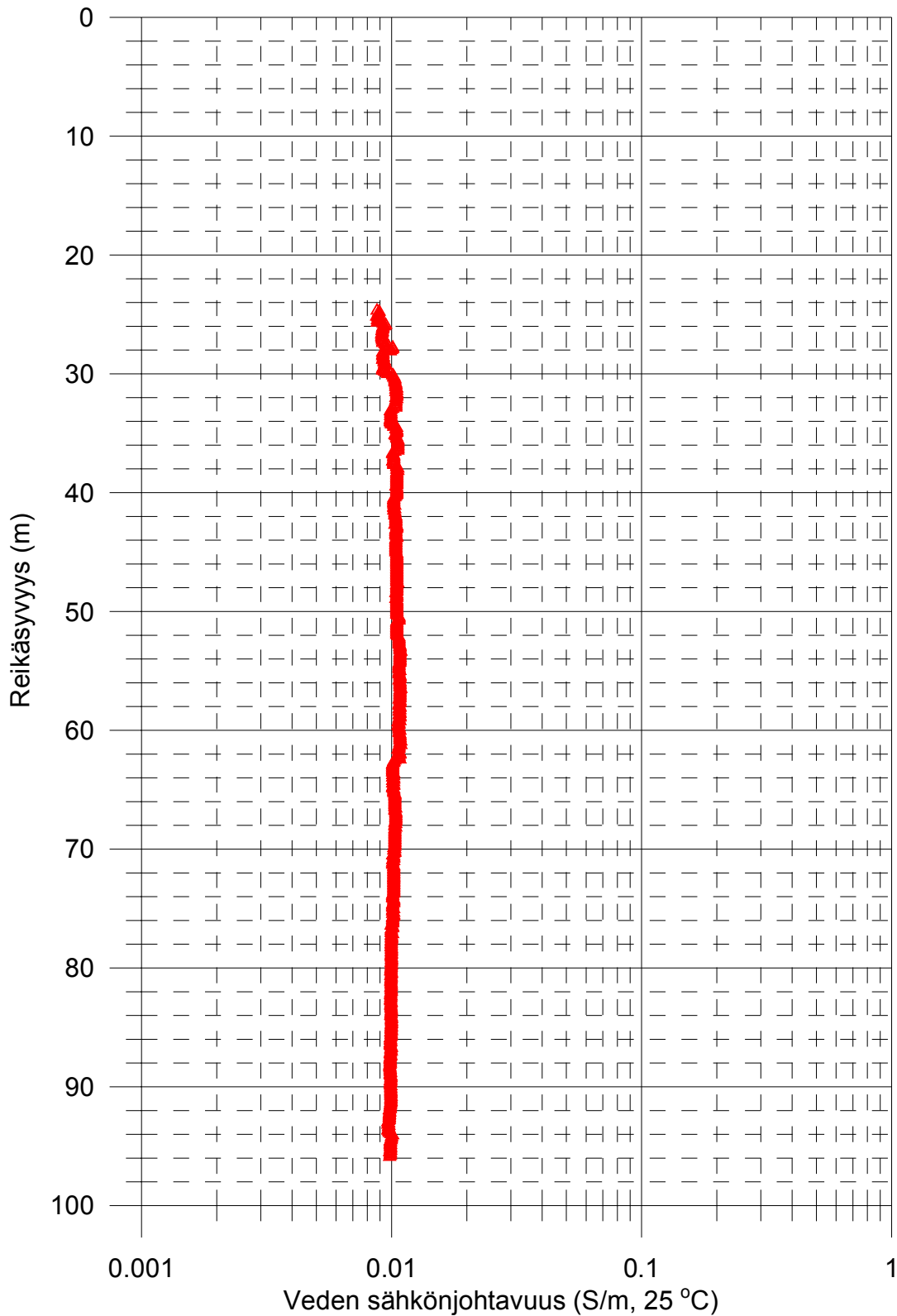
## Reikäveden lämpötila

▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.1 m),  
2013-09-03



## Suhanko, Kairanreikä SUH-348 Reikäveden sähkönjohtavuus

▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.1 m),  
2013-09-03

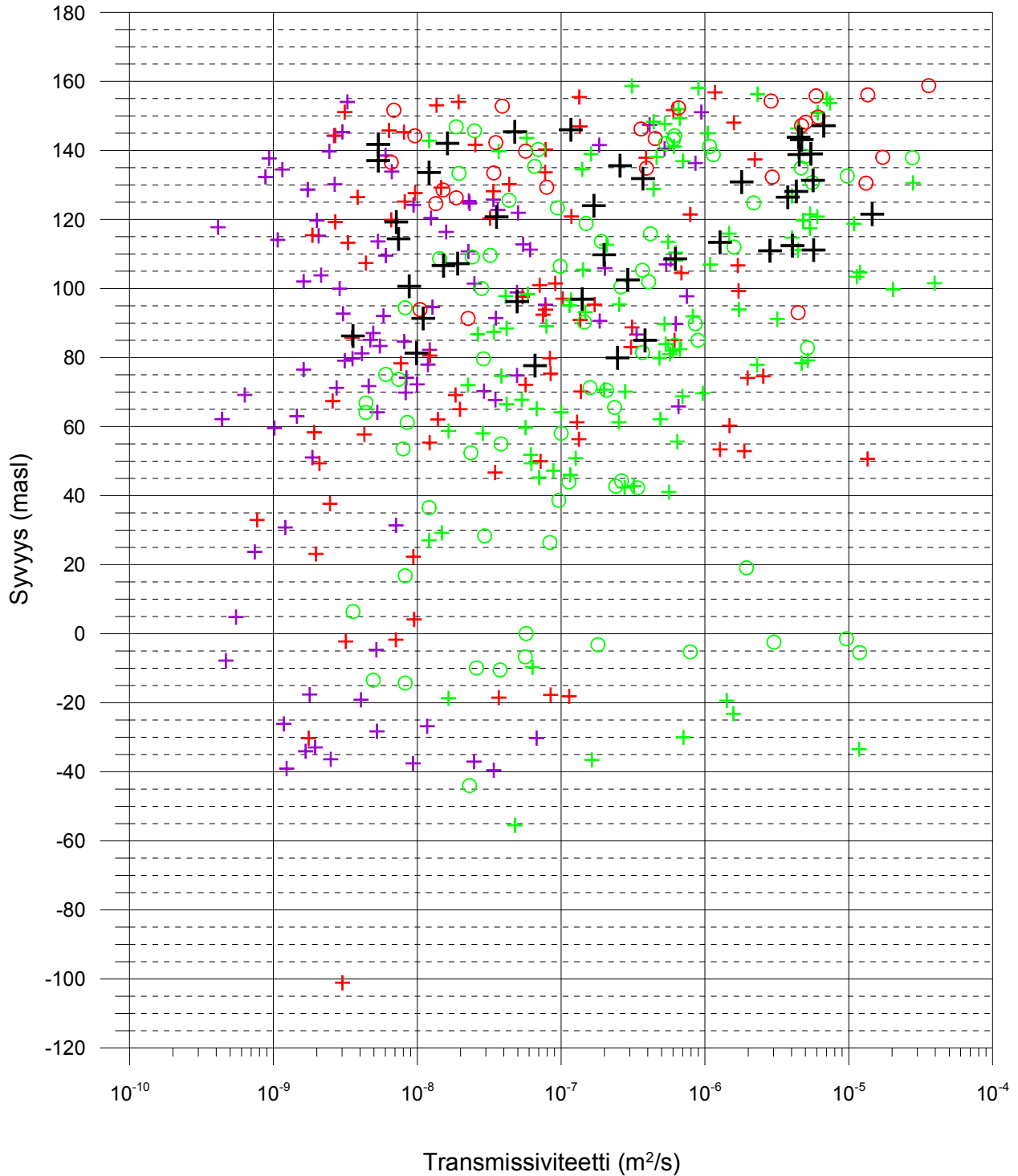






Suhanko  
Havaittujen rakojen transmissiviteetit  
2013-08-27 - 2013-09-13

- + SN-41 Raon transmissiviteetti
- + SUH-204 Raon transmissiviteetti
- + SUH-262 Raon transmissiviteetti
- + SUH-348 Raon transmissiviteetti
- SUH-389 Raon transmissiviteetti
- SUH-587 Raon transmissiviteetti



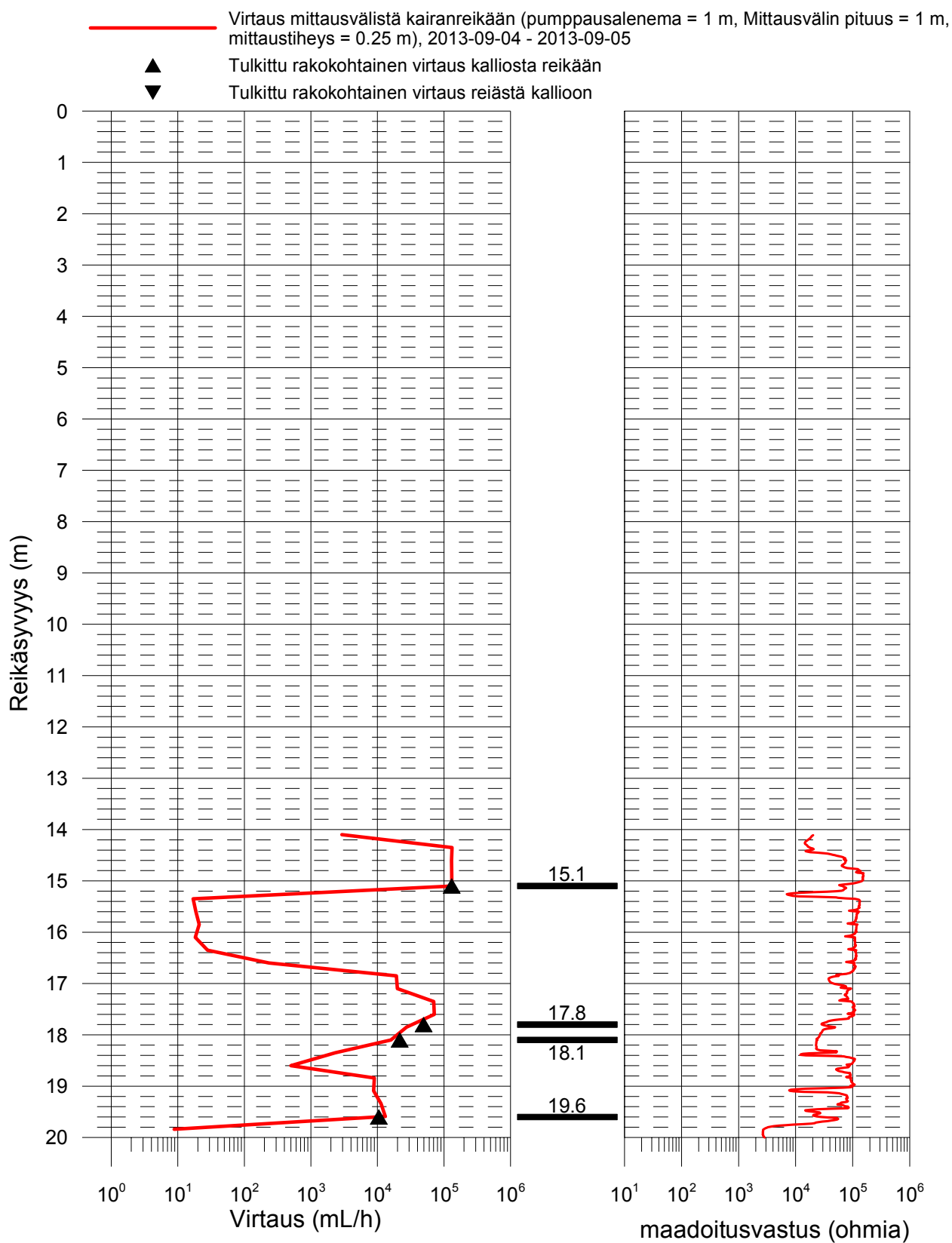
## Taulukoidut tulokset havaituista raoista, SUH-348

| Maanpinnan korkeustaso (masl):<br>masl = metriä merenpinnan yläpuolella | 172.5          |                         |                          |                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| Reiän kaade (asteina):                                                  | 80.44          |                         |                          |                       |           |
| Reiän suuntainen rakosyvyys (m)                                         | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-<br>alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
| 24.1                                                                    | 48800          | 147.1                   | 2                        | 6.70E-06              |           |
| 25.4                                                                    | 852            | 146.0                   | 2                        | 1.17E-07              |           |
| 26.1                                                                    | 347            | 145.4                   | 2                        | 4.77E-08              |           |
| 27.6                                                                    | 32600          | 143.8                   | 2                        | 4.48E-06              |           |
| 28.4                                                                    | 34300          | 143.1                   | 2                        | 4.71E-06              |           |
| 29.6                                                                    | 118            | 142.0                   | 2                        | 1.62E-08              |           |
| 29.9                                                                    | 39             | 141.7                   | 2                        | 5.36E-09              | *         |
| 32.6                                                                    | 39700          | 139.0                   | 2                        | 5.45E-06              |           |
| 32.8                                                                    | 33000          | 138.8                   | 2                        | 4.53E-06              |           |
| 34.7                                                                    | 39             | 137.0                   | 2                        | 5.36E-09              | *         |
| 36.2                                                                    | 1870           | 135.6                   | 2                        | 2.57E-07              |           |
| 38.2                                                                    | 88             | 133.6                   | 2                        | 1.21E-08              |           |
| 40.1                                                                    | 2700           | 131.8                   | 2                        | 3.71E-07              |           |
| 40.5                                                                    | 41100          | 131.3                   | 2                        | 5.65E-06              |           |
| 41.2                                                                    | 13100          | 130.8                   | 2                        | 1.80E-06              |           |
| 43.9                                                                    | 31400          | 128.1                   | 2                        | 4.31E-06              |           |
| 45.7                                                                    | 27400          | 126.4                   | 2                        | 3.76E-06              |           |
| 48.2                                                                    | 1230           | 124.0                   | 2                        | 1.69E-07              |           |
| 50.8                                                                    | 106000         | 121.5                   | 2                        | 1.46E-05              |           |
| 51.7                                                                    | 259            | 120.7                   | 2                        | 3.56E-08              |           |
| 53.3                                                                    | 52             | 119.3                   | 2                        | 7.14E-09              | *         |
| 58.4                                                                    | 54             | 114.4                   | 2                        | 7.42E-09              | *         |
| 59.4                                                                    | 9280           | 113.4                   | 2                        | 1.27E-06              |           |
| 60.4                                                                    | 29600          | 112.4                   | 2                        | 4.07E-06              |           |
| 61.6                                                                    | 41500          | 111.1                   | 2                        | 5.70E-06              |           |
| 61.8                                                                    | 20600          | 110.9                   | 2                        | 2.83E-06              |           |
| 63.1                                                                    | 1450           | 109.8                   | 2                        | 1.99E-07              |           |
| 64.4                                                                    | 4540           | 108.6                   | 2                        | 6.24E-07              |           |
| 65.6                                                                    | 139            | 107.2                   | 2                        | 1.91E-08              |           |
| 66.4                                                                    | 111            | 106.6                   | 2                        | 1.52E-08              |           |
| 70.7                                                                    | 2120           | 102.5                   | 2                        | 2.91E-07              |           |
| 72.6                                                                    | 64             | 100.6                   | 2                        | 8.79E-09              | *         |
| 76.4                                                                    | 1020           | 96.9                    | 2                        | 1.40E-07              |           |
| 77.2                                                                    | 361            | 96.2                    | 2                        | 4.96E-08              |           |
| 82.2                                                                    | 80             | 91.3                    | 2                        | 1.10E-08              |           |
| 87.7                                                                    | 26             | 86.3                    | 2                        | 3.57E-09              | *         |
| 88.9                                                                    | 2790           | 85.0                    | 2                        | 3.83E-07              |           |
| 92.8                                                                    | 72             | 81.3                    | 2                        | 9.89E-09              |           |
| 94.2                                                                    | 1800           | 79.9                    | 2                        | 2.47E-07              |           |
| 96.5                                                                    | 480            | 77.7                    | 2                        | 6.59E-08              | *         |

\* Epävarma rako. Virtaus on vähemmän kuin 30 mL/h tai virtausanomaliat ovat päällekkäin tai epäselviä kohinan takia.

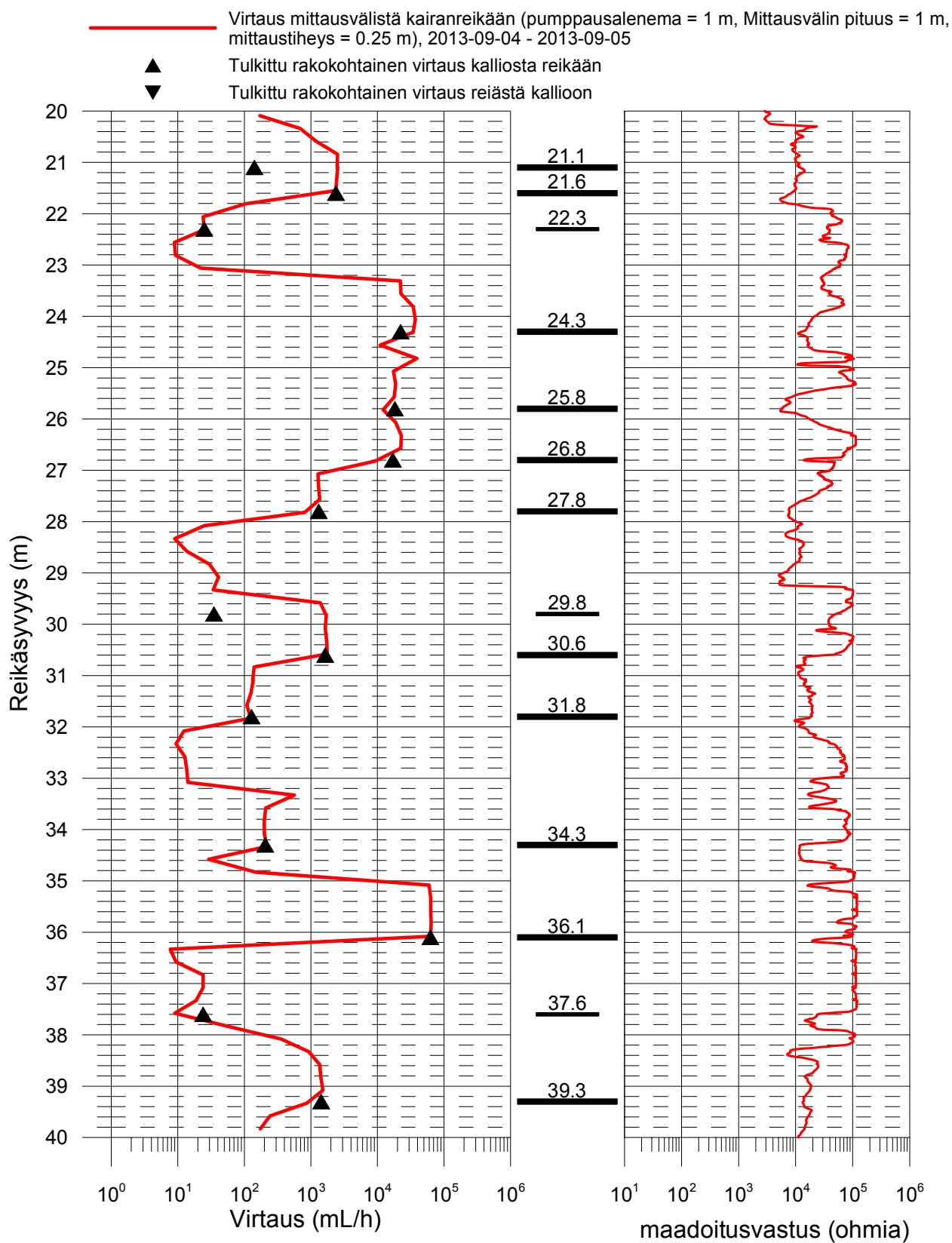
## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus



