

# PM bergteknik hydrogeologi

**Nacka Kommun**

# Svindarsberg bergrumsgarage

**Utgåva/Version 1.0**

**Stockholm 2016-10-28**

# Svindersberg bergrumsgarage

## PM bergteknik hydrogeologi

Datum 2016-10-28  
Uppdragsnummer 1320020524  
Utgåva/Status 1.0

Sofi Stål Marcus Heinke  
Uppdragsledare/ Teknikansvarig hydrogeologi  
Teknikansvarig berg

Tobias Tyberg Christer Andersson Björn Winnerstam  
Ombud/Granskare Granskare bergmekanik Granskare hydrogeologi

Miriam Isaksson Mettävainio  
Handläggare berg

Ramboll Sverige AB  
Box 17009, Krukmakargatan 21  
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00  
Fax 010-615 20 00  
www.ramboll.se

Unr 1320020524 Organisationsnummer 556133-0506

## Sammanfattning

I Nacka Kommun, i närheten av Sickla köpvarter, ligger Svindersberg där det planeras för 500 nya bostäder. Ett bergrumsgarage planeras som utöver projektets behov även ska täcka delar av behovet av parkeringsplatser från angränsande områden.

Ramböll har på uppdrag av Nacka Kommun utfört en hydrogeologisk och bergteknisk utredning som underlag till markanvisning av det nya området Svindersberg. Ett förslag på bergrumsgaragets geometri och placering presenteras. I denna rapport är ingen projektering eller dimensionering utförd utan ska ses som ett underlag inför markanvisning och vidare projektering.

I området där bergrumsgaraget planeras finns ytligt lagda ledningar, ett befintligt bergrum och en bergtunnel. Utöver detta planeras en arbetstunnel för anläggning av tunnelbana samt fyra tunnlar för Östlig förbindelse.

Utifrån två studerade referensgarage föreslås ett garage med två parallella skepp med längd: 170 m och bredd: 17 m som avgränsas av en 6 m bred pelare. En höjd på 6 m ger ca 200 bilplatser och 8 m ca 400 platser. En gemensam infarts- och utfartsramp är nödvändig då förutsättningarna endast tillåter påslag i den nordvästra delen av området. Rampen blir ca 300 m lång (lutning 1:8) Förutsättningarna för tunnelpåslag är goda eftersom området utgörs av en naturlig berghöjd vilket ger en fullgod bergtäckning (4 m).

Garagets placering har begränsats av Östlig förbindelse i höjded, d.v.s. förslaget är att bergrumsgaraget anläggs under Östlig förbindelse. I plan begränsas bergrummets placering av tunnelbanan som ansluter till marknivå i södra delen av området. Berggaraget föreslås ha en lägsta grundläggningsnivå på nivå -17 m.

Det är av väsentlig betydelse om bergrumsgaraget byggs och står klart före de övriga planerade tunnelarna (tunnelbanan respektive Östlig förbindelse). Om garaget byggs först kommer bergtäckningen (avstånd till markytan) vara mycket god vilket är gynnsamt för tunnelstabilitet och byggbarhet. Om bergrumsgaraget ska anläggas efter Östlig förbindelse kommer bergtäckningen vara betydligt lägre och särskilda åtgärder krävs vid bergschakt för att säkerställa att tunnelarna inte påverkas av bergrumsgaraget. Det högre bergrumsgaraget ger 2 m mindre bergtäckning vilket påverkas ännu mer om det byggs före eller efter Östlig förbindelse.

Föreslagen placering av garaget kräver tillstånd för vattenverksamhet eftersom garagets anläggningsnivå innebär bortledning av grundvatten.

Ytterligare undersökningar rekommenderas med syfte att erhålla underlag för tillståndsansökan för vattenverksamhet samt att få en mer detaljerad bild över bergmassans egenskaper i läget för bergrumsgaraget inför dimensionering och projektering.

