

Unterlage 5-2-1

# Planfeststellungsverfahren

**Ersatzneubau der alten Levensauer Hochbrücke  
und  
Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals  
NOK-Km 93,2 – 94,2**

Verbringungsfläche: Setzungsabschätzung

**VORHABENTRÄGER:**

**WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT KIEL-HOLTENAU  
SCHLEUSENINSEL 2  
24159 KIEL-HOLTENAU**



**WSV.de**

Wasser- und  
Schiffahrtsverwaltung  
des Bundes

**VERFASSER:**

**Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)**

**Stand: 31.03.2013**

## **Kurze Erläuterung**

Im Rahmen des Ausbaus der NOK-Oststrecke fallen Bodenmassen an, die in einem Bereich neben der bestehenden Brückenrampe B 76 verbracht werden sollen. Als Verbringungsgebiet ist die ehemalige Entnahmefläche für den Brückenrampenbau vorgesehen. In der vorliegenden Stellungnahme nimmt die BAW eine Abschätzung der aus dieser Flächenaufhöhung resultierenden Setzungen vor.

Die Unterlage gliedert sich wie folgt:

Stellungnahme



Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-  
Ostsee-Kanals  
beim  
Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel Holtenau  
Schleuseninsel 2  
24159 Kiel

Ansprechpartner/in:  
Christian Puscher  
Geschäftszeichen:  
A39550110316  
Telefon: +49 (0)40 81908-368  
Telefax: +49 (0)40 81908-373  
christian.puscher@baw.de  
www.baw.de

Ihr Zeichen:

Datum: 31.01.2013

## **Nord-Ostsee-Kanal - Kanalausbau Los 6 - Verbringungsfläche neben B 76**

- **Setzungsabschätzung für die geplante Geländeaufhöhung auf Grundlage neuerer Planungen**
- [1] E-Mail von der BAW vom 06.06.2012: Setzungseinfluss Flächenaufhöhung sowie Telefonate zwischen Herrn Janßen (PG NOK) und Herrn Puscher (BAW-DH)
- [2] Ablagerungsfläche B76I, Geländeschnitte und Detail Schnittlage, Planungsgruppe NOK HPI + C&E , per E-Mail vom WSA Kiel-Holtenau am 08.01.2013
- [3] Nord-Ostsee-Kanal – Kanalausbau Los 6 – Verbringungsfläche neben B 76, Setzungsabschätzung für geplante Geländeaufhöhung, BAW-Schreiben vom 19.11.2012
- [4] Erläuterungen zur Setzungsabschätzung für die geplante Geländeaufhöhung, BAW-Schreiben vom 10.12.2012

### **1. Veranlassung**

Im Rahmen des Ausbaus der NOK-Oststrecke im Los 6 fallen Bodenmassen an, die in einen Bereich neben der bestehenden Brückenrampe B 76 verbracht werden sollen. Als Verbringungsbe-  
reich ist die ehemalige Entnahmefläche für den Brückenrampenbau vorgesehen. Nachdem bereits eine Setzungsabschätzung für eine angenommene Flächenaufhöhung vorliegt [3], [4], liegen nun weitere Planungen zur Geometrie der Flächenaufhöhung vor [2]. Die BAW-DH wurde aufgefordert, in einer weiteren Stellungnahme eine Abschätzung der aus dieser Flächenaufhöhung resultierenden Setzungen vorzunehmen.

### **2. Lastannahmen**

In der rechnerischen Betrachtung wurde die in [2] dargestellte Flächenaufhöhung abgeböscht mit entsprechenden Lastflächen (Anlage 1) angesetzt.

Für den Auffüllungsboden wurde eine Wichte von  $\gamma_{\text{Auff}} = 19 \text{ kN/m}^3$  angesetzt. Aus den Auffüllungshöhen  $h$  aus [2] und der Bodenwichte  $\gamma_{\text{Auff}}$  ergeben sich mit  $P = \gamma_{\text{Auff}} \cdot h$  die in Anlage 1 angegebenen Auflastpressungen.

### 3. Baugrundkennwerte

#### 3.1. Wichten

Auf der sicheren Seite liegend (größere Grenztiefe) sind die Wichten des anstehenden Baugrundes über den gesamten betrachteten Bereich als Wichten unter Auftrieb angesetzt. Die Zahlenwerte sind Tabelle 3 zu entnehmen.

#### 3.2. Steifemoduln

Zur Bewertung der Festigkeit der nichtbindigen Böden sind die erkundeten Spitzenwiderstände aus den Drucksondierungen bewertet worden. Mit "Festigkeit" wird hier summarisch die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch seine Lagerungsdichte, Korngröße, Kornverteilung und Kornrauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Winkels der inneren Reibung und des Steifemoduls äußert. Der Zusammenhang zwischen Sondierergebnis und Festigkeit ist in der Tabelle 1 dargestellt. Auf eine Unterscheidung der Ergebnisse über und unter dem Grundwasser wird verzichtet.

**Tabelle 1: Festigkeit nichtbindiger Böden**

Spitzenwiderstand der Drucksonde $q_c$ in MPa	Festigkeit	Steifemodul  $E_s$ in MPa
0 - 2	sehr gering	< 15
2 - 6	gering	15 – 50
6 - 11	mittel	50 – 80
11 - 20	groß	80 – 100
$\geq 20$	sehr groß	> 100

Für die Setzungsberechnung sind aus den o.g. Spitzendrucksondierungen und zusätzlich aus der CPT 715 aus dem aktuellen Aufschlussprogramm der 1. Levensauer Hochbrücke Bereiche mit unterschiedlichen Festigkeiten festgelegt worden. Die Informationen aus der CPT 715 dienen dazu, die Festigkeiten in den Profilen BK/BP1-N und BK/BP3-N festzulegen.

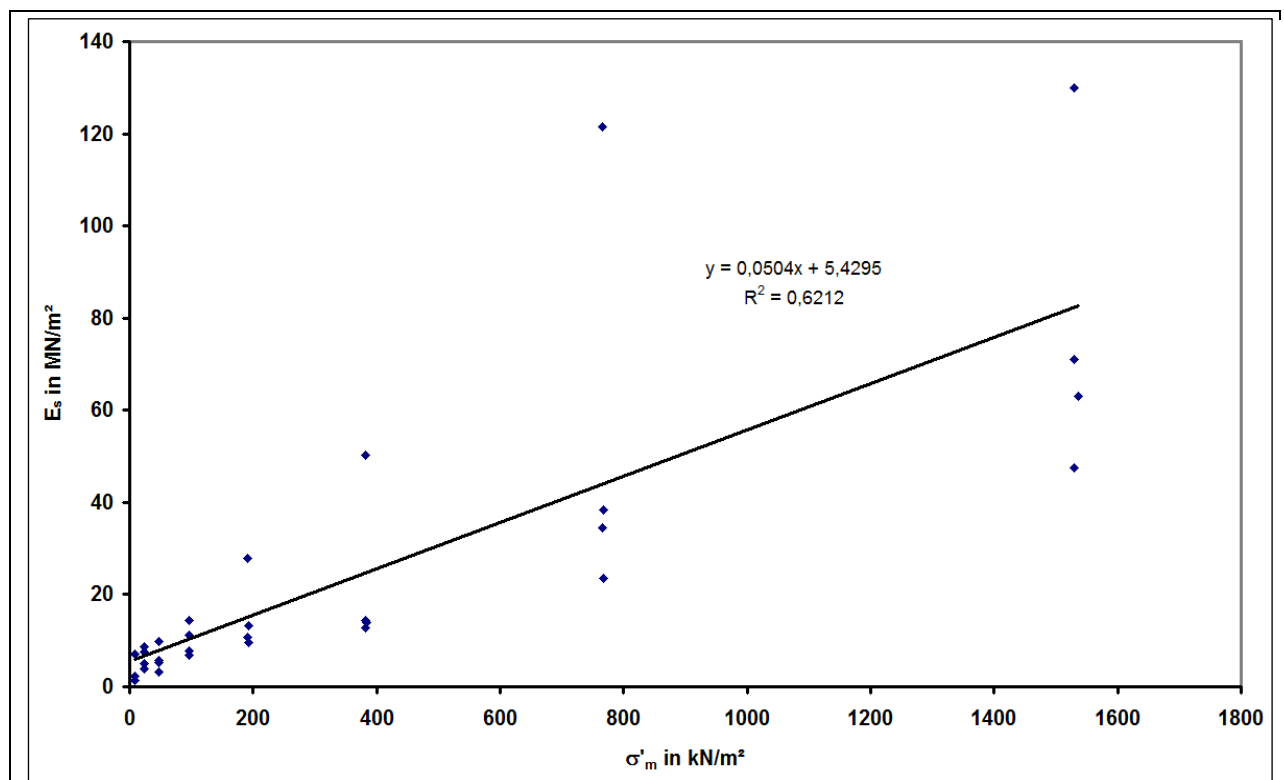
Es sind 3 Bereiche abgeleitet worden: Bereiche geringer Festigkeit mit einem mittleren Steifemodul von  $E_s = 25 \text{ MPa}$ , Bereiche mittlerer Festigkeit mit einem mittleren Steifemodul von  $E_s = 50 \text{ MPa}$  und Bereiche großer bis sehr großer Festigkeit mit einem mittleren Steifemodul von  $E_s = 80 \text{ MPa}$ .

Zur Beurteilung der Steifigkeit der bindigen Böden wurden Kompressionsversuche an Sonderproben durchgeführt. Es stehen für den Bereich der Auffüllungsfläche und aus dem Bereich des Ausbaus Los 6 die Ergebnisse von Versuchen an folgenden Proben zur Verfügung:

**Tabelle 2: Für Kompressionsversuche zur Verfügung stehende Proben**

Bohrung	Entnahmetiefe der Probe unter Gelände
BKF 601	9,3 m
BKF 601, Teilversuche 1 + 2	20,3 m
BKF 615	9,3 m
BKF 615	11,3 m

Die Ergebnisse sind für die Erstbelastung als spannungsabhängige Steifemoduln (**Bild 1**) ausgewertet. Da aufgrund eiszeitlicher Vorbelastung sowie einer Wiederauffüllung nach Bodenentnahme eine Wiederbelastung vorliegt, liegt die Annahme von Berechnungswerten aus der Erstbelastung auf der sicheren Seite.