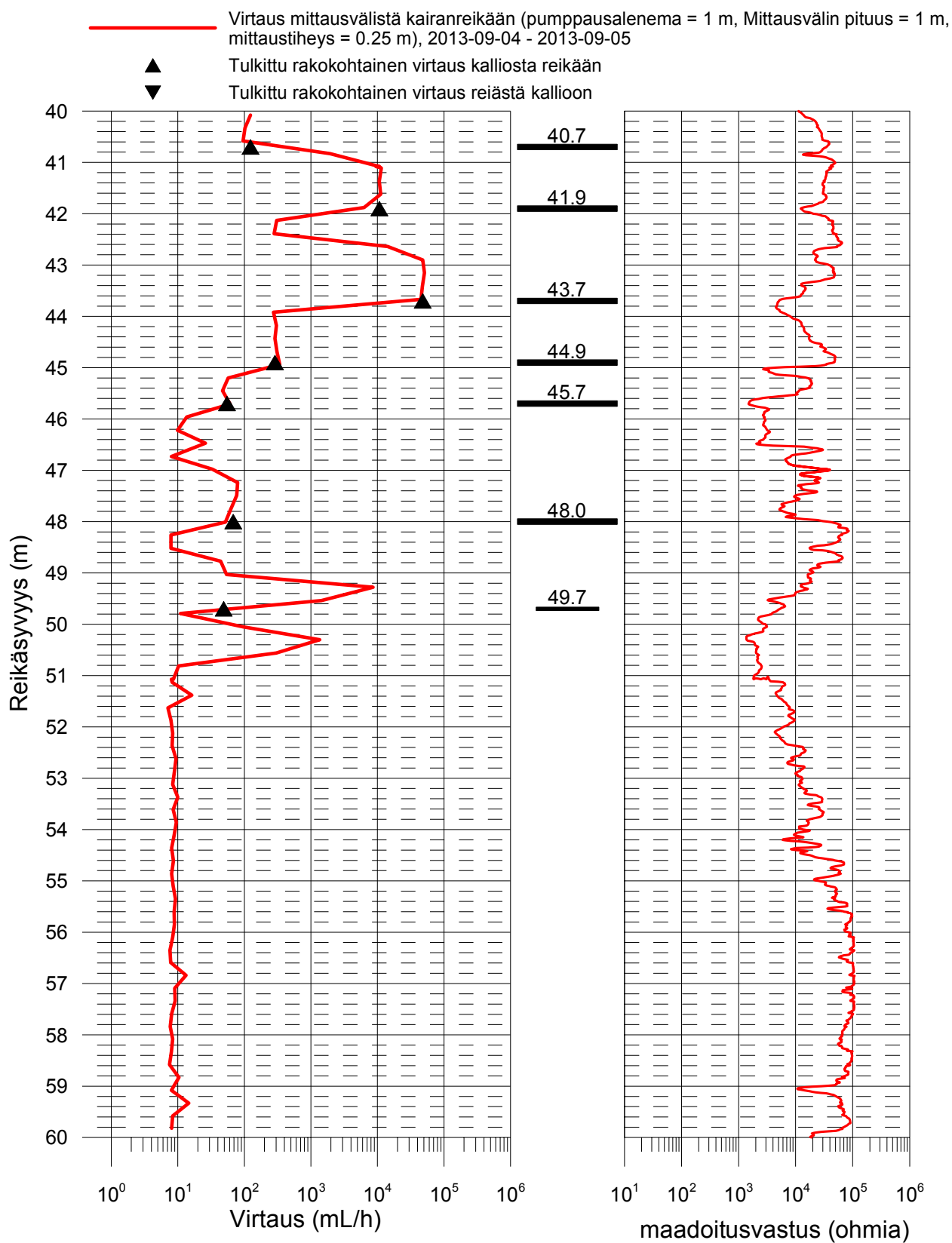
## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus



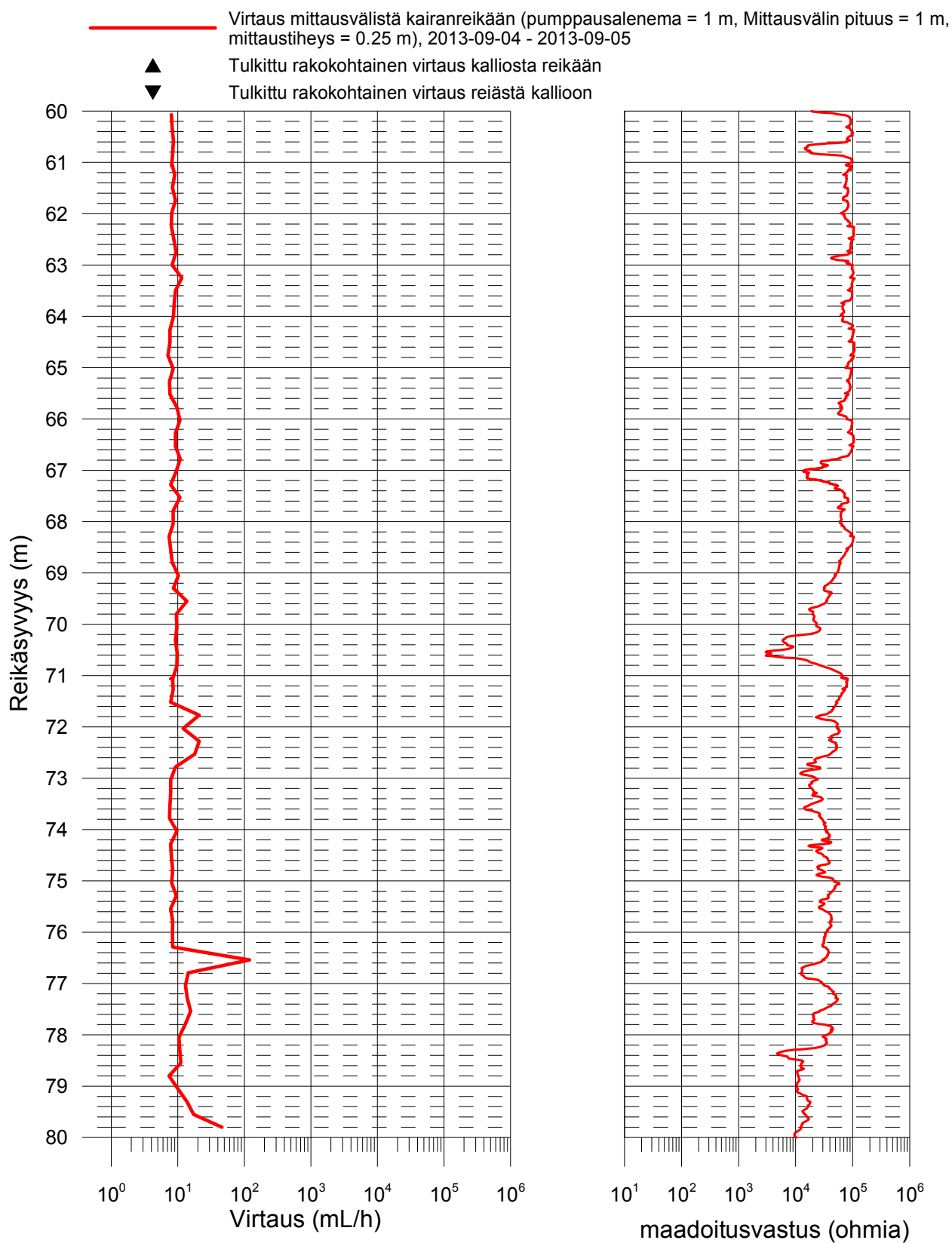
## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus

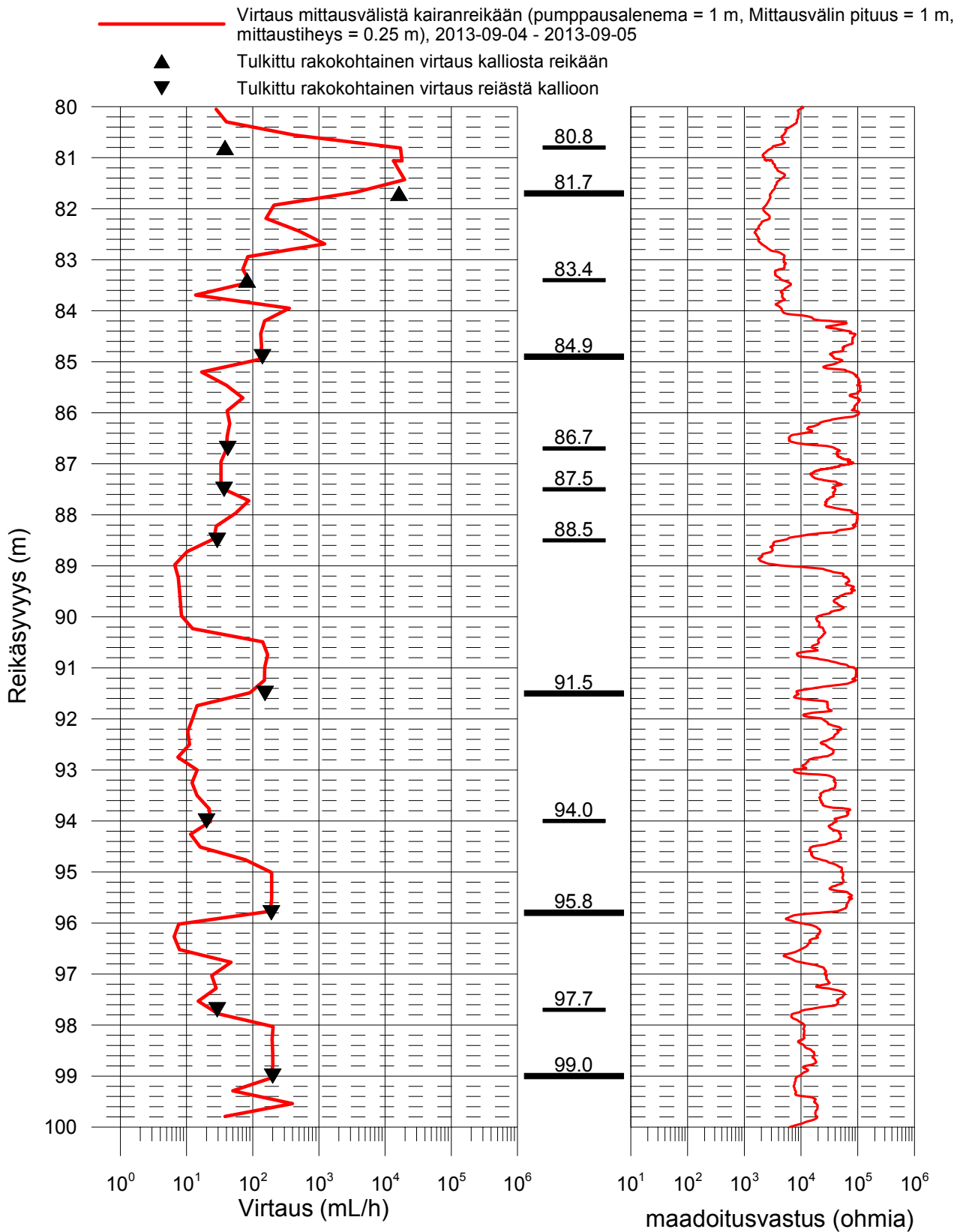


## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus



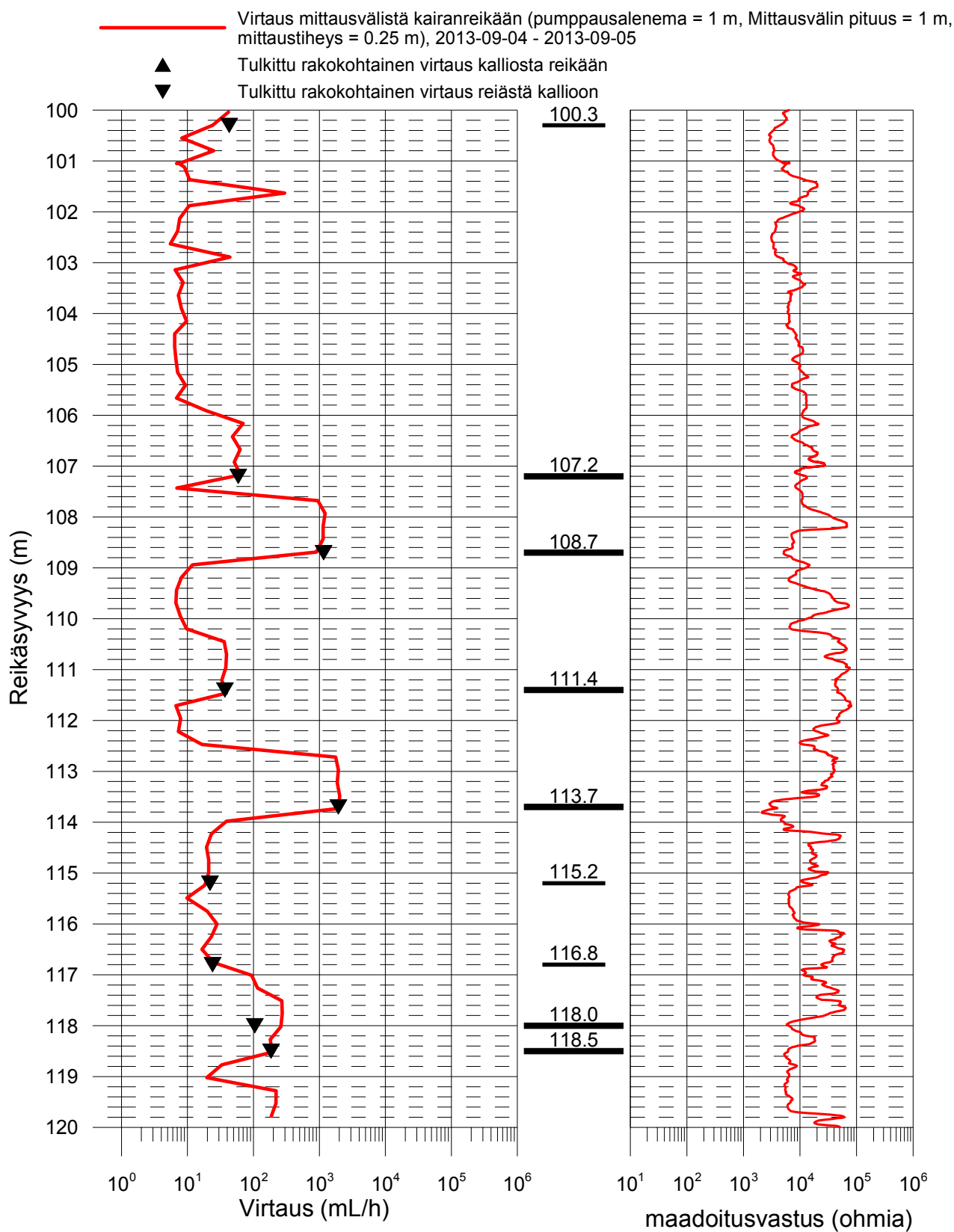
## Suhanko, kairanreikä SUH-389 Virtaus ja maadoitusvastus





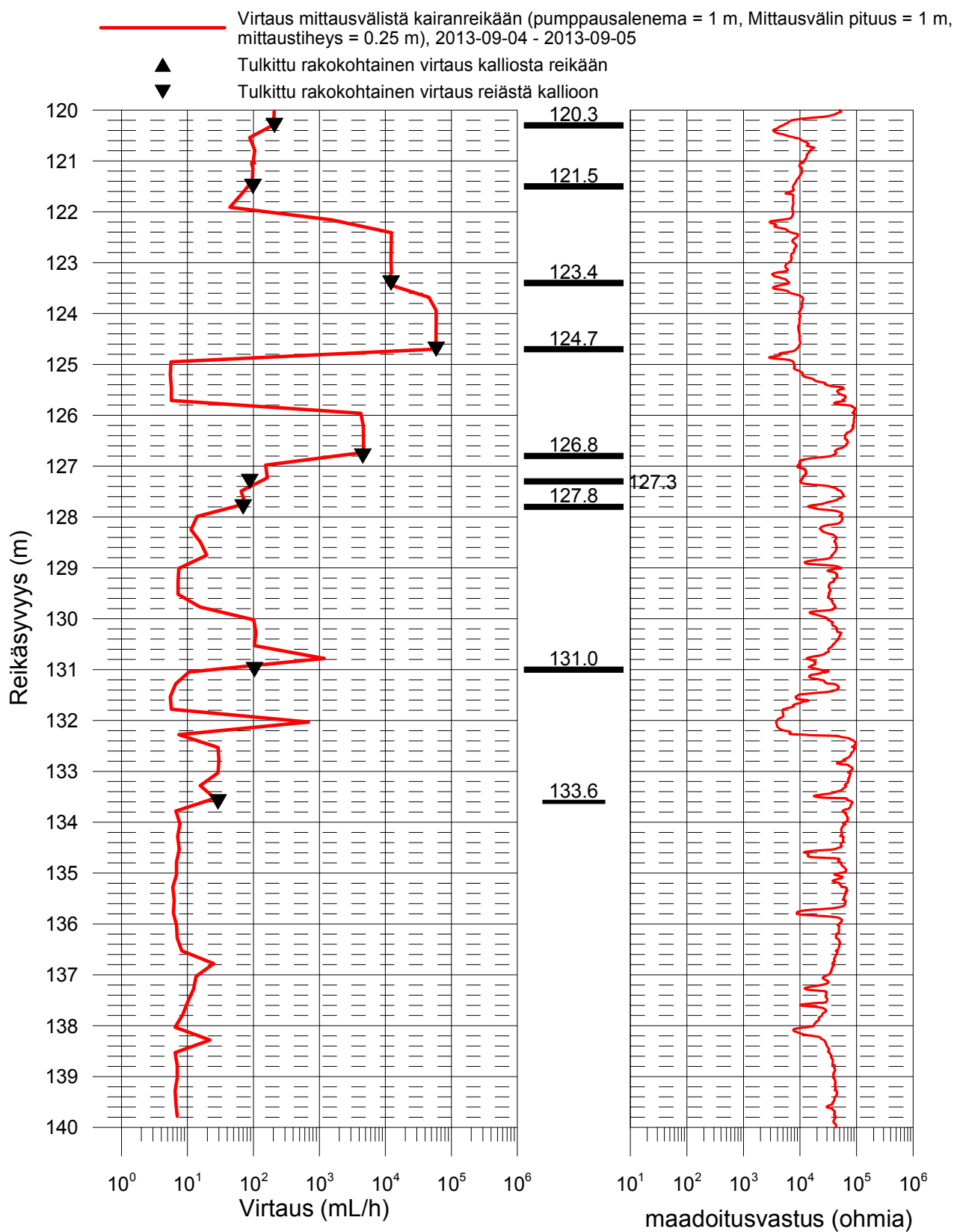
## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus



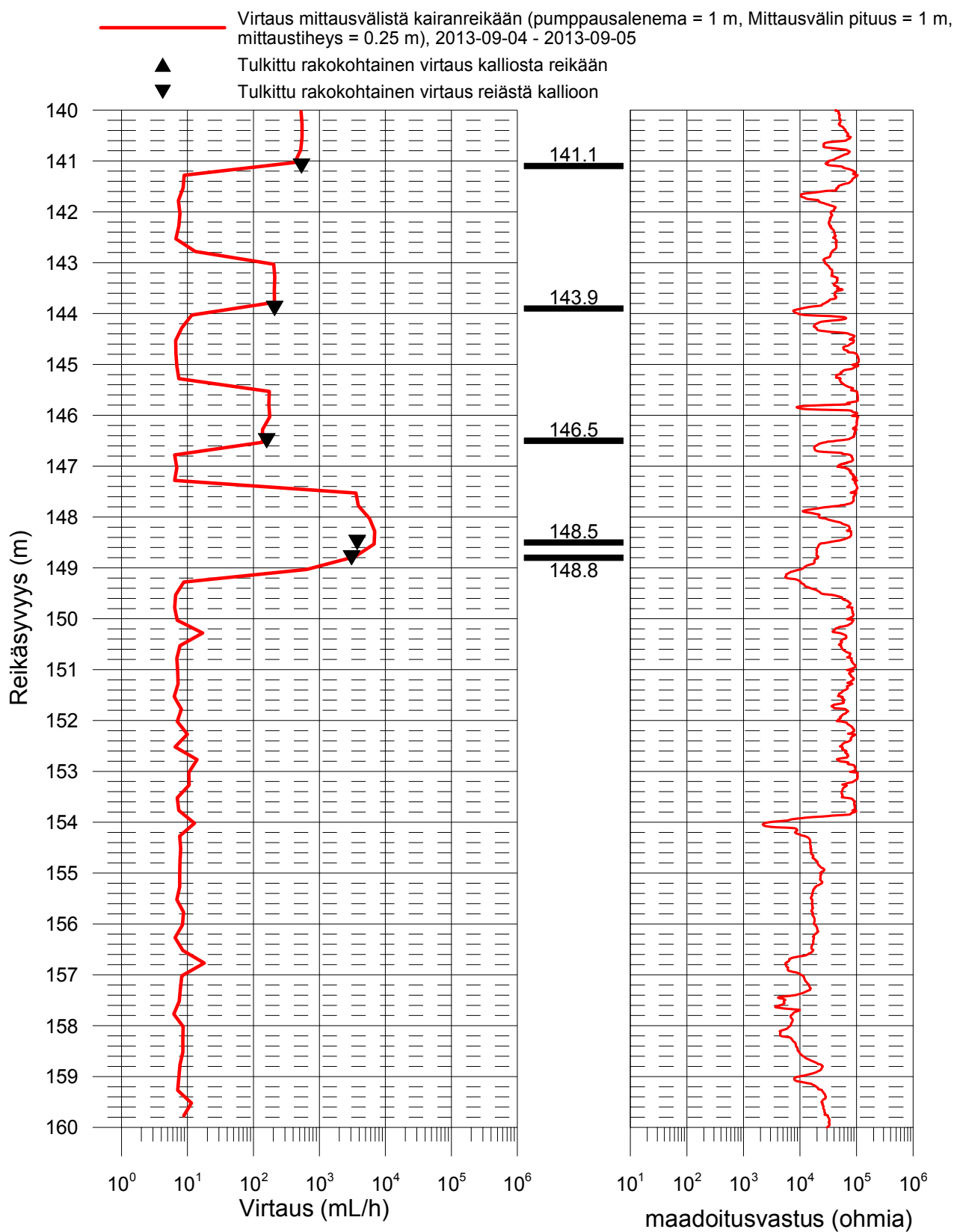
## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus



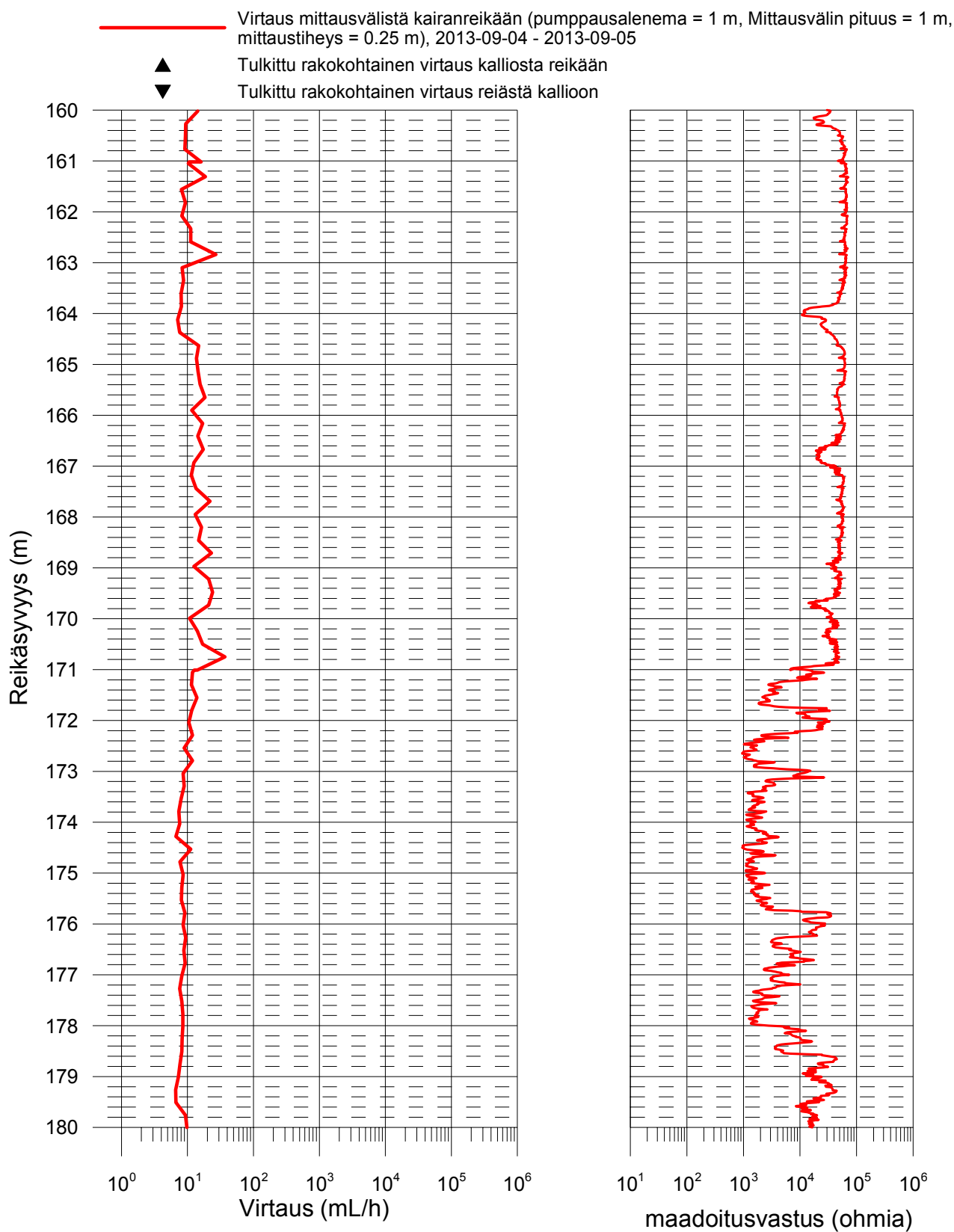
## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus



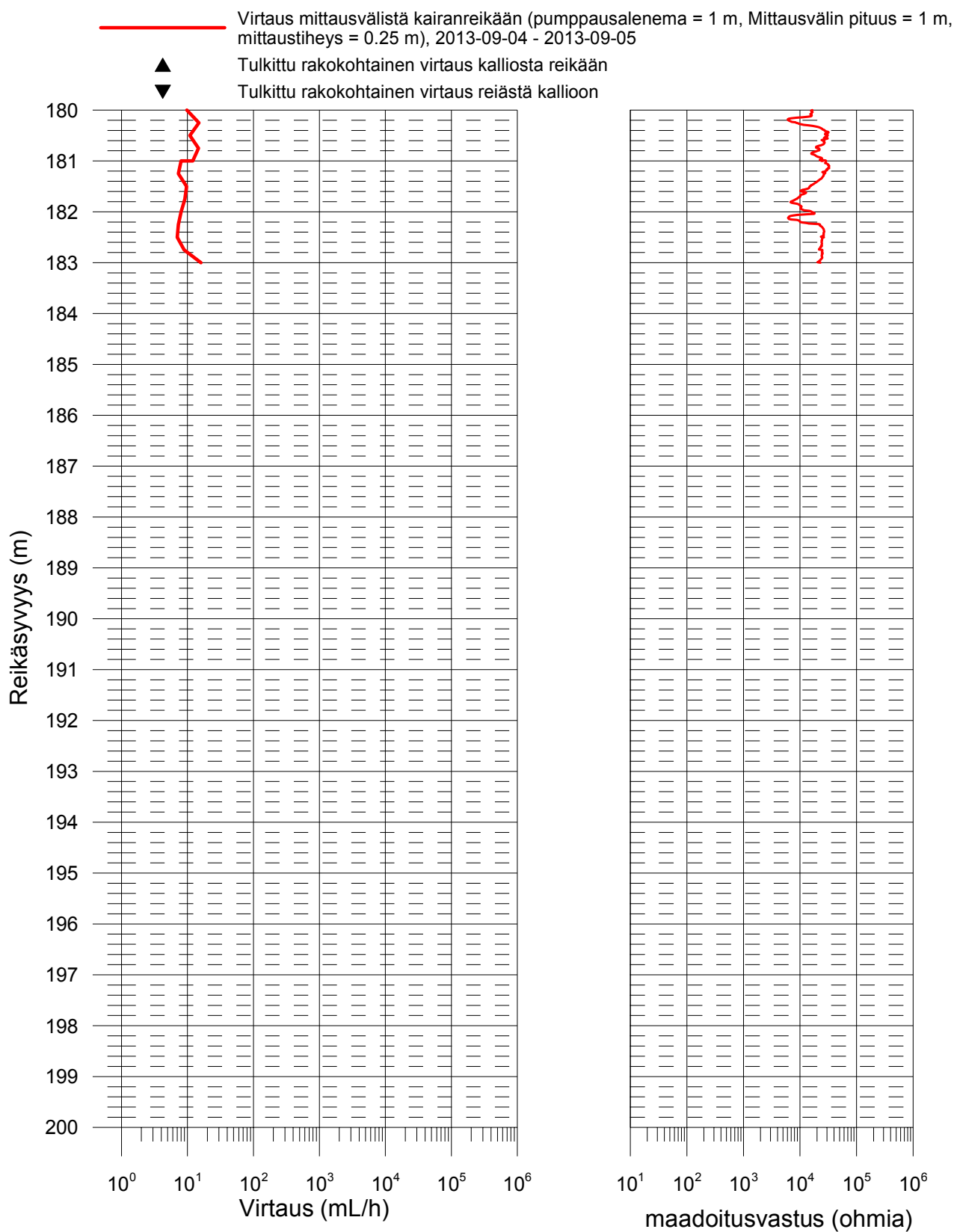
## Suhanko, kairanreikä SUH-389

### Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SUH-389

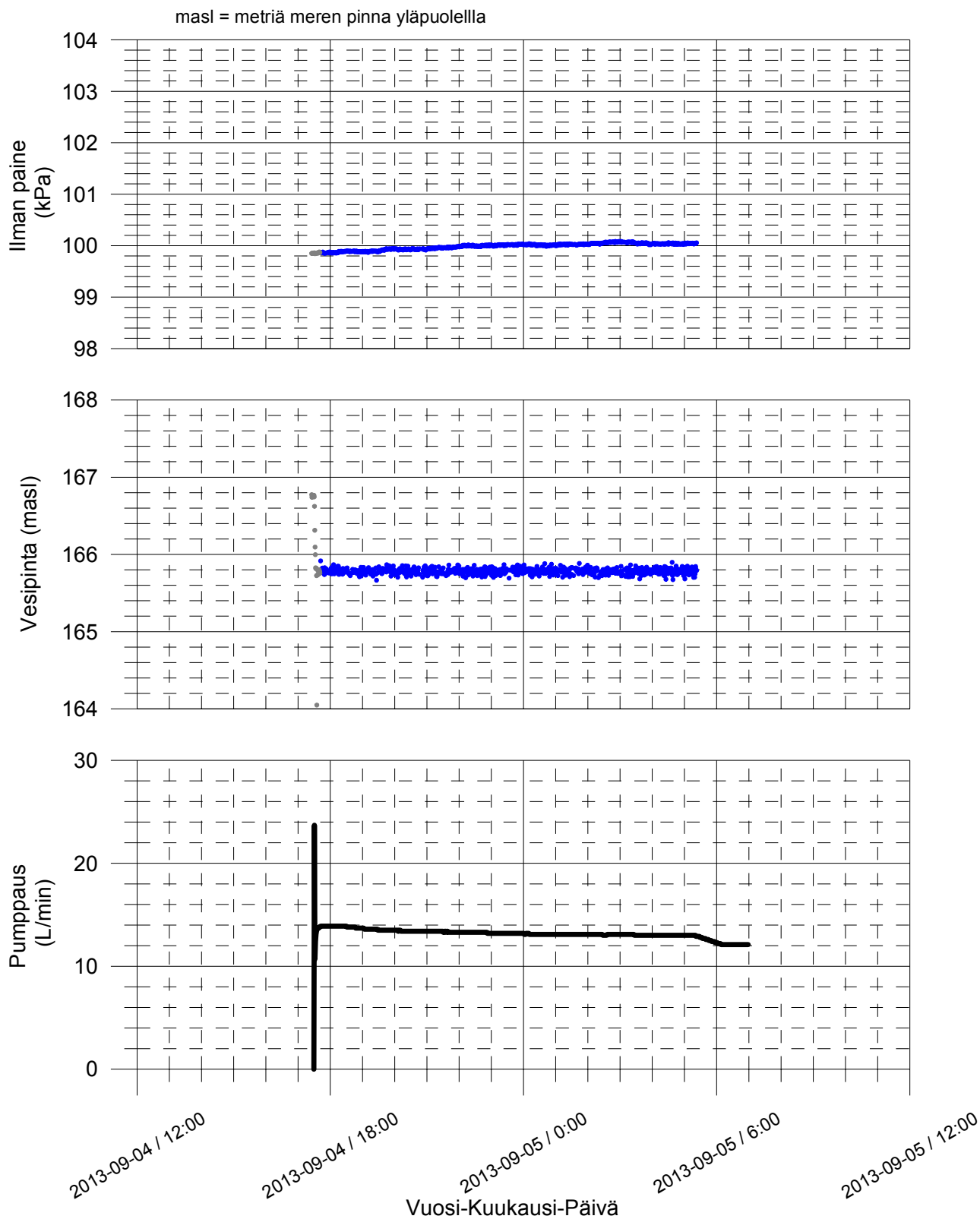
### Virtaus ja maadoitusvastus



## Suhanko, kairanreikä SUH-389

## Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana

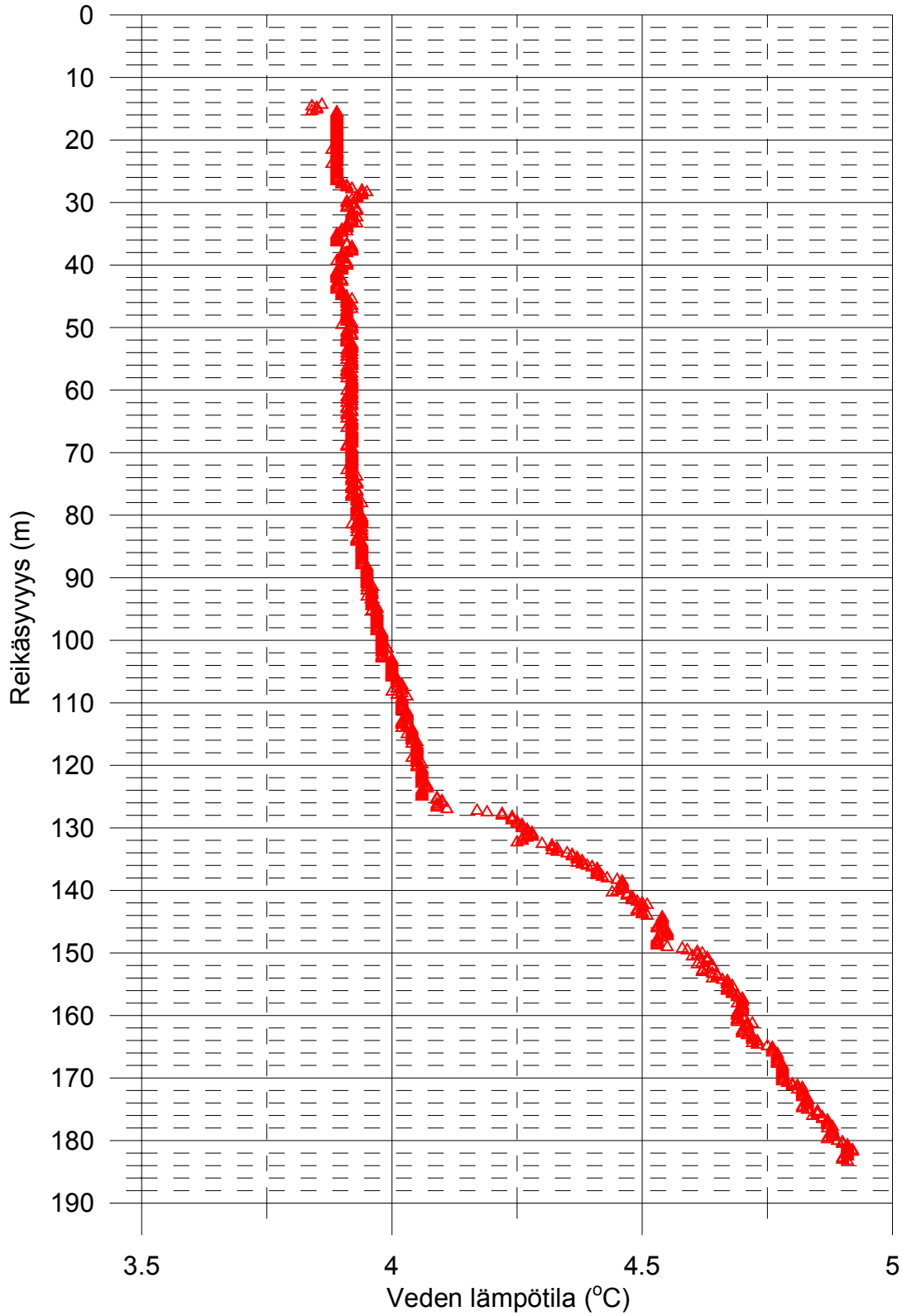
- Vesipinta pumppauksen aikana (Pumppausalenema = 1 m, Mittausväli = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m)
- Vesipinnan tasoittumisen odottelua