## Innehållsförteckning

<b>1.</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Objekt .....	1
1.3	Syfte och mål .....	2
1.4	Avgränsningar .....	3
1.5	Metodik.....	3
<b>2.</b>	<b>Förutsättningar</b> .....	<b>4</b>
2.1	Underlagsmaterial .....	4
<b>3.</b>	<b>Referensobjekt bergrumsgarage i Stockholm</b> .....	<b>4</b>
3.1	Högalidsgaraget .....	5
3.2	Stigbergsgaraget.....	5
<b>4.</b>	<b>Befintliga och planerade anläggningar</b> .....	<b>6</b>
4.1	Bergrum med infart från Värmdövägen .....	7
4.2	Tunnelbana .....	7
4.3	Östlig förbindelse .....	8
4.4	Försvarsmaktsintressen .....	8
4.5	Ledningar och tunnlar .....	8
<b>5.</b>	<b>Utförda undersökningar</b> .....	<b>8</b>
5.1	Fältundersökningar.....	8
<b>6.</b>	<b>Vatten – och markförhållanden</b> .....	<b>9</b>
6.1	Topografi .....	9
6.2	Hydrogeologi .....	9
6.3	Jordarter och jorddjup .....	9
6.4	Berggrund.....	10
6.5	Förväntade bergklasser.....	12
<b>7.</b>	<b>Förslag bergrumsgarage</b> .....	<b>13</b>
7.1	Geometriska-, och trafiktekniska antaganden .....	13
7.2	Bergmekaniska antaganden.....	13
7.3	Placering av garage och ramp.....	13
7.4	Räddningsvägar .....	16
<b>8.</b>	<b>Bergmekanisk analys</b> .....	<b>16</b>
8.1	Förutsättningar och antaganden.....	16

8.2	Beräkning .....	17
8.3	Resultat .....	18
8.3.1	Snitt 1 .....	19
8.3.2	Snitt 2 .....	22
8.3.3	Snitt 3 .....	24
8.3.4	Deformationer .....	26
8.4	Slutsats .....	27
<b>9.</b>	<b>Bergtekniska förhållanden/Byggbarhet .....</b>	<b>28</b>
9.1	Påslag.....	28
9.2	Ramp .....	28
9.3	Vertikalschakt.....	29
9.4	Bergrumsgarage .....	29
9.4.1	Tillstånd för vattenverksamhet.....	30
9.5	Inläckage vatten .....	30
9.6	Uttagsordning bergrumsgarage vs planerade tunnlar .....	30
9.7	Masstransporter .....	31
<b>10.</b>	<b>Rekommendationer .....</b>	<b>31</b>
<b>11.</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>32</b>

**Bilaga 1** Markteknisk undersökningsrapport (MUR)

# PM bergteknik och hydrogeologi för bergrumsgarage Svindersberg

## 1. Inledning

### 1.1 Bakgrund

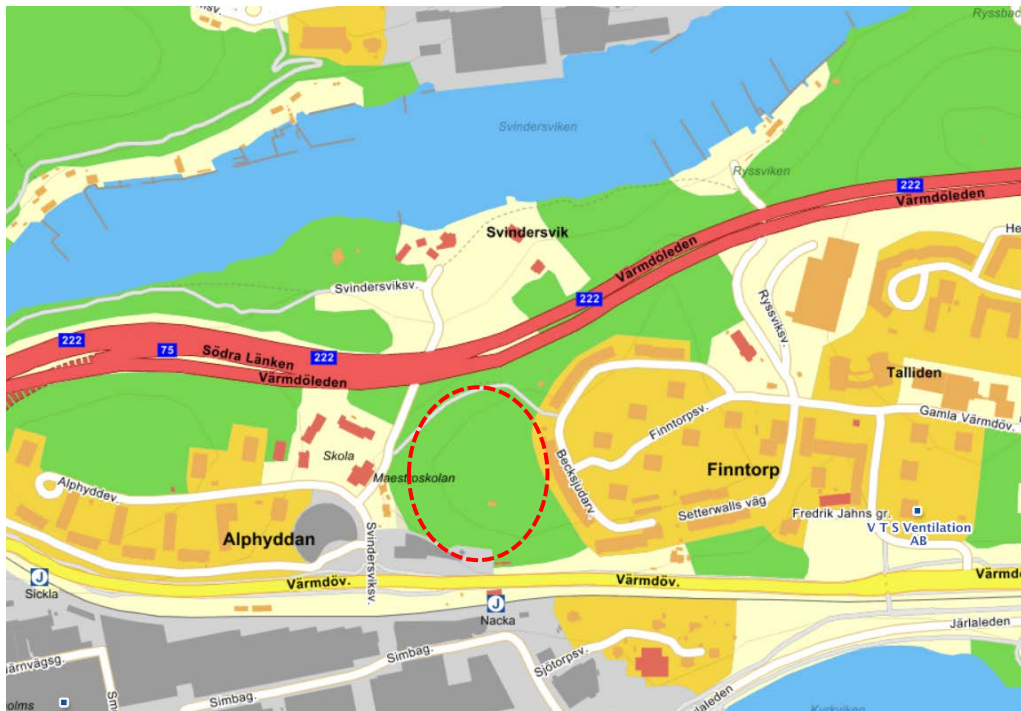
I Nacka Kommun, i närheten av Sickla köpvarter, ligger Svindersberg som ska utvecklas till en tätare och mer blandad stadsdel. Här planeras för 500 nya bostäder i flerbostadshus och stadsradhus. Även kontor och handel planeras i området. Ett viktigt syfte med projektet är att skapa en sammanhängande stadsdel mellan Alphyddan, Svindersberg och Finntorp där gång- och cykeltrafik ska främjas.