**Bild 1: Spannungsabhängige Steifemoduln in den bindigen Böden (Erstbelastung)**

Schon aus den Erstbelastungsmoduln können den in den Aufschlüssen unterhalb der Aufhöhungsfläche angetroffenen bindigen Böden unter Berücksichtigung der zusätzlichen Auflastspannungen aus der Aufhöhung mittlere Steifemoduln in der Größenordnung von  $E_s = 25$  MPa zuge-

ordnet werden. Damit entsprechen die Annahmen zum Setzungsverhalten dieser bindigen Böden denen der nichtbindigen Böden in Bereichen geringer Festigkeit.

Für in großen Tiefen auftretende bindige Böden können wegen der hohen Auflastspannungen größere Steifigkeiten angesetzt werden. Dies wird durch die Ergebnisse der Ansprache der Böden aus den neueren benachbarten, tieferreichenden Bohrungen der 1. Lebensauer Hochbrücke bestätigt. Für die Setzungsberechnungen wird ein Steifemodul von  $E_s = 80 \text{ MPa}$  entsprechend den Annahmen zum Setzungsverhalten der nichtbindigen Böden in Bereichen großer bis sehr großer Festigkeit angenommen.

### 3.3. Korrekturfaktoren

Auf der sicheren Seite liegend sind keine Korrekturfaktoren  $\kappa$  nach DIN 4019 ( $\kappa$ -Werte) angesetzt worden.

### 3.4. Auflistung Eingangswerte Berechnung

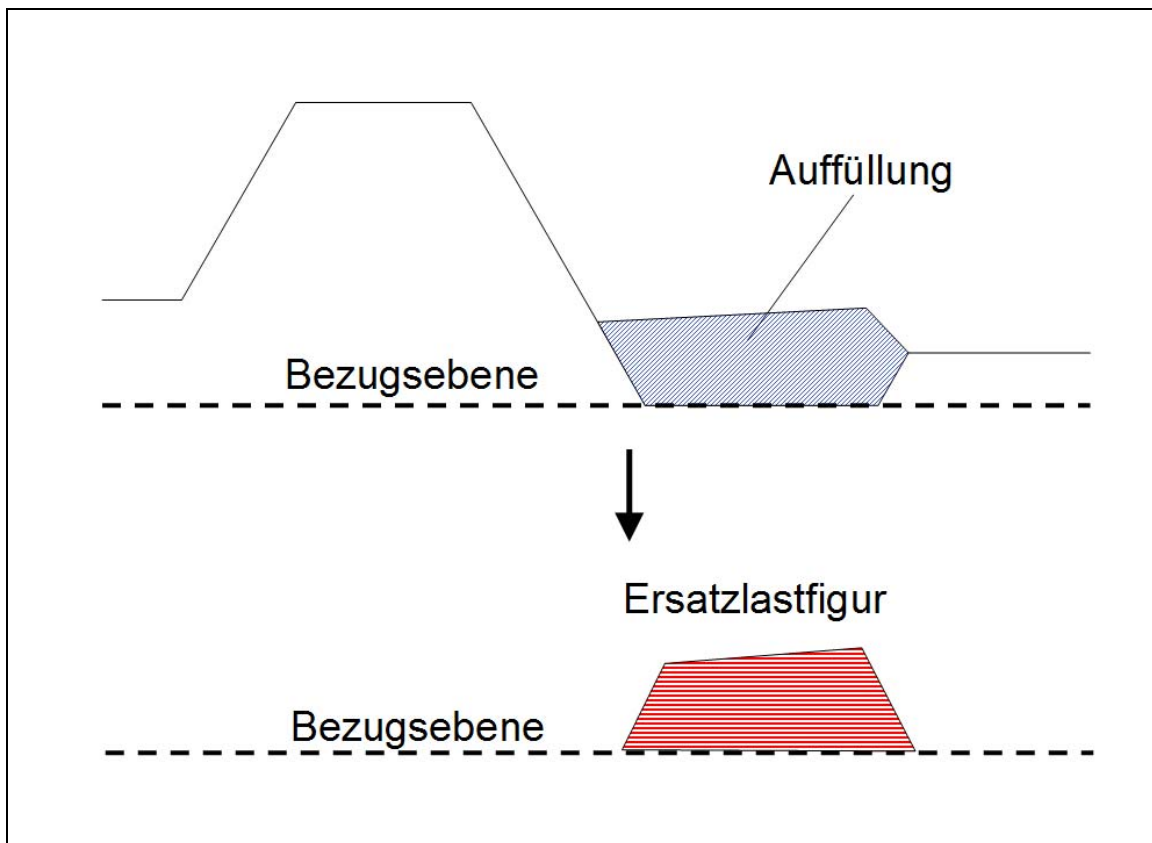
Die für die Setzungsberechnung angesetzten Kennwerte des unterlagernden Baugrundes sind in Tabelle 3 aufgeführt:

**Tabelle 3: Zusammenstellung von Bodenschichten, Steifemoduln und Kenngrößen**

In der Berechnung ange-setzte Bodenschicht	$E_s$ in $\text{MN/m}^2$	Angesetzte Wichte in $\text{kN/m}^3$	Korrekturfaktor $\kappa$
Obere Sande / Geschie- bemergel	25	10,0	1
Sande	50	11,0	1
Untere Sande und tieferlie- gende bindige Böden	80	11,0	1

## 4. Bezugsebene und Ersatzlastbild

Als Bezugsebene für die Setzungsabschätzung wird von ca. NHN +3,0 m, d.h. von der derzeit in weiten Bereichen des Auffüllungsbereiches vorhandenen Geländeoberkante, ausgegangen. Zur besseren Verständlichkeit ist die Bezugsebene und das Ersatzlastbild nachfolgend in Bild 2 skizziert.



**Bild 2: Bezugsebene und resultierende Ersatzlastfigur (Skizze)**

## 5. Schichtung

Die aus den Bohrungen und Sondierungen angesetzten Verteilungen der Schichten für die Berechnung sind aus den Profilsäulen auf Anlage 1 zu entnehmen. Grundlage für die angesetzte Schichtung sind die Aufschlüsse CPT 604(2011), CPT 611(2011) bis CPT 619(2011) sowie BK/BP1-N und BK/BP3-N. Zusätzlich ist die CPT 715 zur Beurteilung der Schichtung in den Aufschlüssen BK/BP1-N und BK/BP3-N herangezogen worden. Die Sondierdiagramme und Bohrprofile der v.g. Aufschlüsse sind im Anhang beigelegt.

## 6. Berechnung

Die Setzungsberechnungen wurden mit dem Programm GGU-Settle nach dem Steifemodulverfahren der DIN 4019 durchgeführt. Zur Vergrößerung des Berechnungsausschnittes bei der Betrachtung der Setzungen aus der Geländeaufschüttung wurden die nächstgelegenen Bodenprofile bis über die Grenzen der Lastflächen hinaus angesetzt. Die Berechnung erfolgte mit „schlaffen Lastflächen“. Die Setzungen wurden bis in eine Tiefe berechnet, in der die aus dem Bauwerk resultierenden Spannungen 20 % der geostatischen Bodenspannungen (Definition der Grenztiefe) betragen.

## 7. Berechnungsergebnisse

Die zu erwartenden maximalen Endsetzungen in der Auffüllungsfläche liegen bei rechnerisch knapp 21 cm (siehe Anlage 2a). Am Rand der angenommenen Belastungsfläche zum Damm der B76 hin liegen die rechnerischen Setzungen bei etwa 1 cm bis 2 cm und klingen dann mit weiterer Entfernung zur Belastungsfläche ab. Im Bereich des nördlichen Widerlagers der B76 sind rechnerische Setzungen zwischen 0,01 cm und 0,03 cm ermittelt worden (Anlage 2b).

Die Setzungen treten je nach Mächtigkeit der anstehenden bindigen Böden zeitlich verzögert ein.

## 8. Hinweise zur Flächenaufhöhung

Aus geotechnischer Sicht ist im Bereich der geplanten Auffüllungen nur die Mutterbodenschicht komplett abzutragen. Die unterlagernden gewachsenen Böden aus Sanden oder Geschiebemergel können verbleiben.

Im Rahmen des Baubetriebes kann es u.U. notwendig werden, lokal in der Arbeitsebene anstehende, durch Niederschlag und Fahrzeugbefahrung aufgeweichte bindige Böden gegen tragfähigen, ton- und schlufffreien Sand auszutauschen. Dies ist jedoch während des Baubetriebes in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen vorzunehmen.

Für Rückfragen stehen wir zur Verfügung.

Im Auftrag



(Dr.-Ing. Pohl)

Bearbeiter



(Dipl.-Ing. Puscher)

