

KUND

UPPSALA KOMMUN

# PROJEKTERINGS PM GEOTEKNIK

## SPÅRVÄGEN, BRO ÖVER FYRISÅN



2023-06-16

REV 2024-04-05



# PROJEKTERINGS PM GEOTEKNIK

## SPÅRVÄGEN, BRO ÖVER FYRISÅN

Uppdragsnamn	Bro över Fyrisån
Uppdragsnummer	10352856
Författare	Charlotta Carlsson
Datum	2023-06-16
Revisionsdatum	2024-04-05

### KUND

#### Uppsala Kommun

Kontaktperson  
Maria Leander  
E-post: maria.leander@forsen.com

### KONSULT

#### WSP

Dragarbrunnsgatan 41  
753 20 Uppsala  
Besök: Dragarbrunnsgatan 41  
Tel: +46 10 7225000  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
<http://www.wsp.com>

### KONTAKTPERSONER

#### Uppdragsansvarig

Charlotta Carlsson  
E-post: charlotta.carlsson@wsp.com

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>UPPDRAG</b>	<b>5</b>
1.1	OBJEKT	5
1.2	PLANERAD BYGGNATION	5
1.3	DOKUMENTETS SYFTE	6
<b>2</b>	<b>STYRANDE DOKUMENT</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>UNDERLAG</b>	<b>6</b>
3.1	UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	6
3.2	ARKIVMATERIAL	7
<b>4</b>	<b>BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN</b>	<b>7</b>
4.1	ALLMÄNT	7
4.2	TOPOGRAFI, YTBESKAFFENHET OCH MARKANVÄNDNING	7
4.3	GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	7
4.4	BEFINTLIGA LEDNINGAR OCH KONSTRUKTIONER	8
<b>5</b>	<b>PLANERAD KONSTRUKTION</b>	<b>8</b>
5.1	BRO	8
5.2	BYGGVÄGAR OCH ETABLERINGSYTOR	9
<b>6</b>	<b>GEOTEKNISKA OCH GEOHYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN</b>	<b>10</b>
6.1	JORDLAGERFÖLJD	10
6.1.1	Generellt	10
6.1.2	Tillfartsbank och landfäste 1	11
6.1.3	Brostöd 2	11
6.1.4	Brostöd 3	11
6.1.5	Brostöd 4	12
6.1.6	Brostöd 5	12
6.1.7	Brostöd 6	12
6.1.8	Brostöd 7	12
6.1.9	Brostöd 8	13
6.1.10	Brostöd 9	13
6.1.11	Brostöd 10	13
6.1.12	Brostöd 11	13
6.1.13	Brostöd 12	14
6.1.14	Brostöd 13	14
6.1.15	Brostöd 14	14
6.1.16	Tillfartsbank och landfäste 15	14
6.2	GEOTEKNISKA EGENSKAPER	15
6.2.1	Allmänt	15
6.2.2	Område västra	16
6.2.3	Område Fyrisån	19

<b>7</b>	<b>GRUNDLÄGGNING</b>	<b>24</b>
7.1	BYGGVÄGAR OCH ETABLERINGSYTOR	24
7.2	PLANERAD BRO	25
7.2.1	Tillfartsbank och landfäste 1	25
7.2.2	Brostöd 2	25
7.2.3	Brostöd 3	25
7.2.4	Brostöd 4	25
7.2.5	Brostöd 5	25
7.2.6	Brostöd 6	25
7.2.7	Brostöd 7	25
7.2.8	Brostöd 8	26
7.2.9	Brostöd 9	26
7.2.10	Brostöd 10	26
7.2.11	Brostöd 11	26
7.2.12	Brostöd 12	26
7.2.13	Brostöd 13	26
7.2.14	Brostöd 14	26
7.2.15	Tillfartsbank och landfäste 15	27
<b>8</b>	<b>STABILITET</b>	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>SCHAKT</b>	<b>27</b>
9.1	ALLMÄNT	27
9.2	GRUNDTVATTENSÄNKNING FÖR SCHAKT AV BROSTÖD PÅ ÖSTRA SIDAN AV FYRISÅN	28
<b>10</b>	<b>VIDARE ARBETEN</b>	<b>29</b>

## TILLHÖRANDE HANDLINGAR

Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Geoteknik, daterad 2023-06-16, framtagen av WSP.

# 1 UPPDRAG

## 1.1 OBJEKT

WSP Sverige AB har på uppdrag av Uppsala kommun utfört geotekniska undersökningar som ska ligga till grund för ett senare framtagande av systemhandling för planerad bro över Fyrisån i höjd med Ultuna. Undersökningsområdet ligger mellan Ultuna och Sävja i Uppsala kommun.



Figur 1.1. Flygbild över aktuellt område för geoteknisk undersökning (Källa: hitta.se, september 2022).

## 1.2 PLANERAD BYGGNATION

Inom aktuellt område planerar Uppsala kommun låta uppföra en bro över Fyrisån som en del av projektet Uppsala spårväg, se figur 1.2.



Figur 1.2. Planerad bro.

### 1.3 DOKUMENTETS SYFTE

Denna utredning och detta dokument har till syfte att utgöra underlag för framtagande av systemhandling.

## 2 STYRANDE DOKUMENT

Denna rapport ansluter till Eurokod 7 del 1 (SS-EN 1997-1) och SS-EN 1997-2, med tillhörande nationell bilaga.

Följande övriga styrande och rådgivande dokument har beaktats:

- TRV Infra-00230 (version 2.0)
- TRV Infra-00230 Råd (version 2.0)
- Grunderna i Eurokod 7 (IEG Rapport 2:2008, revidering 3)

## 3 UNDERLAG

Nedanstående undersökningar har utgjort underlag för denna handling PM Geoteknik. Det skall nämnas att vid framtagandet av denna PM så fanns endast underlag för planerad bros utbredning i plan tillgängligt. Inga uppgifter om laster eller grundläggningsdjup fanns framtagna.

### 3.1 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Fältundersökning har utförts av WSP Sverige AB i maj 2023.

För redovisning av resultat från geoteknisk undersökning hänvisas till tillhörande Markteknisk undersökningsrapport (MUR), daterad 2023-06-16.

## 3.2 ARKIVMATERIAL

- 1) Bjerking har tidigare utfört geotekniska undersökningar inom det nu aktuella området. Uppdraget är benämnt Broförslag, Alternativ A och B, uppdragsnummer 20U0980, dat 2020-09-22 och reviderat 2020-10-05.
- 2) WSP har utfört en stabilitetsutredning för den planerade bron och dess tillfartsbankar. Uppdraget är benämnt Bro vid Ultuna, stabilitetsutredning, uppdragsnummer 10340611, dat. 2022-09-09.
- 3) PM Hydrogeologi Tillståndsansökan för bro över Fyrisån. Utfört av WSP med uppdragsnummer 10359460, dat. 2024-04-04.
- 4) Systemhandling Uppsala spårväg -Bro över Fyrisån. Utfört av Afry och dat. 2024-02-29.

Resultat som bedömts relevanta har inarbetats i detta dokument.

## 4 BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

### 4.1 ALLMÄNT

Aktuellt undersökningsområde ligger i södra Uppsala och bron planeras över Fyrisån mellan Ultuna och Sävja.

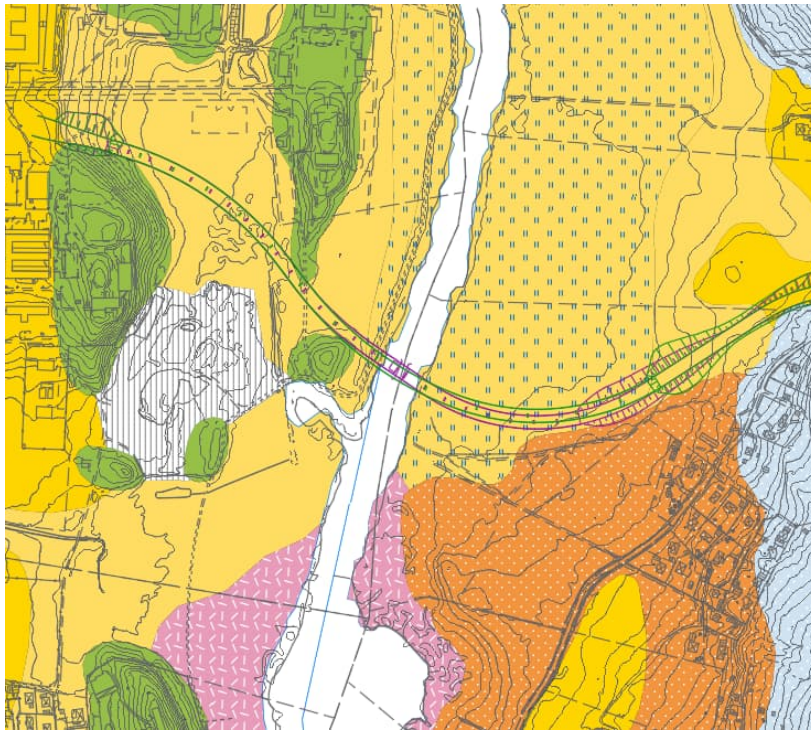
### 4.2 TOPOGRAFI, YTBESKAFFENHET OCH MARKANVÄNDNING

I dagsläget utgörs undersökningsområdet främst av Fyrisån, grönytor, åkermark, buskage samt hårdgjorda ytor i form av GC-vägar.