# Suhanko, Kairanreikä SUH-389

## Reikäveden lämpötila

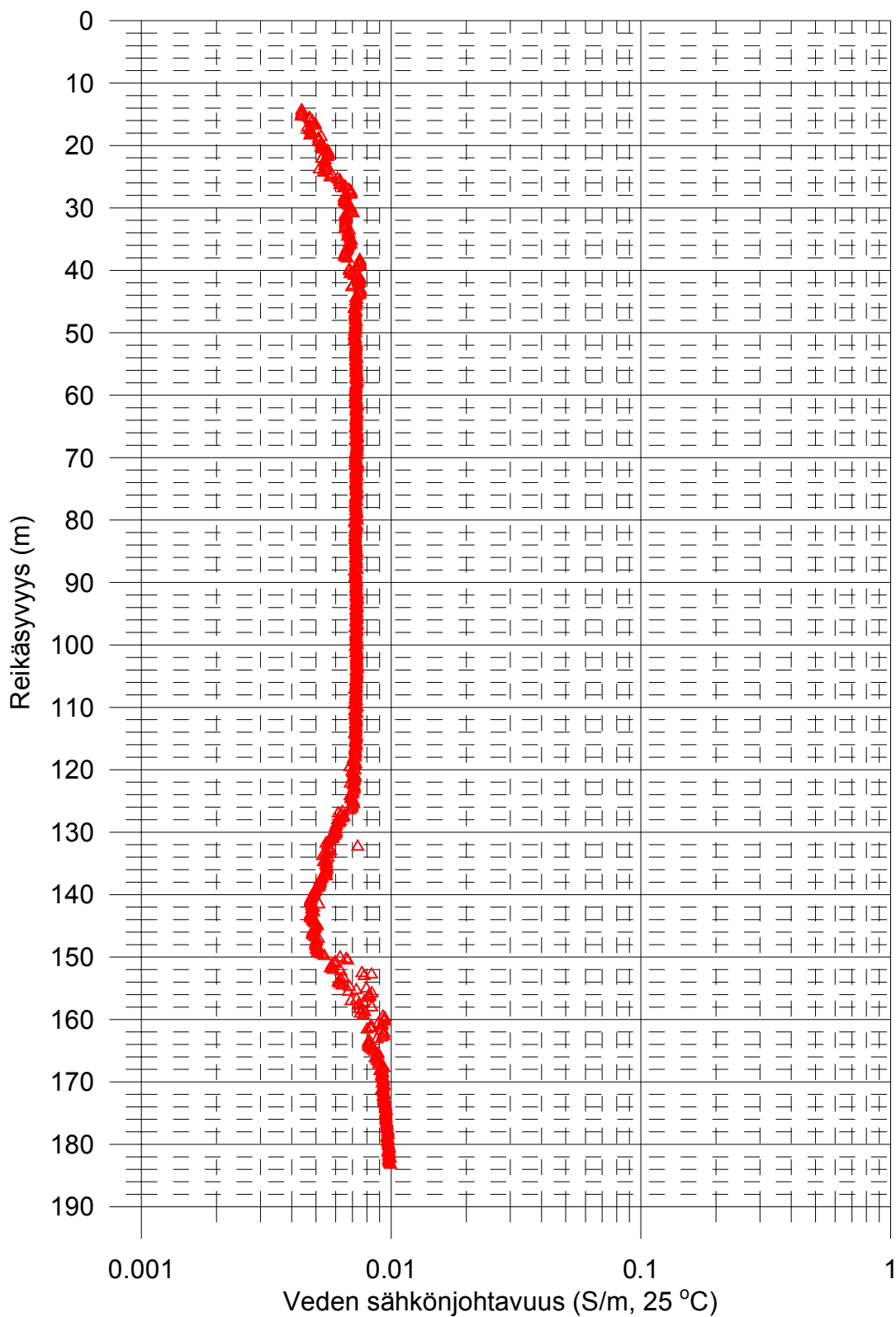
▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-09-04 - 2013-09-05



## Suhanko, Kairanreikä SUH-389

### Reikäveden sähköjohtavuus

▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-09-04 - 2013-09-05

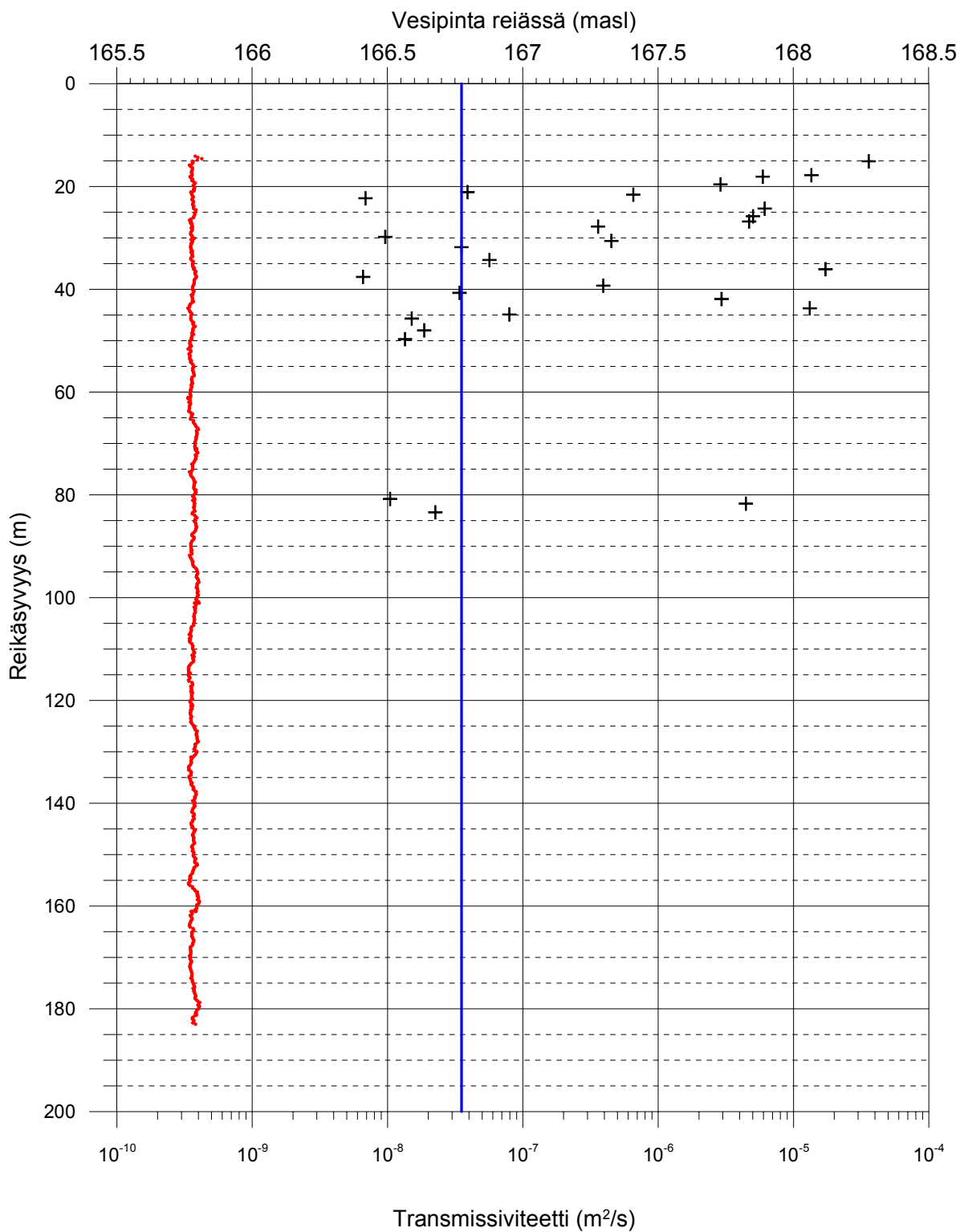




Suhanko, kairanreikä SUH-389  
 Havaittujen rakojen transmissiviteetti  
 2013-09-04 - 2013-09-05

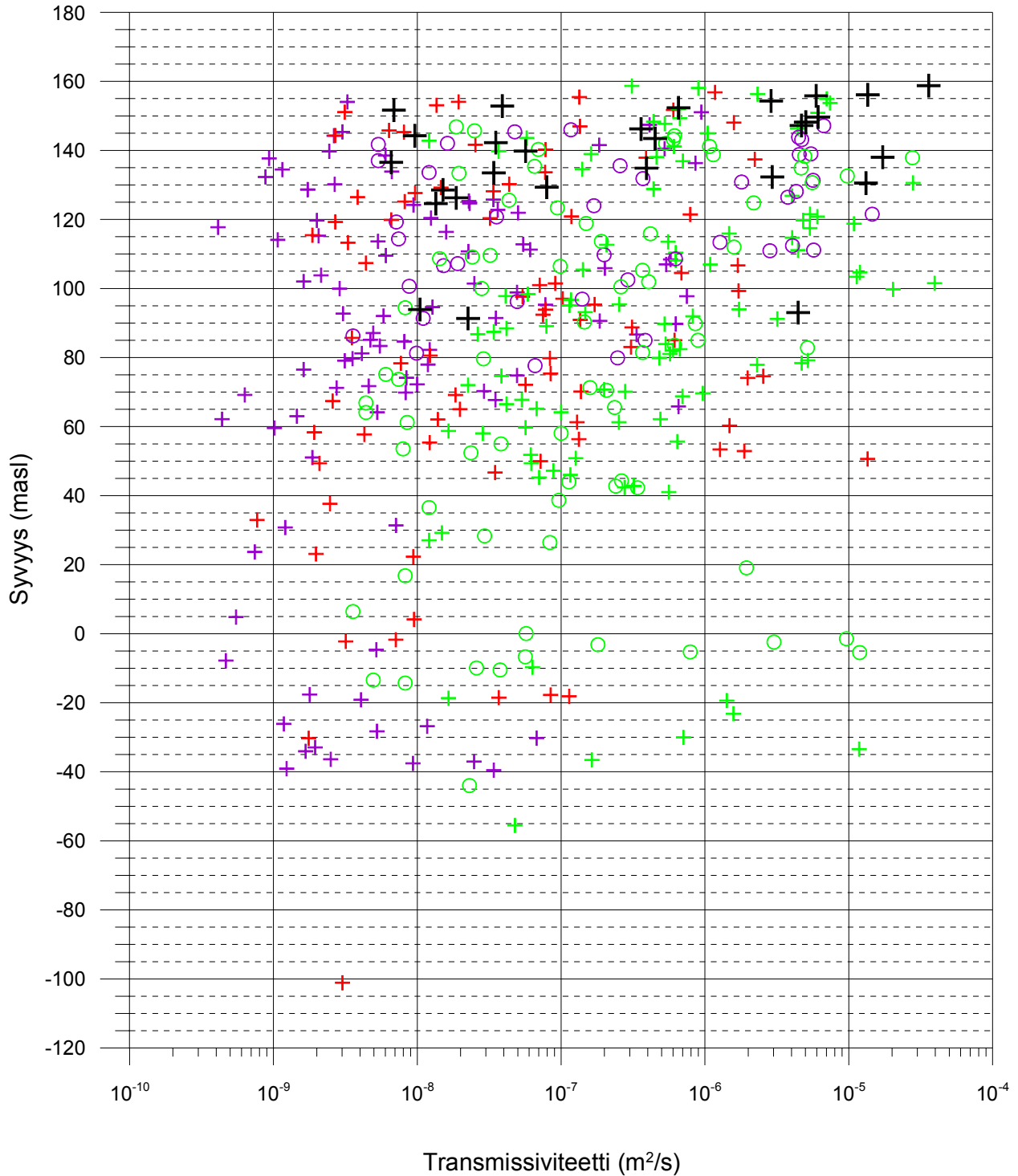
Pumppausalenema = Vesipinta ennen pumppausta  
 miinus vesipinta pumppauksen aikana

- + Raon transmissiviteetti
- Vesipinta reiässä pumppauksen aikana
- Vesipinta ennen pumppauksen käynnistämistä



Suhanko  
Havaittujen rakojen transmissiviteetit  
2013-08-27 - 2013-09-13

- + SN-41 Raon transmissiviteetti
- + SUH-204 Raon transmissiviteetti
- + SUH-262 Raon transmissiviteetti
- SUH-348 Raon transmissiviteetti
- + SUH-389 Raon transmissiviteetti
- SUH-587 Raon transmissiviteetti



## Taulukoidut tulokset havaituista raoista, SUH-389

| Maanpinnan korkeustaso (masl):<br>masl = metriä merenpinnan yläpuolella | 173.64         |                         |                          |                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| Reiän kaade (asteina):                                                  | 79.37          |                         |                          |                       |           |
| Reiän suuntainen rakosyvyys (m)                                         | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-<br>alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
| 15.1                                                                    | 131000         | 158.8                   | 1                        | 3.60E-05              |           |
| 17.8                                                                    | 49300          | 156.1                   | 1                        | 1.35E-05              |           |
| 18.1                                                                    | 21600          | 155.8                   | 1                        | 5.93E-06              |           |
| 19.6                                                                    | 10500          | 154.3                   | 1                        | 2.88E-06              |           |
| 21.1                                                                    | 142            | 152.8                   | 1                        | 3.90E-08              |           |
| 21.6                                                                    | 2380           | 152.3                   | 1                        | 6.54E-07              |           |
| 22.3                                                                    | 25             | 151.6                   | 1                        | 6.87E-09              | *         |
| 24.3                                                                    | 22300          | 149.7                   | 1                        | 6.13E-06              |           |
| 25.8                                                                    | 18300          | 148.2                   | 1                        | 5.03E-06              |           |
| 26.8                                                                    | 17100          | 147.2                   | 1                        | 4.70E-06              |           |
| 27.8                                                                    | 1310           | 146.2                   | 1                        | 3.60E-07              |           |
| 29.8                                                                    | 35             | 144.2                   | 1                        | 9.62E-09              | *         |
| 30.6                                                                    | 1640           | 143.4                   | 1                        | 4.51E-07              |           |
| 31.8                                                                    | 128            | 142.3                   | 1                        | 3.52E-08              |           |
| 34.3                                                                    | 206            | 139.8                   | 1                        | 5.66E-08              |           |
| 36.1                                                                    | 62600          | 138.0                   | 1                        | 1.72E-05              |           |
| 37.6                                                                    | 24             | 136.5                   | 1                        | 6.59E-09              | *         |
| 39.3                                                                    | 1430           | 134.9                   | 1                        | 3.93E-07              |           |
| 40.7                                                                    | 124            | 133.5                   | 1                        | 3.41E-08              |           |
| 41.9                                                                    | 10700          | 132.3                   | 1                        | 2.94E-06              |           |
| 43.7                                                                    | 48000          | 130.5                   | 1                        | 1.32E-05              |           |
| 44.9                                                                    | 289            | 129.3                   | 1                        | 7.94E-08              |           |
| 45.7                                                                    | 55             | 128.5                   | 1                        | 1.51E-08              |           |
| 48.0                                                                    | 68             | 126.3                   | 1                        | 1.87E-08              |           |
| 49.7                                                                    | 49             | 124.6                   | 1                        | 1.35E-08              | *         |
| 80.8                                                                    | 38             | 93.9                    | 1                        | 1.04E-08              | *         |
| 81.7                                                                    | 16200          | 93.0                    | 1                        | 4.45E-06              |           |
| 83.4                                                                    | 82             | 91.3                    | 1                        | 2.25E-08              | *         |
| 84.9                                                                    | -140           | 89.8                    | 1                        | -                     | **        |
| 86.7                                                                    | -42            | 88.1                    | 1                        | -                     | * **<br>, |
| 87.5                                                                    | -37            | 87.3                    | 1                        | -                     | * **<br>, |
| 88.5                                                                    | -29            | 86.3                    | 1                        | -                     | * **<br>, |
| 91.5                                                                    | -153           | 83.3                    | 1                        | -                     | **        |
| 94.0                                                                    | -20            | 80.9                    | 1                        | -                     | * **<br>, |
| 95.8                                                                    | -191           | 79.1                    | 1                        | -                     | **        |
| 97.7                                                                    | -29            | 77.2                    | 1                        | -                     | * **<br>, |
| 99.0                                                                    | -200           | 75.9                    | 1                        | -                     | **        |
| 100.3                                                                   | -43            | 74.6                    | 1                        | -                     | * **<br>, |
| 107.2                                                                   | -59            | 67.8                    | 1                        | -                     | **        |
| 108.7                                                                   | -1160          | 66.4                    | 1                        | -                     | **        |
| 111.4                                                                   | -37            | 63.7                    | 1                        | -                     | **        |
| 113.7                                                                   | -1940          | 61.4                    | 1                        | -                     | **        |

| Reiän suuntainen rakosyvyys (m) | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| 115.2                           | -22            | 60.0                    | 1                    | -                     | * **      |
| 116.8                           | -24            | 58.4                    | 1                    | -                     | * **      |
| 118.0                           | -105           | 57.2                    | 1                    | -                     | **        |
| 118.5                           | -185           | 56.7                    | 1                    | -                     | **        |
| 120.3                           | -208           | 54.9                    | 1                    | -                     | **        |
| 121.5                           | -98            | 53.7                    | 1                    | -                     | **        |
| 123.4                           | -12200         | 51.9                    | 1                    | -                     | **        |
| 124.7                           | -58800         | 50.6                    | 1                    | -                     | **        |
| 126.8                           | -4550          | 48.5                    | 1                    | -                     | **        |
| 127.3                           | -88            | 48.0                    | 1                    | -                     | **        |
| 127.8                           | -70            | 47.5                    | 1                    | -                     | **        |
| 131.0                           | -104           | 44.4                    | 1                    | -                     | **        |
| 133.6                           | -29            | 41.8                    | 1                    | -                     | * **      |
| 141.1                           | -534           | 34.4                    | 1                    | -                     | **        |
| 143.9                           | -209           | 31.7                    | 1                    | -                     | **        |
| 146.5                           | -159           | 29.1                    | 1                    | -                     | **        |
| 148.5                           | -3740          | 27.2                    | 1                    | -                     | **        |
| 148.8                           | -3070          | 26.9                    | 1                    | -                     | **        |

\* Epävarma rako. Virtaus on vähemmän kuin 30 mL/h tai virtausanomaliat ovat päällekkäin tai epäselviä kohinan takia.