Ett bergrumsgarage ska byggas som utöver projektets behov även ska täcka delar av behovet av parkeringsplatser från angränsande områden.

Ramböll Sverige AB (Ramböll) har på uppdrag av Nacka Kommun utfört en hydrogeologisk och bergteknisk utredning som underlag till markanvisning av det nya området Svindersberg.

### 1.2 Objekt

Området som omfattats av utredningen ligger inom röd streckad linje i Figur 1 och avgränsas av Värmdöleden i norr, Värmdövägen i söder, Svindersviksvägen i väst och bostadshus längs Becksjudarvägen i öst.



Figur 1: Aktuellt området för lokalisering av berggrumsgarage inom röd streckad linje, i det planerade område Svindersberg, Sickla. Området avgränsas av Värmdöleden i norr, Värmdövägen i söder, Svindersviksvägen i väst och bostadshus längs Becksjudavägen i öst.

### 1.3 Syfte och mål

Syftet med markundersökningen har varit att utreda de hydrogeologiska och bergtekniska förutsättningarna för att bygga ett berggrumsgarage inom det planerade området Svindersberg.

Målen med förstudien har varit att:

- Avgöra om anläggning av garaget kräver tillstånd för vattenverksamhet, d.v.s. om grundläggningsnivån av garaget planeras under grundvattennivån.
- Sammanställa och beskriva befintliga och planerade anläggningar (tunnlar, berggrum och ledningar) i området.
- Avgöra om och i så fall var bergförhållandena i området är gynnsamma för anläggning av ett berggrumsgarage.
- Ge förslag på ett eller flera placeringar av ett berggrumsgarage.
- Ge förslag på parkeringsgaragets utformning, in- och utfarter samt anslutningar till markytan med trappa och/eller hiss.
- Uppskatta maximala/optimala antalet parkeringsplatser.

#### 1.4 **Avgränsningar**

Eftersom jordtäcket bedöms som litet, mellan 0 – 1 m utifrån SGUs jorddjupskarta (SGU, 2016) har inga geotekniska sonderingar för bestämning av jordlager och jordlagrens sammansättning utförts.

Denna rapport utgör endast en översiktlig bedömning av markförhållandena i området. Ett förslag på möjlig utformning av bergrumsgarage har tagits fram utifrån de förutsättningar som förelåg i oktober 2016.

#### 1.5 **Metodik**

En arkivsökning utfördes för att undersöka vilka tidigare utförda utredningar och undersökningar som fanns tillgängligt för aktuellt område. Se kapitel 2 för förutsättningar.

Som underlag till bedömning av bergrumsgaragets möjliga utformning och antal parkeringsplatser studerades två referensgarage, vilka beskrivs kortfattat i kapitel 3.

Vidare inhämtades information om befintliga och planerade ledningar och underjordsanläggningar i området som kan påverka anläggning av ett bergrumsgarage, se kapitel 4.

För att erhålla mer kunskap om bergmassan utfördes en hållkartering samt kartering av befintligt bergrum. För bestämning av grundvattennivån kärnborrades 1 st hål vilket också gav information om bergets kvalitet (kärnkartering). Samtliga utförda undersökningar redovisas kortfattat i kapitel 5 och utförligt i Bilaga 1 Markteknisk undersökningsrapport (MUR) daterad 2016-10-28.

