



Author  
Axel Lehmann  
Phone  
+46 10 505 15 28

Date  
2016-03-14  
Project ID  
713028

E-mail  
axel.lehmann@afconsult.com

Client  
Norrtälje kommun

## Norrtälje hamn, Norrtälje

Utökad exploatering, kvarter 17-19

Geoteknisk utredning

ÅF-Infrastructure AB

Axel Lehmann  
Handläggare

Mikael Johansson  
Granskare



## Innehåll

|        |                                       |   |
|--------|---------------------------------------|---|
| 1      | Uppdrag .....                         | 3 |
| 2      | Objektbeskrivning .....               | 3 |
| 3      | Underlag .....                        | 4 |
| 4      | Utförda undersökningar .....          | 4 |
| 5      | Mark- och jordlagerförhållanden ..... | 4 |
| 5.1    | Topografi .....                       | 4 |
| 5.2    | Vegetation .....                      | 4 |
| 5.3    | Geotekniska förhållanden .....        | 4 |
| 5.3.1  | Allmänt .....                         | 4 |
| 5.3.2  | Kvarter 17-19 .....                   | 4 |
| 6      | Geohydrologiska förhållanden .....    | 5 |
| 7      | Jordens materialegenskaper .....      | 5 |
| 8      | Sättning .....                        | 6 |
| 9      | Stabilitetsförhållanden .....         | 7 |
| 10     | Rekommendationer .....                | 7 |
| 10.1   | Grundläggning .....                   | 7 |
| 10.1.1 | Byggnader .....                       | 7 |
| 10.1.2 | Markuppfyllnad .....                  | 7 |
| 10.2   | Schaktning .....                      | 8 |
| 10.3   | Kompletterande undersökningar .....   | 8 |

## 1 Uppdrag

På uppdrag av Norrtälje kommun har ÅF Infrastructure utfört en geoteknisk markundersökning inför detaljplanearbetet för sex olika delar kring Norrtälje hamn i Norrtälje.

Dessa delar är:

- Gång och cykelbro över hamninlopp
- Ombyggnad av pir och kaj
- Småbåtshamn. Tälje s:30
- Exploatering av kvarter 17-19
- Exploatering av kvarter 8, 15-16 samt park
- Exploatering av kvarter 9-14

Detta PM behandlar endast delområde exploatering av kvarter 17-19. Se figur 1 nedan.



Figur 1 Delområde utökad exploatering kvarter 17-19

## 2 Objektbeskrivning

Inom delområdet planeras för ny bostadsbebyggelse med mellan 4 och 5 våningars höjd. För närvarande är endast detta känt. Övriga eventuellt planerade byggnader eller anläggningar har ej tagits hänsyn till i denna PM. Observera att endast del av kvarter 17 ingår i delområdet.



# PM GEOTEKNIK

## 3 Underlag

Underlag som använts vid framtagande av detta PM är:

- Markteknisk undersöknings rapport Norrtälje hamn, Utökad exploatering; Kvarter 17-19 713028, ÅF Infrastructure AB, daterad 2016-03-14.
- Markteknisk undersökningsrapport Norrtälje hamn 13U22495-100, Bjerking AB, daterad 2013-09-09, rev 2013-12-20
- PM Geoteknik Norrtälje hamn 13U22495-100, Bjerking AB, daterad 2013-09-09, rev 2013-12-20

## 4 Utförda undersökningar

Sondering i, och provtagning av jord har utförts av ÅF Infrastructure AB under januari 2016. Förutom att geotekniska parametrar undersökts, har prov lämnats in på laboratorium för geoteknisk analys. Se MUR daterad 2016-03-14.

## 5 Mark- och jordlagerförhållanden

### 5.1 Topografi

Inmätta borrhäls punkter har en nivå ca +3,8 till +3,9 i norra delen av området och ca +1,5 till +2,6 i den södra delen (höjdsystem RH00).

### 5.2 Vegetation

I det sydöstra hörnet är en grusbelagd yta i form av en parkeringsplats, och i mitten av det undersökta området finns en asfalterad parkeringsplats. Mellan bostadshusen i den norra delen av området är det gräsbevuxna ytor samt lövträd.

### 5.3 Geotekniska förhållanden

#### 5.3.1 Allmänt

Sett på Norrtälje hamns område generellt är marken överst utfylld. Därunder följer gyttja, gyttjelera, lera på lermorän på berg. De lösa sedimenten som gyttja och lera är tunnare i den södra hamndelen, d.v.s. i Societetsparken, samtidigt som sedimentmaktigheten ökar norrut i området. Sedimentmaktigheten är som störst mellan norra kajen och Såggatan. Därefter minskar maktigheten åter.

#### 5.3.2 Kvarter 17-19

Överst består marken av 1-2 m fyllning bestående mestadels av sten, grus och sand, men även torrskorpelera och lera. Därunder följer ca 0,5-1 m torrskorpelera på 0-2,5 m lös lera. Därunder följer 9-20 m lermorän på berg.

Den lösa leran förekommer sporadiskt över hela delområdet. Det går inte att ringa in ett enskilt område. Lös lera har återfunnits undersökningspunkterna BG22, 15A402, BG33 och 15A406.