Aktuellt område är kuperat och i utförda undersökningspunkter varierar marknivån mellan ca +0,9 och + 9,5 meter.

### 4.3 GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

I den västra delen av området så återfinns Uppsalaåsen och en så kallad svallkappa där lera delvis överlagrar åsmaterialet. Övriga delar av området utgörs enligt jordartskartan av gyttjelera, isälvsediment och postglacial sand. Spårvägens sträckning tangerar en gammal deponi med oklar utbredning. Se figur 4.1.



Figur 4.1. Jordartskartan (SGU.se). Gult = lera, gult med skraffering = gyttjelera, grönt = åsmaterial, vitskrafferat = fyllning.

## 4.4 BEFINTLIGA LEDNINGAR OCH KONSTRUKTIONER

Ett flertal ledningar återfinns inom undersökningsområdet.

# 5 PLANERAD KONSTRUKTION

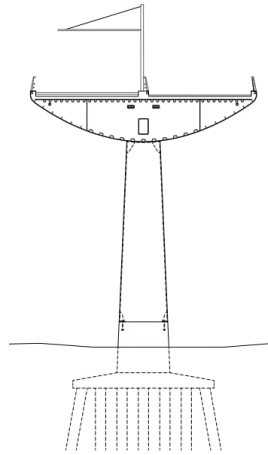
## 5.1 BRO

Planerad bro ska utföras som en samverkansbro mellan stål och betong.

Bron har en längd på ca 850 m fördelat på 14 spann. Pelaravståndet över ån, där spannet är som längst för att undvika stöd i vattnet, är ca 75m. Från detta spann till bronns ändar minskar längden på brospannen stegvis till ca 43 m som minst.

De 13 brostöden utförs med en konisk form med höjd som varierar mellan ca 16 m närmast ån och ca 5 meter mot bronns ändar. Bron planeras grundläggas med pålar till fast botten, se figur 5.1 samt med upp till 6 meter höga tillfartsbankar.

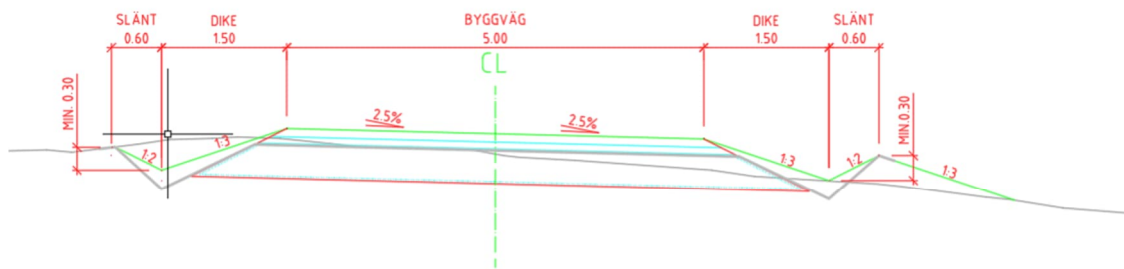




Figur 5.1. Tvärsnitt brostöd.

## 5.2 BYGGVÄGAR OCH ETABLERINGSYTOR

Två byggvägar NW och SE har projekterats längs med brosträckan för att skapa tillgång till brofundament och etableringsområde. Båda byggvägarna har en bredd på 5 m och en droppformad vändplan med en radie på 15 m. En del av byggvägen NW kommer byggas som pontonbron p.g.a. dålig bärighet över våtmarken. Etableringsområdena, och byggvägen NW kommer byggas med geomembran duk under överbyggnaden för att minimera risken för föroreningar och skydda det känsliga området. Figur 5.2 visar överbyggnaden för byggväg och etableringsytor. [4]



### ÖVERBYGGNAD BYGGVÄG OCH ETABLERINGSYTA

SLITLAGER	GRUS	100
OBUNDET BÄRLAGER	BÄRLAGERGRUS	80
MATERIALSKILJANDE LAGER	GEOMEMBRAN	
FÖRSTÄRKNINGSLAGER	KROSSAT BERGMATERIAL	420
MATERIALSKILJANDE LAGER	GEOTEXTIL BRUKSKLASS N3	

Figur 5.2. Överbyggnad för byggväg och etableringsyta.

## 6 GEOTEKNISKA OCH GEOHYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

### 6.1 JORDLAGERFÖLJD

Numreringen av brostöd i detta avsnitt följer tillhörande geotekniska planritningar, se ritning G10-1-01 och G-10-1-02. Denna numrering är endast för att förtydliga den geotekniska redovisningen.

#### 6.1.1 Generellt

Undergrunden i undersökta punkter utgörs generellt av kohesionsjord ovan friktionsjord och sedan berg. Kohesionsjorden överlagras av skiktad jord av sand och torrskorpelera.

Kohesionsjorden utgörs överst av upp till ca 1 – 1,5 meter torrskorpelera och överlagras ibland av sand. Därunder följer sandig siltig sulfidhaltig lera eller gyttjelera. Det förekommer mäktiga skikt av sand i leran.

Friktionsjorden under leran utgörs överst av lerig sand eller sand med lerskikt. Den underlagrande friktionsjordens mäktighet och sammansättning varierar inom området. En hejarsondering, 23W020C har utförts till 56,6 meter utan att stoppa mot berg.

Ett antal grundvattenrör finns installerade i anslutning till planerad bro, se figur 6.1. [3]. Närmare beskrivning av grundvattnets trycknivåer finns beskrivna under respektive brostöd.



Figur 6.1. Installerade grundvattenrör.

Det skall också nämnas att det i Ultuna källa, strax söder om planerad bro, förekommer artesiskt grundvatten. Artesiskt grundvatten innebär att grundvattenytans trycknivå ligger över marknivån.



Figur 6.2. Ultuna källa, där artesisikt grundvatten förekommer.

Grundvattennivåerna ska förväntas variera med årstid och nederbörd.

Området är beläget inom yttre skyddsområde för Uppsala kommuns vattentäkt.

### 6.1.2 Tillfartsbank och landfäste 1

Undergrunden utgörs överst av upp till 1,5 m fyllning eller torrskorpelera. Därunder följer 1,2 – 3,5 m kohesionsjord ovan mer än 22 m mäktiga lager med friktionsjord.

Fyllningen utgörs av grus, sand och torrskorpelera.

Kohesionsjorden utgörs av grusig sandig och i vissa fall siltig torrskorpelera eller lera.

Friktionsjorden är inte närmare undersökt mot djupet men utgörs överst av mullhaltig ngt siltig sand med lerskikt. Sanden mäktighet bedömdes vid fältundersökningen vara ca 20 meter.

Medelgrundvattennivån är ca +0,96. [3]

### 6.1.3 Brostöd 2

Undergrunden utgörs överst av 1,2 meter fyllning ovan 5,3 meter kohesionsjord. Därunder följer mäktiga skikt av både friktionsjord och kohesionsjord. Utförd hejarsonering har stoppat på 18,9 meters djup.

Fyllningen utgörs av mulljord, grus, silt, sand, lera och tegel.

Kohesionsjorden utgörs överst av siltig sulfidhaltig varvig lera med silt- och sandskikt.

Friktionsjorden utgörs enligt utförda soneringar av sand med mäktiga lerskikt.

Medelgrundvattennivån är ca +0,91. [3]

### 6.1.4 Brostöd 3

Undergrunden utgörs överst av ca 18,8 meter kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsonering har stoppat på 23,4 meters djup.

Kohesionsjorden är inte närmare undersökt men utgörs troligen överst av torrskorpelera, därunder följer lera av lösare beskaffenhet. Sandskikt förekommer i leran.

Det har vid sonering varit svårt att särskilja sand från lera och tolkningen i denna PM samt vid utvärdering i Conrad kan därför skilja sig från fälttolkningarna.

Friktionsjorden utgörs enligt utförda soneringar av sand med lerskikt.

