

**Beställare**

Skanska Fastigheter Stockholm AB

**TYGELN 1, TYGELN 3 SAMT LILLA FÖRSUNDA  
PARKEN****STATUS: Programhandling****ELU Konsult AB**

Geoteknik, Stockholm

Almut Werner

Uppdragsledare

A	Kompletterat med skyfallsanläggningar	210707	ALWE
Bet	Ändringen avser	Datum	Sign

**ELU Konsult AB**

**Valhallavägen 117**  
Box 27006, 102 51 STOCKHOLM  
Telefon 08-5800 91 00  
www.elu.se  
N:\326\32612\04\_Dok\G\G-PM003.docx

**Västra Hamngatan 14**  
411 17 GÖTEBORG  
Telefon 031-339 32 00  
Org.nummer 556341-0421

**Adelgatan 9**  
211 22 MALMÖ  
Telefon 040-644 91 00  
Cert. ISO 9001, ISO 14001

## Innehåll

1	Uppdrag.....	4
1.1	Tygeln 1.....	4
1.2	Tygeln 3.....	4
1.3	Lilla Frösundaparken.....	4
2	Objekt.....	4
2.1	Tygeln 1.....	4
2.2	Tygeln 3.....	5
2.3	Lilla Frösunda Parken.....	5
2.4	Övriga skyfallsåtgärden.....	5
3	Underlag.....	6
3.1	Tygeln 1.....	6
3.2	Tygeln 3.....	6
3.3	Lilla Frösunda.....	6
3.4	Övriga skyfallsåtgärden.....	6
4	Geoteknisk kategori.....	7
4.1	Tygeln 1.....	7
4.2	Tygeln 3.....	7
4.3	Lilla Frösundaparken.....	7
5	Befintliga förhållanden.....	8
5.1	Tygeln 1.....	8
5.1.1	Topografi och ytbeskaffenhet.....	8
5.1.2	Befintliga konstruktioner och anläggningar.....	9
5.1.3	Angränsande konstruktioner.....	9
5.2	Tygeln 3.....	10
5.2.1	Topografi och ytbeskaffenhet.....	10
5.2.2	Befintliga konstruktioner och anläggningar.....	10
5.2.3	Angränsande konstruktioner.....	10
5.3	Lilla Frösundaparken.....	11
5.3.1	Topografi och ytbeskaffenhet.....	11
5.3.2	Befintliga anläggningar och konstruktioner.....	11
5.3.3	Angränsande konstruktioner.....	11

6	Markförhållanden .....	12
6.1	Tygeln 1 .....	12
6.2	Tygeln 3 .....	12
6.3	Lilla Frösundaparken .....	13
6.4	Övriga skyfallsåtgärden .....	13
7	Grundvattenförhållanden .....	14
7.1	Tygeln 1 .....	14
7.2	Tygeln 3 .....	15
7.3	Lilla Frösundaparken .....	16
8	Rekommendationer .....	17
8.1	Tygeln 1 .....	17
8.1.1	Grundläggning .....	17
8.1.2	Schakt .....	17
8.1.3	Risker .....	17
8.1.4	Sponttyp .....	17
8.1.5	Schakt i vattenmättad silt .....	17
8.1.6	Befintlig källarvåning under grundvattennivå .....	17
8.1.7	Stagnivåer under grundvattennivån .....	18
8.1.8	Omgivningspåverkan vid installation av spont och stag samt schakt .....	18
8.1.9	Omgivningspåverkan på grund av grundvattensänkning .....	18
8.1.10	Stabilitet .....	18
8.1.11	Sättningar .....	18
8.2	Tygeln 3 .....	19
8.2.1	Grundläggning .....	19
8.2.2	Schakt .....	19
8.2.3	Stabilitet .....	19
8.2.4	Sättningar .....	19
8.3	Lilla Frösundaparken .....	19
8.3.1	Grundläggning .....	19
8.3.2	Stabilitet .....	20
8.3.3	Sättningar .....	20
8.4	Övriga skyfallsåtgärden .....	20

## 1 Uppdrag

Den geotekniska utredningen som sammanfattas i detta PM och inkluderar beskrivning av geotekniska förutsättningar, rekommendationer för grundläggning samt utredning av temporära konstruktioner som krävs under byggskedet. Denna redovisning är en Programhandling och inte avsedd att användas som Bygghandling eller utgöra del i Förfrågningsunderlag.

Detta PM är en sammanställning av ”PM Geoteknik Tygeln 3” och ”PM Geoteknik Tygeln 1” och samt har kompletterats med geotekniskt underlag för Lilla Frösundaparken. Handlingar ”PM Geoteknik Tygeln 3” och ”PM Geoteknik Tygeln 1” utgår och är inte giltig längre.

### 1.1 Tygeln 1

ELU Konsult AB har på uppdrag av Skanska Fastigheter utfört geoteknisk undersökning och utredning inför nybyggnation av kontorshus inom kvarteret Tygeln 1 i Solna Stad.

### 1.2 Tygeln 3

ELU Konsult AB har på uppdrag av Fabege Tygeln AB utfört geoteknisk undersökning och utredning inför nybyggnation av kontorshus inom kvarteret Tygeln 3 i Solna Stad.

### 1.3 Lilla Frösunda Parken

ELU Konsult AB har på uppdrag av Fabege Tygeln AB och av Skanska Fastigheter utfört en geoteknisk undersökning för en ny skyfallsdamm som ligger inom parken Lilla Frösunda i Solna kommun. Syftet med undersökningen har varit att utreda jord och bergförhållanden samt utgöra underlag för fortsatt projektering av planerad anläggning.

## 2 Objekt

### 2.1 Tygeln 1

Planerad kontorsbyggnad är ca 6000 m<sup>2</sup> till ytan. Den nya byggnaden ska enligt planerna bestå av två huskroppar som förbinds med en inglasad gård. Byggnaden planeras att ha tio våningar för den södra huskroppen och nio våningar för den norra huskroppen ovan mark. För byggnaden planeras även tre källarvåningar under de båda huskropparna samt den inglasade gården. Färdigt golv för den lägsta källarvåningen är på -3,7 (RH2000). Lägsta färdig golvnivå på entréplan är +5,7 för södra huskroppen respektive +5,0 för norra huskroppen.

Vidare finns det planer på att öppna den befintliga gångtunneln under spårområdet för att förbinda fastigheten med Solna station. Vid byggnationen kommer markytornas höjdsättning ändras kring byggnaden. Enligt planerna ska anläggningar för fördröjning och rening av dagvatten placeras på den västra sidan av byggnaden.

## 2.2 Tygeln 3

Inom fastigheten planeras byggnation av två nya kontorsbyggnader, nybyggnad av ramper till befintligt garage samt omläggning av befintliga ledningar.

Den norra byggnaden planeras bli 16 våningar och planeras utföras utan källare med färdigt golv på nivå +5,5 till +7,8.

Södra byggnaden planeras bli 9 våningar och planeras utföras utan källare med färdigt golv på nivå +4,0.