En beskrivning av berg- och grundvattenförhållandena återfinns att läsa under kapitel 6.

När en sammanhållande bild av Svindersberg med samtliga planerade och befintliga underjordsanläggningar tagits fram analyserades möjliga lägen, såväl i plan och nivå, för ett bergrumsgarage. Resultatet redovisas i kapitel 7 där också de olika bergtekniska förutsättningarna för bergrumsgaraget beskrivs.

En bergmekanisk numerisk modell har simulerats i det tredimensionella finita differensprogrammet FLAC3D (Itasca, 2015) för att studera hur planerat bergrumsgarage och närliggande befintliga anläggningar påverkar varandra. Slutsatser och resultat återfinns i kapitel 8.



## 2. Förutsättningar

### 2.1 Underlagsmaterial

Följande underlag har funnits tillgängliga under utredningen och erhållits av Nacka Kommun:

- SGU:s berggrundskarta (SGUs databas, 2016)
- SGU:s jorddjupskarta (SGUs databas, 2016)
- SGU:s jordartskarta (SGUs databas, 2016)
- Grundkarta i dwg-format
- Utredning berggarage Nacka 2014-04-23.pdf (Scandinavian Tunneling AB, 2014)
- Relationshandling Högalidsgaraget, Stockholm Parkering
- Relationshandling Stigbergsgaraget, Stockholm Parkering
- B21-3162-17-A0000-WS-2001\_arbetstunnel\_fut.dwg (CAD-underlag från pågående projektering av tunnelbana till Nacka Centrum, daterad 2016-06-15)
- A21-3162-40-B0000-W0-2007\_tunnelbanestation.dwg (CAD-underlag från pågående projektering av tunnelbana till Nacka Centrum, daterad 2016-06-15)
- A21-3162-40-B0000-W0-2001\_tunnelbanestation.dwg (CAD-underlag från pågående projektering av tunnelbana till Nacka Centrum, daterad 2016-06-15)

CAD-underlag från planerad sträckning av östra förbindelsen erhöles av Ramböll 2016-06-01 samt 2016-10-19.

- Ramp\_1\_1\_.dwg
- Ramp\_1\_2\_.dwg
- Ramp\_1\_3\_.dwg
- Ramp\_2\_1\_.dwg
- Vägutformning bergtunnlar: Ritning 0 00 T 04 01 *Granskningshandling 150911*
- Utformning ramptunnel 2 körfält: Ritning 0 00 T 04 02 *Granskningshandling 150911*

Utöver ovan listade handlingar har Ramböll haft tillgång till sekretessbelagt kartunderlag. Dessa nämns endast i text där dessa har betydelse för undersökningen.

## 3. Referensobjekt bergrumsgarage i Stockholm

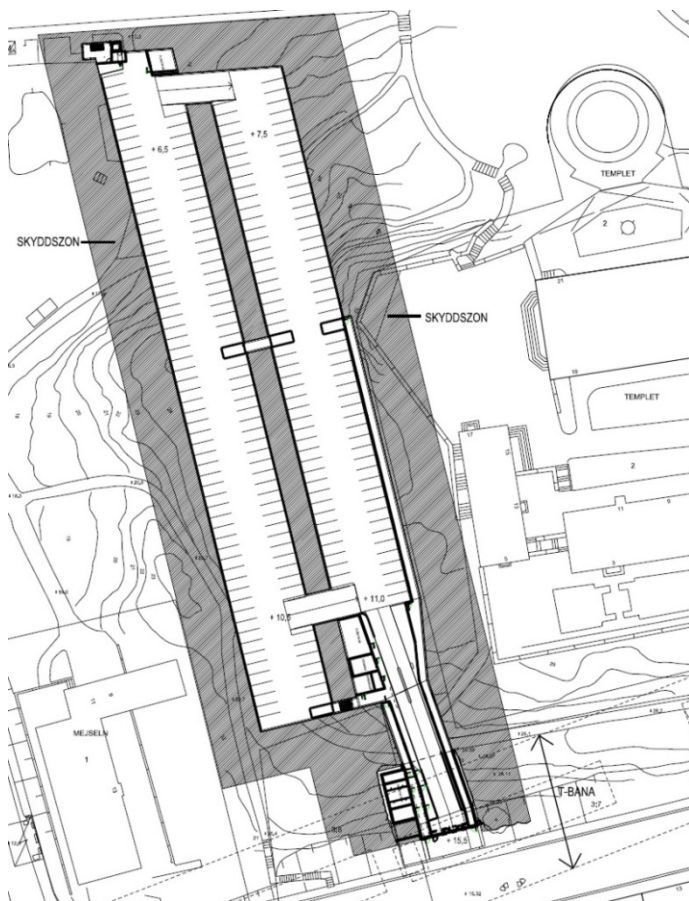
Utformningen av två befintliga bergrumsgarage, Högalidsgaraget och Stigbergsgaraget, har studerats som referenser till detta projekt.