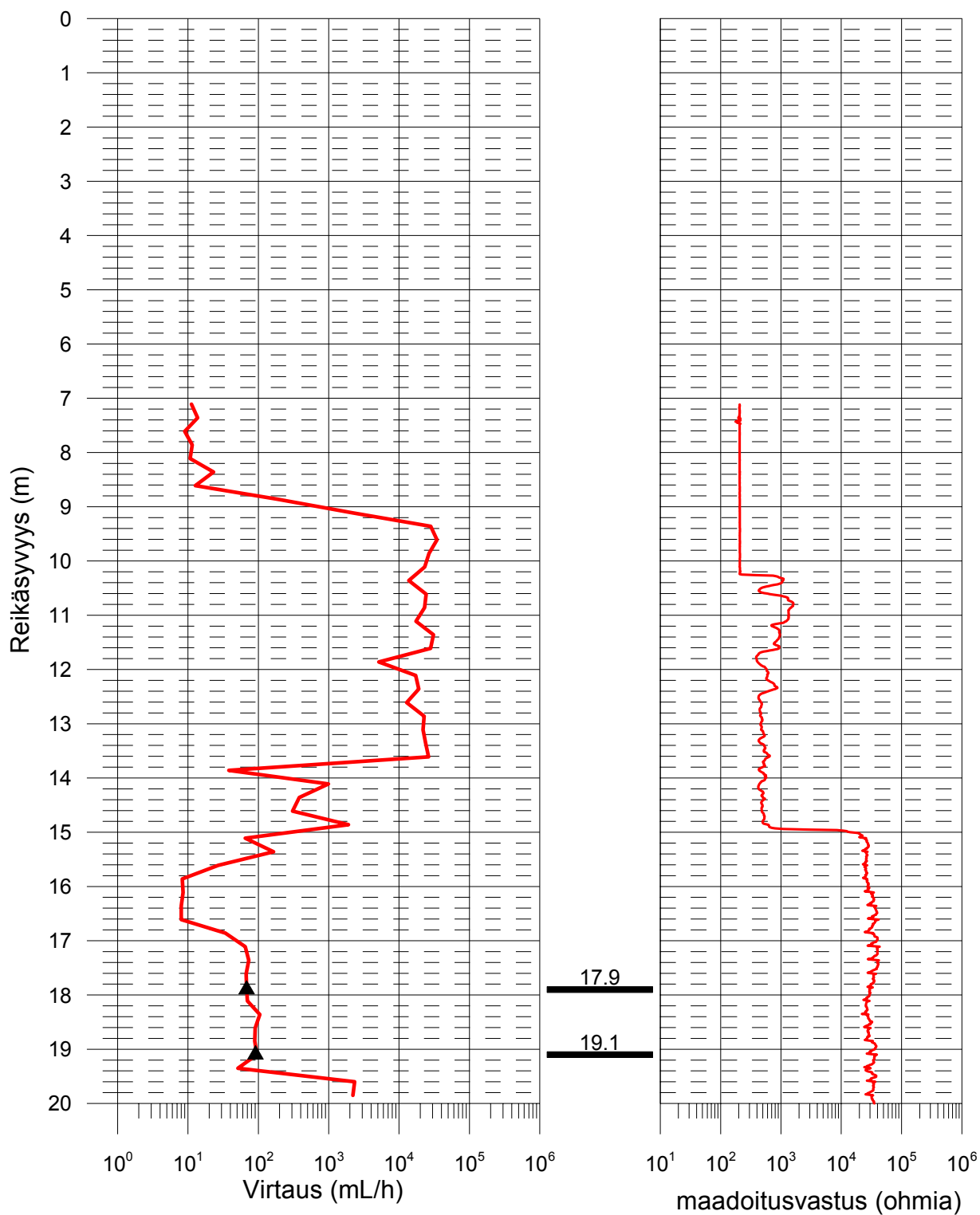
\*\* Transmissiviteettiä (T) ei voida määrittää negatiivisen virtausarvon johdosta.

## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

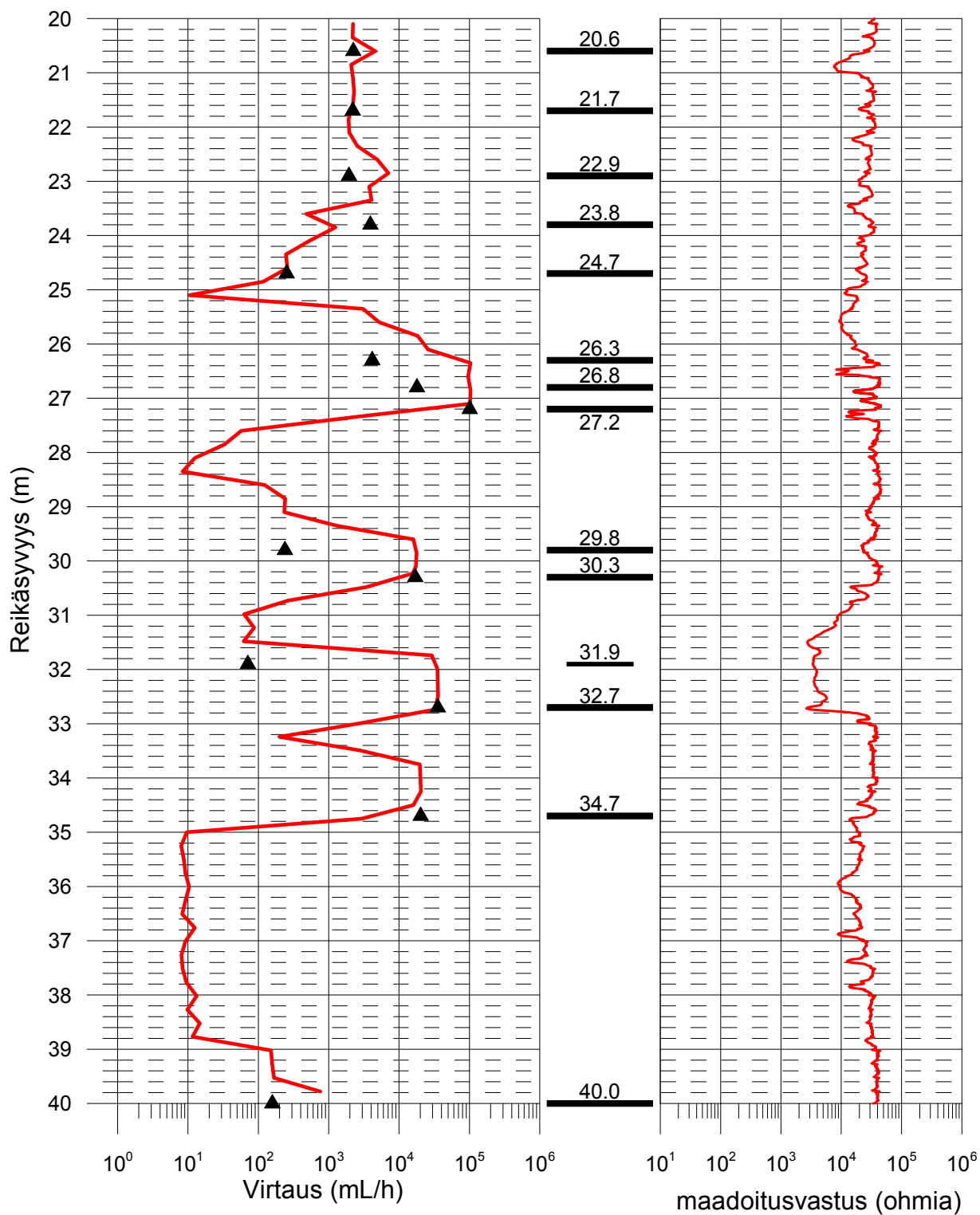


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

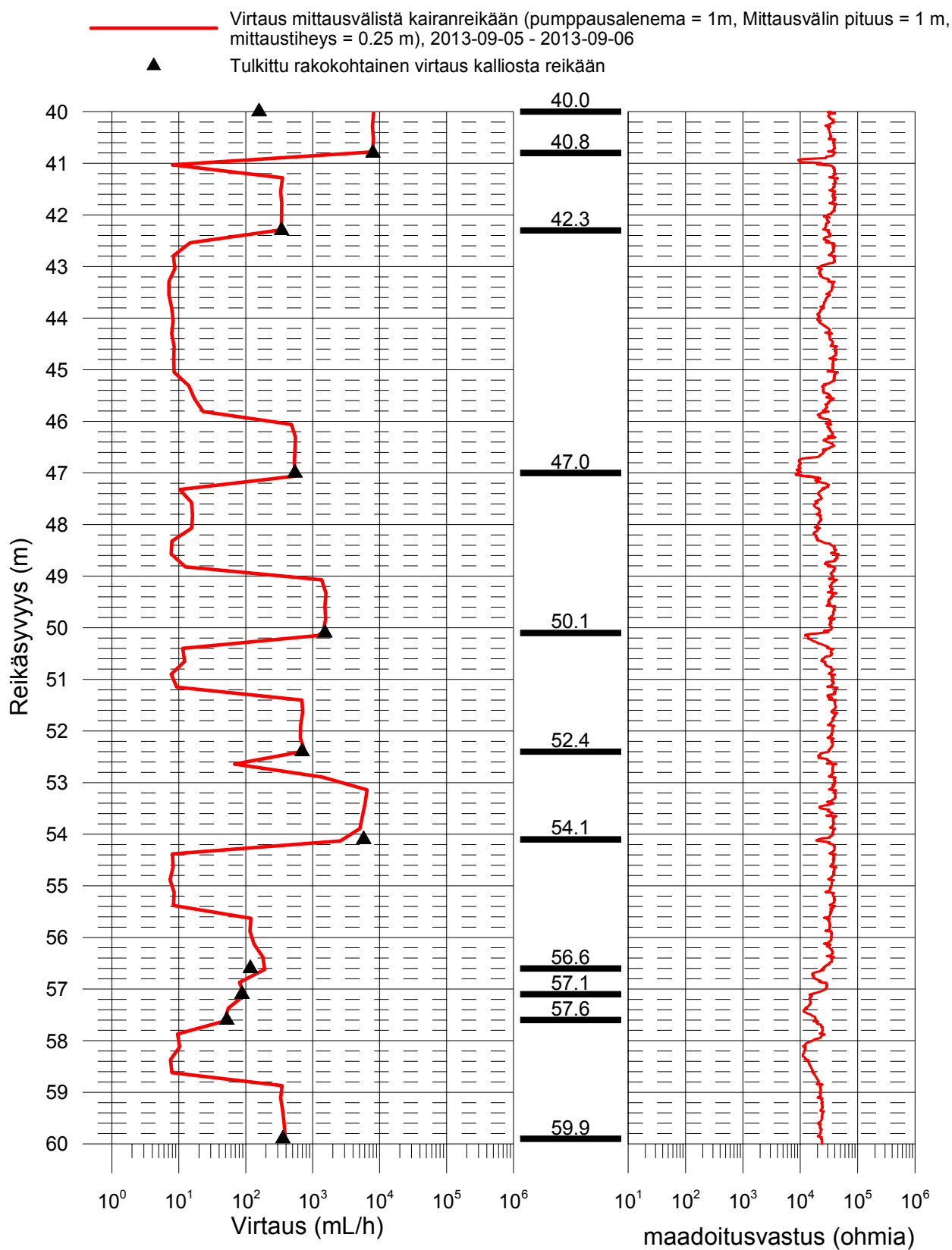
— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