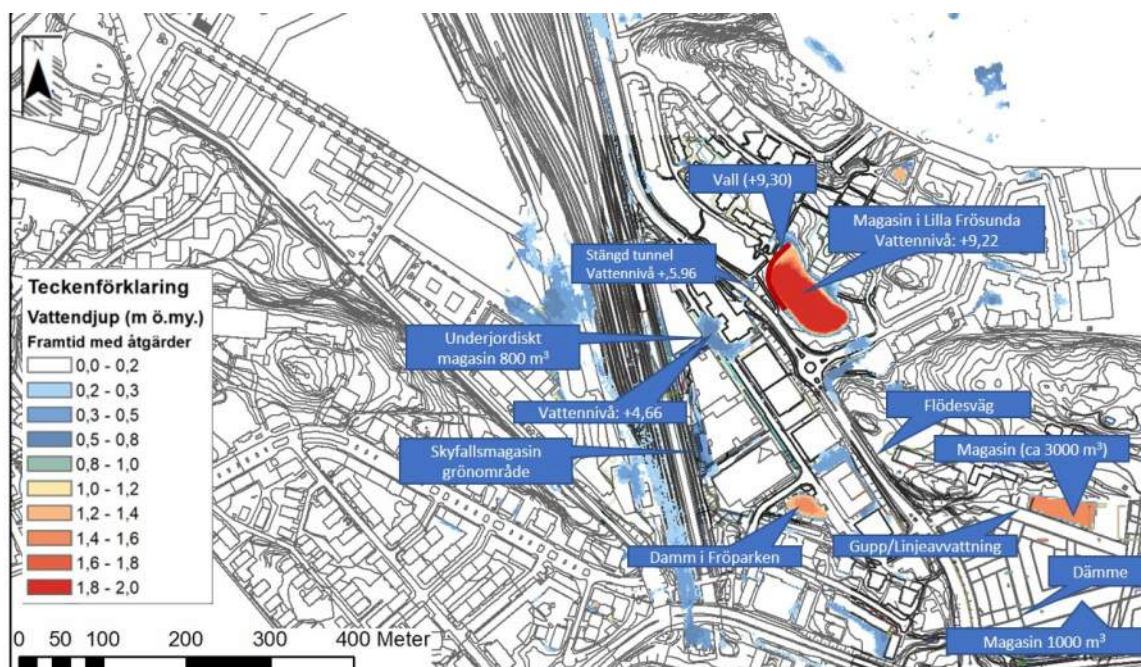
Byggnation av södra byggnaden och ombyggnad av ramper innebär att befintlig kontorsdel samt delar av befintligt garage måste rivas.

## 2.3 Lilla Frösunda Parken

För att kunna magasinera vatten vid ett 100-årsregn samt andra kraftiga skyfall behövs en dammvall byggas (nivå +10,0) i den nordvästra delen av parken. Den befintliga gång- och cykelbanan kommer höjas till en nivå där det tillfälliga magasinerade vattnet inte kan brädda över dammkrönet.

## 2.4 Övriga skyfallsåtgärden

Inom området planeras även andra skyfallsåtgärder, se Figur 1, som bland annat kommer vara slutna magasin. Nedan kommer vi ta upp geotekniska förutsättningar för de större magasin som är planerat i Fröparken, Wijnbladsparken (magasin ca 3000m<sup>3</sup>) och Matildatorget (magasin ca 1000 m<sup>3</sup>).



Figur 1: Planerade skyfallsåtgärden (ur Skyfalls utredning för detaljplanen Tygeln 1 och Tygeln 3 från Golder)

## 3 Underlag

### 3.1 Tygeln 1

Som underlag till denna PM Geoteknik har följande handlingar och ritningar/modellfiler använts:

- Markteknisk undersökningsrapport, ELU Konsult, 2019-05-03
- Modellfil s113\_Gragar\_sma.dwg, Wingårdhs arkitekter, erhållen 2019-03-15
- Arkivhandlingar Tygeln 1, Solna Stad
- Arkivhandlingar Tygeln 3, Fabege
- Arkivhandlingar Ostkustbanan, Trafikverket
- Arkivhandlingar Solna United, ELU Konsult
- Tekniskt PM, Behov av tillstånd för planerad vattenverksamhet, Golder Associates, 2019-03-21
- ”0228-197613 G SPONTDIMENSIONERING”, dimensionering av befintlig spont Tygeln 1

### 3.2 Tygeln 3

Som underlag till denna PM Geoteknik har följande handlingar och ritningar/modellfiler använts:

- Markteknisk undersökningsrapport, ELU Konsult, 2019-04-26
- A-underlag från Archus presentationsmaterial daterat 2019-05-13 samt 2019-04-01
- Arkivhandlingar Tygeln 3, Fabege
- Arkivhandlingar Tygeln 1, Solna Stad
- Arkivhandlingar Stigbygeln 3-5, Solna Stad
- Arkivhandlingar Ostkustbanan, Trafikverket och ELU

### 3.3 Lilla Frösunda

Som underlag till denna PM Geoteknik har följande handlingar och ritningar/modellfiler använts:

- ”Skyfallshantering Kolonnvägen 2020-09-11”, pdf
- ”Tygeln 1 och 3 i Solna, Skyfallsutredning för detaljplan”, Golder Associates AB, 2020-11-26
- Modellfil ”L-01-P-03\_Frösunda.dwg”

### 3.4 Övriga skyfallsåtgärden

Som underlag till denna PM Geoteknik har följande handlingar och ritningar/modellfiler använts:

- Haga Norra – Skyfallshantering, Ramböll 2021-06-03
- ”Tygeln 1 och 3 i Solna, Skyfallsutredning för detaljplan”, Golder Associates AB, 2020-11-26
- Markteknisk undersökningsrapport Stora Frösunda 2, ELU Konsult AB, 17-10-27
- Markteknisk undersökningsrapport Haga Norra 1,2,4,5, ELU Konsult AB, 2020-08-14
- Markteknisk undersökningsrapport Tygeln 2, ELU Konsult AB, 2015-09-07

## 4 Geoteknisk kategori

### 4.1 Tygeln 1

Det geotekniska underlaget är framtaget för Geoteknisk kategori 2 (GK2). Med stöd av IEG Rapport 2:2008, Tillämpningsdokument "Grunder" har de planerade konstruktionerna i detta skede värderas tillhöra följande Geotekniska kategori.