Djupet till berg varierar mellan 12-15 m i den västra sidan och ca 20-25 m i den östra delen. Inga undersökningar finns utförda i den östra delen som bekräftar bergnivån, men undersökningar utförda i intilliggande kvarter ger en indikation.



# PM GEOTEKNIK

## 6 Geohydrologiska förhållanden

I ett tidigare installerat grundvattenrör (installerat på ca 5 m djup i lermoränen) benämnt VV\_NR41, uppmättes grundvattenytans trycknivå till mellan +0,8 (2013-07-03) och +1,0 (2016-01-22). Markytans nivå vid röret är uppmätt till +2,8, d.v.s. grundvattenytans trycknivå är ca 1,8 till 2,0 m under markytan.

I befintligt grundvattenrör benämnt VV\_NR40 (redovisas ej här, se "MUR utökad exploatering kvarter 9-14") uppmättes grundvattenytans trycknivå till +1,1 både 2013-06-03 och 2016-01-22. Grundvattenröret är installerat i lermoränen ca 7,8 m under markytan.

## 7 Jordens materialegenskaper

Vid dimensionering av grundkonstruktioner skall geoteknisk kategori 2 väljas enligt SS-EN 1997.

För **fyllningen** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

| Egenskap                     | Djup (m) | Härlett värde, $X$ | $\eta$ | Karaktäristiskt värde, $X_k$ | Partial-koefficient, $\gamma_M$ |     | Dimensionerande värde, $X_d$ |
|------------------------------|----------|--------------------|--------|------------------------------|---------------------------------|-----|------------------------------|
| Friktionsvinkel (grader)     |          | 35                 | 0,95   | 33,6                         | $\gamma_F$                      | 1,3 | 27,1                         |
| Elasticitetsmodul (MPa)      |          | 15                 | 0,95   | 14,3                         | $\gamma_E$                      | 1,5 | 9,5                          |
| Tunghet (kN/m <sup>3</sup> ) |          | 19                 | 1,00   | 19                           | $\gamma_\gamma$                 | 1,0 | 19                           |

Härlett värde för elasticitetsmodul är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.5.2.

Härlett värde för friktionsvinkel är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.8.

Härlett värde för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1.

För **torrskorpeleran** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

| Egenskap                         | Djup (m) | Härlett värde, $X$ | $\eta$ | Karaktäristiskt värde, $X_k$ | Partial-koefficient, $\gamma_M$ |     | Dimensionerande värde, $X_d$ |
|----------------------------------|----------|--------------------|--------|------------------------------|---------------------------------|-----|------------------------------|
| Odränerad skjuvhållfasthet (kPa) |          | 20                 | 0,95   | 19                           | $\gamma_{cu}$                   | 1,5 | 12,7                         |
| Tunghet (kN/m <sup>3</sup> )     |          | 17                 | 1,00   | 17                           | $\gamma_g$                      | 1,0 | 17                           |

Härledda värden för skjuvhållfasthet är utvärderade ur CPT-sonderingar. Skjuvhållfastheten har reducerats med avseende på flygränsen enligt 5.2-4 i TK Geo 13, 5.2.3.6.1.4 Fallkonförsök. Härlett värde för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1.



# PM GEOTEKNIK

För **leran** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

| Egenskap                         | Djup (m) | Härlett värde, $X$ | $\eta$ | Karaktäristiskt värde, $X_k$ | Partial-koefficient, $\gamma_M$ |     | Dimensionerande värde, $X_d$ |
|----------------------------------|----------|--------------------|--------|------------------------------|---------------------------------|-----|------------------------------|
| Odränerad skjuvhållfasthet (kPa) |          | 14                 | 0,95   | 13,3                         | $\gamma_{cu}$                   | 1,5 | 8,9                          |
| Tunghet (kN/m <sup>3</sup> )     |          | 17                 | 1,00   | 17                           | $\gamma_g$                      | 1,0 | 17                           |

Härledda värden för skjuvhållfasthet är bedömt utifrån resultat från CPT-sonderingar. Skjuvhållfastheten har reducerats med avseende på flygränsen enligt 5.2-4 i TK Geo 13, 5.2.3.6.1.4 Fallkonförsök. Härlett värde för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1.

För **lermoränen** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

| Egenskap                         | Djup (m) | Härlett värde, $X$ | $\eta$ | Karaktäristiskt värde, $X_k$ | Partial-koefficient, $\gamma_M$ |     | Dimensionerande värde, $X_d$ |
|----------------------------------|----------|--------------------|--------|------------------------------|---------------------------------|-----|------------------------------|
| Odränerad skjuvhållfasthet (kPa) | 3        | 14                 | 0,95   | 13,3                         | $\gamma_{cu}$                   | 1,5 | 8,9                          |
| Odränerad skjuvhållfasthet (kPa) | 7        | 80                 | 0,90   | 72                           | $\gamma_{cu}$                   | 1,5 | 48                           |
| Tunghet (kN/m <sup>3</sup> )     |          | 22,0               | 1,00   | 22,0                         | $\gamma_g$                      | 1,0 | 22,0                         |

Värden mellan angivna djup beräknas genom interpolering.