Anlage 1: Berechnungsprofile und Lastflächen

Anlage 2a: Setzungen in der Ablagerungsfläche

Anlage 2b: Setzungen im Dammbereich B76

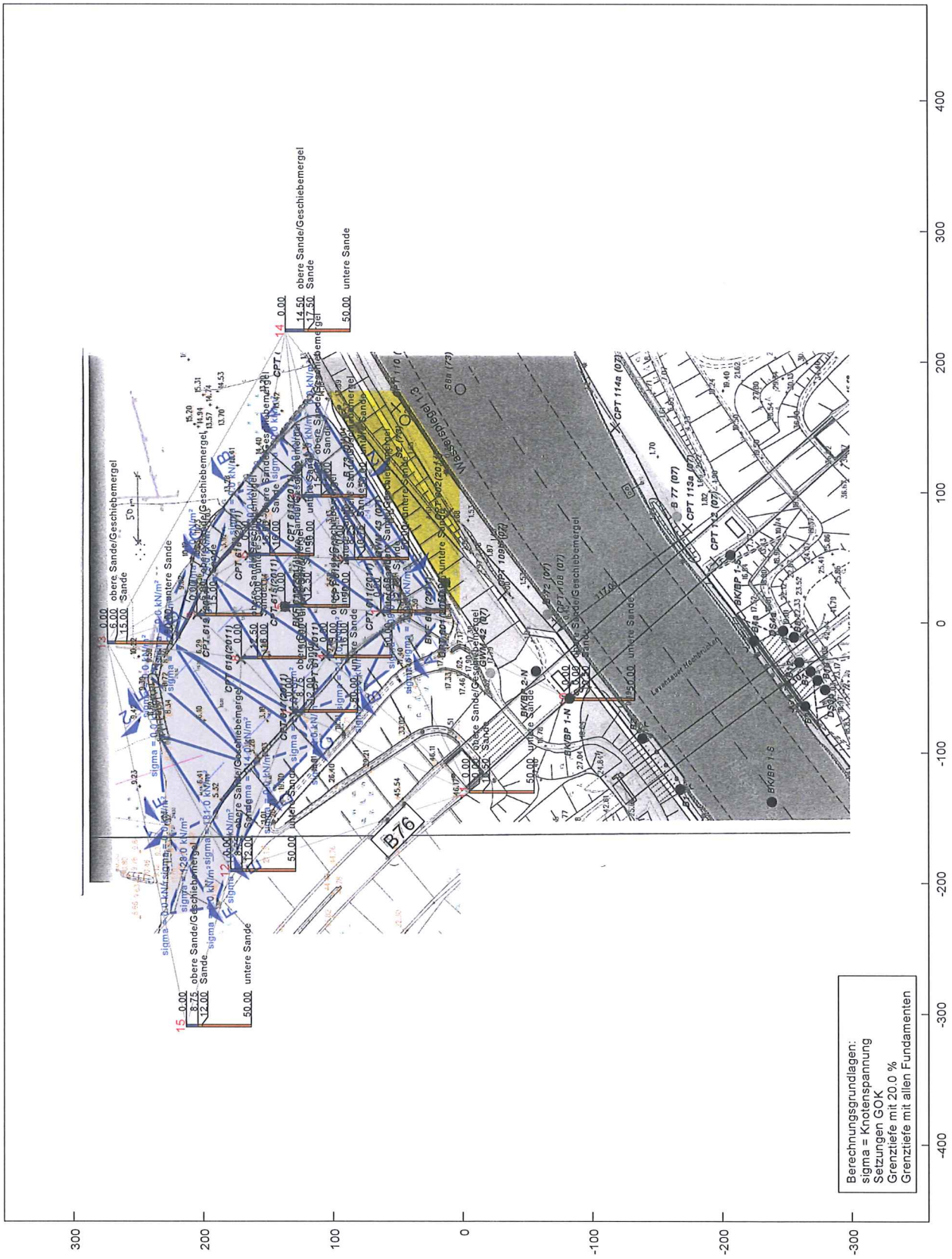
Anlage 3: Sondierdiagramme CPT 604(2011), CPT 611(2011) bis CPT 619(2011) und CPT 715

Anlage 4: Bohrprofile BK/BP1-N und BK/BP3-N



NOK - Ablagerungsflächen Los 6  
 Berechnungsprofile und Lastflächen

Schicht	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$v$ [-]	Bezeichnung
	10.00	25.00	0.000	obere Sande/Geschiebemergel
	11.00	50.00	0.000	Sande
	11.00	80.00	0.000	untere Sande

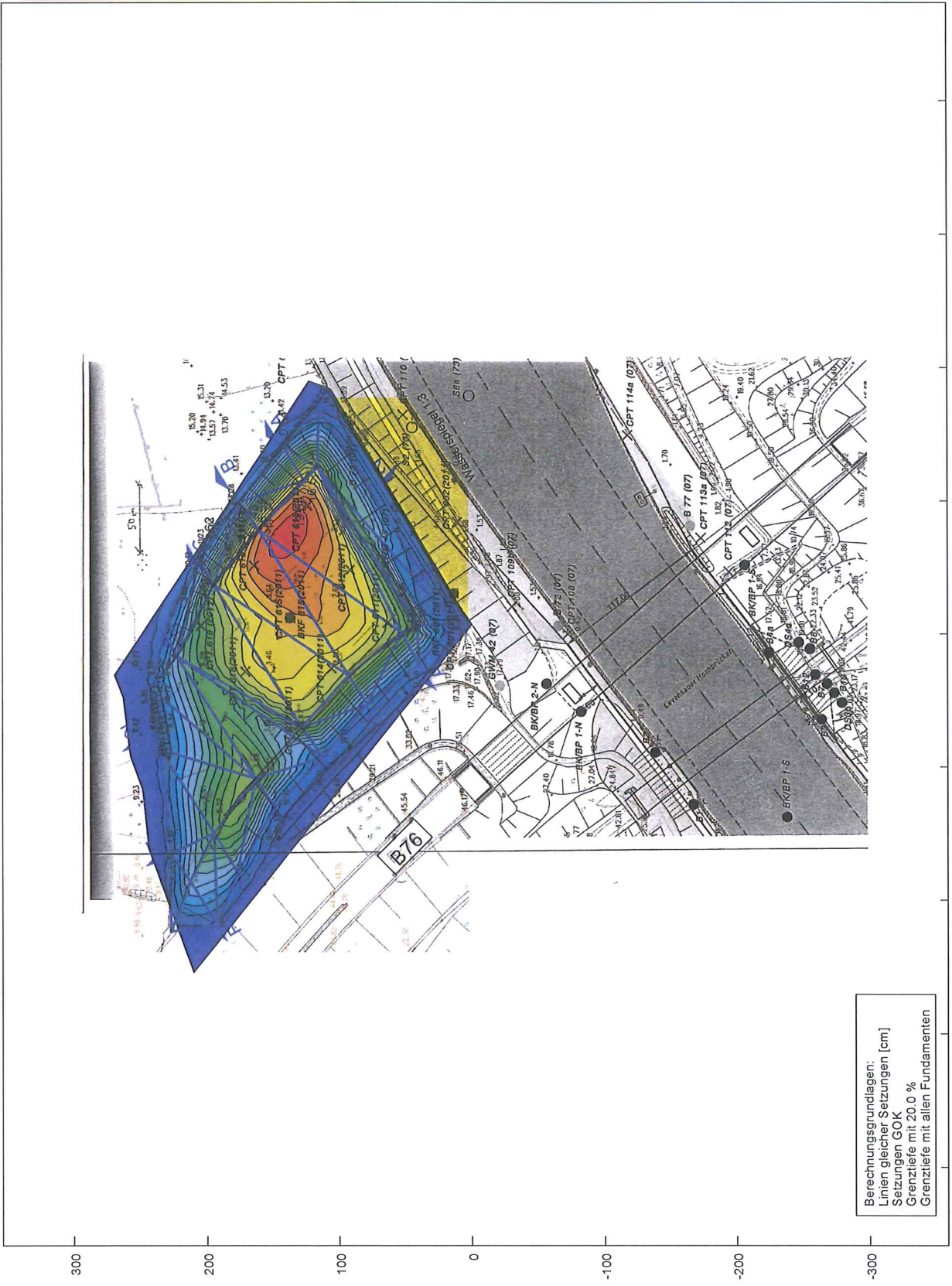


Berechnungsgrundlagen:  
 sigma = Knotenspannung  
 Setzungen GOK  
 Grenztiefe mit 20.0 %  
 Grenztiefe mit allen Fundamenten

NOK - Ablagerungsflächen Los 6  
 Setzungen in der Ablagerungsfläche



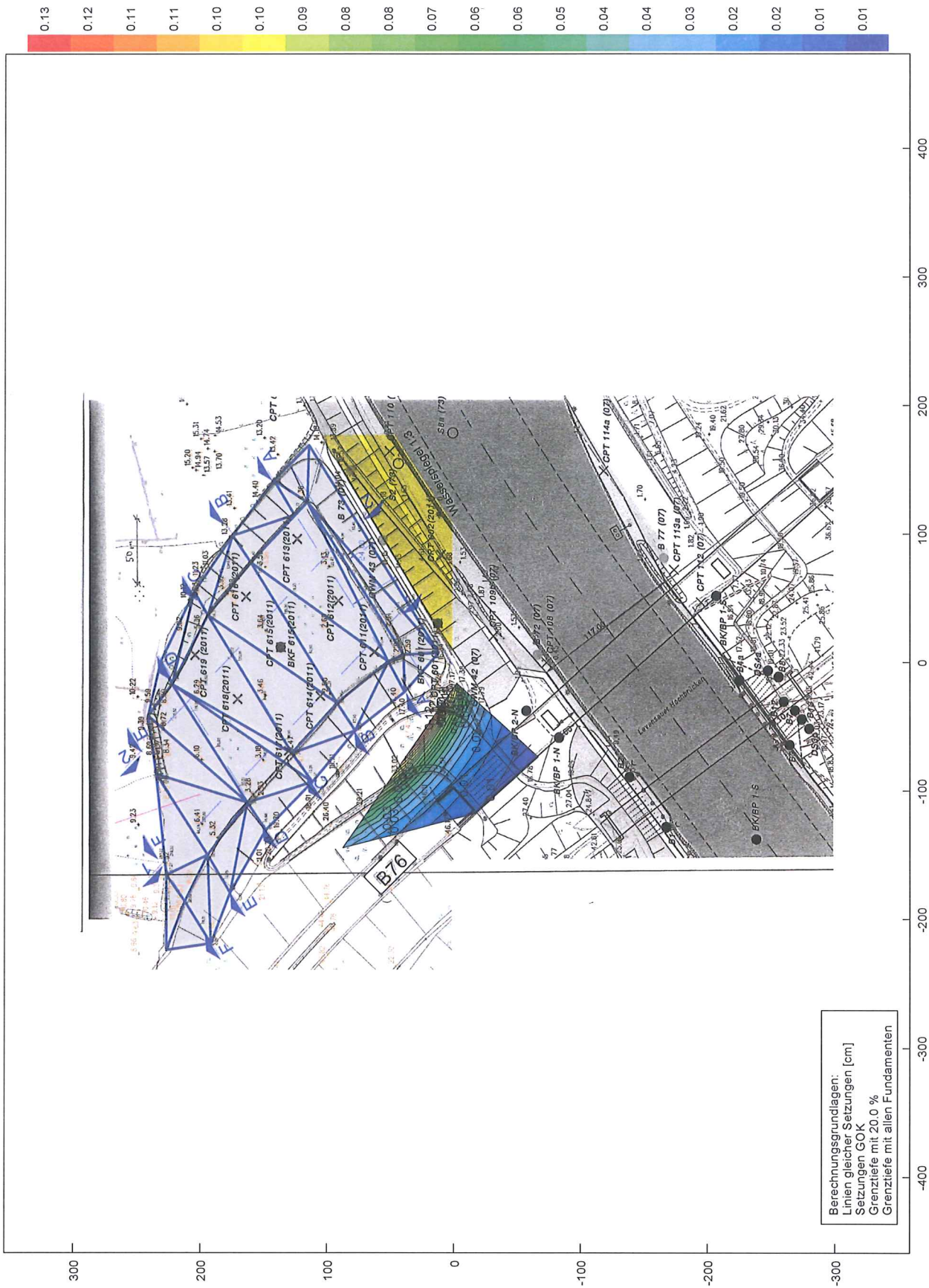
Schicht	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	10.00	25.00	0.000	obere Sande/Geschiebemergel
	11.00	50.00	0.000	Sande
	11.00	80.00	0.000	untere Sande