- Grundläggning av byggnaden: GK2
- Tillfälliga stödkonstruktioner: GK3

### 4.2 Tygeln 3

Det geotekniska underlaget för den norra byggnaden är framtaget för Geoteknisk kategori 2 (GK2). På grund av begränsad åtkomst är det geotekniska underlaget för den södra byggnaden framtaget för geoteknisk kategori 1 (GK1), kompletterande undersökningar bör utföras när befintlig kontorsdel är riven. Med stöd av IEG Rapport 2:2008, Tillämpningsdokument "Grunder" har de planerade konstruktionerna i detta skede värderas tillhöra följande Geotekniska kategori;

- Grundläggning av byggnader: GK2

### 4.3 Lilla Frösundaparken

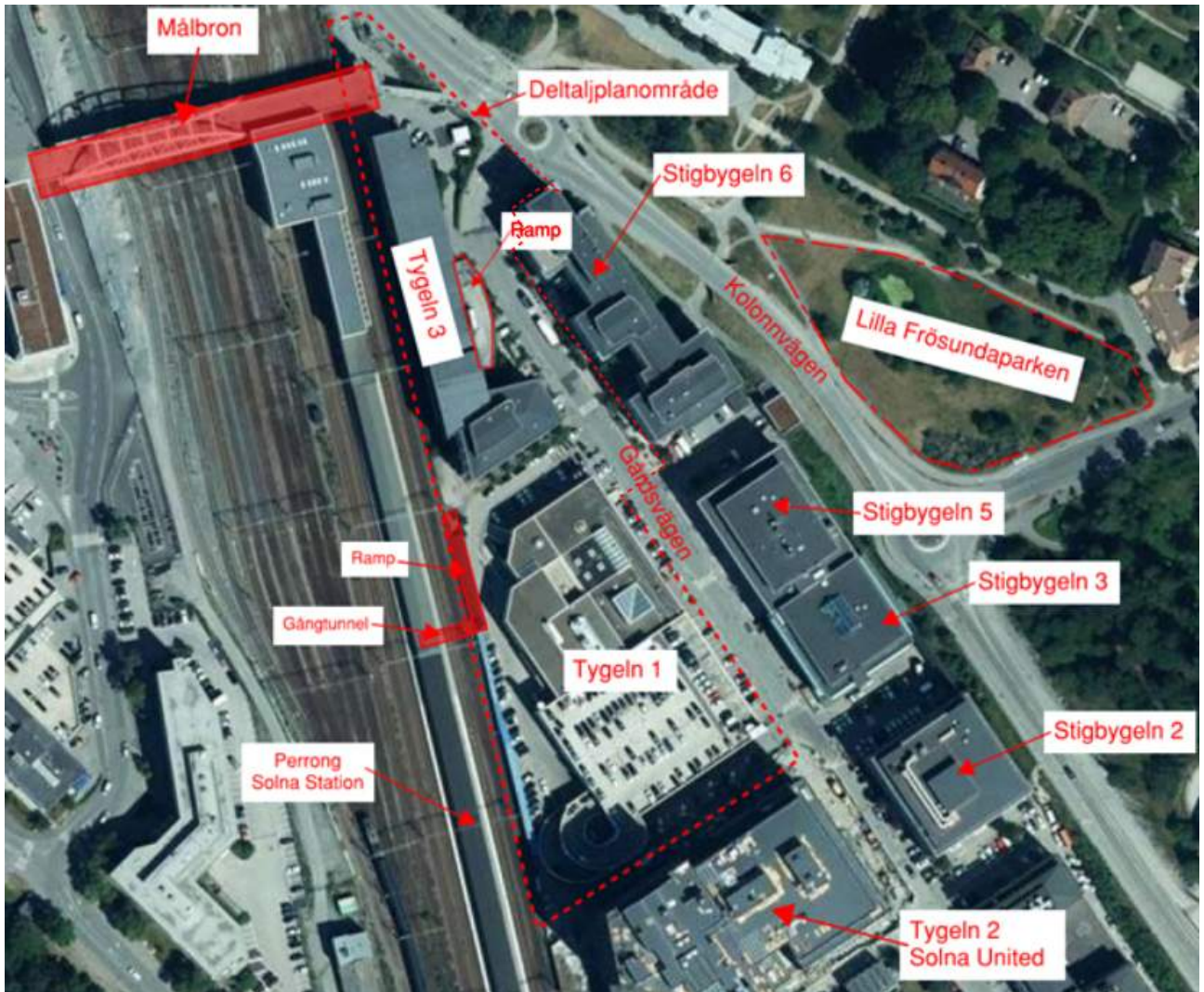
Det geotekniska underlaget för skyfallsdammen i Lilla Frösundaparken är framtaget för Geoteknisk kategori 2 (GK2). Med stöd av IEG Rapport 2:2008, Tillämpningsdokument "Grunder" har de planerade konstruktionerna i detta skede värderas tillhöra följande Geotekniska kategori.

- Grundläggning av byggnaden: GK2
- Tillfälliga stödkonstruktioner: GK2



## 5 Befintliga förhållanden

Översiktlig bild som visar området med befintliga byggnader och anläggningar, se Figur 2.



Figur 2: Deltaljplanområde med befintliga/kvarter, byggnader och konstruktioner

### 5.1 Tygeln 1

#### 5.1.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Se Figur 2 för placering av befintliga och angränsande konstruktioner.

Fastigheten har en yta på ca 9800 m<sup>2</sup> och består främst av hårdgjorda ytor i form av asfalterade parkeringar samt gator och byggnad.

Utmed byggnadens södra sida ligger en lokalgata med befintlig marknivå på ca +5,8 i öst vid Gårdsvägen och sluttar mot nivå +5,1 som lägst i väst. Längs den västra sidan, parallellt med spårområdet sluttar markytan, från +6,1 i syd till ca +3,8 i norr. Tvärgatan i norr ligger på nivå ca +3,8 i väst och möter Gårdsvägen på +4,5 i det nordöstra hörnet av fastigheten.



## 5.1.2 Befintliga konstruktioner och anläggningar

### Byggnad

Nuvarande byggnad uppfördes 1987 och utgör kontor- och bilförsäljningslokaler åt Bavaria. Byggnaden har en källarvåning där golvet är på nivå +2,72. Byggnaden är grundlagd på spetsburna slagna betongpålar som är vertikala.

### Ledningar

Flertalet ledningar är förlagda på tomten och utanför. I ytan mellan Gårdsvägen och byggnadens fasad, inom fastighetsgräns, finns konstruktioner och ledningar som tillhör byggnaden, bland annat två oljeavskiljare.

### Tråg

En gångtunnel korsar under angränsande tågspår. Där tunneln mynnar inom fastigheten övergår den till ett tråg som svänger 90 grader och går längs med spåret norrut. Tråget är ca 27 meter långt. Överkant på trågets betongplatta är +2,25 där den ansluter till tunneln och ca +3,6 där den ansluter till befintlig marknivå i norr. Tråget är grundlagt på slagna betongpålar. Pålarna är slagna i lutning 4:1 mot spår och mot fastigheten. I dagsläget är gångtunneln ej i bruk.

### Temporär spont

Byggnation av Tygeln 1 utfördes inom en temporär spont. Om och i vilken omfattning sponten är riven eller kvarlämnad har inte klarlagts. Det framgår inte heller på arkivhandlingar om sponten var runt hela byggnaden eller enbart delar.

## 5.1.3 Angränsande konstruktioner

### Ostkustbanan

I väster angränsar Tygeln 1 till Trafikverkets Ostkustbana. Närmst fastigheten löper tågspår för Arlanda express, därefter spår för pendeltåg följt av perrong för Solna Station. Spåren är bankpålade med c/c 2,5 m mellan pålar i både tvär- och längdled. Den yttre pålraden som angränsar mot fastigheten är installerad med lutning 4:1 mot fastigheten. Perrongen är grundlagd på borrade stålrörspålar. Tvärs under de två spåren löper en gångtunnel som i dagsläget är avstängd. Åtkomst till tunneln är från perrongen visa en trapp. Tunneln är grundlagd på vertikala slagna betongpålar. Se även kapitel 5.3 Tråg.