Medelgrundvattennivån är ca +0,85. [3]

#### 6.1.5 Brostöd 4

Undergrunden utgörs överst av upp till 26 meter kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsonering har stoppat på 28 meters djup.

Det har vid sonering varit svårt att särskilja sand från lera och tolkningen i denna PM samt vid utvärdering i Conrad kan därför skilja sig från fälttolkningarna.

Kohesionsjorden utgörs överst av grusig sandig torrskorpelera, därunder följer lera med lösare beskaffenhet. Sandskikt förekommer i leran.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt men bedöms utifrån utförda soneringar överst utgöras av sand.

Medelgrundvattennivån är ca +0,78. [3]

#### 6.1.6 Brostöd 5

Undergrunden utgörs överst av ca 14 meter kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsonering har stoppat på 23,5 meters djup. Det skall nämnas att man endast kunnat utföra en hejarsonering i punkten då markens bärighet här är dålig. Läget för brostöd 5 var vid tiden för undersökningen täckt med vatten.

Eftersom endast en hejarsonering är utförd i läge för det tänkta brostödet så är det svårt att på ett bra sätt bedöma vart leran övergår i sand.

Kohesionsjorden är undersökt med kolvprovtagning i närheten av brostöd 5. Kolvprovtagningen visar att kohesionsjorden överst utgörs av grusig sandig siltig lera, delvis med sulfidskikt. Mot djupet övergår leran till sulfidhaltig siltig lerig gyttja alt. sulfidhaltig gyttjig siltig lera. Lerans skjuvhållfasthet varierar mellan 15 och 19 kPa. Konflytgränsen varierar mellan 88% och 92%, vattenkvoten mellan 86% och 101% och sensitiviteten mellan 11–15. Leran är alltså mellansensitiv.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt men bedöms utifrån utförda soneringar i närheten överst utgöras av sand.

Medelgrundvattennivån är ca +0,74. [3]

#### 6.1.7 Brostöd 6

Pga. dålig markbärighet och mkt vatten så har inga soneringar kunnat utföras i läget för brostöd 6. En sonering, 23W013, har utförts ca 20 meter ifrån brostödet i linje med planerad bro. I denna punkt så utgörs undergrunden överst av 11,3 meter kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord.

Kohesionsjorden utgörs av sulfidhaltig siltig gyttjig lera med sandskikt. Mot djupet övergår leran till sulfidhaltig delvis sandig siltig lerig gyttja.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt.

Medelgrundvattennivån är ca +0,73. [3]

#### 6.1.8 Brostöd 7

Undergrunden utgörs överst av ca 13 m kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsonering har stoppat på 19,5 m.

Kohesionsjorden utgörs överst av grusig sandig torrskorpelera, därunder följer lera med lösare beskaffenhet. Sandskikt förekommer i leran.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt men bedöms utifrån utförda soneringar överst utgöras av sand.

Medelgrundvattennivån är ca +0,73. [3]

#### 6.1.9 Brostöd 8

Undergrunden utgörs överst av ca 4,6 m kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsondering har stoppat på 32,6 m.

Kohesionsjorden utgörs överst av mullhaltig sandig siltig varvig lera. Därunder övergår leran till sulfidhaltig delvis sandig siltig lerig gyttja.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt men bedöms utifrån utförda sonderingar överst utgöras av sand.

Medelgrundvattennivån är ca +0,75. [3]

#### 6.1.10 Brostöd 9

Undergrunden utgörs överst av ca 3,8 m kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsondering har stoppat på 39,0 m.

Kohesionsjorden utgörs överst av sandig torrskorpelera. Därunder är inte leran undersökt. Utförda vingsonderingar visar att lerans okorrigerade skjuvhållfasthet varierar mellan 14 och 36,5 kPa.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt men bedöms utifrån utförda sonderingar överst utgöras av sand.

Medelgrundvattennivån är ca +0,78. [3]

#### 6.1.11 Brostöd 10

Undergrunden utgörs överst av 2 meter friktionsjord därunder följer ca 8 m kohesionsjord ovan friktionsjord. Utförd hejarsondering har avbrutits på 56,6 m. Det var då inte längre möjligt att fortsätta undersökningen trots att ett flertal försök utfördes.

Leran utgörs enligt kolvprovtagningar utförda i närheten av det tänkta brostödet av siltig varvig lera med silt- och sandskikt. Lerans skjuvhållfasthet varierar mellan 11 och 16 kPa. Konflytgränsen varierar mellan 22% och 41%, vattenkvoten mellan 23% och 54% och sensitiviteten mellan 36–44. Leran är alltså högsensitiv.

Friktionsjorden ovan leran utgörs av siltig lerig sand. Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt.

Medelgrundvattennivån är ca +0,88. [3]

#### 6.1.12 Brostöd 11

Undergrunden utgörs överst av ca 9,5 meter kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsondering har stoppat på 23 meters djup.

Kohesionsjorden är undersökt med kolvprovtagning. Kolvprovtagningen visar att kohesionsjorden överst utgörs av något sandig gyttjig siltig lera. Ett 0,3 meter mäktigt sandskikt förekommer på ca 1 meters djup. Därunder följer något sulfidhaltig något sandig siltig lera med sandskikt. Mot djupet övergår leran till siltig varvig lera med silt- och sandskikt. Lerans skjuvhållfasthet varierar mellan 10 och 13 kPa. Konflytgränsen varierar mellan 35% och 43%, vattenkvoten mellan 55% och 66% och sensitiviteten mellan 64–91. Leran är alltså högsensitiv.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt.

Medelgrundvattennivån är ca +1,35. [3]

### 6.1.13 Brostöd 12

Undergrunden utgörs överst av ca 2,4 m kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsondering har stoppat på 11,6 meters djup.

Kohesionsjorden är inte närmare undersökt men utgörs troligen överst av torrskorpelera, därunder följer lera av lösare beskaffenhet.

Friktionsjorden under leran är inte närmare undersökt men bedöms utifrån utförda sonderingar överst utgöras av sand.

Medelgrundvattennivån är ca +1,75. [3]

### 6.1.14 Brostöd 13

Undergrunden utgörs överst av ett ca 2 m mäktigt lager med varvade jordar. Därunder följer friktionsjord ovan berg. Utförd hejarsondering har stoppat på 4,7 meters djup. Utförd jordbergsondering har påvisat berg på 7,2 meters djup.

Kohesionsjorden utgörs av skikt med ngt gyttjig sandig siltig lera som varvas med siltig lerig sand.

Friktionsjorden under den varvade jorden utgörs överst av sand. Därunder är inte friktionsjorden närmare undersökt.

Medelgrundvattennivån är ca +1,92. [3]

### 6.1.15 Brostöd 14

Undergrunden utgörs överst av 0,3 meter kohesionsjord. Därunder följer friktionsjord. Utförd hejarsondering har stoppat på 11 meters djup.

Kohesionsjorden utgörs av mullhaltig sandig torrskorpelera.

Friktionsjorden utgörs överst av sand. Därunder är inte friktionsjorden närmare undersökt.

Medelgrundvattennivån är ca +2,1. [3]

### 6.1.16 Tillfartsbank och landfäste 15

Undergrunden utgörs generellt överst av varviga jordar ovan friktionsjordar. Utförda CPT-sonderingar har stoppat på mellan 2,4 – 8,4 meters djup. Djup till berg varierar i undersökta punkter mellan 4,0 – 8,8 meter.

De varviga jordarna utgörs av sandig siltig gyttjig lera varvat med delvis grusig siltig sand.

Friktionsjorden utgörs överst av siltig sand. Därunder är inte friktionsjorden närmare undersökt. Utförd jordbergsondering har påvisat flertalet stora block i friktionsjorden.