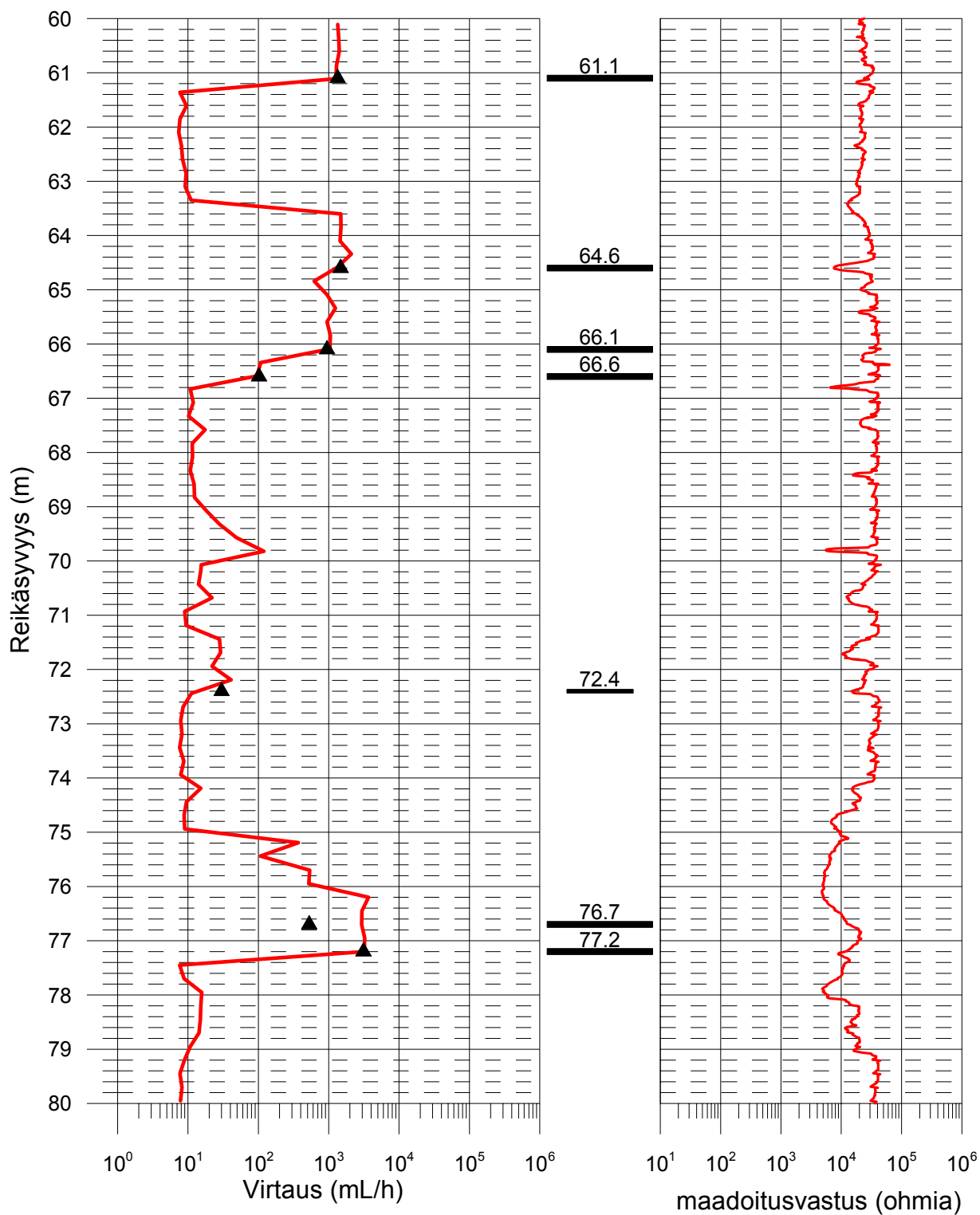


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



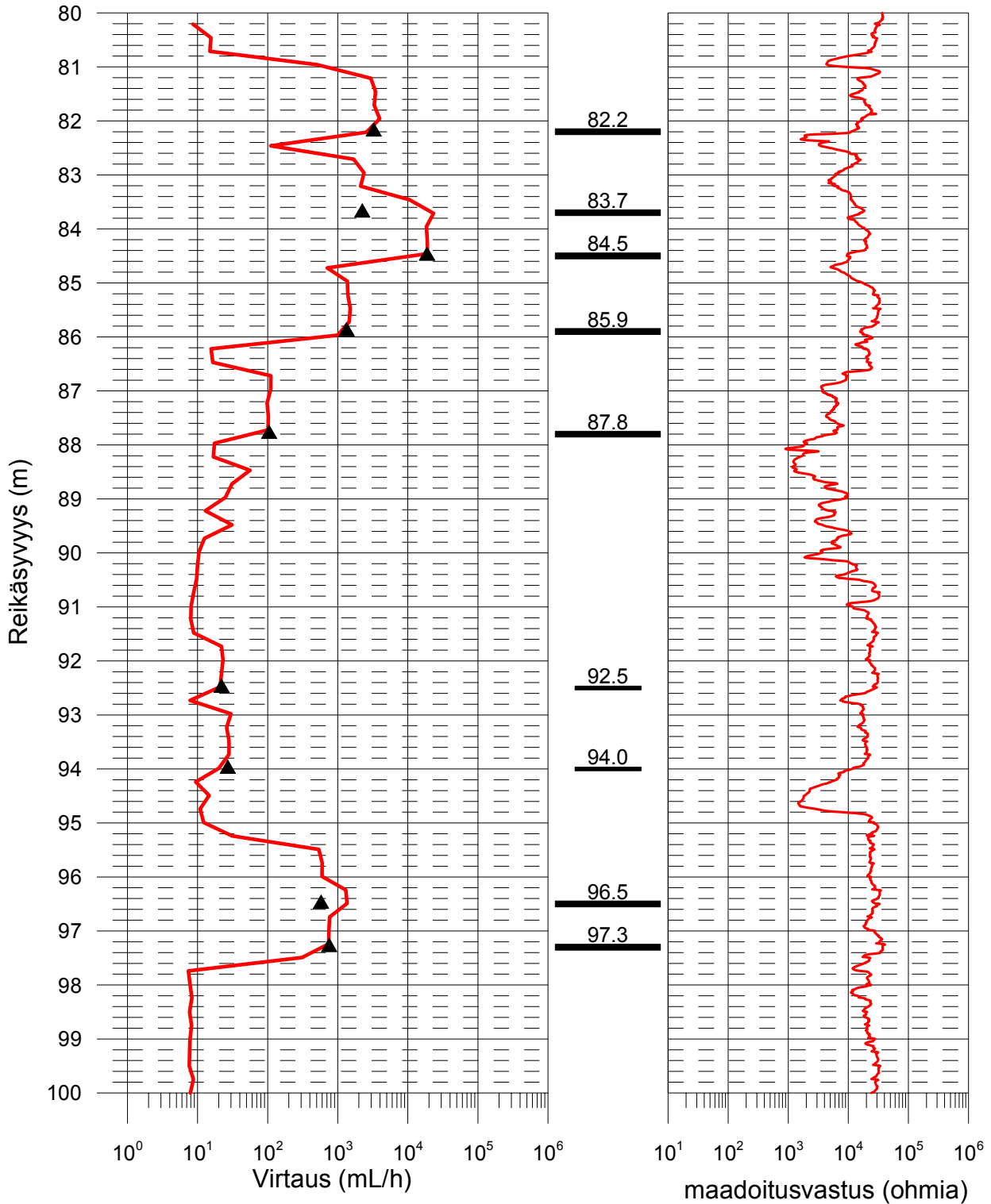


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

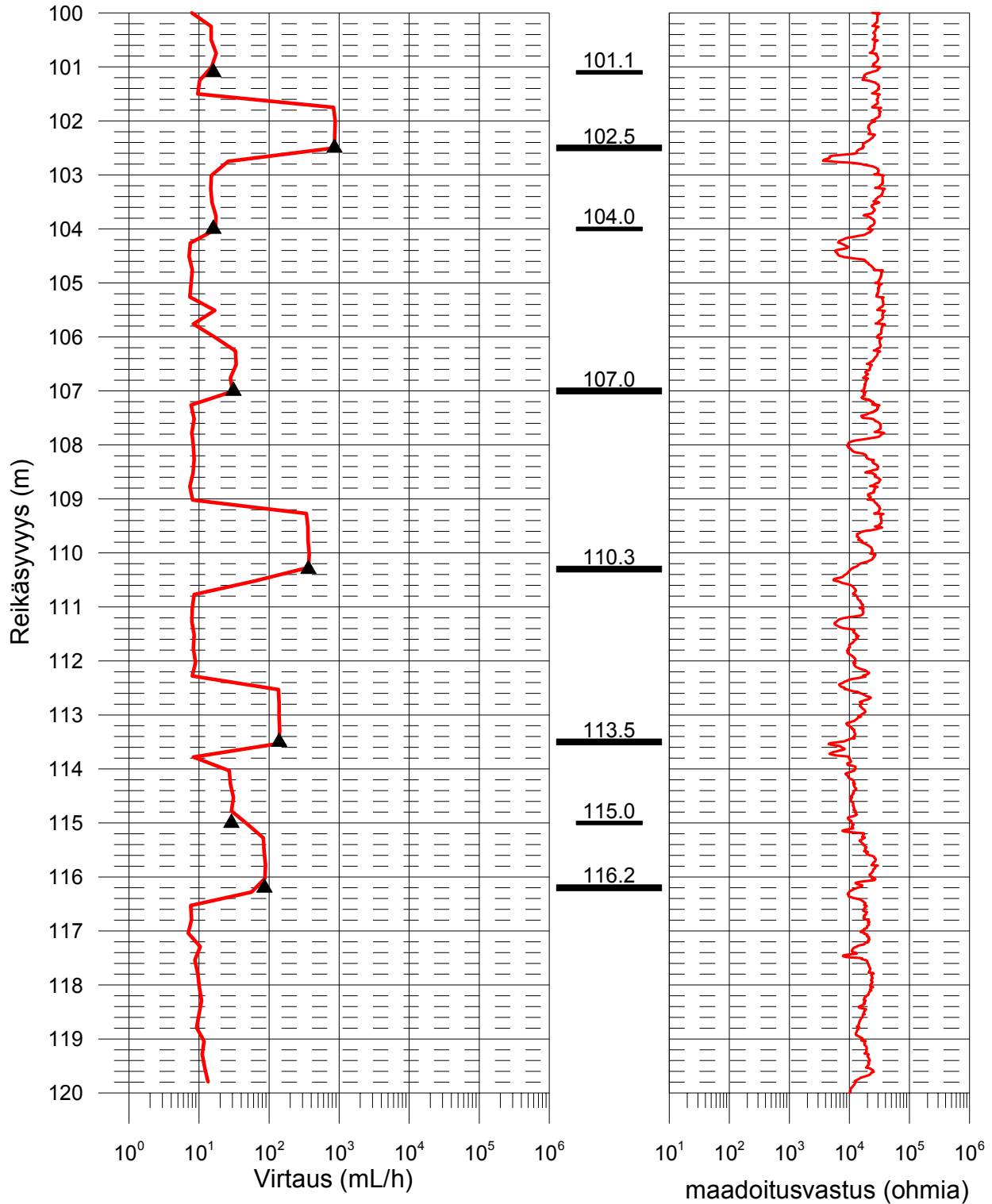


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

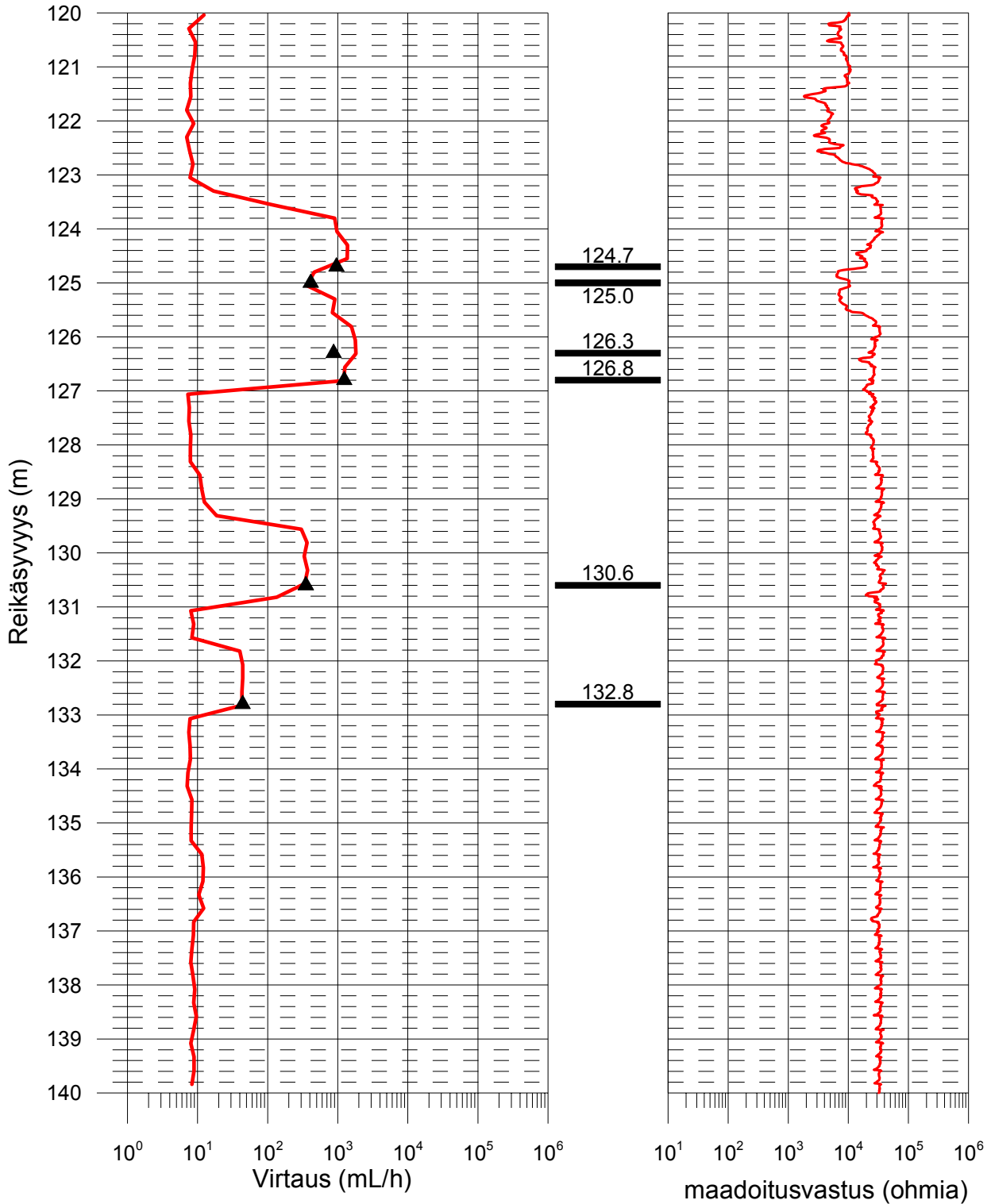


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

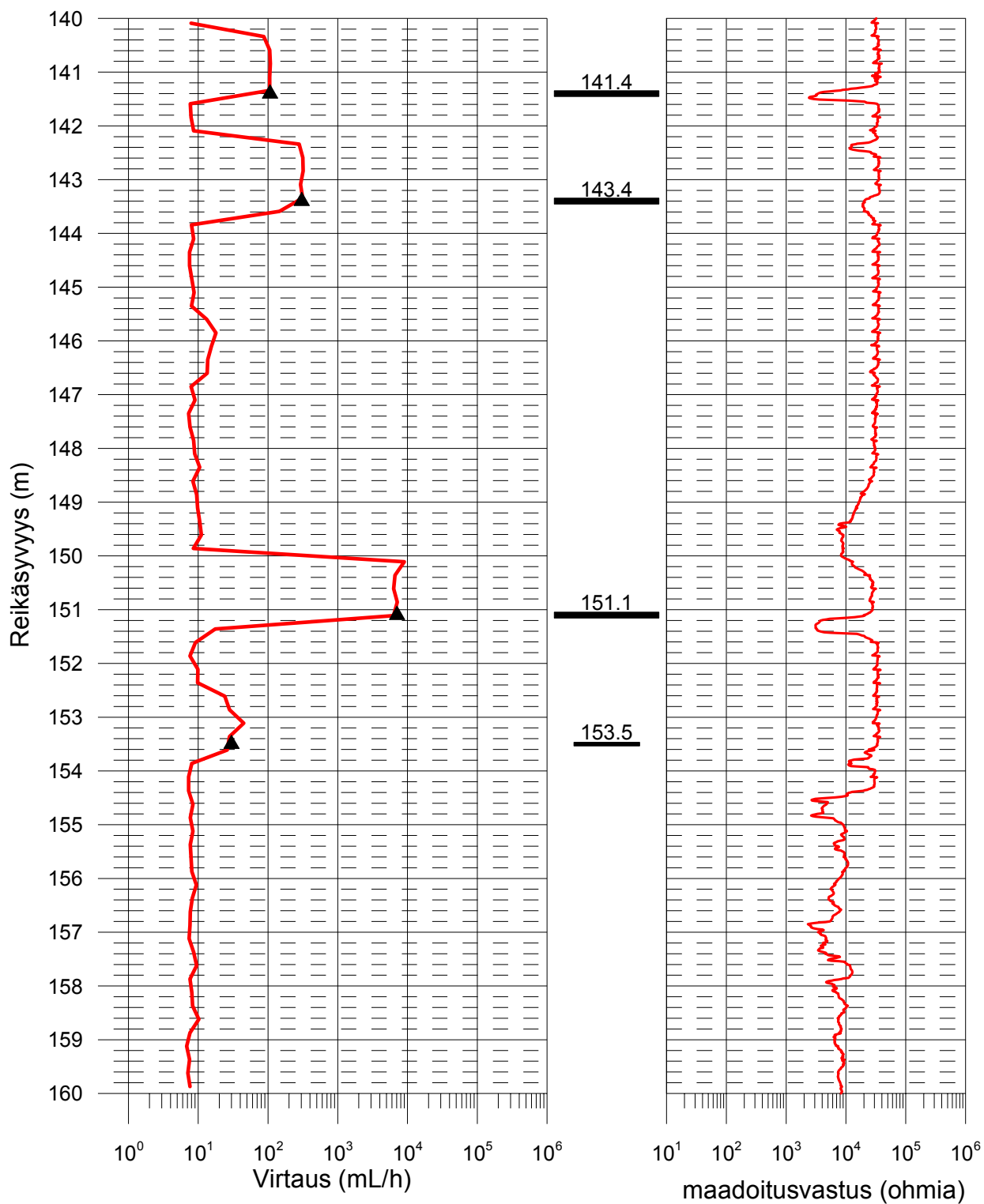


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

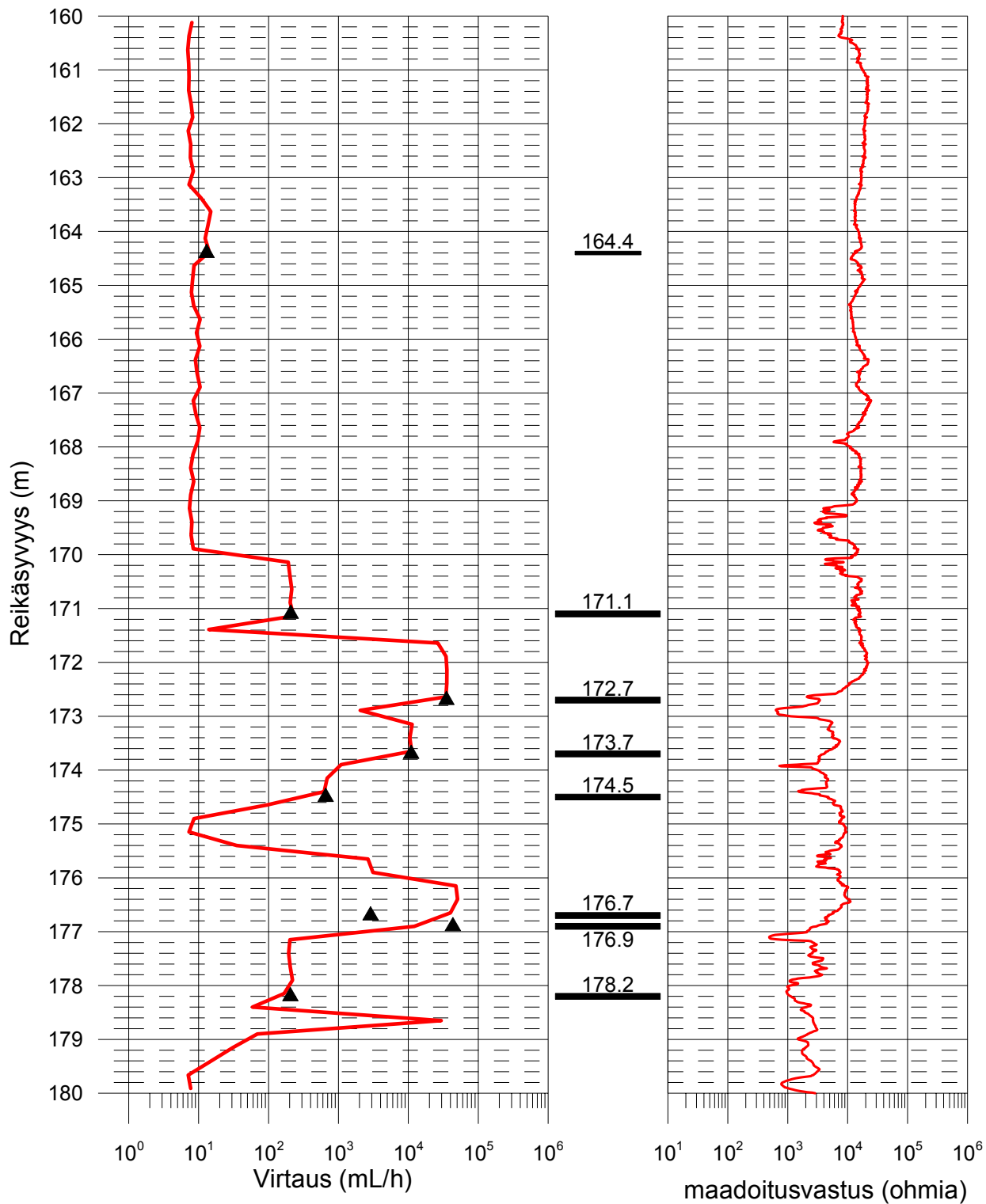


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1 m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