### Tygeln 2, Solna United

I söder angränsar Tygeln 1 mot det nybyggda kontorshuset Solna United. Mellan Tygeln 1 och Solna United är en lokalgata. Solna United har tre källarvåningar med underkant bottenplatta på nivå -3,6, stommen är grundlagd på borrade stålrörspålar samt direkt på beg. Bottenplattan är förankrad med dragstag i berg.

### Temporär spont Solna United

Byggnation av Solna United utfördes inom temporär spont som drevs till berg. Sponten bakåtförankrades med stag på tre nivåer mot Tygeln 1. Stagen är borrade mellan befintliga pålar på Tygeln 1 och utgör potentiella hinder för ny grundläggning och spont. Stagen spändes av i samband med återfyllning men spont, hammarband och stag är kvarlämnade i mark.

### Tygeln 3

I norr angränsar Tygeln 1 mot kontorshuset Tygeln 3. Mellan Tygeln 1 och Tygeln 3 är en lokalgata. Tygeln 3 har ingen källarvåning, uk betongplatta är +4,27 och byggnaden är grundlagd på slagna betongpålar.

## Stigbygeln 3 och 5

Solna Stad saknar arkivhandlingar på byggnadens grundläggning. Fastighetsägare Fabege har begränsad information om byggnaden.

### Gårdsvägen

I Gårdsvägen finns fjärrvärme, fjärrkyla, dagvatten, avlopp, vatten, el och fiber.

## 5.2 Tygeln 3

### 5.2.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Aktuellt område är beläget öster om Ostkustbanan vid Solna station, se Figur 2. I nordost avgränsas området av Kolonnvägen, Gårdsvägen och målbron som korsar spårområdet. I söder avgränsas området av en lokalgata mot Tygeln 1.

Se Figur 2 nedan för placering av befintliga och angränsande konstruktioner.

Fastigheten har en yta på ca 6000 m<sup>2</sup> och består främst av hårdgjorda ytor i form av asfalterade parkeringar samt gator och byggnad.

Utmed byggnadens södra sida ligger en lokalgata med befintlig marknivå på ca +3,8 i väst som möter Gårdsvägen på +4,0 i det sydöstra hörnet av fastigheten. Marknivån på Gårdsvägen sluttar uppåt åt norr från nivå ca +4,0 till ca +7,8 i korsningen med Kolonnvägen. Norra delen av tomen är på nivå ca +5,5 till +6,0.

### 5.2.2 Befintliga konstruktioner och anläggningar

#### Tygeln 3

Inom fastigheten finns två befintliga byggnader, en garagebyggnad med tillhörande ramp och en kontorsbyggnad.

Garagebyggnaden med ramp har ingen källarvåning, nivå på färdigt golv i bottenvåningen är +3,9. Byggnaden är grundlagd på slagna betongpålar. Byggnaden grundförstärktes år 2009 på grund av en lastökning i stommen till följd av tillbyggnad på taket. Grundförstärkningen utfördes med titanpålar som borrades in i berg.

Kontorsbyggnaden har ingen källarvåning, uk betongplatta är +4,27. Byggnaden är grundlagd på slagna betongpålar.

#### Ledningar

Flertalet ledningar är förlagda inom norra delen av fastigheten. Vatten, spill-, dagvatten, fjärrvärme och högspänningskablar kolliderar med planerad grundläggning. Fjärrvärme och högspänning läggs om utanför fastigheten. Spillvatten och dagvatten läggs om i Kolonnvägen samt inom fastigheten, vattengång i spillvattenledningen är ca +1,85.

I nordöstra delen av fastigheten finns en elstation.

### 5.2.3 Angränsande konstruktioner

#### Ostkustbanan

I väster angränsar Tygeln 3 till Trafikverkets Ostkustbana. Närmst fastigheten löper Arlandabanan därefter spår för pendeltåg följt av perrong för Solna Station. Södra delen av spåren är bankpålade med c/c 2,5 m mellan pålar i både tvär- och längdled. Den yttre pålraden som angränsar mot

fastigheten är installerad med lutning 4:1 mot fastigheten. Bankpålningen avslutas med en ca 15 meter lång länkplatta som är pålad i södra delen och plattgrundlagd i norra. Norr om länkplattan är spårens grundläggning okänd. Stationshuset är grundlagd på spetsburna stålkärnepålar. Perrongen är grundlagd på påldäck med borrade stålörspålar.

### Målbron

Inom norra delen av fastigheten finns en gångbro som korsar spårområdet. Bron är grundlagd på RD-pålar och stålkärnepålar. Bron avslutas med en trappa som är grundlagd på packat fyllning på berg. Underkant fundament är på nivå +3,72.

### Tygeln 1

I söder angränsar fastigheten mot Tygeln 1. Byggnaden uppfördes 1987 och utgör kontor- och bilförsäljningslokaler åt Bavaria. Byggnaden har en källarvåning med golvnivå +2,72. Byggnaden är grundlagd på spetsburna slagna betongpålar som är vertikala.

### Stigbygeln 6

I öster angränsar fastigheten mot Stigbygeln 6. Byggnaden uppfördes år 2000 och utgör kontor. Södra och östra delen av byggnaden har källare med golvnivå +1,58. Entréplan är på nivå +4,50. Byggnaden är grundlagd på spetsburna slagna betongpålar.

### Gårdsvägen

Se beskrivning under Tygeln 1

### Kranfundament

Inom fastigheten finns två äldre kranfundament som användes när Målbron byggdes. Dessa är grundlagda på stålkärnepålar.

## 5.3 Lilla Frösundaparken

### 5.3.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Utmed områdets södra sida löper Gustav III:s Boulevard och utmed den västra Kolonnvägen, se Figur 2. Längsmed den östra och norra sidan går en asfalterad gång- och cykelbana. Området består främst av gräsbevuxna ytor med enstaka utspridda träd, buskar och gångstråk. Det finns idag en dagvattendamm i området norra del som är kopplad till dagvattenledningen längs Kolonnvägen. Området har en marknivå på ca +11 i sydöst och sluttar ner mot dammen i norr på nivå +7,5.

### 5.3.2 Befintliga anläggningar och konstruktioner

#### Konstruktioner

Inom området finns inga befintliga konstruktioner eller byggnader.

#### Anläggningar

Inom området finns en dagvattendamm i den norra delen.

#### Ledningar

Inom området finns vattenledningar som tillhör Solna Kommun samt ledningar från Tele 2.

### 5.3.3 Angränsande konstruktioner

I sydöst finns en större byggnad på 5 våningar med bostäder, kontor och restauranger. I det sydvästra hörnet finns en rondell och en busskur. I nordväst ligger tre byggnader tillhörande Frösunda Gård I nordväst går en gångtunnel under Kolonnvägen.

## Ledningar

Det löper ett flertal ledningar utanför området, från bland annat Norrenergi, Solna vatten, Stokab samt ledningar för gatubelysning. Tele 2 och Telenor har även ledningar som löper runt området.