Medelgrundvattennivån är ca +2,3. [3]

## 6.2 GEOTEKNISKA EGENSKAPER

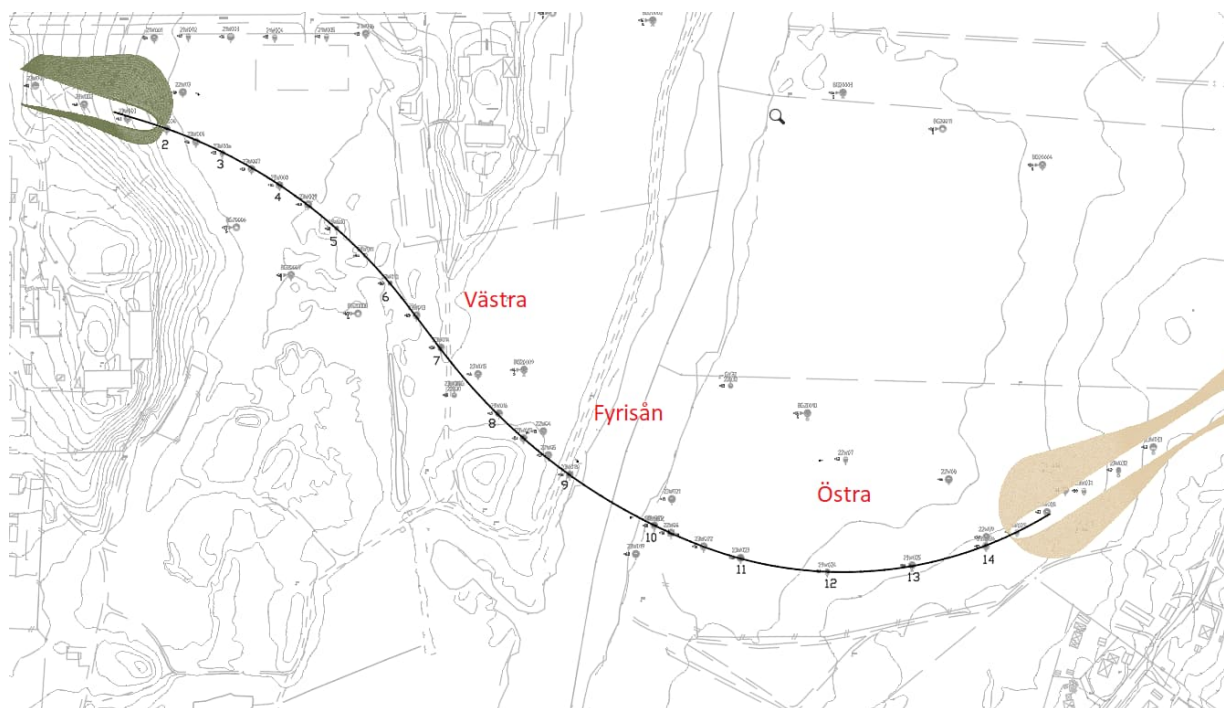
### 6.2.1 Allmänt

Uppmätta vattenkvoter i leran varierar mellan 23 – 104% och konflytgränsen varierar mellan 25 – 101%.

Leran är generellt låg- eller mellansensitiv. Runt Fyrisån är dock leran högsensitiv och värden mellan 34 – 117 har uppmätts. I en punkt var dessutom den omrörda hållfastheten mindre än 0,4 kPa vilket gör att denna lera definieras som kvicklera. Kvicklera har påträffats i sonderingspunkt 22W06. I intilliggande punkter har sensitiviteten och den omrörda hållfastheten varit lägre än definitionen för kvicklera.

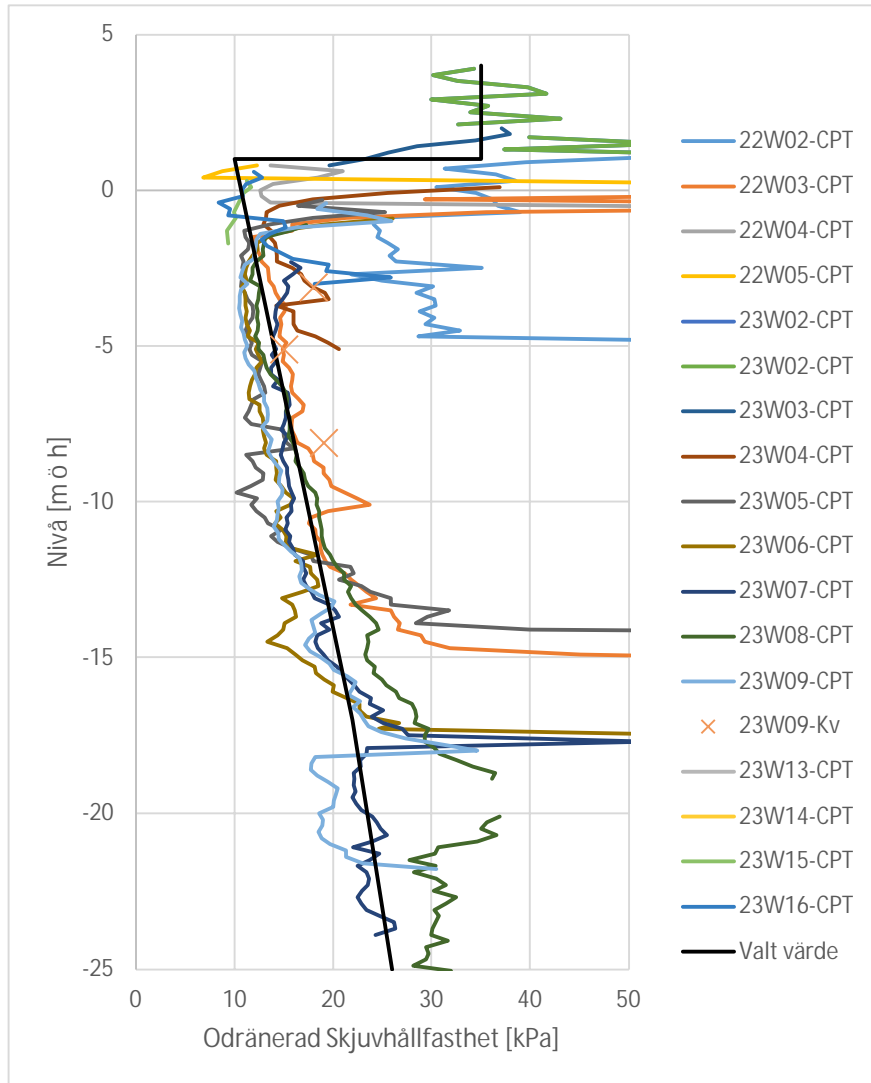
Lerans odränerade skjuvhållfasthet är mycket låg till låg och varierar mellan ca 10 – 22 kPa. Den lägsta skjuvhållfastheten är noterad i sonderingspunkt 23W023.

I figur 6.4 till 6.12 redovisas sammanställning av valda hållfasthetsvärden (skjuvhållfasthet, friktionsvinkel och E-modul) i tre olika geologiska lokaler, se figur 6.3 för uppdelning av området.