Berechnungsgrundlagen:  
 Linien gleicher Setzungen [cm]  
 Setzungen GOK  
 Grenztiefe mit 20.0 %  
 Grenztiefe mit allen Fundamenten

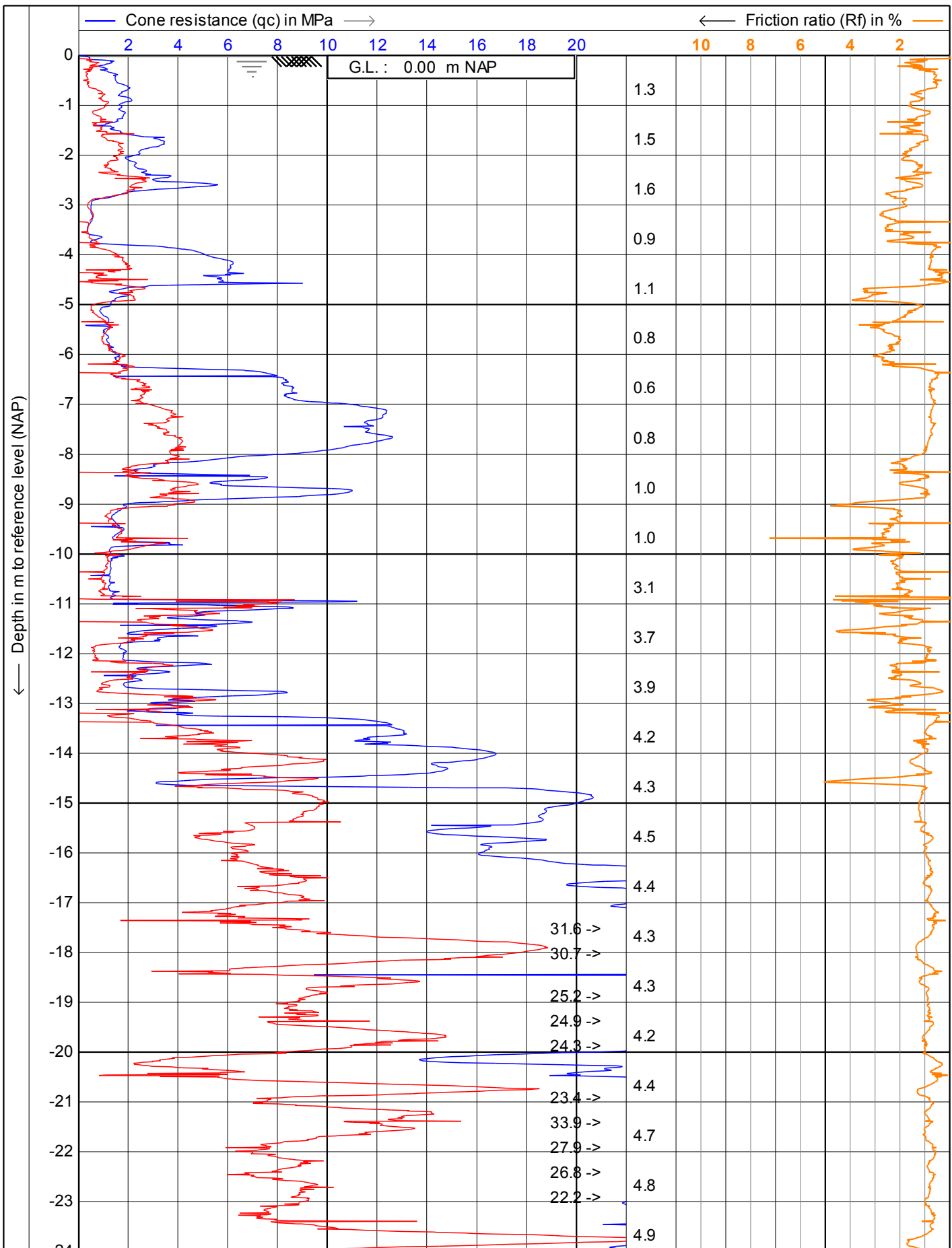
NOK - Ablagerungsflächen Los 6  
 Setzungen im Dammbereich B76

Schicht	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	10.00	25.00	0.000	obere Sande/Geschleibemergel
	11.00	50.00	0.000	Sande
	11.00	80.00	0.000	untere Sande