## 6 Markförhållanden

### 6.1 Tygeln 1

Enligt utförda undersökningar i dokument "*Markteknisk undersökningsrapport, MUR, Tygeln 1*":

Generellt utgörs jordprofilen överst av fyllning som överlagrar lera på friktionsjord på berg. Fyllningens mäktighet varierar mellan 1,5 till 3 meter och utgörs till största delen av grusig sand. I lokalgatan mellan Tygeln 1 och Tygeln 2 förekommer skumglas i fyllningen.

Leran är varvig med silt- och sandskikt. Den odränerade skjuvhållfastheten är mycket låg och varierar mellan ca 10 och 16 kPa. Lermäktigheten varierar mellan 2,5 och 16,5 m med den mindre mäktigheten i sydvästra delen av fastigheten, generellt är mäktigheten kring 10 meter. Ett CRS-försök utfört på lerproverna visar att leran är normalkonsoliderad. Det pågår sättningar inom fastigheten idag till följd av uppfyllnader och/eller grundvattensänkningar.

I punkt 16E001 har, enligt SGI Information 1 kriterier, kvicklera påträffats på två nivåer.

Block har påträffats i friktionsjorden som underlagrar leran.

Djupet till berg varierar mellan 3,5 och 19 m. Generella djupet till berg är ca 15 m. I sydvästra delen av fastigheten visa jord- och bergsondering att berget är mycket uppsprucket. Det påträffades sprucket berg vid spontning för nordöstra delen av Solna United vilket antyder att det kan förekomma en krosszon inom detta område.

Inga geoundersökningar har utförts på östra sidan av befintlig byggnad på Gårdsvägen. Området bedömdes som oåtkomligt för borrning på grund av det stora antalet ledningar som är i drift.

Inga geoundersökningar har utförts under befintligt hus, pålprotokoll visar att merparten av pålarna är ca 7 till 10 meter långa. Under en central del på östra sidan av huset är pålarna ca 3 till 4 meter långa.

### 6.2 Tygeln 3

Enligt utförda undersökningar redovisade i dokument "*Markteknisk undersökningsrapport, MUR, kv Tygeln 3*" utgörs jordprofilen överst av fyllning som överlagrar lera på friktionsjord på berg.

#### Norra byggnaden:

Fyllningens mäktighet varierar mellan 1 till 2,5 m och utgörs till största delen av grus och sand. Block har påträffats i fyllningen under målbron.

Leran är varvig och grusig och sandig. Den odränerade skjuvhållfastheten är låg och varierar mellan ca 20 och 25 kPa. Lerans mäktighet varierar mellan 0 och 3 meter. I nordost mot korsningen Kolonnvägen/Gårdsvägen förekommer ingen lera under fyllningen utan jordprofilen utgörs av antingen fyllning på berg eller fyllning på friktionsjord på berg. Block förekommer i friktionsjorden som underlagrar leran. Se figur nedan för tolkade bergnivåer.

### Södra byggnaden:

Fyllningens mäktighet varierar mellan 1,5 till 3 meter och utgörs till största delen av grusig sand.

Leran är varvig med silt- och sandskikt. Den odränerade skjuvhållfastheten är mycket låg och varierar mellan ca 11 och 19 kPa. Lermäktigheten varierar mellan ca 8 och 13 m. Ett CRS-försök utfört på lerproverna visar att leran är normalkonsoliderad. Det pågår marksättningar inom fastigheten idag till följd av uppfyllnader och/eller grundvattensänkningar. Block har påträffats i friktionsjorden som underlagrar leran. Djupet till berg varierar mellan ca 15 och 28 m. Se figur nedan för tolkade bergnivåer.

### 6.3 Lilla Frösundaparken

Enligt utförda geoundersökningar redovisade i ”Markteknisk undersökningsrapport (MUR)” består jordprofilen generellt av fyllning som underlagras av lera som följs av friktionsjord på berg. Leran är varvig och innehåller silt och sand med enstaka gruskorn. I söder ligger marknivån på +11 och fyllnadslagret ca 1 m tjockt, efterföljande lerslager ca 1,5 m och berget påträffas på djup 3,6 m vilket motsvarar nivå +7. Berget faller mot norr ner till nivå ca -4. Här ligger marknivån på +8 och det övre fyllnadslagret är ca 2 m, det underlagras av varvig sandig siltig lera om ca 5,5 m, därefter följer friktionsjord om ca 4 m.

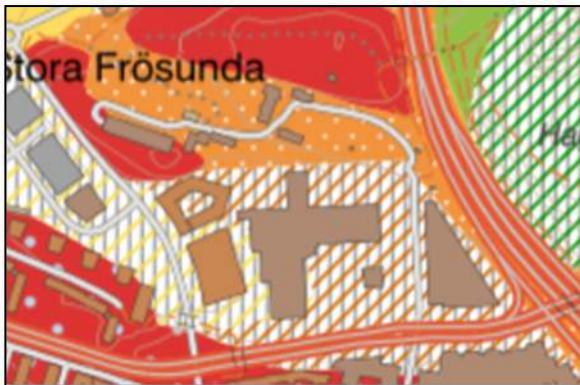
### 6.4 Övriga skyfallsåtgärder

#### Fröparken

I delar av Fröparken finns det berg i dagen. Jorddjupet är litet med 0 – ca 2 m. Jordprofilen består av mulljord för rabatter respektive fyllning vilande på berg.

#### Wijnbladsparken

Enligt geologiska kartbladet och SGU:s kartvisare för jordarter, förväntas fyllning på postglaciär sand på berget inom området, se Figur 3.