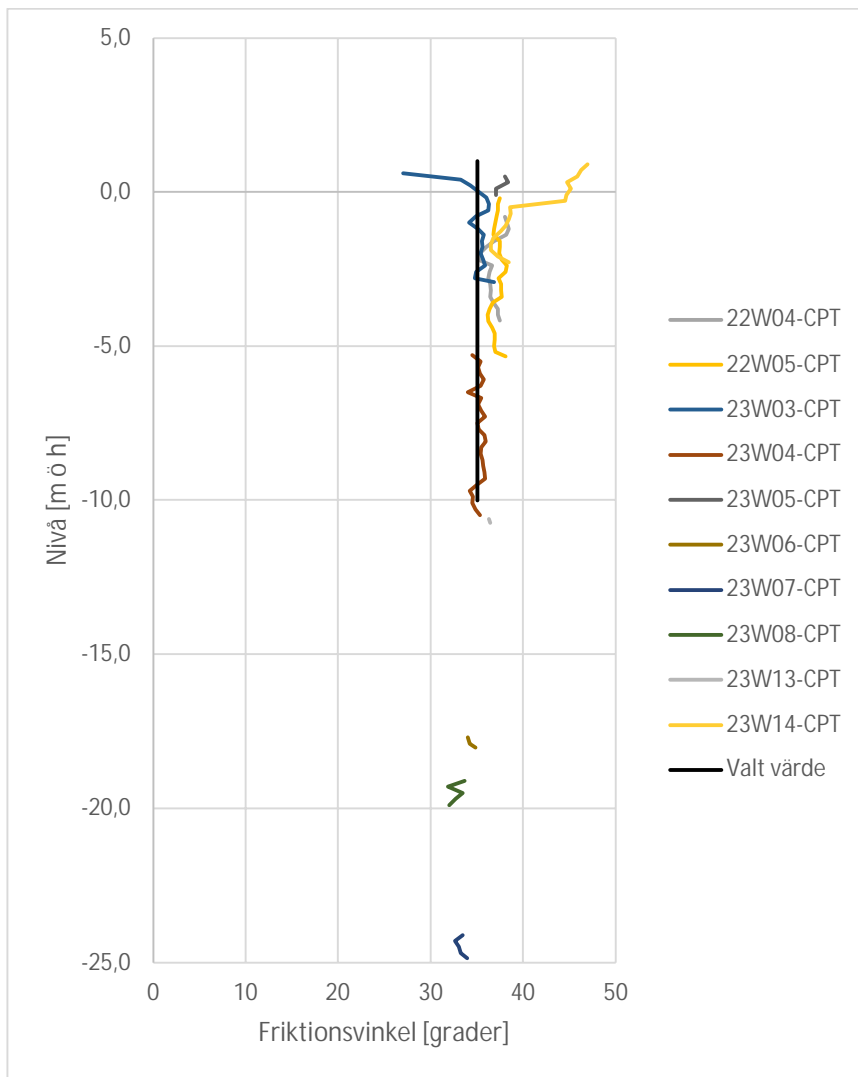
Figur 6.3. Områdesindelning

## 6.2.2 Område västra

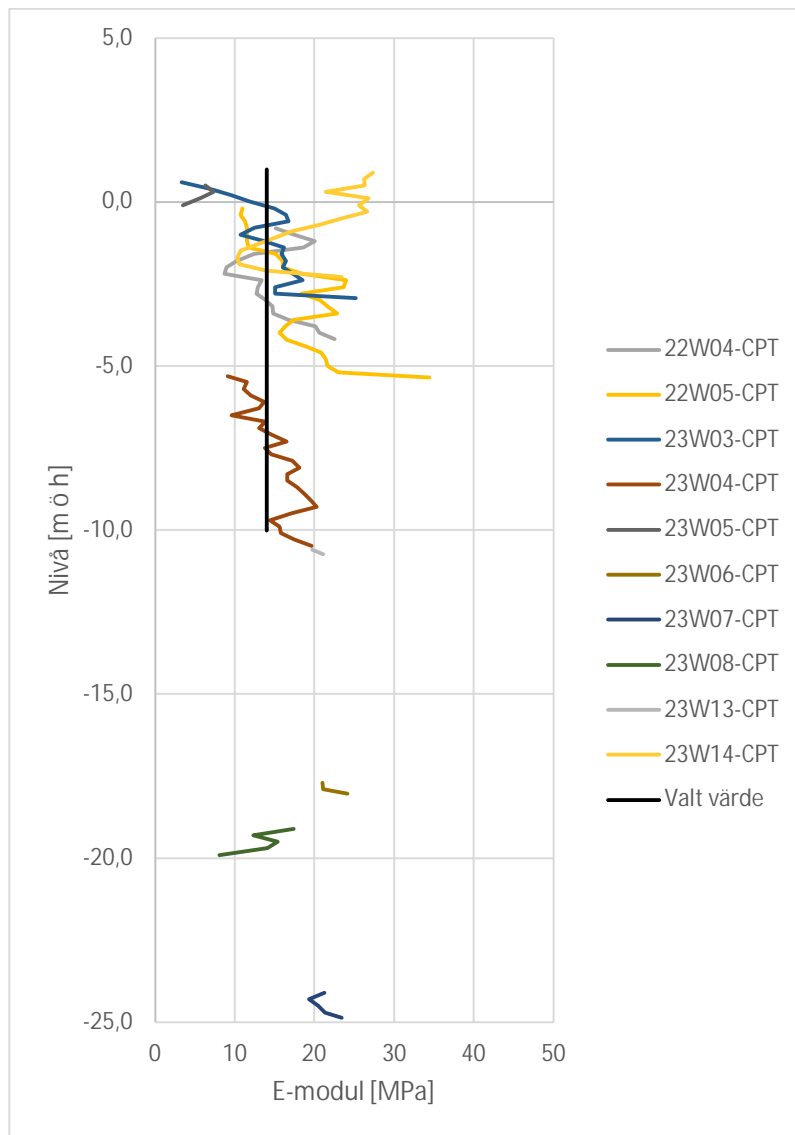


Figur 6.4. Vald skjuvhållfasthet område Västra



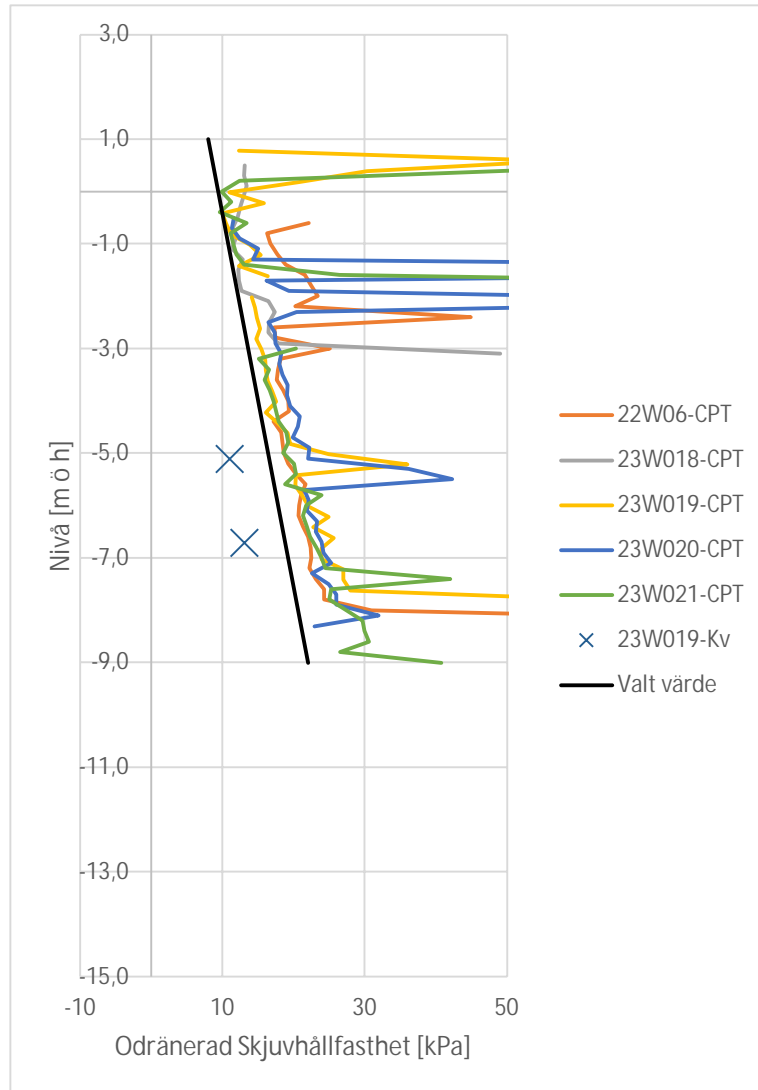


Figur 6.5. Vald friktionsvinkel område Västra

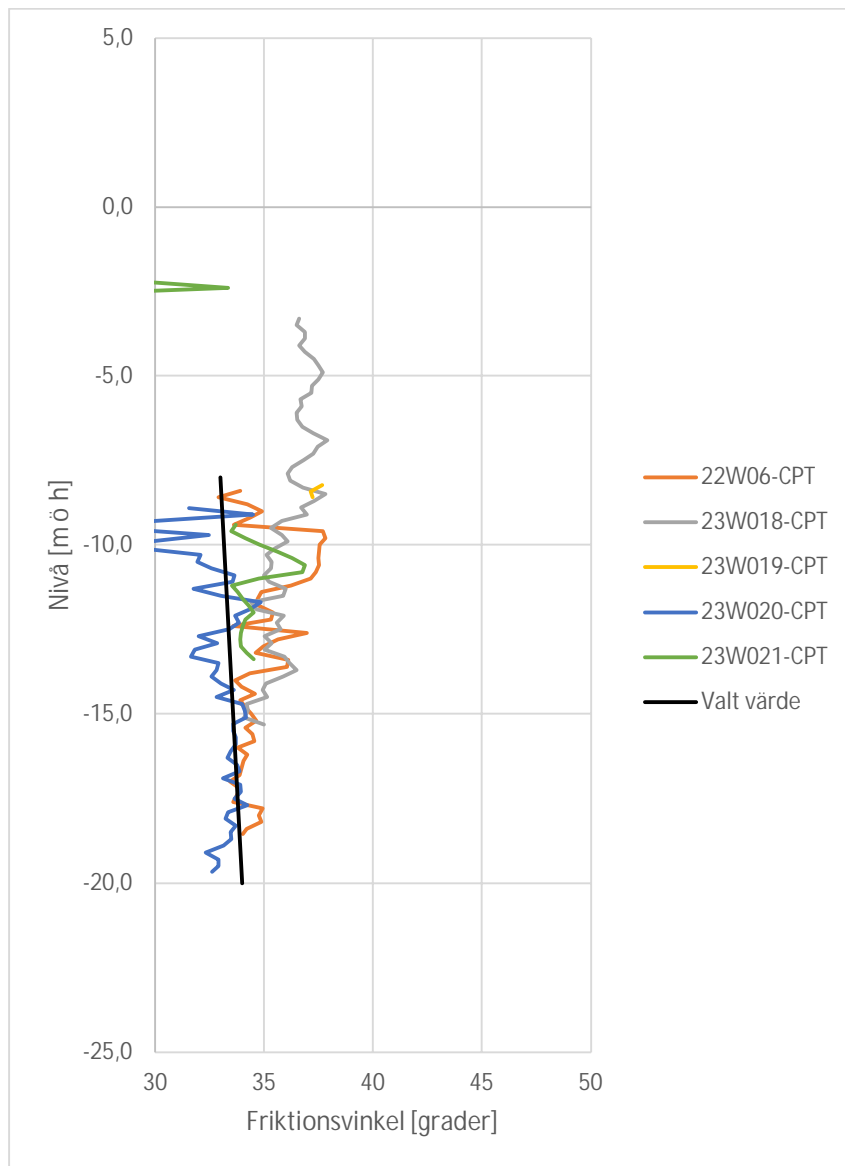