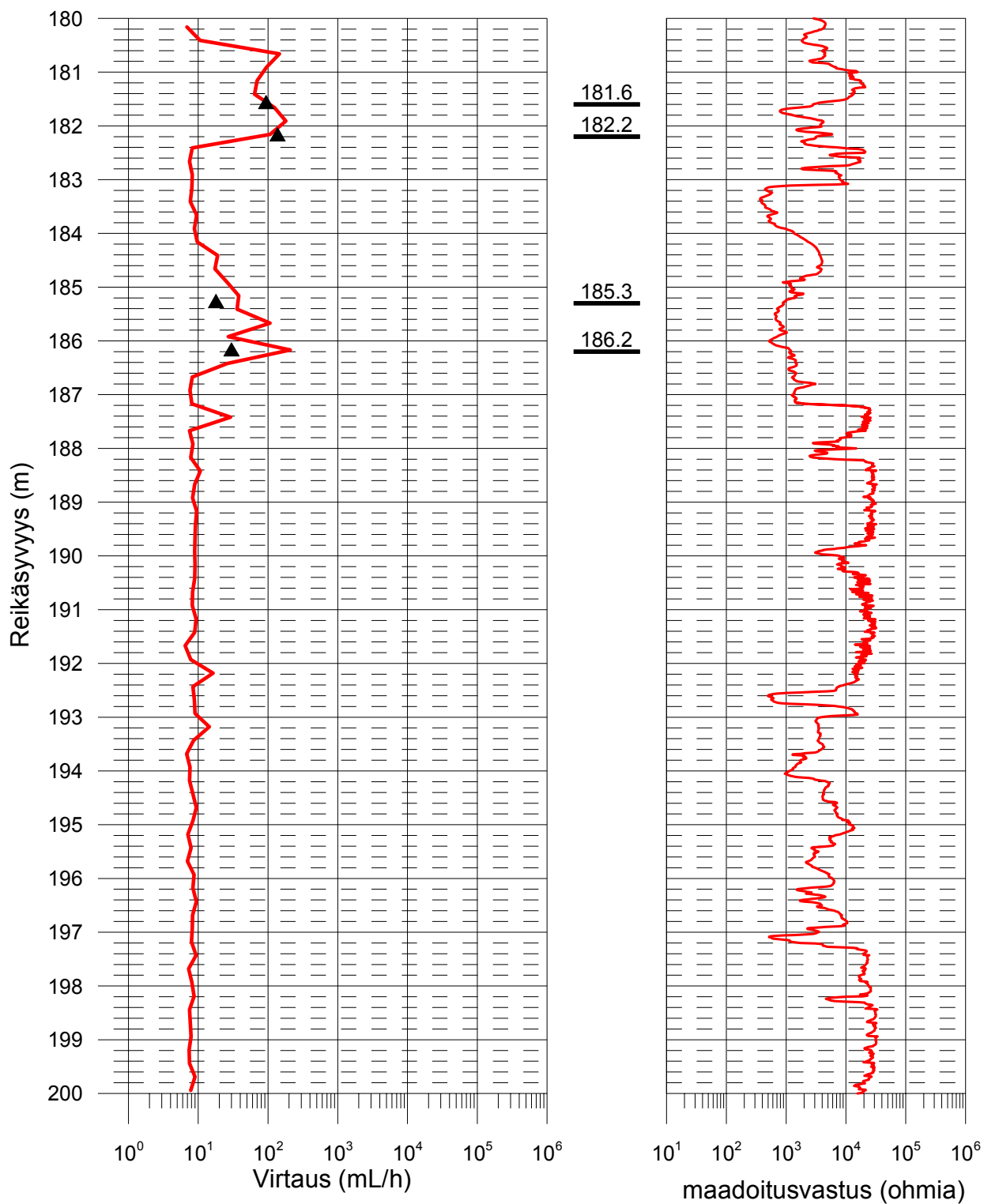


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

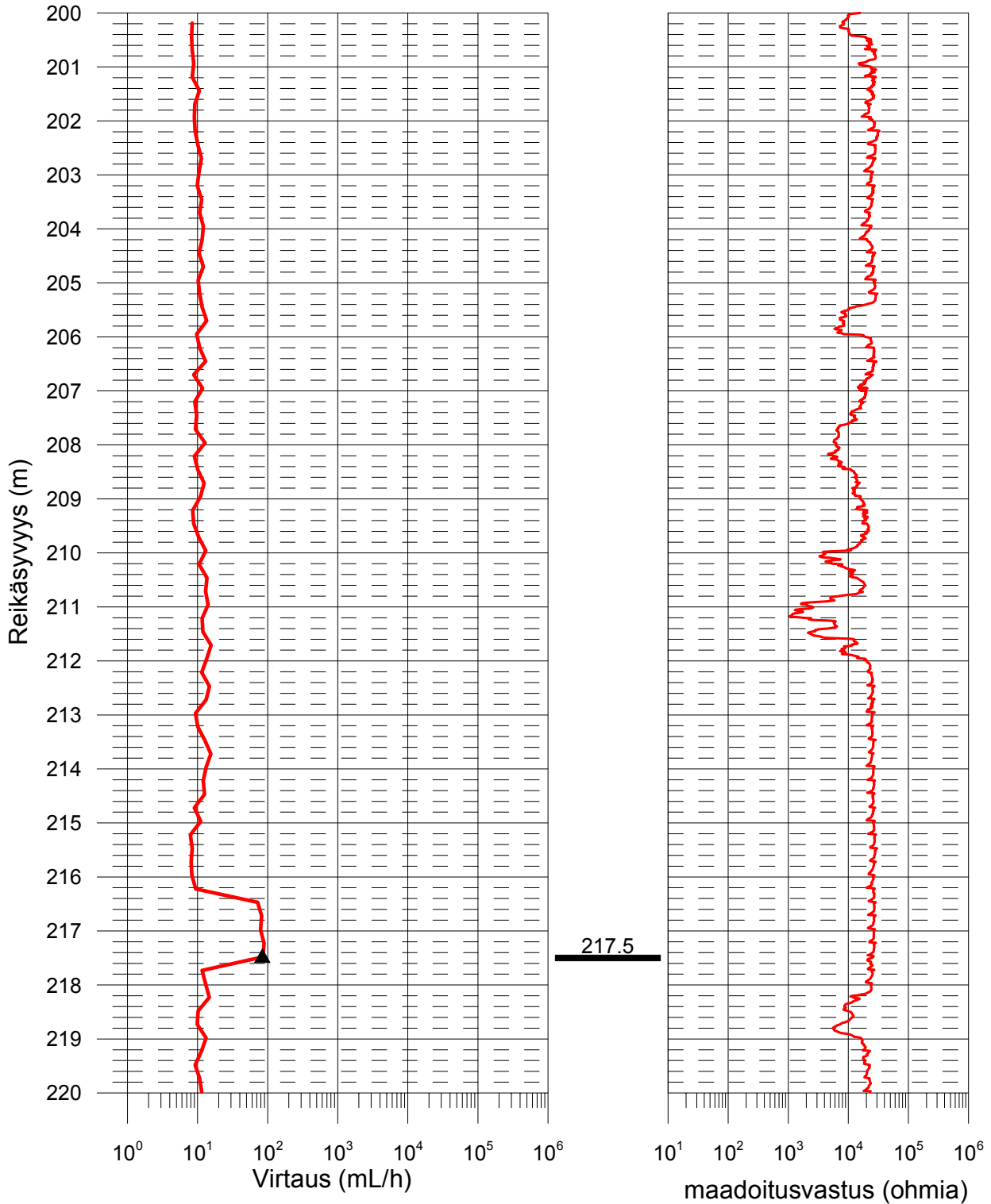


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

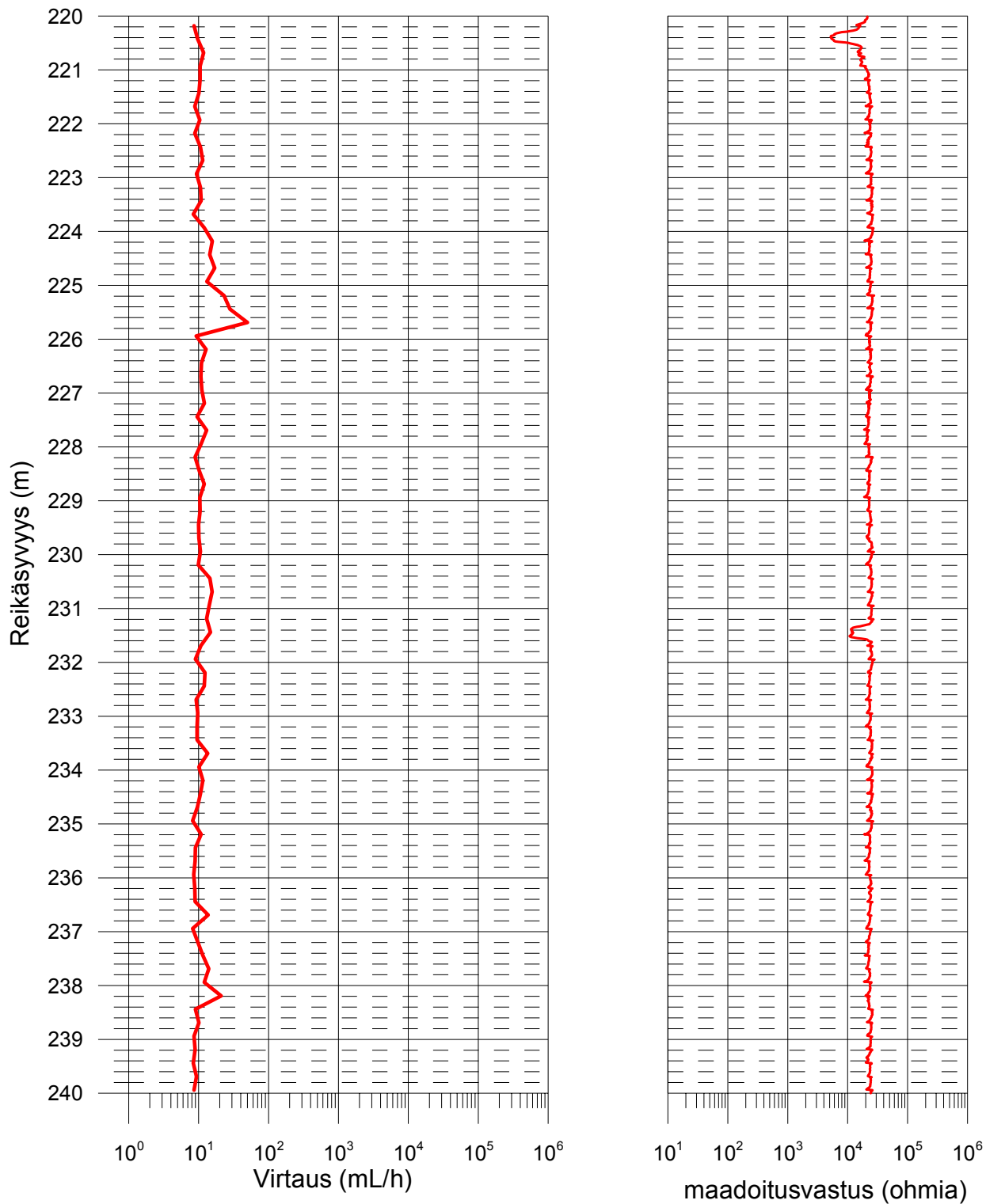


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



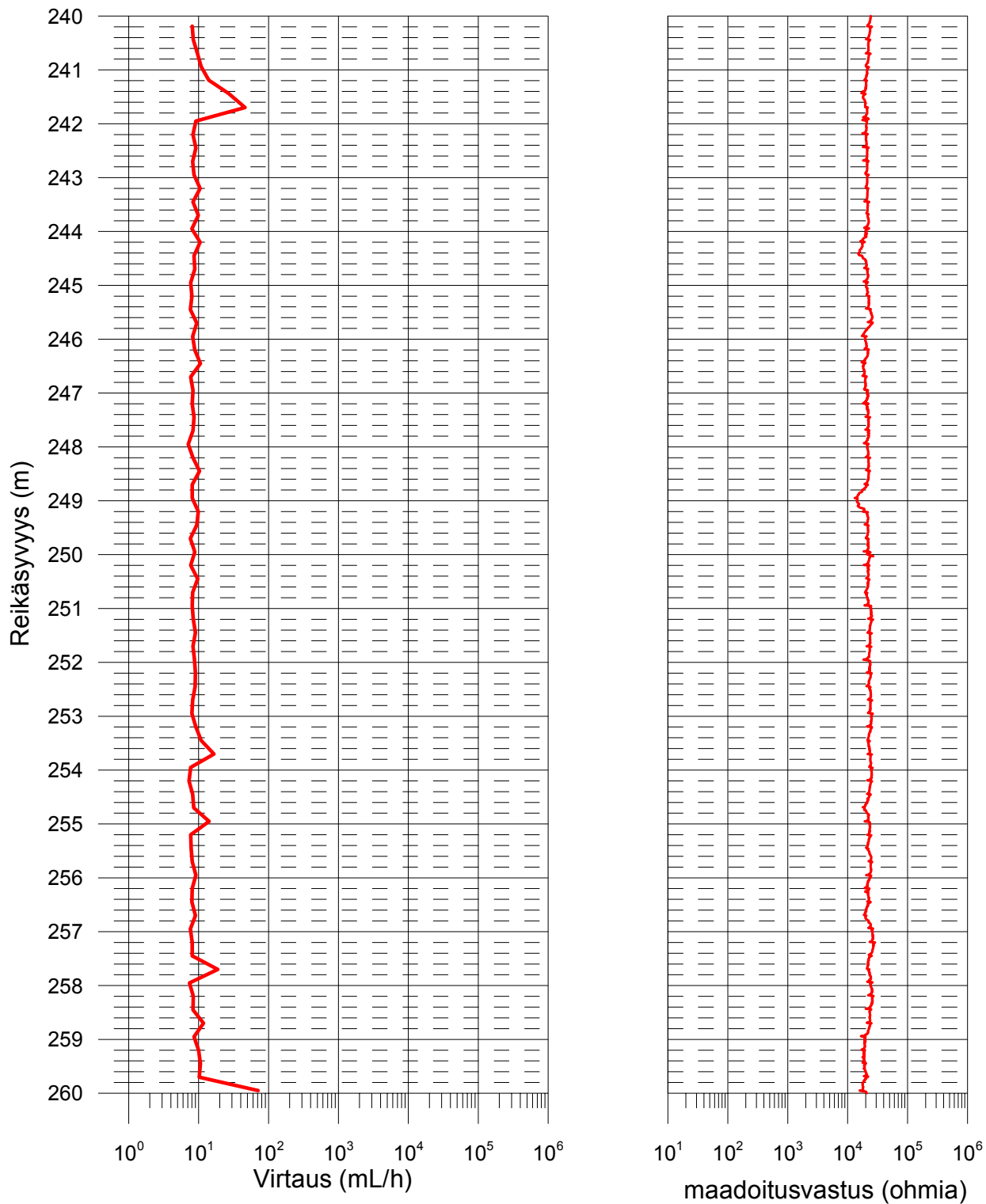


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään

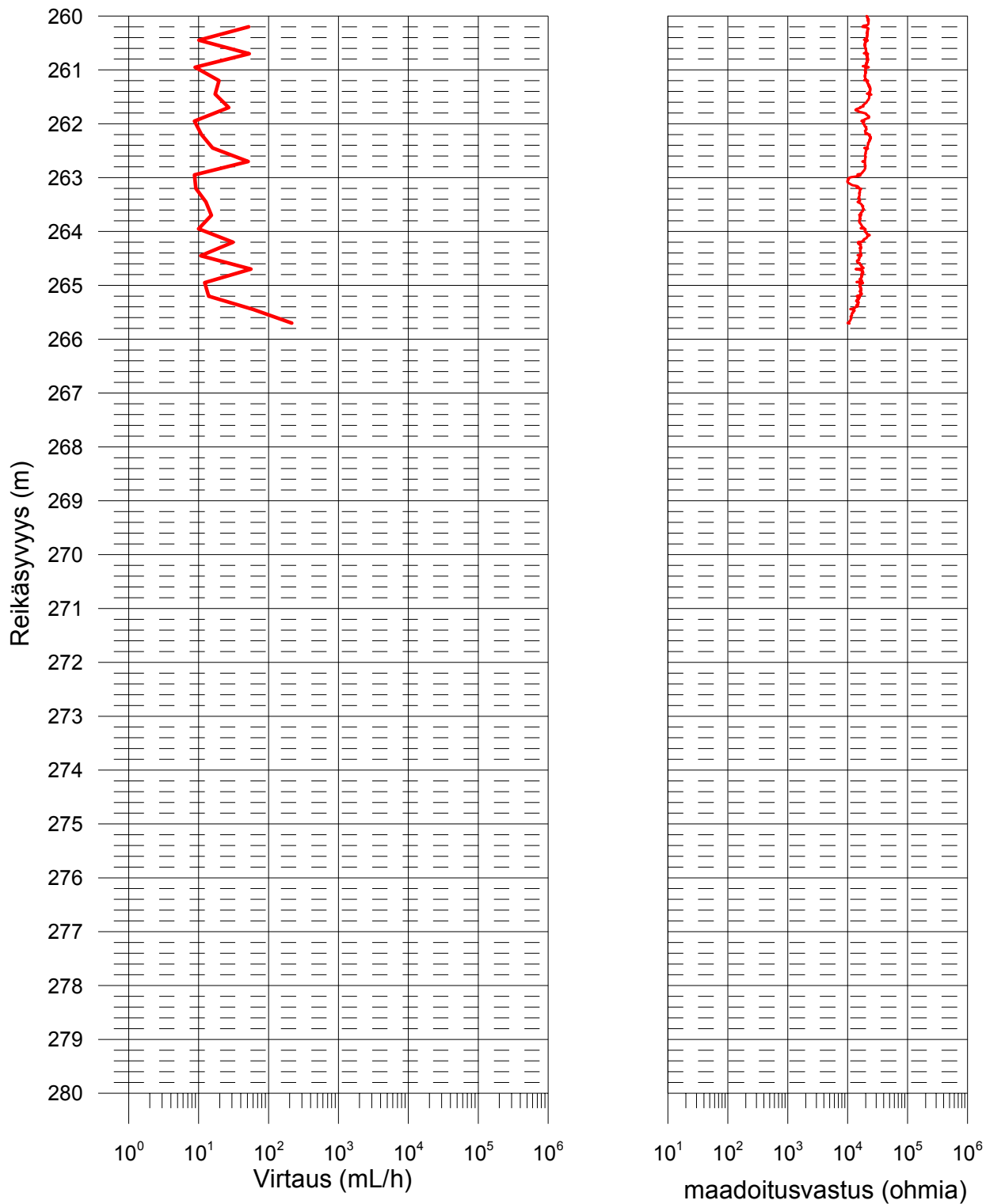


## Suhanko, kairanreikä SUH-587

### Virtaus ja maadoitusvastus

— Virtaus mittausvälistä kairanreikään (pumppausalenema = 1m, Mittausvälin pituus = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m), 2013-09-05 - 2013-09-06

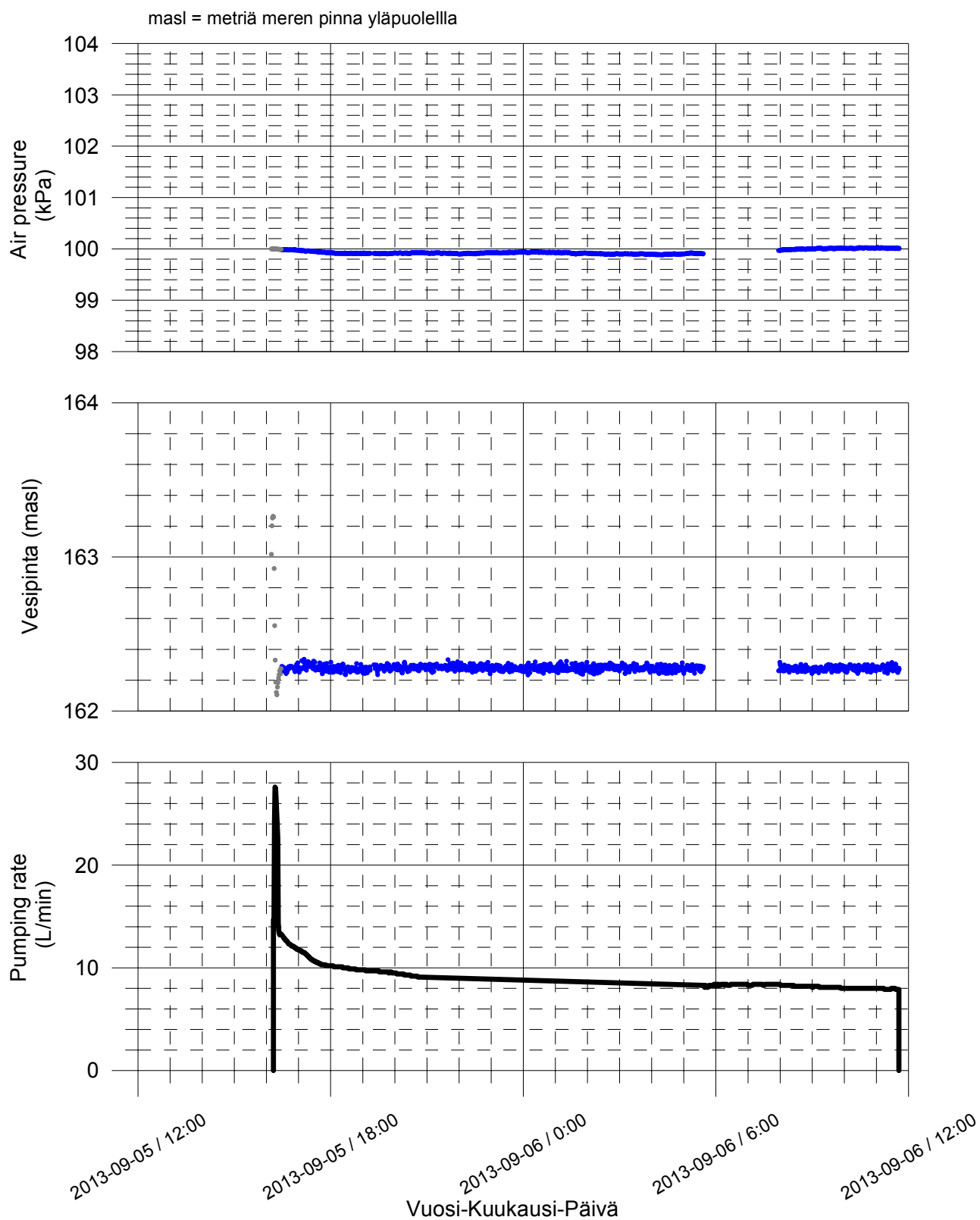
▲ Tulkittu rakokohtainen virtaus kalliosta reikään