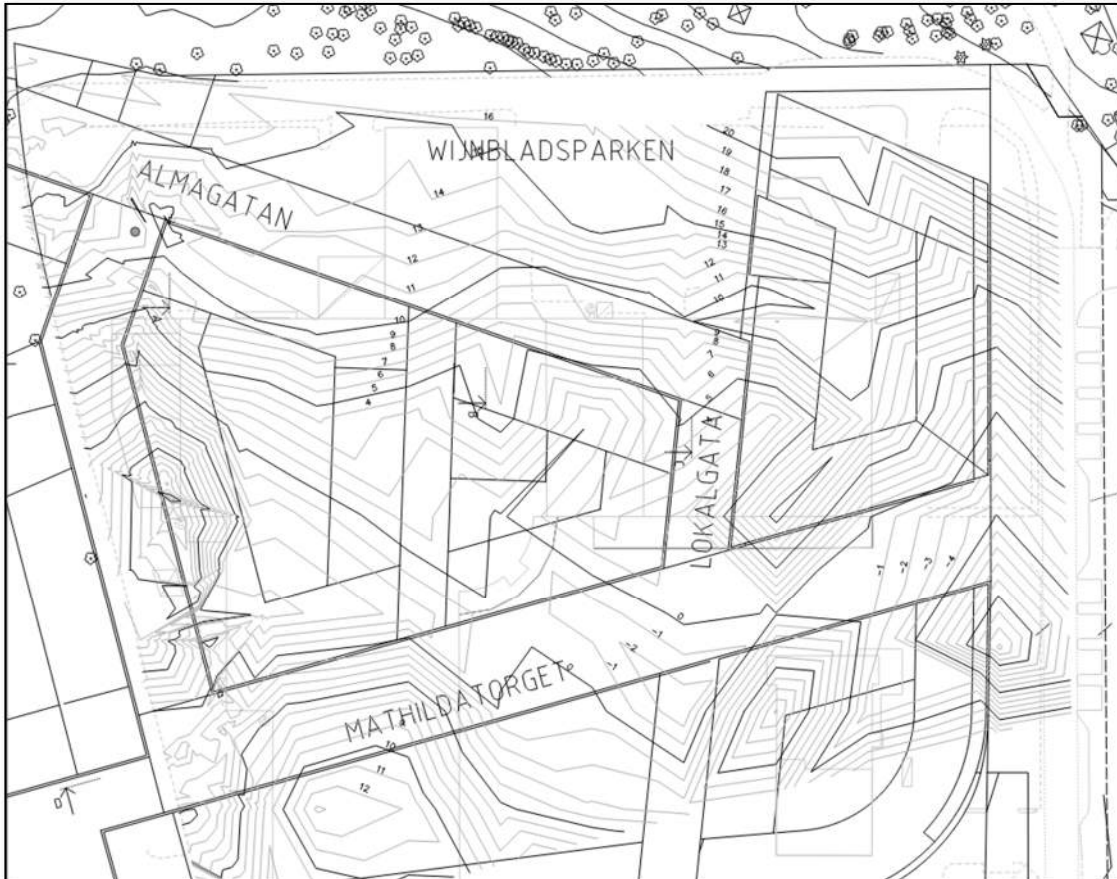


Figur 3: Urklipp ur SGU kartvisare jordarter

Befintliga marknivåer varierar mellan ca +16,5 till ca +22. Jorddjupet är varierat från ca 2 m till ca 8 m med ökande jorddjup mot sydöst. Generellt utgörs jordprofilen överst av fyllning som överlagras torrskorpelera på sand vilande på berg. Förekomsten av torrskorpelera är lokalt begränsad. Överytan på fastmark (medelfast till fast lagrad friktionsjord) har påträffats mellan ca 2 m och ca 5 m under markytan.



Tolkade bergnivåer inom Wijnbladsparken ligger mellan +20 till +10, där berget är som högst i nordöstra delen och som lägst i sydöstra delen av parken, se Figur 4.



Figur 4: Tolkade bergnivåer ifrån utförda undersökningar i samband med projektering av Haga Norra och Stora Frösunda 2

### Matildatorget

Inom området för Matildatorget rivs i skrivande stund befintliga byggnader och byggs nya kvarter enligt projektering för Haga Norra. Nuvarande marknivåer (byggväg) ligger på ca +15. Stor del av området ligger inom spont. Marken bakom spont mot Frösundaleden/AFRY-huset i öster ligger kring +24.

Jorddjupet är varierat från ca 5 m till ca 30 m med ökande jorddjup mot öst, se Figur 4. Generellt utgörs jordprofilen överst av fyllning som överlagras lera på sand vilande på berg.

## 7 Grundvattenförhållanden

### 7.1 Tygeln 1

Den aktuella jordlagerföljden med fyllningsjord på lera ovan friktionsjord på berg innebär att det sannolikt förekommer två grundvattenmagasin varav ett övre i fyllningslagret och ett undre magasin i friktionsjorden under leran. Det övre magasinet är sannolikt inte permanent och förekomst av

vatten är beroende av årstid och nederbörd. Det har inte utförts några grundvatten-mätningar i det övre magasinet.

Inga grundvattenrör har installerats inom ramen för detta uppdrag men det finns flertalet grundvattenrör inom och utanför fastigheten. Grundvattennivån uppmätt i det undre magasinet under perioden hösten 2017 till våren 2019 har varierat mellan ca +2,9 och +3,4.

För utförligare beskrivning av hydrologiska förhållanden hänvisas till projektets hydrolog Golder Associates.

## 7.2 Tygeln 3

### Norra byggnaden:

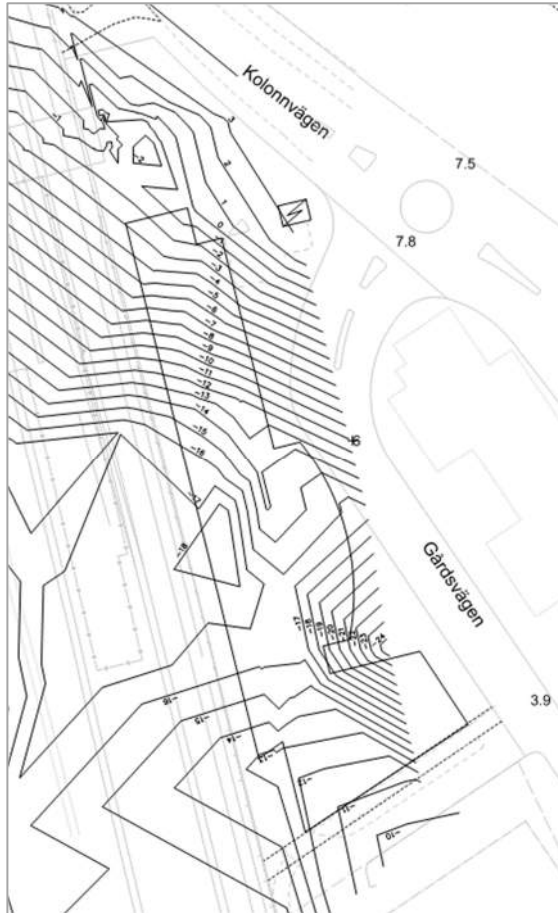
Ett grundvattenrör har installerats i norra delen av fastigheten. Grundvattennivån i maj 2019 var +2,6. Äldre mätningar i rör vid målbron visar en grundvattennivå på +3 (år 2013). Detta rör är inte i funktion längre.

### Södra byggnaden:

Den aktuella jordlagerföljden med fyllningsjord på lera ovan friktionsjord på berg innebär att det sannolikt förekommer två grundvattenmagasin ett övre i fyllningslagret och ett undre magasin i friktionsjorden under leran. Det övre magasinet är sannolikt inte permanent och förekomst av vatten är beroende av årstid och nederbörd. Det har inte utförts några grundvattenmätningar i det övre magasinet.

Inga grundvattenrör har installerats inom ramen för detta uppdrag, men det finns grundvattenrör som har mätts regelbundet från hösten 2017 till våren 2019 inom norra delen av Tygeln 1. Nivån uppmätt i det undre magasinet under den perioden har varierat mellan ca +2,7 och +3,2.

För utförligare beskrivning av hydrologiska förhållanden hänvisas till projektets hydrolog Golder Associates.



Figur 5: Tolkade bergnivåer RH2000

### 7.3 Lilla Frösundaparken

I samband med undersökningen för parken har tre grundvattenrör installerats i punkterna 21E326 (1,5 m), 21E327 (4,0) respektive 21E332 (7,5) m under markytan.