Figur 6.6. Vald E-modul område Västra

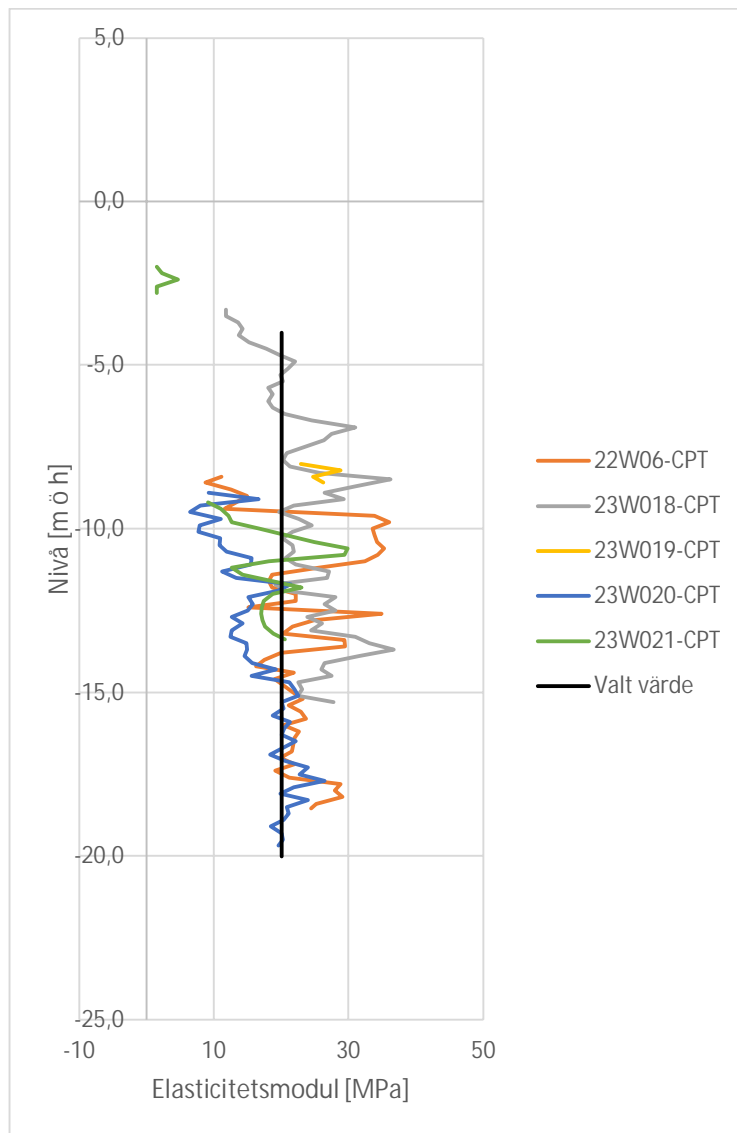
### 6.2.3 Område Fyrisån



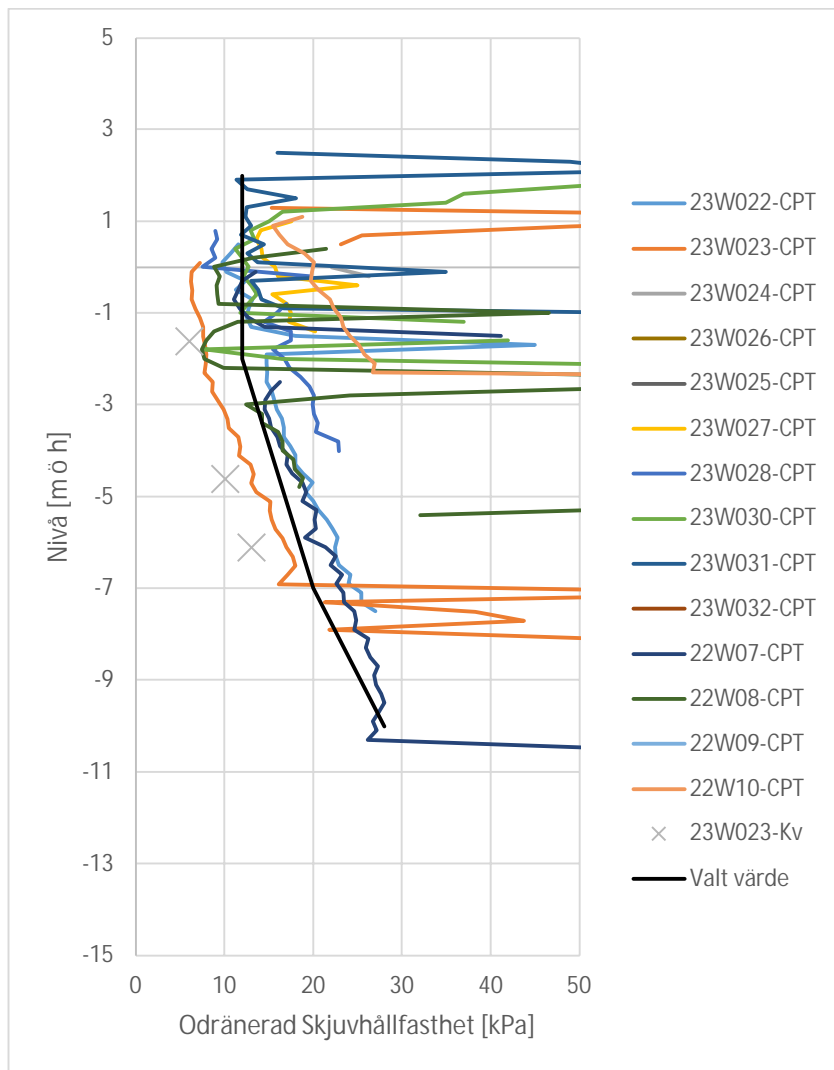
Figur 6.7. Vald skjuvhållfasthet område Fyrisån



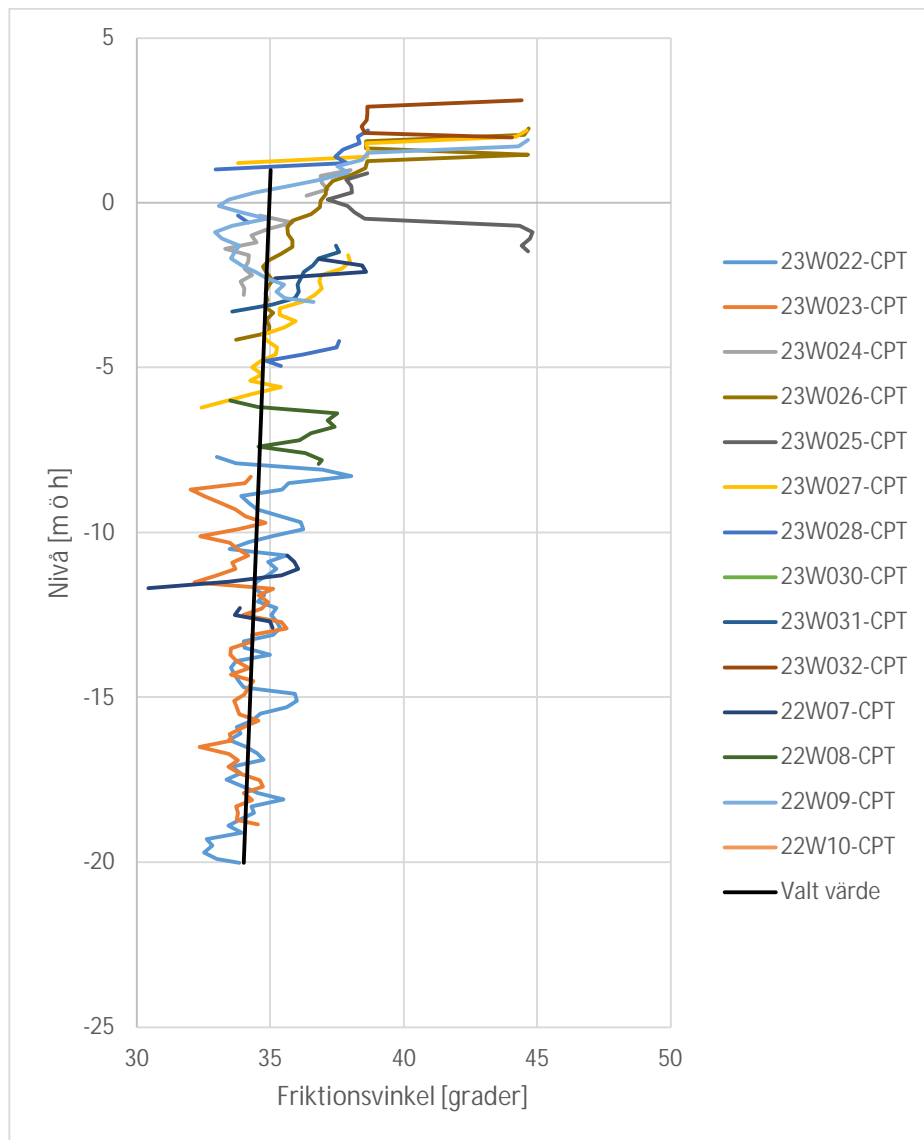
Figur 6.8. Vald friktionsvinkel område Fyrisån