### 3.1 Högalidsgaraget

Högalidsgaraget invigdes 2011 och har drygt 200 parkeringsplatser uppdelade på två skepp (tunnelsträckningar), se Figur 2. Tunnelarna är drygt 140 m långa och åtskilda av en ca 6 m bergpelare, med tvärtunnlar emellan. Tunnelhöjd upp till hjässan är ungefär 6 m, och bredden är ungefär 17 m.

De två skeppen, som utgör garaget, ligger på olika nivåer, troligen för att bättre passa topografin.

Parkeringsplatserna är positionerade vinkelrätt mot tunnelväggen i båda tunnelarna, på båda sidor i respektive tunnel. Då parkeringsplatserna är ungefär 5 m långa, skapar detta ett utrymme i mitten av tunneln för framfart som är ungefär 7 m brett.



Figur 2: Planritning Högalidsgaraget. (Stockholm Parkering)

### 3.2 Stigbergsgaraget

Stigbergsgaraget invigdes 2015 och rymmer 300 bilar och utgörs av två skepp med en bredd på vardera ca 17 m och en avskiljande bergpelare ca 6 m bred, se Figur 3.

Garagets tunnelhöjd är ca 12 m och ett tre våningar högt pelardäcksgarage i betong har uppförts i bergrummet.

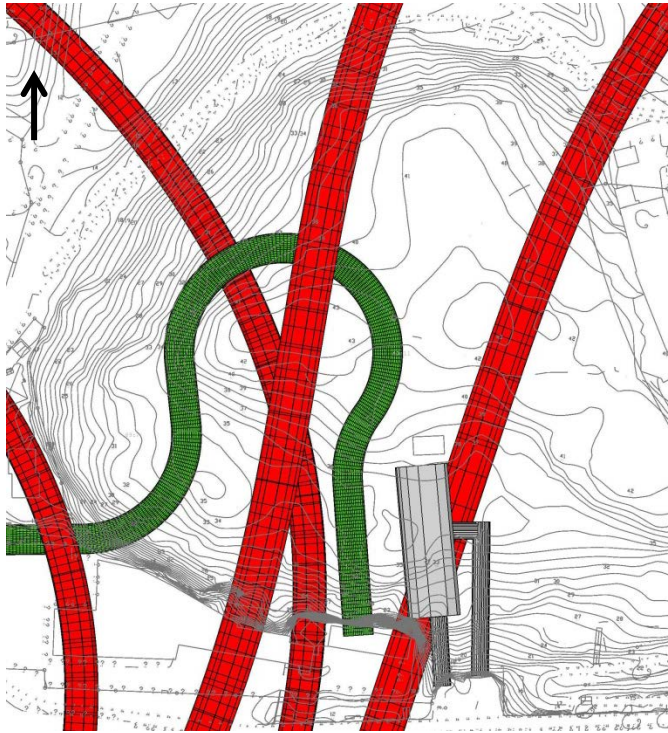
De två tunnlnarna är förskjutna i höjddled i förhållande till varandra, vilket leder till att ramperna mellan de två delarna av pelardäcksgaraget lutar. Dessa ramper skär den 6 m breda bärande bergpelaren i början och i slutet av tunnelkonstruktionen.