I samband med undersökningen mättes grundvattennivåer i de nyinstallerade observationsrören. Uppmätta nivåer i grundvattenrören framgår även i plan och sektionsritningar

Tabell 1: Uppmätta grundvattennivåer

Grundvattenrör ID	21E326GV		21E327GV		21E332GV	
	Nivå	Djup under my [m]	Nivå	Djup under my [m]	Nivå	Djup under my [m]
2021-04-29	-	-	+8,51	3,15	+1,1	7,42
2021-05-06	-	-	+8,5	3,16	+4,95	3,56

## 8 Rekommendationer

### 8.1 Tygeln 1

#### 8.1.1 Grundläggning

Det rekommenderas att byggnaden grundläggs på slagna spetsburna betongpålar.

Golv och källarväggar bör utföras vattentäta till lägsta dränerande nivå.

Byggnaden kan behöva förankras för upplyft om inte temporära stödstrukturen behåller sin vattentäthet tills huset är tillräckligt tungt dvs tillräckligt många våningar har byggts.

#### 8.1.2 Schakt

Det rekommenderas att schakt för byggnaden utförs inom tätskärm som utgörs av stålspont slagen i lås som dubbas i berg, tätning mellan spontfot och berg med jetinjering samt ridåinjering i berg. I sydvästra hörnet bedöms ridåinjeringen bli omfattande.

#### 8.1.3 Risker

Följande kapitel behandlar erfarenheter från utförd tätskärm vid Solna United samt generella och specifika risker som identifierats för Tygeln 1.

#### 8.1.4 Sponttyp

Temporär spont måste utföras vattentät. Block i botten på friktionsjorden innebär en risk att sponten inte kan drivas till berg längs hela sträckan. Dubbar kan behöva ersättas med förstärkningsrör samt tätning av spontfot försvåras. Ett alternativ till föreslagen tätskärm är RD-pilewall med injektering i berg och utrymme mellan spontrör och berg via lås. Alternativt borrade berlinerspont där den traditionella utfackningen med plåt ersätts med jetpelare för vattentätning.

#### 8.1.5 Schakt i vattenmättad silt

Jordmassorna i Solna United var vattenmättade under hela schaktarbetet dels på grund av en tillförsel av produktionsvatten men främst på grund utav jordens siltinnehåll som gör den svår att avvattna. Vattenmättad silt blir vid störning flytande vilket gör den svårhanterad vid schaktetapper och påverkar bärigheten i schaktbotten och för byggvägar. Produktionen måste förbereda hantering av stora volymer länsvatten för sedimentering och provtagning innan vattnet kan släppas ut på dagvattennätet. Mycket tid behöver läggas på planering, placering och underhåll av grävbrunnar samt hantering av länsvatten både före och under hela produktionstiden tills fullt schaktdjup har nåtts.

#### 8.1.6 Befintlig källarvåning under grundvattennivå

Eftersom fotavtrycket på planerat hus inte matchar befintligt hus kommer spontning att ske genom bottenplattan i Bavarias källarvåning på västra och södra sidan. Håltagning i denna kommer krävas innan installation av spont. Bottenplattan är under grundvattennivån. En arbetsgång för detta bör tas fram innan spontningen påbörjas.

### 8.1.7 Stagnivåer under grundvattennivån

Stagnivåer kommer att utföras under grundvattennivån vilket medför håltagning i spont. På grund av jordens siltinnehåll kan inläckaget av vatten dra med sig finmaterial och orsaka betydande sättningar bakom spont. På sponten för Solna United utfördes håltagning genom stosar fastsvetsade på sponten för att lättare kontrollera och stoppa vatten- och materialflöde. Trots detta uppkom stora sättningar bakom spont, sättningarna var i storleksordningen 50 cm som till viss del frilade pålarna på Bavaria. Påverkan från håltagning i spont syntes tydligt på grundvattenövervakningen i omgivningen, tillfälliga sänkningar bedöms vara ok, men staghål ska tätas omedelbart efter installation av stag.

### 8.1.8 Omgivningspåverkan vid installation av spont och stag samt schakt

Kontrollplan för övervakning av omgivningen med avseende på sättningar bör tas fram. Det finns risk att omgivande mark, ledningar och konstruktioner påverkas av sättningar i samband med installation av spont och stag samt när schaktarbetena pågår. I kontrollplanen ska riskobjekt identifieras och nollmätas och sedan bör kontinuerlig kontroll av dessa pågå under byggtiden.

### 8.1.9 Omgivningspåverkan på grund av grundvattensänkning

Kontrollplan för övervakning av grundvattennivå bör tas fram. Vatteninläckage kommer att förekomma. En sänkning av grundvattennivåer utanför tätskärm kommer att utgöra risk för omkringliggande pålade konstruktioner, ledningar osv. Åtgärder för att upprätthålla gränsvärden för grundvattennivåer utanför tätskärm bör projekteras, tex infiltration. Enligt tekniskt PM från Golder, 2019-03-21 bör projektet söka vattendom.

### 8.1.10 Stabilitet

Det är små skillnader mellan nuvarande marknivåer samt att inga naturliga slänter förekommer gör att risken för stabilitetsproblem så som skred och ras anses vara mycket låg inom Tygeln 1.

Ostkustbanans rök har en ca nivå på +5,9 i förhållande till befintlig marknivån för Tygeln 1 på ca nivå +4 i norr till +6 i söder utmed banan och med en planerad färdig golvnivå för entréplan på nivå +5,0 för norra byggnaden och +5,7 för den södra.

De små skillnaderna mellan Ostkustbanan och Tygeln 1 medför att risken för stabilitetsproblem så som skred och ras anses vara mycket låg.

Tunga arbetsmaskiner ska ställas upp på arbetsbädd vid arbeten i schaktbotten. Arbetsbädd ska dimensioneras i samband med att arbetshandlingen tas fram. Se även avsnitt 8.1.5 Schakt i vattenmättad silt.

### 8.1.11 Sättningar

Inom området har sättningsbenägna jordar påträffats vilket medför risk för sättning vid pålning av marken samt vid grundvattensänkningar.

Vid projektering av kringliggande fastighetsmark skall det tas i beaktan att sättningar kommer utvecklas vid pålastning av marken. Sättningsdifferenser kan komma att uppstå mellan pålade konstruktioner och icke förstärkt mark. Vid projektering av entréer och inkommande servitut/ledningar ska det tas hänsyn till detta tex genom länkplattor eller lättfyllning.



## 8.2 Tygeln 3

### 8.2.1 Grundläggning

Det rekommenderas att södra och norra byggnaden grundläggs på pålar. Eventuellt kan delar av den norra byggnaden grundläggas direkt på packad fyllning på berg.

I detta skede bedöms att en stor del av grundläggningen kan utföras på slagna pålar. På grund av block i fyllningen kan förschakt erfordras inför slagning. De delar av nya byggnader som grundläggs nära befintliga byggnader, bro eller spår kan behöva grundläggas på borrade pålar för att minimera risken att störa befintlig grundläggning. Där djupet till berg/fastmark är litet kan borrade pålar erfordras.

### 8.2.2 Schakt

Schakt för byggnaderna bedöms vara av mindre omfattning. Eventuellt kan schaktdjup i norra delen mot Kolonnvägen erfordra temporär stödkonstruktion.

Schakt för omläggning av ledningar bör utföras inom permanent stödkonstruktion för att möjliggöra underhåll och reparation i framtiden utan att påverka grundläggning för nya byggnader och målbron.