## Suhanko, kairanreikä SUH-587

## Ilmanpaine, vesipinta reiässä ja pumppaus virtausmittausten aikana

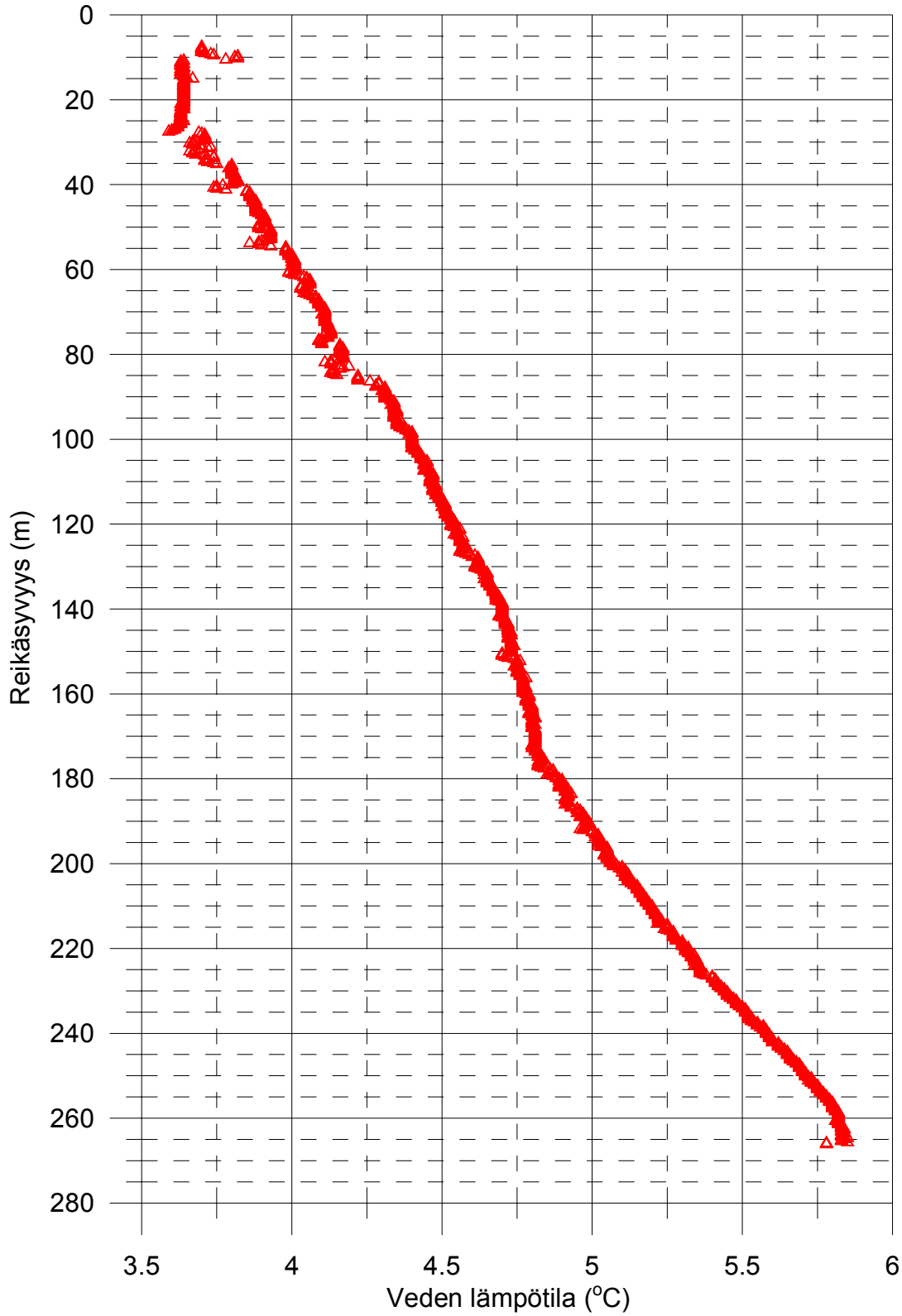
- Vesipinta pumppauksen aikana (Pumppausalenema = 1 m, Mittausväli = 1 m, mittaustiheys = 0.25 m)
- Vesipinnan tasoittumisen odottelua



# Suhanko, Kairanreikä SUH-587

## Reikäveden lämpötila

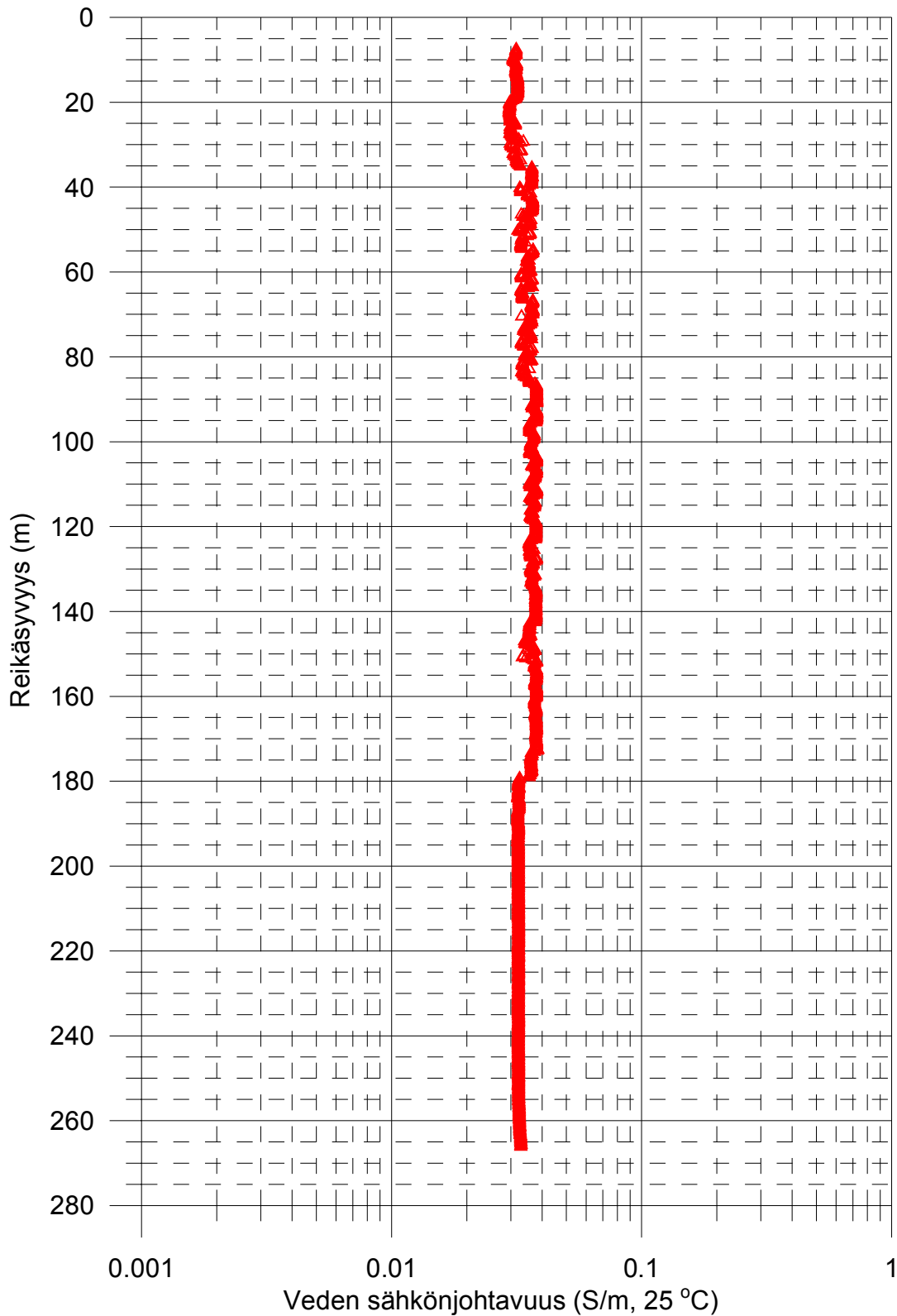
▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-09-05 - 2013-09-06



## Suhanko, Kairanreikä SUH-587

### Reikäveden sähkönjohtavuus

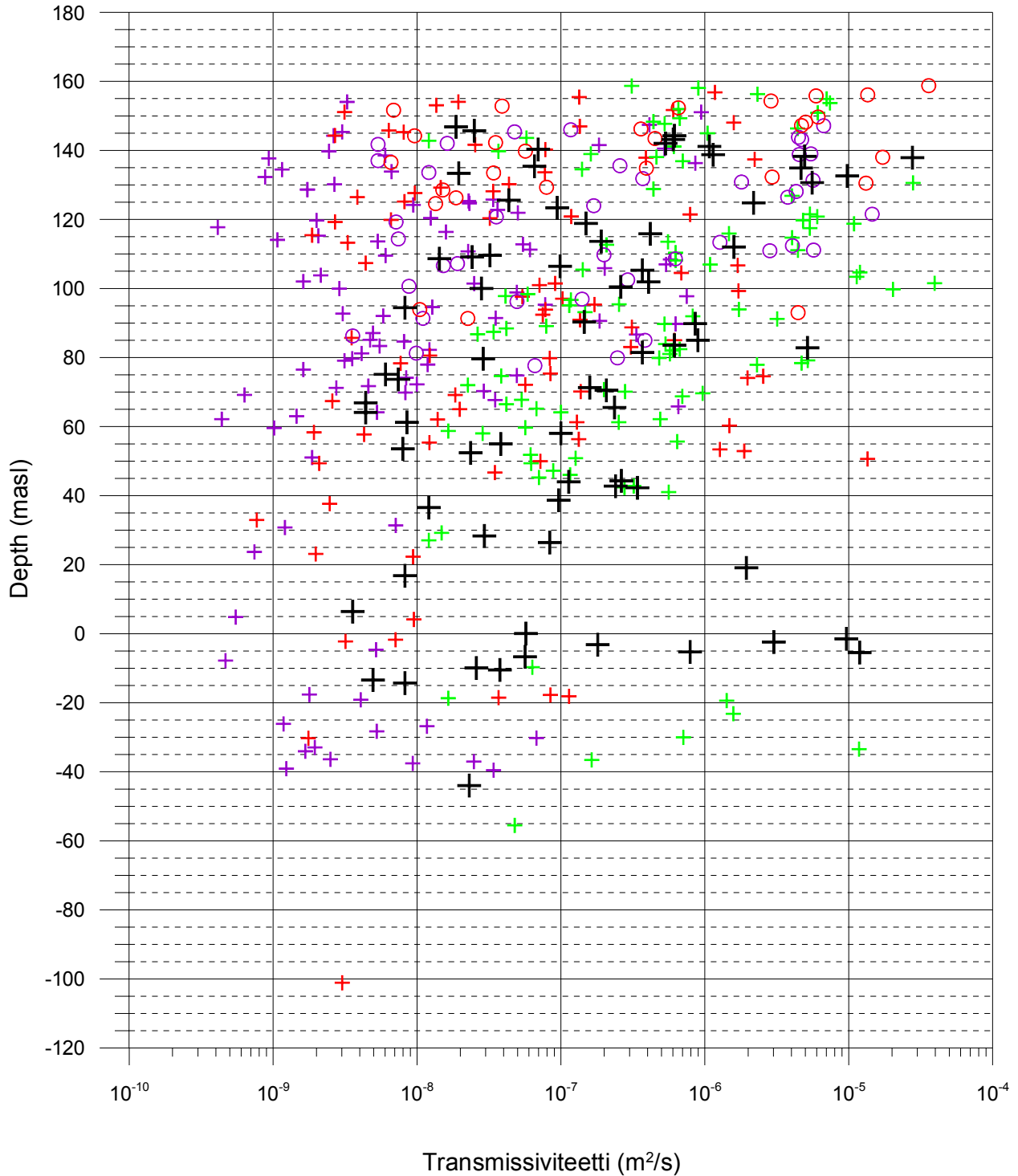
▲ Virtausmittauksen aikana (L = 1 m, dL = 0.25 m),  
2013-09-05 - 2013-09-06





Suhanko  
Havaittujen rakojen transmissiviteetit  
2013-08-27 - 2013-09-13

- + SN-41 Raon transmissiviteetti
- + SUH-204 Raon transmissiviteetti
- + SUH-262 Raon transmissiviteetti
- SUH-348 Raon transmissiviteetti
- SUH-389 Raon transmissiviteetti
- + SUH-587 Raon transmissiviteetti



## Taulukoidut tulokset havaituista raoista, SUH-587

| Maanpinnan korkeustaso (masl):<br>masl = metriä merenpinnan yläpuolella | 164.07         |                         |                          |                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| Reiän kaade (asteina):                                                  | 74.73          |                         |                          |                       |           |
| Reiän suuntainen rakosyvyys (m)                                         | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Pumppaus-<br>alenema (m) | T (m <sup>2</sup> /s) | Kommentit |
| 17.9                                                                    | 68             | 146.8                   | 1                        | 1.87E-08              |           |
| 19.1                                                                    | 91             | 145.7                   | 1                        | 2.50E-08              |           |
| 20.6                                                                    | 2240           | 144.2                   | 1                        | 6.15E-07              |           |
| 21.7                                                                    | 2200           | 143.2                   | 1                        | 6.04E-07              |           |
| 22.9                                                                    | 1940           | 142.0                   | 1                        | 5.33E-07              |           |
| 23.8                                                                    | 3920           | 141.2                   | 1                        | 1.08E-06              |           |
| 24.7                                                                    | 253            | 140.3                   | 1                        | 6.95E-08              |           |
| 26.3                                                                    | 4160           | 138.7                   | 1                        | 1.14E-06              |           |
| 26.8                                                                    | 18000          | 138.3                   | 1                        | 4.95E-06              |           |
| 27.2                                                                    | 101000         | 137.9                   | 1                        | 2.77E-05              |           |
| 29.8                                                                    | 238            | 135.4                   | 1                        | 6.54E-08              |           |
| 30.3                                                                    | 17000          | 134.9                   | 1                        | 4.67E-06              |           |
| 31.9                                                                    | 71             | 133.4                   | 1                        | 1.95E-08              | *         |
| 32.7                                                                    | 35600          | 132.6                   | 1                        | 9.78E-06              |           |
| 34.7                                                                    | 20300          | 130.7                   | 1                        | 5.58E-06              |           |
| 40.0                                                                    | 158            | 125.6                   | 1                        | 4.34E-08              |           |
| 40.8                                                                    | 7950           | 124.8                   | 1                        | 2.18E-06              |           |
| 42.3                                                                    | 343            | 123.4                   | 1                        | 9.42E-08              |           |
| 47.0                                                                    | 543            | 118.8                   | 1                        | 1.49E-07              |           |
| 50.1                                                                    | 1520           | 115.9                   | 1                        | 4.18E-07              |           |
| 52.4                                                                    | 694            | 113.6                   | 1                        | 1.91E-07              |           |
| 54.1                                                                    | 5800           | 112.0                   | 1                        | 1.59E-06              |           |
| 56.6                                                                    | 117            | 109.6                   | 1                        | 3.21E-08              |           |
| 57.1                                                                    | 88             | 109.1                   | 1                        | 2.42E-08              |           |
| 57.6                                                                    | 52             | 108.6                   | 1                        | 1.43E-08              |           |
| 59.9                                                                    | 359            | 106.4                   | 1                        | 9.86E-08              |           |
| 61.1                                                                    | 1340           | 105.3                   | 1                        | 3.68E-07              |           |
| 64.6                                                                    | 1480           | 101.9                   | 1                        | 4.07E-07              |           |
| 66.1                                                                    | 948            | 100.5                   | 1                        | 2.60E-07              |           |
| 66.6                                                                    | 102            | 100.0                   | 1                        | 2.80E-08              |           |
| 72.4                                                                    | 30             | 94.4                    | 1                        | 8.24E-09              | *         |
| 76.7                                                                    | 529            | 90.3                    | 1                        | 1.45E-07              |           |
| 77.2                                                                    | 3120           | 89.8                    | 1                        | 8.57E-07              |           |
| 82.2                                                                    | 3260           | 85.0                    | 1                        | 8.96E-07              |           |
| 83.7                                                                    | 2240           | 83.6                    | 1                        | 6.15E-07              |           |
| 84.5                                                                    | 18800          | 82.8                    | 1                        | 5.17E-06              |           |
| 85.9                                                                    | 1340           | 81.5                    | 1                        | 3.68E-07              |           |
| 87.8                                                                    | 105            | 79.6                    | 1                        | 2.88E-08              |           |
| 92.5                                                                    | 22             | 75.1                    | 1                        | 6.04E-09              | *         |
| 94.0                                                                    | 27             | 73.7                    | 1                        | 7.42E-09              | *         |
| 96.5                                                                    | 578            | 71.3                    | 1                        | 1.59E-07              |           |
| 97.3                                                                    | 754            | 70.5                    | 1                        | 2.07E-07              |           |



| Reiän suuntainen rakosyvyys (m) | Virtaus (mL/h) | Raon korkeustaso (masl) | Alenema (m) | T (m2/s) | Kommentit |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|-------------|----------|-----------|
| 101.1                           | 16             | 66.9                    | 1           | 4.40E-09 | *         |
| 102.5                           | 857            | 65.5                    | 1           | 2.35E-07 |           |
| 104.0                           | 16             | 64.1                    | 1           | 4.40E-09 | *         |
| 107.0                           | 31             | 61.2                    | 1           | 8.52E-09 |           |
| 110.3                           | 364            | 58.0                    | 1           | 1.00E-07 |           |
| 113.5                           | 139            | 55.0                    | 1           | 3.82E-08 |           |
| 115.0                           | 29             | 53.5                    | 1           | 7.97E-09 | *         |
| 116.2                           | 86             | 52.4                    | 1           | 2.36E-08 |           |
| 124.7                           | 958            | 44.3                    | 1           | 2.63E-07 |           |
| 125.0                           | 412            | 44.0                    | 1           | 1.13E-07 |           |
| 126.3                           | 874            | 42.7                    | 1           | 2.40E-07 |           |
| 126.8                           | 1240           | 42.3                    | 1           | 3.41E-07 |           |
| 130.6                           | 351            | 38.6                    | 1           | 9.64E-08 |           |
| 132.8                           | 44             | 36.5                    | 1           | 1.21E-08 |           |
| 141.4                           | 107            | 28.3                    | 1           | 2.94E-08 |           |
| 143.4                           | 304            | 26.4                    | 1           | 8.35E-08 |           |
| 151.1                           | 7080           | 19.1                    | 1           | 1.95E-06 |           |
| 153.5                           | 30             | 16.8                    | 1           | 8.24E-09 | *         |
| 164.4                           | 13             | 6.4                     | 1           | 3.57E-09 | *         |
| 171.1                           | 208            | 0.0                     | 1           | 5.71E-08 |           |
| 172.7                           | 35100          | -1.5                    | 1           | 9.64E-06 |           |
| 173.7                           | 11000          | -2.4                    | 1           | 3.02E-06 |           |
| 174.5                           | 656            | -3.2                    | 1           | 1.80E-07 |           |
| 176.7                           | 2880           | -5.3                    | 1           | 7.91E-07 |           |
| 176.9                           | 43400          | -5.5                    | 1           | 1.19E-05 |           |
| 178.2                           | 205            | -6.7                    | 1           | 5.63E-08 |           |
| 181.6                           | 94             | -9.9                    | 1           | 2.58E-08 | *         |
| 182.2                           | 137            | -10.5                   | 1           | 3.76E-08 | *         |
| 185.3                           | 18             | -13.4                   | 1           | 4.95E-09 | *         |
| 186.2                           | 30             | -14.3                   | 1           | 8.24E-09 | *         |
| 217.5                           | 84             | -44.0                   | 1           | 2.31E-08 |           |

\* Epävarma rako. Virtaus on vähemmän kuin 30 mL/h tai virtausanomaliat ovat päällekkäin tai epäselviä kohinan takia.

Suhanko  
Havaittujen rakojen transmissiviteetit  
2013-08-27 - 2013-09-13

- + SN-41 Raon transmissiviteetti
- + SUH-204 Raon transmissiviteetti
- + SUH-262 Raon transmissiviteetti
- SUH-348 Raon transmissiviteetti
- SUH-389 Raon transmissiviteetti
- SUH-587 Raon transmissiviteetti