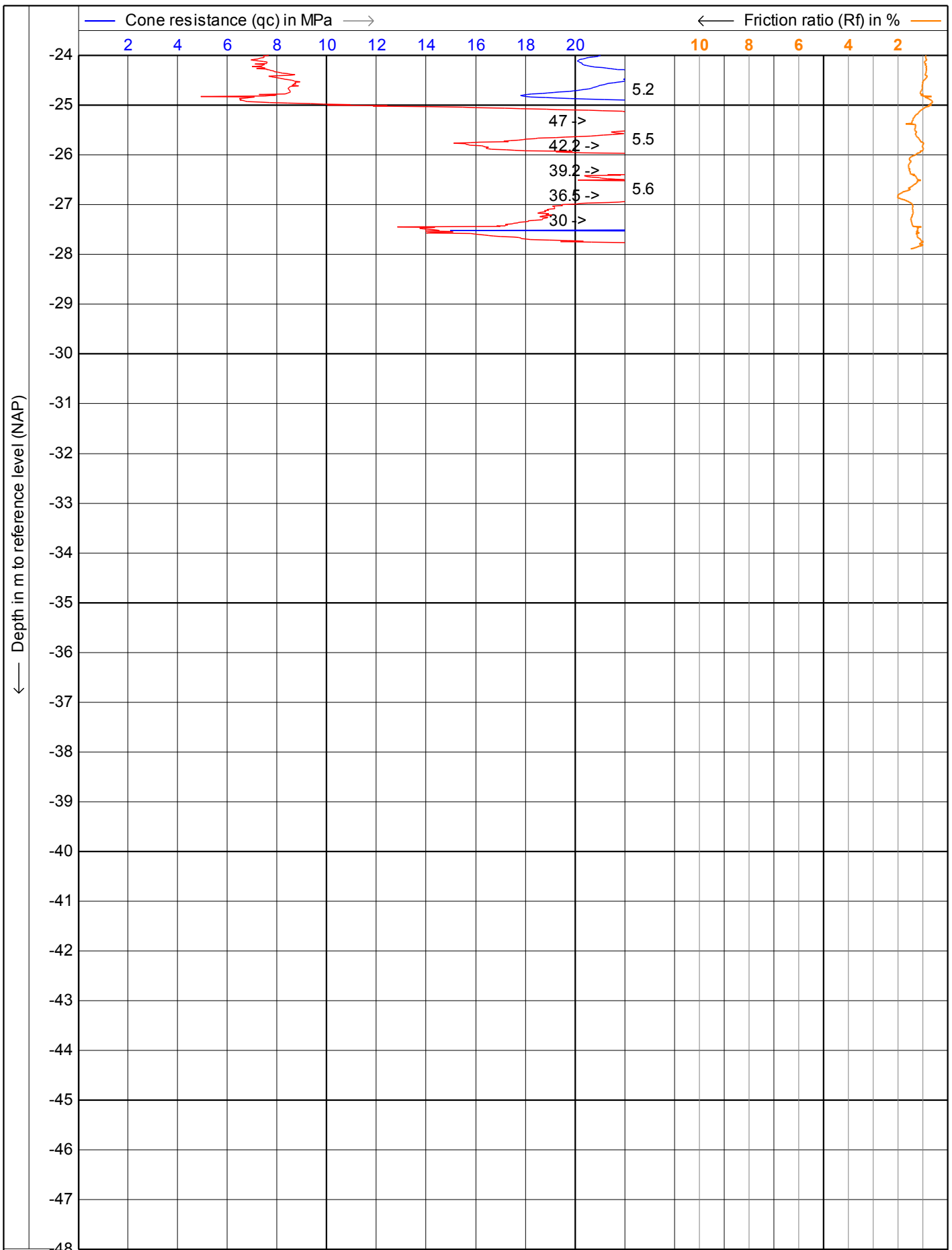


# **Anlage 3:**

**Sondierdiagramme CPT 604(2011),  
CPT 611(2011) bis CPT 619(2011) und  
CPT 715**

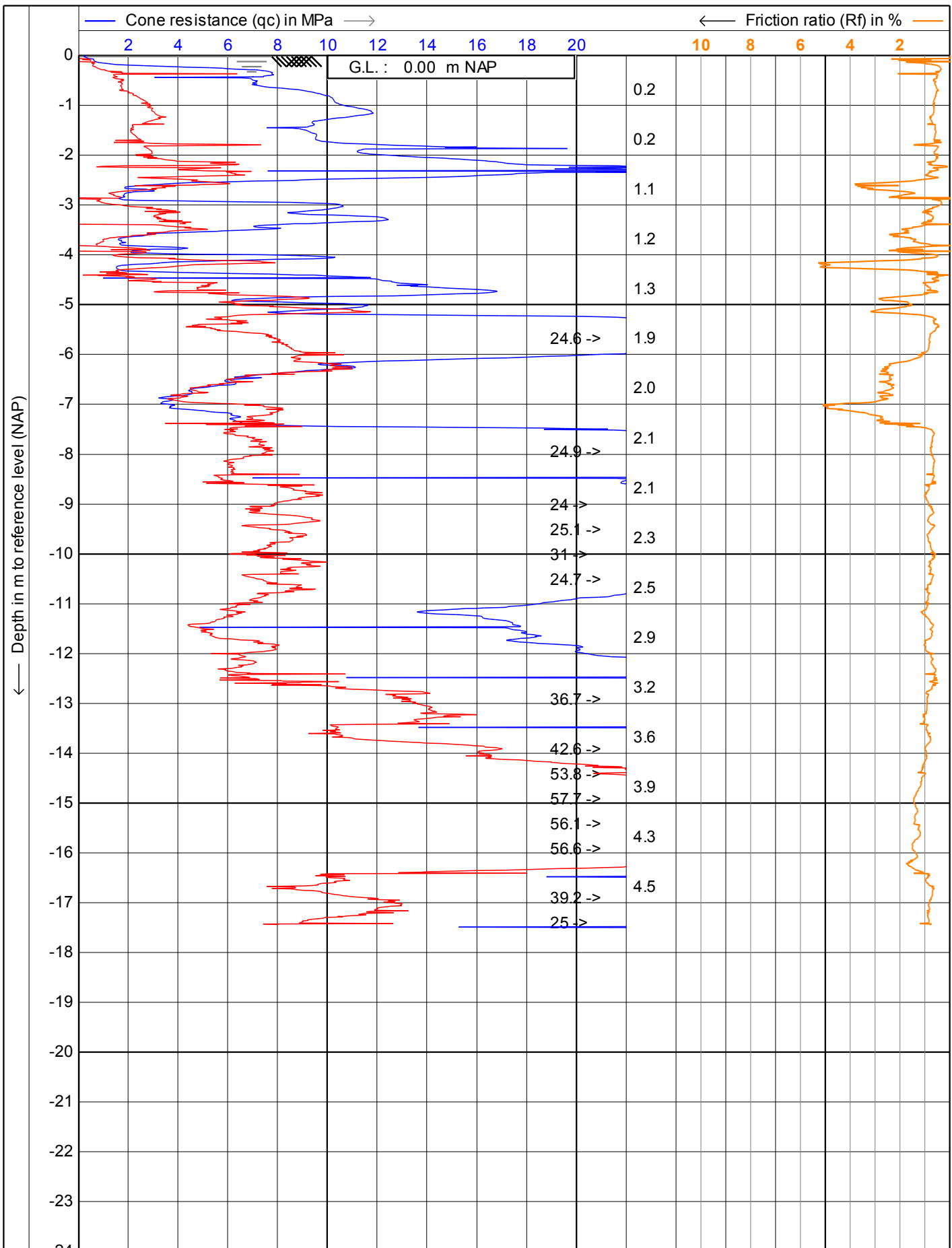


	Test according NEN 5140 class 1		Date : <b>26-10-2011</b>	
	Project : <b>Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2</b>		Cone no. : <b>S15CFILS10218</b>	
Location: <b>Nord-Ostsee Kanal</b>		Project no. : <b>111075106</b>		
		CPT no. : <b>604-11</b>		1/2

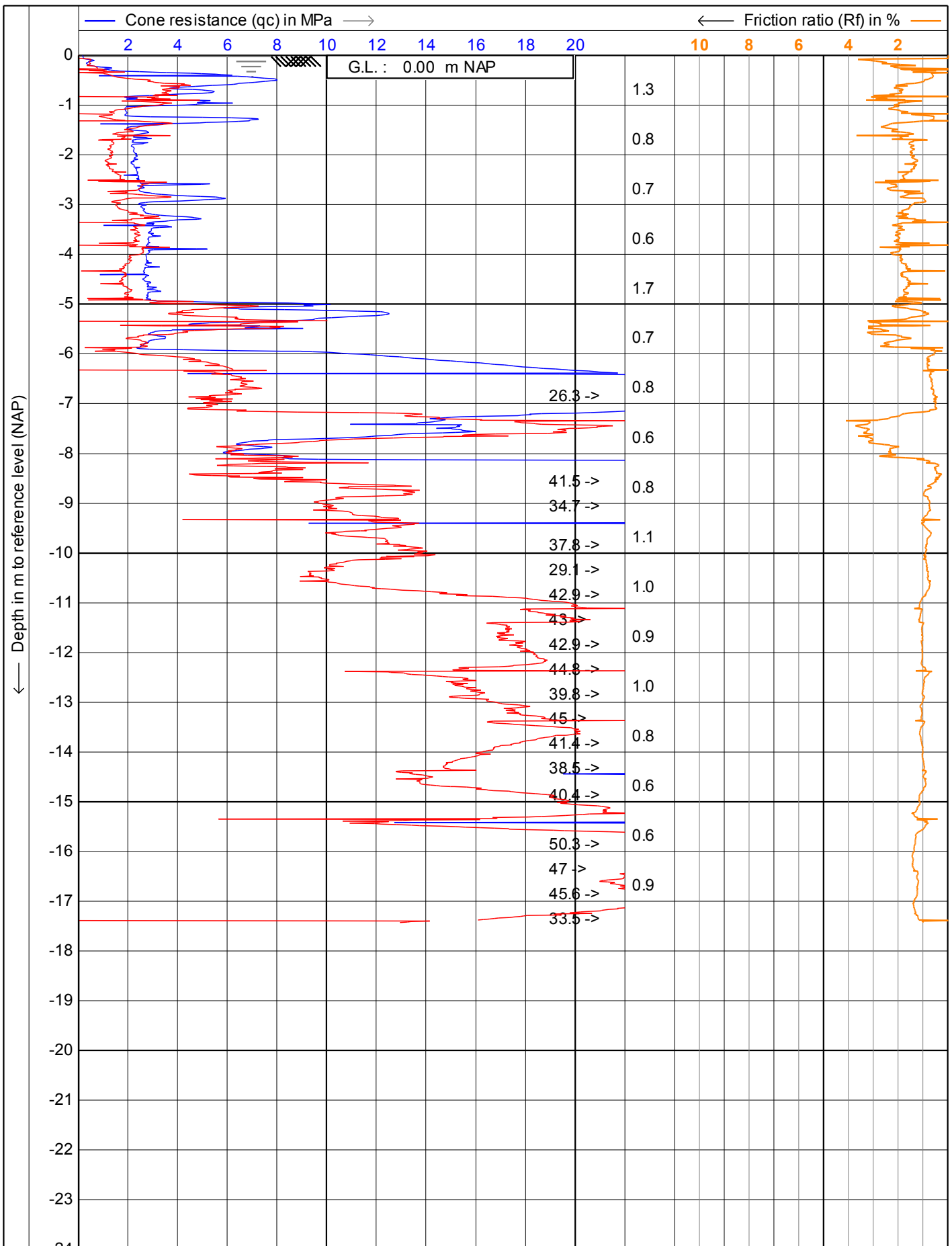


CPTask V1.30

Project : <b>Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2</b>	Test according NEN 5140 class 1		Date : <b>26-10-2011</b>
	Location: <b>Nord-Ostsee Kanal</b>	Cone no. : <b>S15CFILS10218</b>	
Project no. : <b>111075106</b>		CPT no. : <b>604-11</b> 2/2	



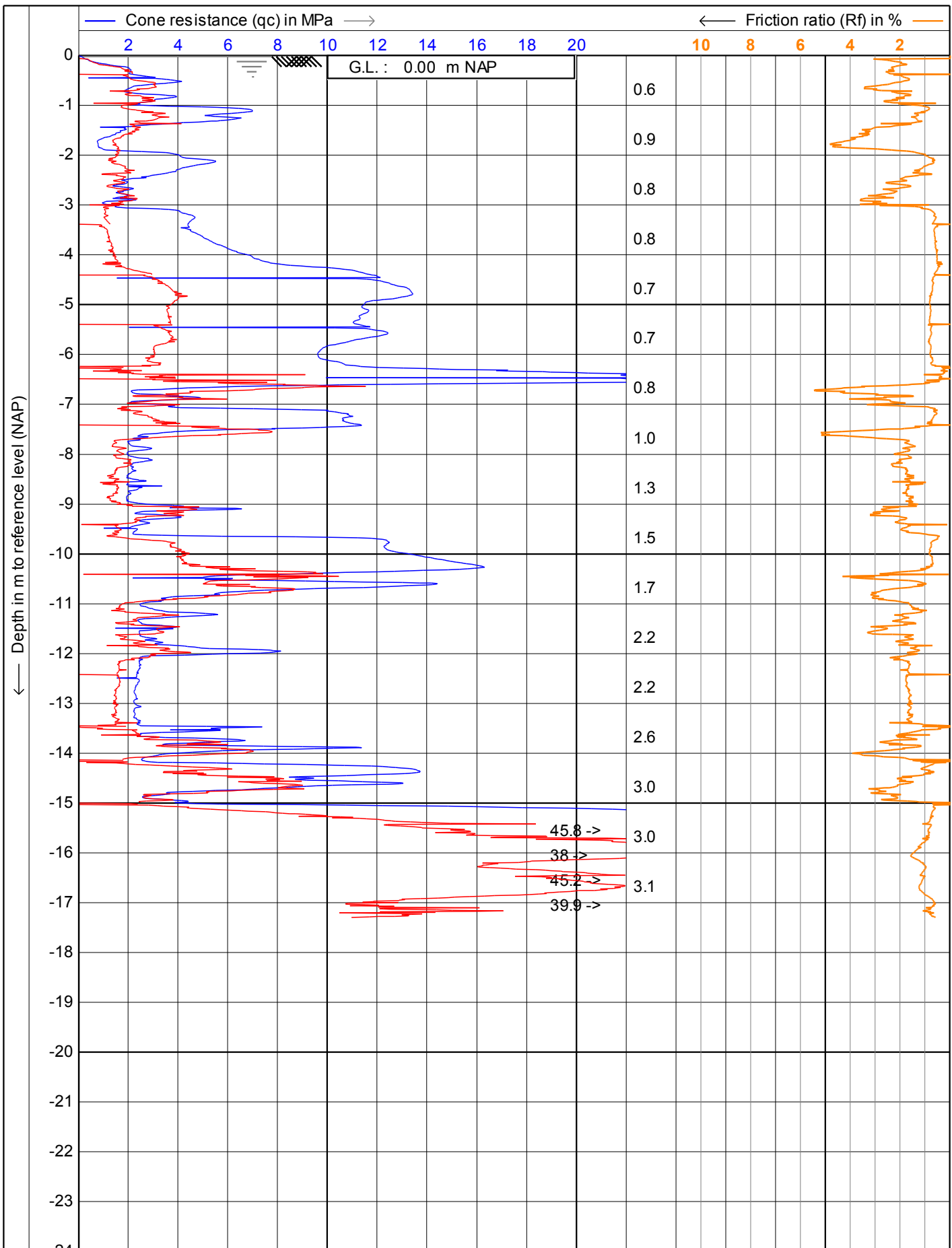
	Test according NEN 5140 class 1	Date : 25-10-2011
	Project : Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2	Cone no. : S15CFILS10218
	Location: Nord-Ostsee Kanal	Project no. : 111075106
		CPT no. : 611a-11 1/1