### 8.2.3 Stabilitet

Det är små skillnader mellan nuvarande marknivåer samt att inga naturliga slänter förekommer gör att risken för stabilitetsproblem så som skred och ras anses vara mycket låg inom Tygeln 3.

Ostkustbanans rök har en ca nivå på +5,9 i förhållande till befintlig marknivån för Tygeln 3 på ca nivå +5, med en planerad färdig golvnivå för entréplan på nivå +5,5 till +7,8 för den norra byggnaden och nivå +4,0 för den södra.

De små skillnaderna mellan Ostkustbanan och Tygeln 3 medför att risken för stabilitetsproblem så som skred och ras anses vara mycket låg.

Bärighetsproblem i schaktbotten kan uppstå, i samband med detaljplaneprojekteringen ska åtgärder som kan behövas för att uppnå en stabil schaktbotten framgå.

### 8.2.4 Sättningar

Inom området har sättningsbenägna jordar påträffats vilket medför risk för sättningar vid pålning av marken samt vid grundvattensänknings.

Vid projektering av kringliggande fastighetsmark skall det tas i beaktan att sättningar kommer utvecklas vid pålastning av marken. Sättningsdifferenser kan komma att uppstå mellan pålade konstruktioner och icke förstärkt mark. Vid projektering av entréer och inkommande servitut/ledningar ska det tas hänsyn till detta tex genom länkplattor eller lättfyllning.

## 8.3 Lilla Frösundaparken

### 8.3.1 Grundläggning

Jordvallen är planerat att uppföras direkt på mark. De översta jordskikten som innehåller växtdelar och organiskt material måste tas bort. Jordvallen/-dammen behöver utföras på ett sådant sätt att stora vattenmängder inte kan ta sig igenom.

Beroende på utformningen av kringliggande gång- och cykelvägar kan en stödmur vara aktuell för att ta hand om höjdskillnaden. Vid korsande ledningar under planerad damm måste sättningskraven av ledningsägare beaktas och utformningen av dammen anpassas till dessa. För att minska påverkan på ledningar skulle dammen kunna vila på en stödmur som omhändertar lasterna så att ledningarna inte påverkas negativt.

### 8.3.2 Stabilitet

Det är små skillnader mellan nuvarande marknivåer samt att inga naturliga slänter förekommer gör att risken för stabilitetsproblem så som skred och ras anses vara mycket låg inom Lilla Frösundaparken. Kringliggande fastigheter påverkas ej.

Stabilitetsproblem med risk för brott vid uppförande av skyfallsdammen kan uppstå. Dammen utformas på så sätt att risk för stabilitetsbrott vid fylld skyfallsdamm blir liten.

### 8.3.3 Sättningar

Då leran är varvig och innehåller silt och sand är det svårt att få bra labbresultat. En approximativ uppskattning av sättningarna som kan uppstå har gjorts. Modulen  $M_L$  har utvärderats dels utifrån empiri, dels tidigare prover tagna i närområdet. I den norra delen där utfyllnaden kommer bli som störst är lerlagret tunnare och i söder där de blir en mindre utfyllnad är det ett tjockare lerlager, detta medför fördelaktiga förhållanden för sättningarna.

Sättningarna har uppskattats ligga mellan 2-9 cm med en utfyllnad om 0,5-1 m.

## 8.4 Övriga skyfallsåtgärder

### Fröparken

Planerad skyfallsanläggning kommer grundläggas på berg respektive packad fyllning på berg. Bergschakt kan inte uteslutas.

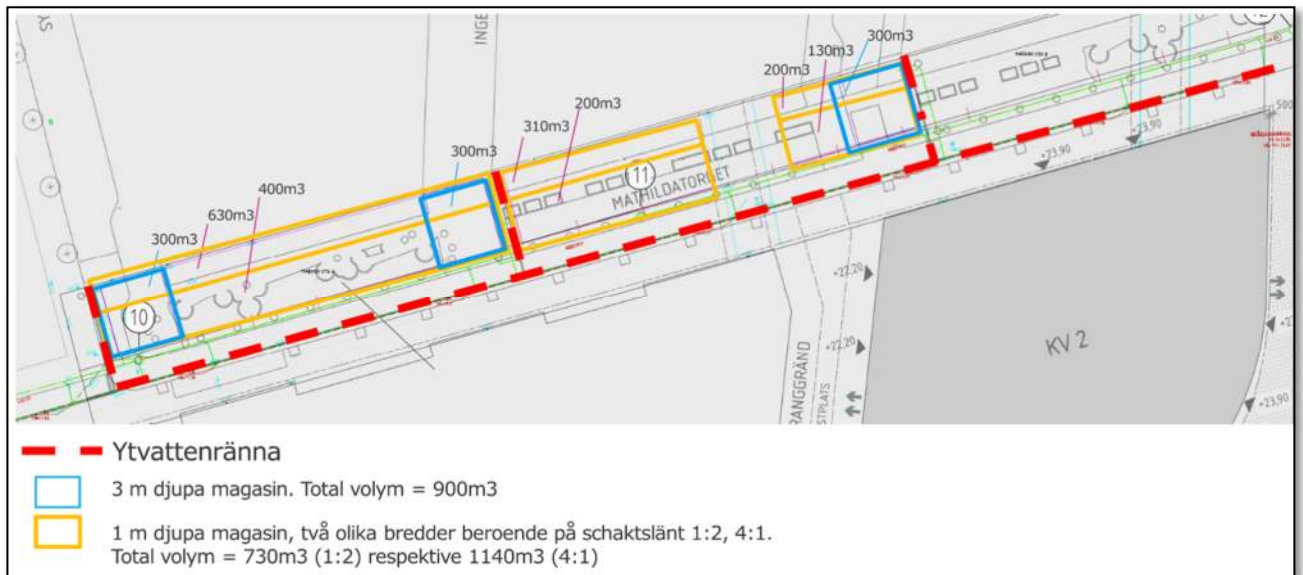
### Wijnbladsparken

De planerade skyfallsanläggningarna har planerade bottennivåer mellan +14,9 och +15,5 och förväntas grundläggas på medelfast till fast lagrad friktionsjord. Då planerade marknivåer motsvarar nuvarande marknivåer kommer jorden inte belastas med nya laster. Ett fyllt skyfallsmagasin motsvarar ca lasten av samma volym jord. Risk för sättningar bedöms därmed som liten.

Risken för ras- och skred inom området bedöms som liten.

### Matildatorget

De planerade magasinerna är placerade bakom kvarter 1 och går in lite bakom kvarter 2, se Figur 6, där det i skrivande stund är ovannämnd byggväg. Planerad schaktbotten ligger mellan 1 m och 3 m under planerad mark. Planerade VG för ledningar till magasinerna ligger på +17 och därmed ovan nuvarande marknivå.



Figur 6: Skyfallsåtgärden i Matildatorget (Ramböll, Haga Norra Skyfallshantering)

Jorden kan anses vara förbelastad för planerade marknivåer och laster från skyfallsanläggningar så att risken för sättningar bedöms vara liten.

Då marken kommer fyllas och packas med massor enligt AMA är risken för ras- och skred mycket liten.