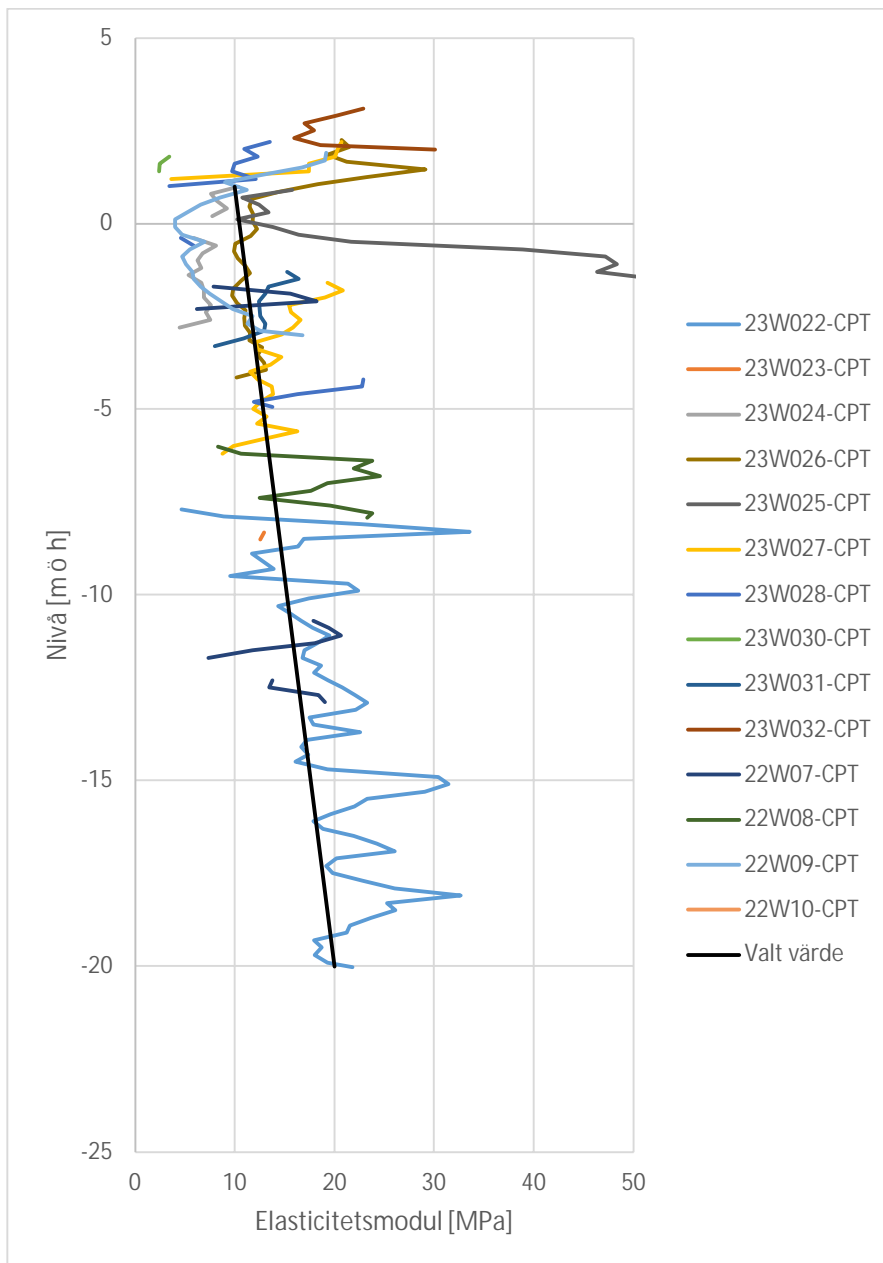
Figur 6.9. Vald E-modul område Fyrisån



Figur 6.10. Vald skjuvhållfasthet område Östra



Figur 6.11. Vald friktionsvinkel område Östra



Figur 6.12. Vald E-modul Område Östra

## 7 GRUNDLÄGGNING

### 7.1 BYGGVÄGAR OCH ETABLERINGSYTOR

Undersökningar och beräkningar för kontroll av stabilitet för byggvägar och etableringsytor påbörjas våren 2024. Den initiala bedömningen är att det krävs stödkonstruktioner vid Fyrisån för att stabiliteten ska vara erforderlig vid vändplanerna. Det kan också vara så att man behöver förstärkningsåtgärder för övriga delar av byggvägarna samt för etableringsytan. Dessa förstärkningsåtgärder kan exempelvis utgöras av lastkompensation med lättfyllning och eller geonät.



## 7.2 PLANERAD BRO

Generellt är bedömningen att det finns risk att det krävs stödkonstruktion i form av spont för de schakter som överstiger 2 meter och som utförs i lera. För att kunna göra en slutlig bedömning behövs mer information om vilka maskiner som ska användas samt hur man hanterar jordupplag.

### 7.2.1 Tillfartsbank och landfäste 1

Schaktdjupet är ca 3 meter. Tillfartsbanken grundläggs på friktionsjordar vilket innebär att sättningar bedöms tas ut relativt skyndsamt vid utläggande av banken. Sättningarna kommer dock att ge upphov till påhängslaster på den pålgrundlagda bron. I det fall man bygger bron före tillfartsbankarna behöver man troligen utföra skyddspålning för att skydda brons pålgrundläggning. Ett annat alternativ skulle kunna vara förbelastning av banken och att bron byggs när sättningarna i banken tagits ut.

### 7.2.2 Brostöd 2

Schaktdjupet varierar mellan 2,5 – 3 meter. Schakt kommer att utföras i okvalificerad fyllning och lera.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 18,9 meters djup.

### 7.2.3 Brostöd 3

Schaktdjupet varierar mellan 2,5 – 2,6 meter.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 23,4 meters djup.

### 7.2.4 Brostöd 4

Schaktdjupet är 2,5 meter. Schakt kommer att utföras i torrskorpelera och lera.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 28 meters djup.

### 7.2.5 Brostöd 5

Schaktdjupet är 2,5 meter. Schakt planeras utföras med spont.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 23,5 meters djup.

### 7.2.6 Brostöd 6

Pga. dålig markbärighet och mkt vatten så har inga sonderingar kunnat utföras i läget för brostöd 6.

Schaktdjupet är 2,5 meter. Schakt planeras utföras med spont.

Brostödet bedöms utifrån sonderingar utförda i närheten kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Inga uppgifter finns om pållängder.

### 7.2.7 Brostöd 7

Schaktdjupet är 3 – 3,5 meter. Schakt kommer att utföras i torrskorpelera och lera.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 19,5 meters djup.

#### 7.2.8 Brostöd 8

Schaktdjupet är 2 meter. Schakt kommer att utföras i lera.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 32,6 meters djup.

#### 7.2.9 Brostöd 9

Ingen schakt krävs då stödet placeras på bottenplatta i linje med befintlig marknivå.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 39 meters djup.

#### 7.2.10 Brostöd 10

Schaktdjupet är 2,5 - 3 meter. Schakt kommer att utföras i lera och sand.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge har inte kunnat fastställas då man trots flera försök inte kunde sondera till metodstopp. Sonderingen har stoppat på 56,6 meters djup.