CPTask V1.30

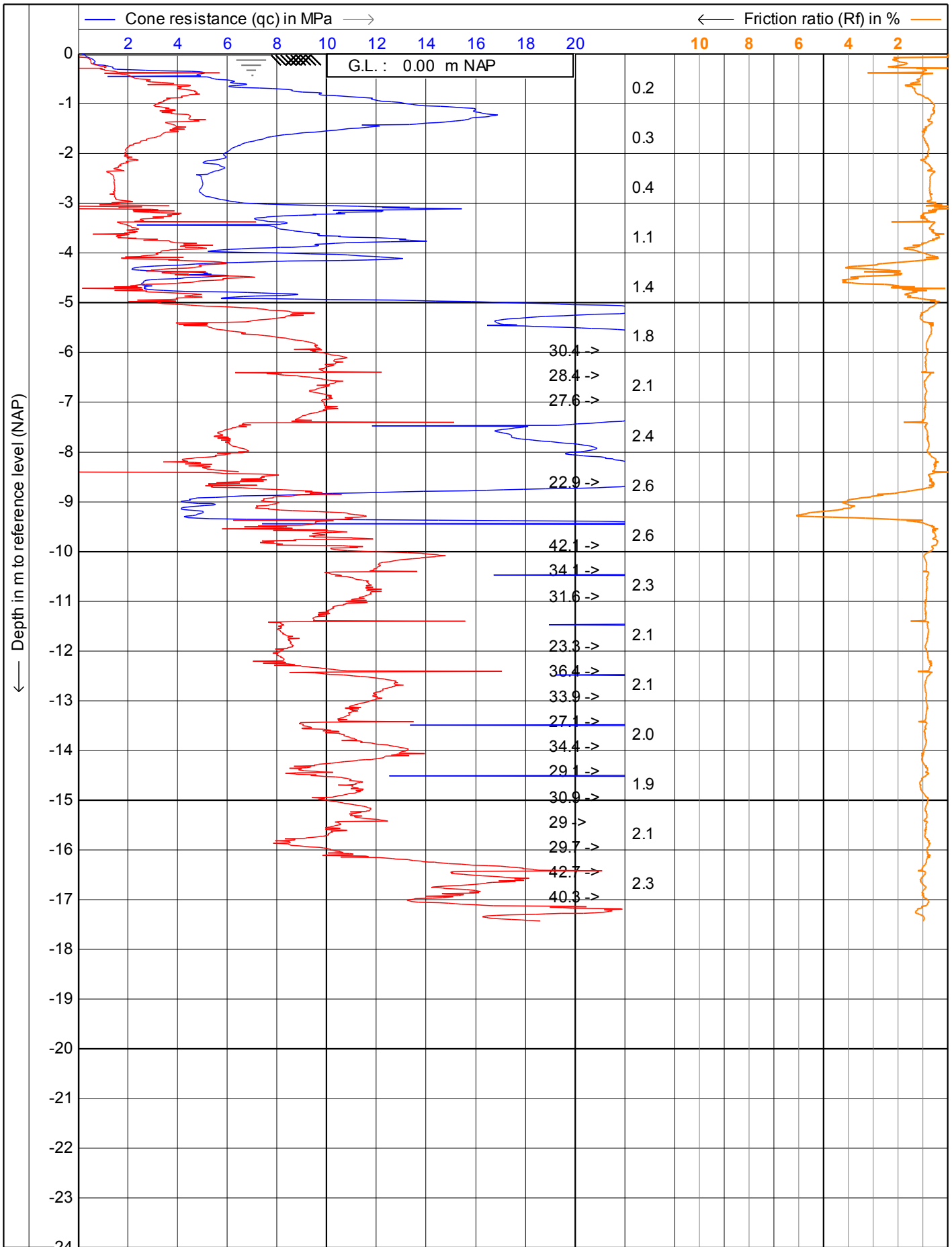
Test according NEN 5140 class 1 Project : <b>Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2</b> Location: <b>Nord-Ostsee Kanal</b>	Date : <b>25-10-2011</b>
	Cone no. : <b>S15CFILS10218</b>
	Project no. : <b>111075106</b>
	CPT no. : <b>612b-11</b> 1/1





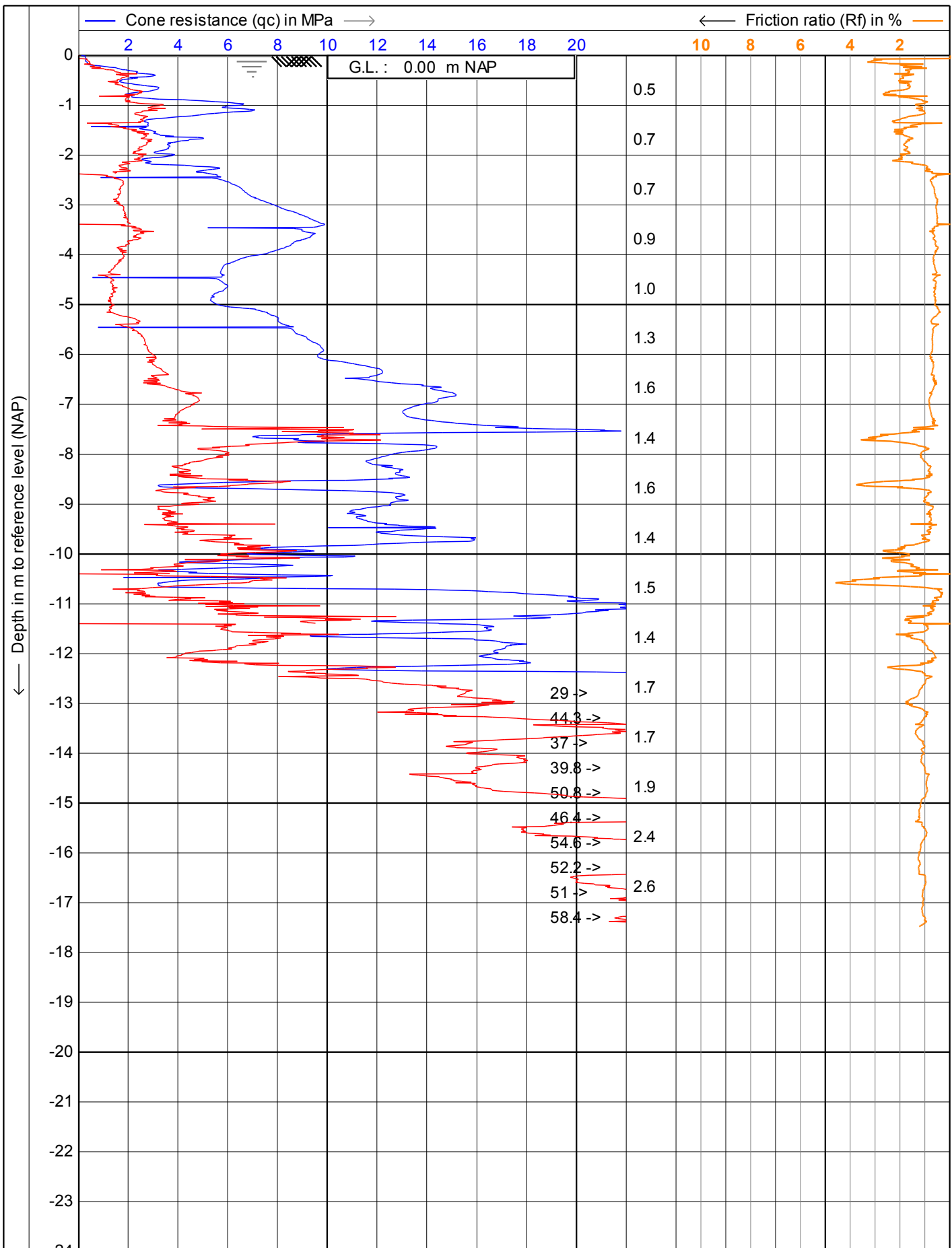
CPTask V1.30

Test according NEN 5140 class 1 Project : <b>Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2</b> Location: <b>Nord-Ostsee Kanal</b>	Date : <b>24-10-2011</b> Cone no. : <b>S15CFILS10218</b> Project no. : <b>111075106</b> CPT no. : <b>613-11</b>	<b>1/1</b>
---	--	------------