Härledda värden för skjuvhållfasthet och tunghet är bedömt utifrån resultat från CPT-sonderingar. Skjuvhållfastheten har reducerats med avseende på flygränsen enligt 5.2-4 i TK Geo 13, 5.2.3.6.1.4 Fallkonförsök.

## 8 Sättningar

I nedan tabell presenteras beräknade sättningar för delområdets minst gynnsamma förhållanden, dvs vid undersökningspunkt BG22. Sättningar har beräknats med olika belastningar vilket motsvarar en viss uppfyllnadshöjd eller grundvattensänkning.

| Last   | Uppfyllning | Grundvattensänkning | Sättning |
|--------|-------------|---------------------|----------|
| 10 kPa | 0,5 m       | 1,0 m               | 5 cm     |
| 20 kPa | 1,0 m       | 2,0 m               | 10 cm    |
| 30 kPa | 1,5 m       | 3,0 m               | 15 cm    |

Beräknade sättningar ovan är totalsättningar. Omkring hälften av sättningarna förväntas utvecklas efter 10-15 år.



# PM GEOTEKNIK

## 9 Stabilitetsförhållanden

I nedan tabell presenteras beräknade säkerhetsfaktorer för olika förutsättningar vid schakt inom aktuellt område. Säkerhetsfaktorerna har beräknats med kombinerad analys. För godtagbar säkerhet mot stabilitetsbrott vid nyexploatering ska enligt Skredkommissionens anvisningar säkerhetsfaktorn  $F_{\text{komb}}$  vara i storleksordningen 1,45–1,35. Släntlutning 1:2 har använts i beräkningarna.

| Antaget schakt-djup | Last   | Lastens utbredning | Lastens avstånd från schaktkrön | $F_{\text{komb}}$ |
|---------------------|--------|--------------------|---------------------------------|-------------------|
| 1,5 m               | Ingen  | -                  | -                               | 1,80              |
|                     | 20 kPa | 6 m                | 1 m                             | 1,56              |
| 2,5 m               | Ingen  | -                  | -                               | 1,47              |
|                     | 20 kPa | 6 m                | 1 m                             | 1,34              |
|                     | 20 kPa | 6 m                | 5 m                             | 1,47              |
| 3,5 m               | Ingen  | -                  | -                               | 1,35              |
|                     | 20 kPa | 6 m                | 1 m                             | 1,33              |
|                     | 20 kPa | 6 m                | 5 m                             | 1,34              |

## 10 Rekommendationer

### 10.1 Grundläggning

#### 10.1.1 Byggnader

Alla planerade byggnader med 4-5 våningar behöver grundläggas på spetsburna pålar slagna till fast botten.

Övervägande bör även tas om man ska utföra pålning först och fylla upp till färdig marknivå sen eller omvänt. I det förstnämnda fallet blir man tvungen att utföra uppfyllnad och packning mellan installerade pålar, vilket medför att man riskerar att skada dem. I det omvända fallet måste man påla genom hårt packad fyllning vilket medför att man antingen måste pryla igenom fyllningen först eller överväga borrarade stålrörspålar.

#### 10.1.2 Markuppfyllnad

Marknivån inom området planeras att höjas, vilket kommer medföra sättningar som utvecklas med tiden. Sättningarna kommer i sin tur medföra påhängslaster på pålarna. Dessa påhängslaster måste inkluderas vid dimensioneringen av pålarna.

Vidare riskerar sättningarna att ge fallförändringa på ledningar samt att hålrum uppstår mellan byggnad och uppfylld mark. Risken för sättningar kan minskas om man använder lättfyllning i markuppfyllnaden. Som minsta åtgärd bör man utföra någon slags markförstärkning där ledningar ansluter till byggnaderna. Där lerdjupet är begränsad kan man utföra urgrävning av leran och återfyllning med krossmaterial. Blir urgrävningsdjupet för stort (se bottenuppträckningen under avsnitt 10.2 nedan) kan kalkcementpelarförstärkning övervägas.



## 10.2 Schaktning

Temporära schakter kan utföras ner till ca 2,5 m djup med en släntlutning på 1:2 eller flackare. Om schakt måste utföras djupare eller med brantare släntlutning pga närliggande hinder som trafikerad väg, byggnad eller annan anläggning måste schakt utföras inom någon form av stödkonstruktion som t ex spont.

Risk för hydrauliskt grundbrott föreligger inte där befintlig marknivå är +2,8 m eller mer, om schaktdjupet begränsas till 2,5 m. Där befintlig marknivå är mindre än +2,8 men mer än +2,0 m begränsas schaktdjupet till 2 m. Är befintlig marknivå mellan +1,5 och +2,0 m begränsas schaktdjupet till 1,5 m.

## 10.3 Kompletterande undersökningar

Kompletterande jordbergsonderingar eller hejarsonderingar bör utföras för att bekräfta pålningsdjup. En allmän förtätning av undersökningspunkter för att kartlägga lerdjupets variation inom området bör även utföras.