Figur 3: Planritning Stigbergsgaraget. (Stockholm Parkering)

#### 4. Befintliga och planerade anläggningar

I området där bergrumsgaraget planeras finns ledningar, ett befintligt bergrum och en tunnel samt en planerad arbetstunnel för anläggning av tunnelbana samt planerade tunnlar för östlig förbindelse, se samlingskarta i Figur 4. Anläggningarna beskrivs ytterligare i kapitel (4.1 - 4.5).



Figur 4: Befintliga och planerade anläggningar i området. Preliminär dragning av Tunnelbanans arbetstunnel i grön färg, Östlig förbindelse röd färg och befintligt bergrum i grå färg.

#### 4.1 Bergrum med infart från Värmdövägen

Det finns ett befintligt bergrum i närheten av placeringen för det planerade bergrumsgaraget, se grå markering i Figur 4. Det befintliga bergrummet ägs av Nacka kommun och hyrs i dagsläget ut som serverhall.

Bergrummet uppfördes 1958 och fungerade fram till 1982 som transformatorstation åt Nacka Kommun. Mellan 1982 och 2006 stod bergrummet tomt och efter år 2006 rustades bergrummet för befintlig verksamhet. Infart till bergrummet finns i söder från Värmdövägen och ligger på nivå ca +10 m.

Bergrummet är ca 60 m långt och 20 m brett och inrymmer en 5-våningskonstruktion. En fläkt/trappa leder upp till markytan på nivå ca + 40 m.

#### 4.2 Tunnelbana

Förlängningen av tunnelbanans blå linje till Nacka Forum har en planerad byggstart 2018/2019 och färdigställande inom 7 – 8 år från byggstart. En ca 8 m hög arbetstunnel som ansluter till markytan planeras i området för Svindersberg, se grön tunnel i Figur 4. Tunnelpåslag planeras i södra delen av berget på nivå +16,6 m (sula) och går i vänsterkurva för att nå som lägst nivå – 19,6 m (sula).

### 4.3 Östlig förbindelse

En östlig förbindelse planeras vars syfte är att knyta ihop Norra- och Södra länken. Det är trafikverket som utreder möjligheten för en östlig förbindelse. Enligt Trafikverkets hemsida (2016-10-12) finns beslut för att utreda och projektera en Östlig förbindelse. Det finns i dagsläget inget beslut om byggstart.

Den planerade dragningen av östlig förbindelse presenteras med röd färg i Figur 4. Tunnlarna är ca 10 m höga.

Tunneln längst till väst passerar utanför aktuellt område. Tunnel längst till öst, ansluter till Svindersviksberget i söder på nivå -6,3 m (sula), lutar uppåt och når nivå +3,7 m då den lämnar berget.

De två mittersta tunnlarna löper på olika nivåer genom berget där en går ovanför planerad arbetstunnel (T-bana) och den andra under. Tunneln som korsar ovanför går parallellt med den västra tunneln, nivå - 6,2 m (sula) i söder, går uppåt och lämnar berget i nordväst på nivå +4 m.

Den djupare tunneln ansluter i söder på nivå - 14,5 m, lutar svagt uppåt och lämnar berget i nordväst på nivå - 12 m (sula).

### 4.4 Försvarsmaktsintressen

Fortifikationsverket och försvarsmakten har meddelat att de inte har något intresse i aktuellt område.

### 4.5 Ledningar och tunnlar

Ytligt liggande ledningar och kablar förekommer inom aktuellt området. En befintlig tunnel förekommer också inom området.

## 5. Utförda undersökningar

### 5.1 Fältundersökningar

För att erhålla ett bra underlag till utredningen om det är möjligt att bygga ett bergrumsgarage i planerat område har följande fältundersökningar utförts:

- Borrning av 1 st kärnborrhål med syfte att fastställa grundvattennivån i området.
- Grundvattenmätning i kärnborrhål för bestämning av grundvattennivån.
- Vattenförlustmätning i kärnborrhål för bestämning av bergmassans konduktivitet
- Karaktärisering av bergmassan m.h.a. bergmekanisk kartering av kärnprov, hållkartering samt kartering av befintligt bergrum.
- Syftet med utförda undersökningar har varit att få en uppfattning om bergmassans egenskaper samt de hydrogeologiska förhållandena.

- Inmätning av befintligt bergrum för att fastställa dess exakta läge i berget.

Samtliga utförda fältundersökningar redovisas i den Marktekniska undersökningsrapporten (MUR) daterad 2016-10-28, se Bilaga 1.