CPTask V1.30

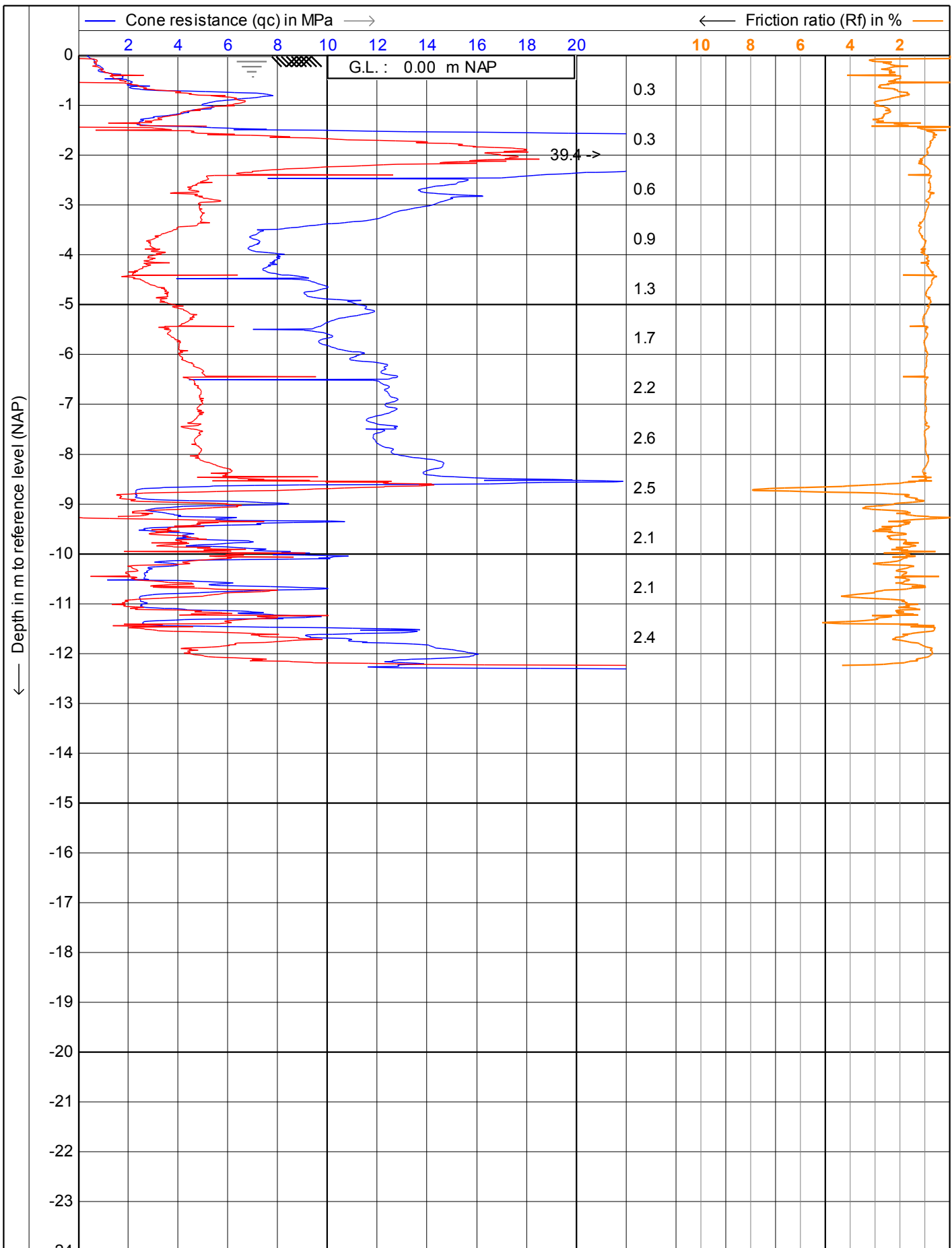
	Test according NEN 5140 class 1		Date : <b>25-10-2011</b>	
	Project : <b>Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2</b>		Cone no. : <b>S15CFILS10218</b>	
	Location: <b>Nord-Ostsee Kanal</b>		Project no. : <b>111075106</b>	
			CPT no. : <b>614a-11</b> 1/1	



29 ->	1.7
44.3 ->	1.7
37 ->	1.7
39.8 ->	1.9
50.8 ->	1.9
46.4 ->	2.4
54.6 ->	2.4
52.2 ->	2.6
51 ->	2.6
58.4 ->	

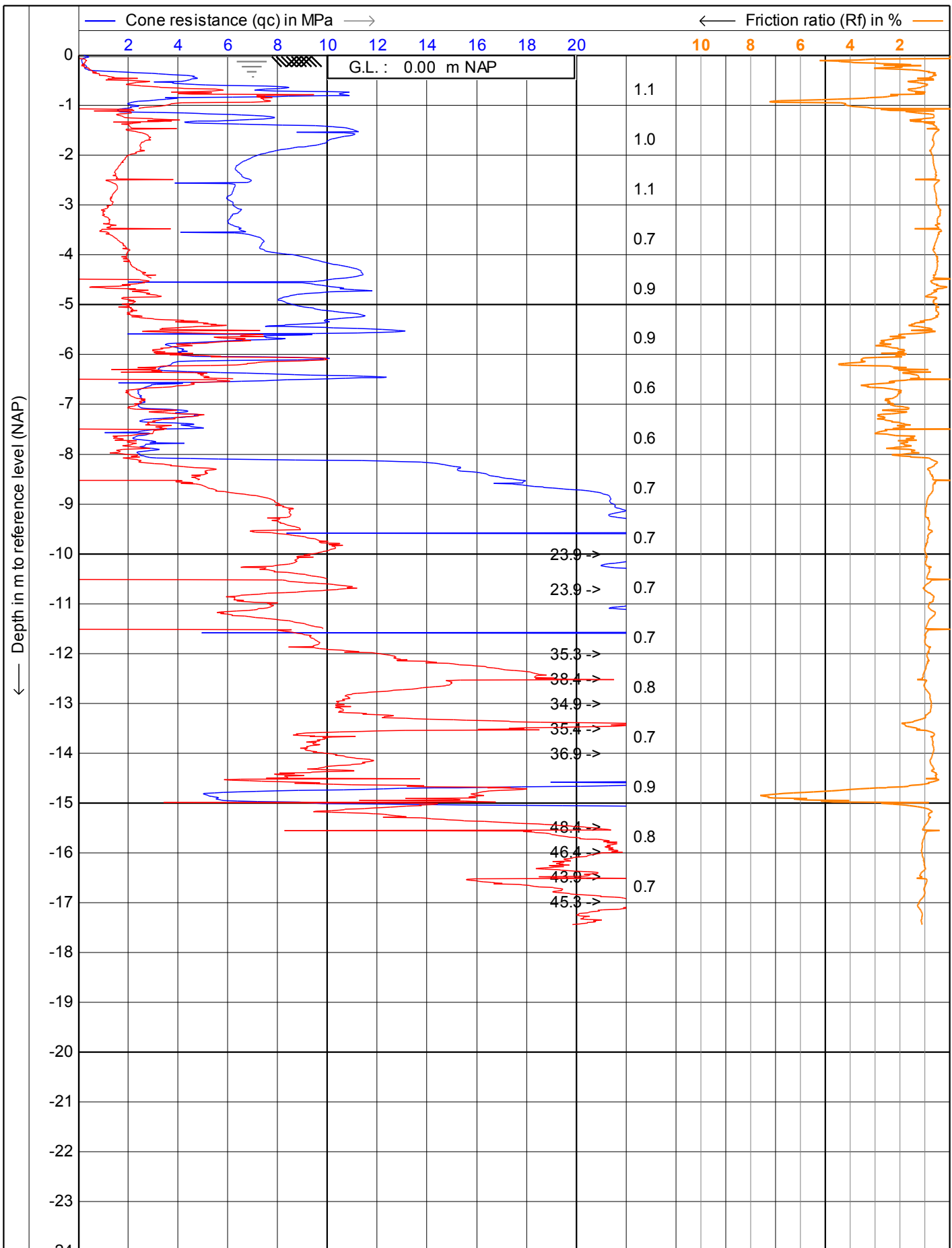
CPTask V1.30

Test according NEN 5140 class 1 Project : <b>Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2</b> Location: <b>Nord-Ostsee Kanal</b>	Date : <b>24-10-2011</b>
	Cone no. : <b>S15CFILS10218</b>
	Project no. : <b>111075106</b>
	CPT no. : <b>615-11</b> 1/1