#### 7.2.11 Brostöd 11

Schaktdjupet är 2,5 meter. Schakt kommer att utföras i lera och sand.

Brostödet bedöms kunna grundläggas med spetsburna pålar slagna till fast botten. Hejarsonderingarnas stoppdjup för respektive brostödläge bedöms motsvara pållängden. Utförd hejarsondering har stoppat på 23 meters djup.

#### 7.2.12 Brostöd 12

Schaktdjupet är 2,5 meter. Grundvattenbortledning planeras för att kunna utföra schakten i torrhet.

Brostödet bedöms behöva grundläggas med borrhålor ned till fast botten och förankras i berg. Utförd hejarsondering har stoppat på 11,6 meters djup.

#### 7.2.13 Brostöd 13

Schaktdjupet är 2,5 meter. Grundvattenbortledning planeras för att kunna utföra schakten i torrhet. Schakten kommer att utföras i lera och sand.

Brostödet bedöms behöva grundläggas med borrhålor ned till fast botten och förankras i berg. Utförd hejarsondering har stoppat på 4,6 meters djup och utförd jordbergsondering har påvisat berg på 7,2 meters djup.

#### 7.2.14 Brostöd 14

Schaktdjupet är 2,5 meter. Grundvattenbortledning planeras för att kunna utföra schakten i torrhet. Schakten kommer att utföras i lera och sand.

Brostödet bedöms behöva grundläggas med borrhålor ned till fast botten och förankras i berg. Utförd hejarsondering har stoppat på 11 meters djup.

### 7.2.15 Tillfartsbank och landfäste 15

Schaktdjupet är ca 2,5 meter. Grundvattenbortledning planeras för att kunna utföra schakten i torrhet. Schakten kommer att utföras i lera och sand.

Brostödet bedöms behöva grundläggas med borrade pålar ned till fast botten och förankras i berg. Block förekommer i friktionsjorden. Djup till berg varierar i undersökta punkter mellan 4,0 – 8,8 meter.

Den östra tillfartsbanken grundläggs delvis på sättning-skänliga jordar. Detta innebär att förstärkning måste utföras för att inte riskera problem med sättningar och stabilitet. På samma sätt som på den västra sidans tillfartsbank så kommer sättningarna som utbildas under tillfartsbanken ge upphov till påhängslaster på den på grundlagda bron. Skyddspålning kommer därför troligen att behöva utföras även här beroende på arbetsordning.

Förstärkning av tillfartsbanken kan ske med exempelvis bankpålning, förbelastning med tryckbankar, lättfyllning eller en kombination av dessa metoder.

## 8 STABILITET

WSP har utfört en stabilitetsutredning för den planerade bron och dess tillfartsbankar [2]. Beräkningarna utfördes när trafiklast och slutlig utformning av bron ej var klar och stabiliteten skall därför fortsatt kontrolleras i senare skeden. Man behöver också kontrollera stabiliteten för arbetsfordon om sådana ska användas i närheten av Fyrisån. Detta planeras utföras under våren 2024.

Stabilitetsberäkningarna visade att stabiliteten inom området för planerad bro är erforderlig för befintliga förhållanden.

Tillfartsbankarna innebär dock en belastningsökning som potentiellt skulle kunna äventyra stabiliteten i området. Undersökningar visar att den västra tillfartsbanken kommer att grundläggas i friktionsmaterial. Den östra tillfartsbanken grundläggs delvis på finjordar och beräkningar visar att stabiliteten inte är erforderlig för den tillskottslast som banken utgör. Utökade släntstabilitetsberäkningar ska utföras i kommande skeden när laster, utformning och arbetsordning är fastställda.

## 9 SCHAKT

### 9.1 ALLMÄNT

Förutsättningarna för schakt varierar inom området. Schakt kommer att ske i både friktionsjord och kohesionsjord.

Risk finns att schakt kommer att behöva utföras under grundvattenytan. Det ska nämnas att grundvattensänkning är tillståndspliktigt.

Alla markarbeten ska bedrivas med hänsyn till aktuell jordart, väder, laster och rådande grundvattenyta. Schaktslänter och schaktdjup bör utföras enligt skriften Schakta säkert, Säkerhet vid schaktning i jord utgiven 2015 av Svensk Byggtjänst och Statens geotekniska institut.

För djupare schakter, som ovan nämnd skrift inte berör, så skall en sakkunnig geotekniker kontaktas för kontroll av stabilitet för planerad schakt.

Förekommande sandskikt kan ge inströmmande markvatten i schakt. Schaktslänter kan behöva skyddas.

Schakt intill Fyrisån ska endast utföras efter kontroll av stabilitet. Schakter kan komma att behöva utföras inom stödkonstruktion.

## 9.2 GRUNDVATTENSÄNKNING FÖR SCHAKT AV BROSTÖD PÅ ÖSTRA SIDAN AV FYRISÅN

Planerad schakt för de östligaste brostöden för bro över Fyrisån innebär en grundvattensänkning enligt figur 9.1. Påverkansområdet sträcker sig över ett område där befintliga byggnader återfinns, se röd markering.



Figur 9.1. Påverkansområde för grundvattensänkning

En grundvattensänkning om 0,5 meter innebär en tillskottslast motsvarande 5 kPa. Sättningsberäkningar har utförts, utifrån de laborieförsök som utförts samt för en befintlig grundvattennivå 6 meter under befintlig marknivå, för en jämnt fördelad belastningsökning motsvarande 0,5 meter grundvattensänkning. Teoretiskt beräknade totalsättningar uppgår till 2 - 4 cm i områden med lera. I beräkningen har krypsättningar ej beaktats. Då det inte är troligt att schakten kommer att stå öppen under en längre tid så har en beräkning utförts gällande storlek på sättning för en grundvattensänkning som pågår under ett år. Konservativt beräknat så uppgår då sättningen till knappt 1 cm i området som är rödmarkerat i figur 9.1.

## 10 VIDARE ARBETEN

- I sonderingspunkt 22W06, utförd i tidigare underökning [2], så har kvicklera påträffats. Ingen mer kvicklera har påträffats i intilliggande punkter.  
Förekomst av kvicklera innebär att vid projektering av planerad bro med tillhörande konstruktioner och kringarbeten så gäller säkerhetsklass 3. Utbredningen av kvicklera kommer att utredas vidare våren 2024.
- Tillfartsbankarna innebär en belastningsökning som potentiellt skulle kunna äventyra stabiliteten i området. Undersökningar visar att den västra tillfartsbanken kommer att grundläggas i friktionsmaterial. Den östra tillfartsbanken grundläggs delvis på finjordar och beräkningar visar att stabiliteten inte är erforderlig för den tillskottslast som banken utgör. Vid projektering av denna bank bör stabiliteten fortsatt utredas och förstärkningsåtgärder projekteras. Möjliga grundförstärkningsåtgärder skulle exempelvis kunna bli bankpålning, förbelastning med tryckbankar, lättfyllning eller en kombination av dessa metoder. Troligen krävs skyddspålning kring ändstöden på båda sidorna av bron.
- I nästa skede erfordras generellt kompletterande undersökningar i lägen för brostöd. Kompletteringar skall utföras i sådan omfattning att de geotekniska undersökningarna i broläget och anslutande tillfartsbankar uppnår detaljerad undersökningsgrad. För pålning innebär detta att djupet till fast botten skall bestämmas i minst 2 - 4 punkter per brostöd. Detta utförs i första hand med hejarsondering men om det fasta bottenlagret är blockigt skall jord-bergsondering användas. Minst 1 punkt med sondering (vikt-, tryck-, eller CPT-sondering) för bedömning av lösare jordar skall finnas i läge för varje brostöd. För varje brostöd skall provtagning utföras i den punkt där sondering visar störst djup/mest lös jord. Vid lös lera utförs antingen kolvprovtagning eller vingborring för att bestämma skjuvhållfastheten som underlag för bedömning av pålens knäckningsrisk. För detaljerad undersökning ska även grundvattennivån bestämmas i varje stödläge.
- Undergrunden bedöms som vibrationskänslig med tanke på ev. förekomst av kvicklera. Man bör därför utreda framtida risk gällande vibrationer från spårvägstrafiken.
- Innan byggarbeten kring Fyrisån påbörjas ska stabiliteten i området säkerställas. Geotekniska undersökningar för att vidare kontrollera detta påbörjas våren 2024.

## VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

**wsp.com**

**WSP Sverige AB**  
Dragarbrunnsgatan 41  
753 20 Uppsala  
Besök: Dragarbrunnsgatan 41

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
**wsp.com**