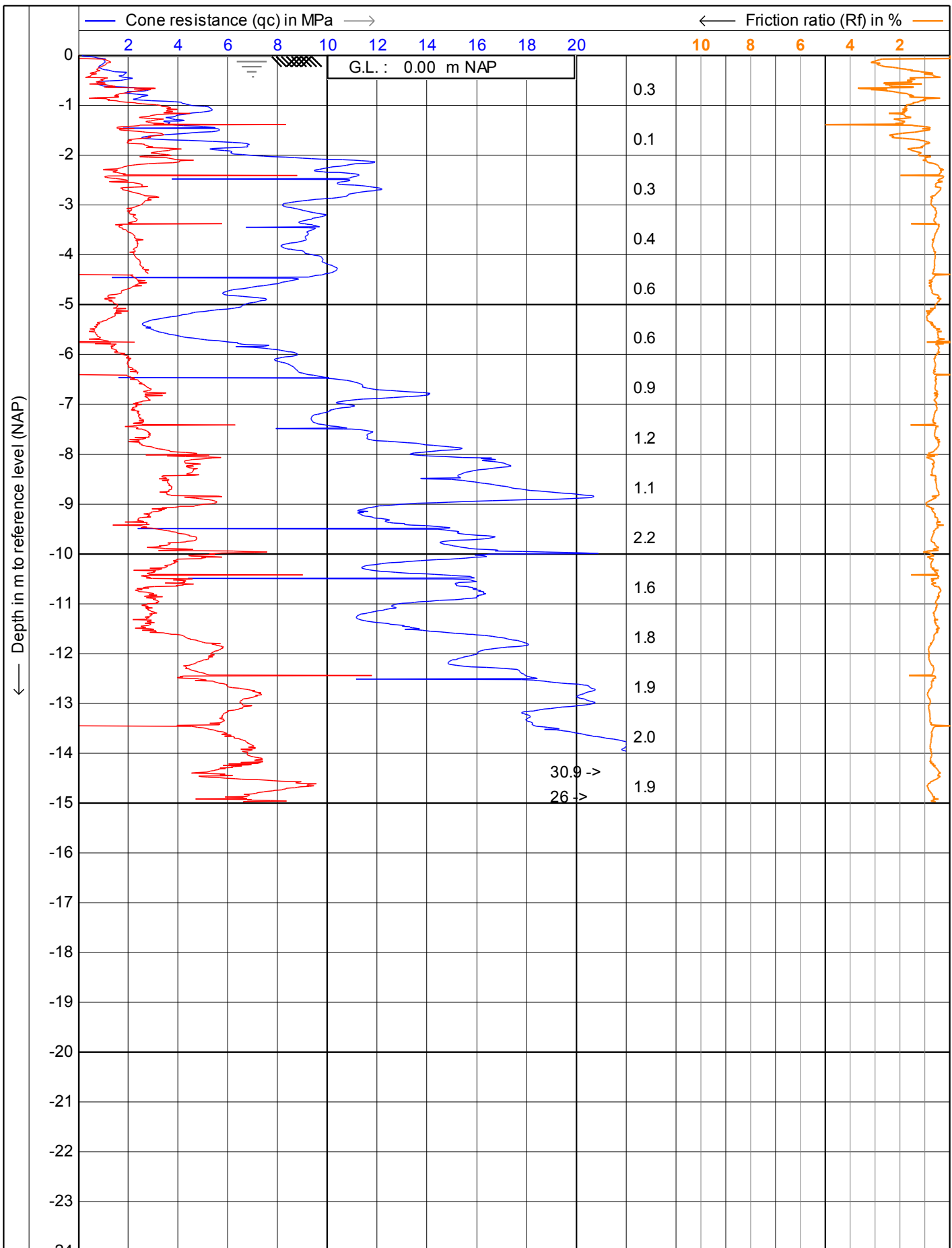


CPTask V1.30

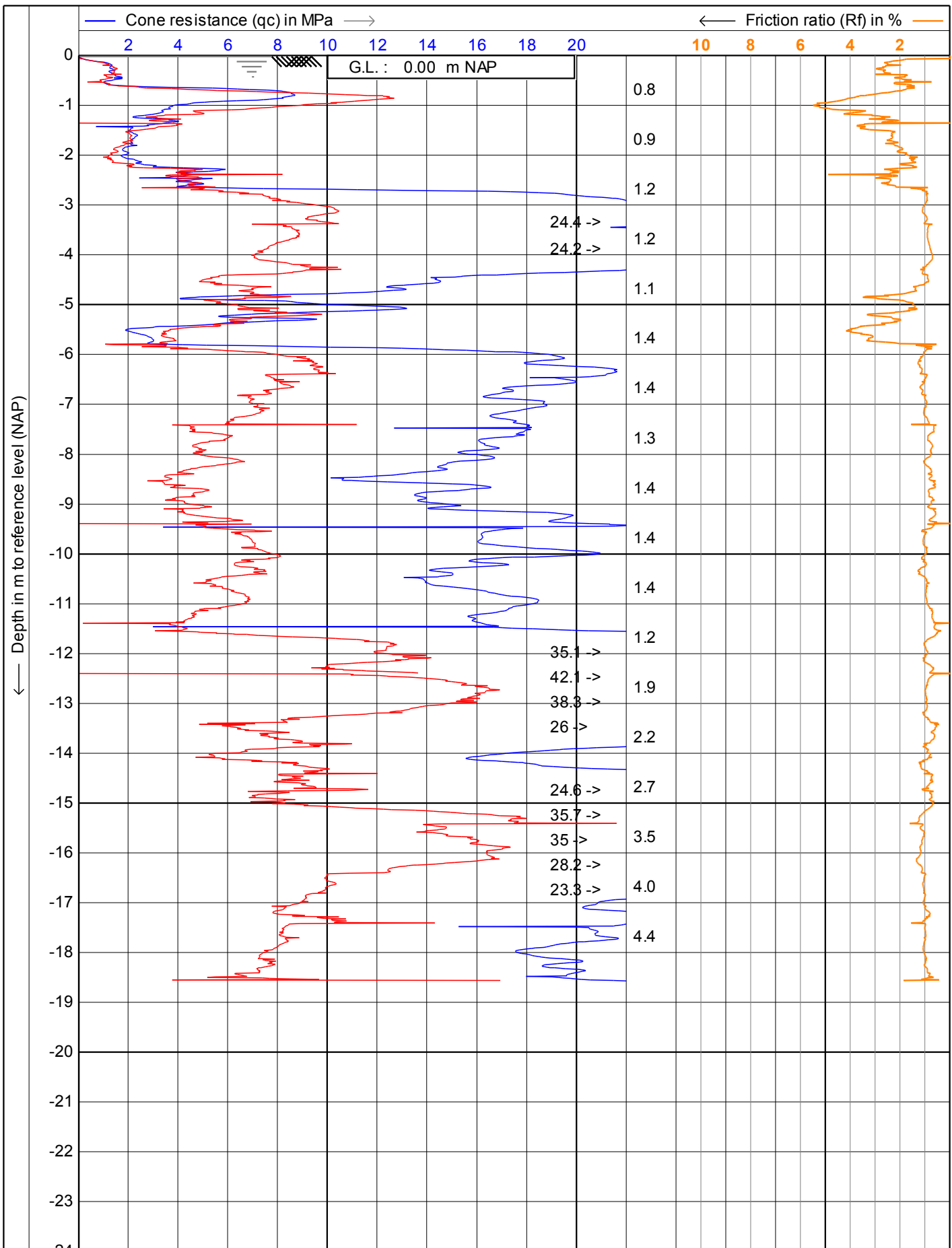
	Test according NEN 5140 class 1		Date : 24-10-2011	
	Project : <b>Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2</b>		Cone no. : <b>S15CFILS10218</b>	
	Location: <b>Nord-Ostsee Kanal</b>		Project no. : <b>111075106</b>	
			CPT no. : <b>616a-11</b>	1/1



CPTask V1.30 L 225 cm² 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1	Date : 24-10-2011	
	Project : Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2	Cone no. : S15CFILS10218	
	Location: Nord-Ostsee Kanal	Project no. : 111075106	
		CPT no. : 617	1/1



CPTask V1.30 L 225 cm <sup>2</sup> 15 cm <sup>2</sup>	Test according NEN 5140 class 1		Date : 24-10-2011	
	Project : Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2		Cone no. : S15CFILS10218	
	Location: Nord-Ostsee Kanal		Project no. : 111075106	
			CPT no. : 618-11	1/1

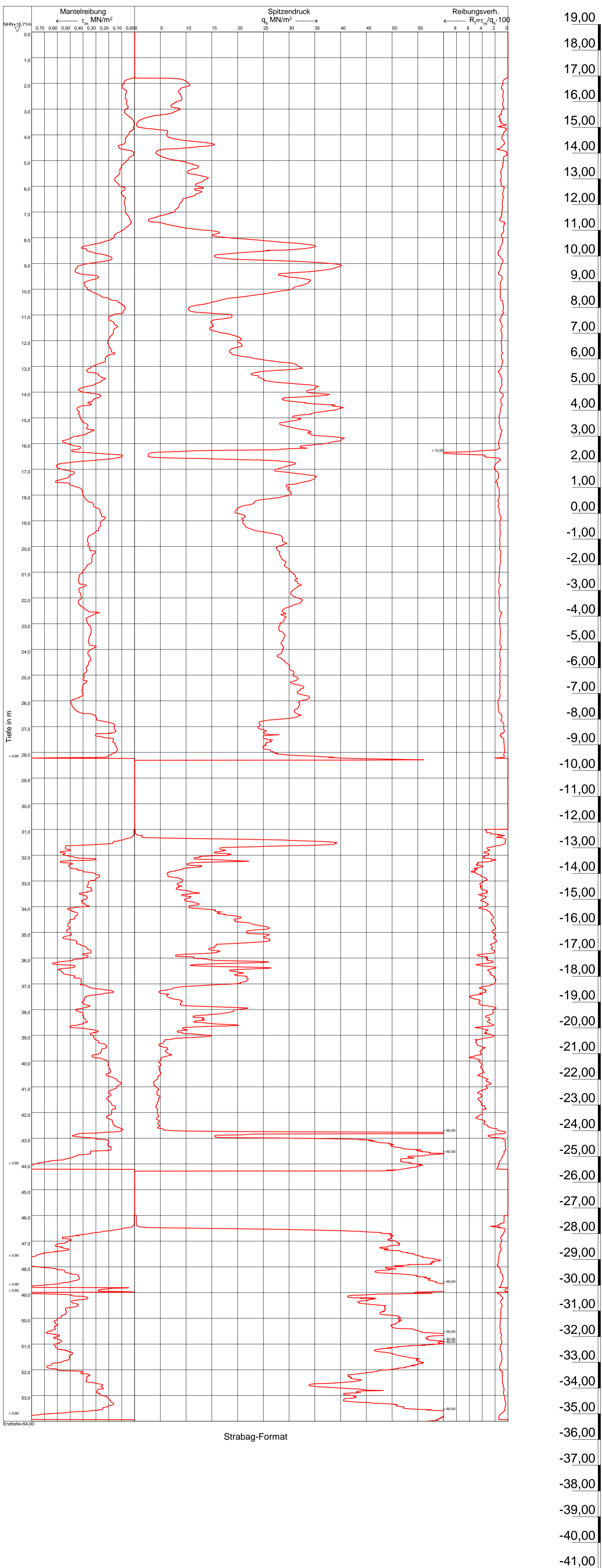


CPTask V1.30 L 225 cm <sup>2</sup> 15 cm <sup>2</sup>	Test according NEN 5140 class 1		Date : 24-10-2011	
	Project : Hochbruecke Levensau Kkm93.2-94.2		Cone no. : S15CFILS10218	
	Location: Nord-Ostsee Kanal		Project no. : 111075106	
			CPT no. : 619-11	1/1

# CPT 715

24.05.2012

NHN+m



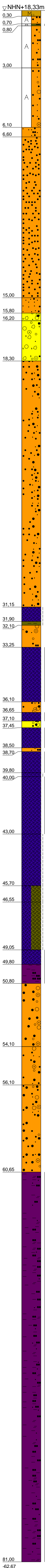
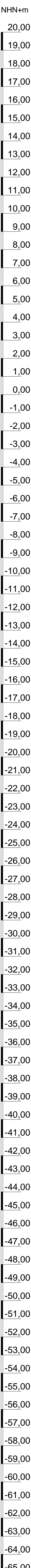
Strabag-Format



# **Anlage 4:**

**Bohrprofile BK/BP1-N und BK/BP3-N**

# BK/BP 1-N/1977



18,30

# BK/BP 3-N/1977

NHN+m