## **6. Vatten – och markförhållanden**

### **6.1 Topografi**

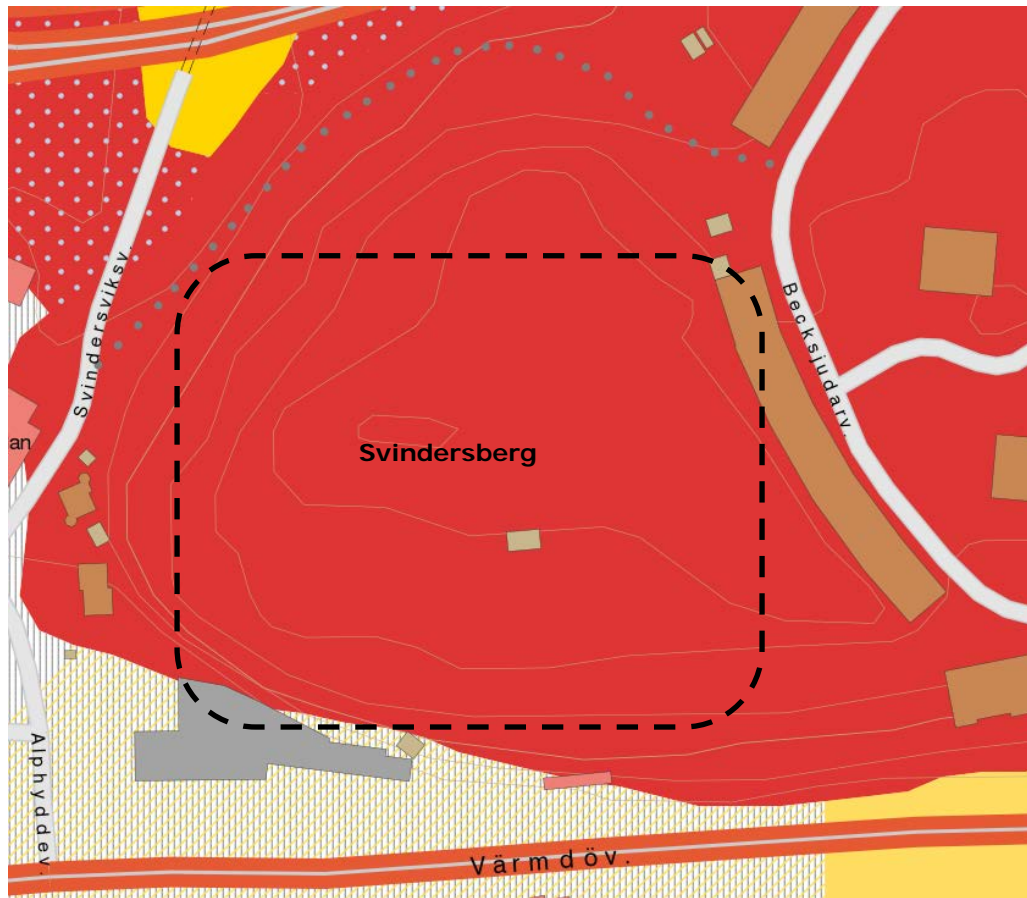
Terrängen i det planerade området Svindersberg utgörs av berghäll med delvis tunt jordtäckte. Högsta marknivån ligger på + 42 m ö.h. och sluttar relativt brant i samtliga väderstreck förutom åt nordost där Becksjudarvägens bebyggelse är grundlagd på nivå ca +30 m.

### **6.2 Hydrogeologi**

Grundvattnet i området är sannolikt påverkat sedan tidigare av befintligt bergrum även om påverkan möjligen är begränsad i utbredning på grund av bergets låga konduktivitet och drännivån som ligger relativt ytligt på +4. Grundvattennivån i bergplinten har i R16KBH01 uppmätts till +20,9 vilket innebär att identifierade sprickzoner ej har kontakt med befintligt bergrum.

### **6.3 Jordarter och jorddjup**

Det aktuella området utgörs av berg med 0 – 1 m tjockt jordlager, se Figur 5 och Figur 7. Söder om det planerade garaget blir jorddjupet större, uppåt 5 m och består då mestadels av postglacial lera (s.k. blålera).

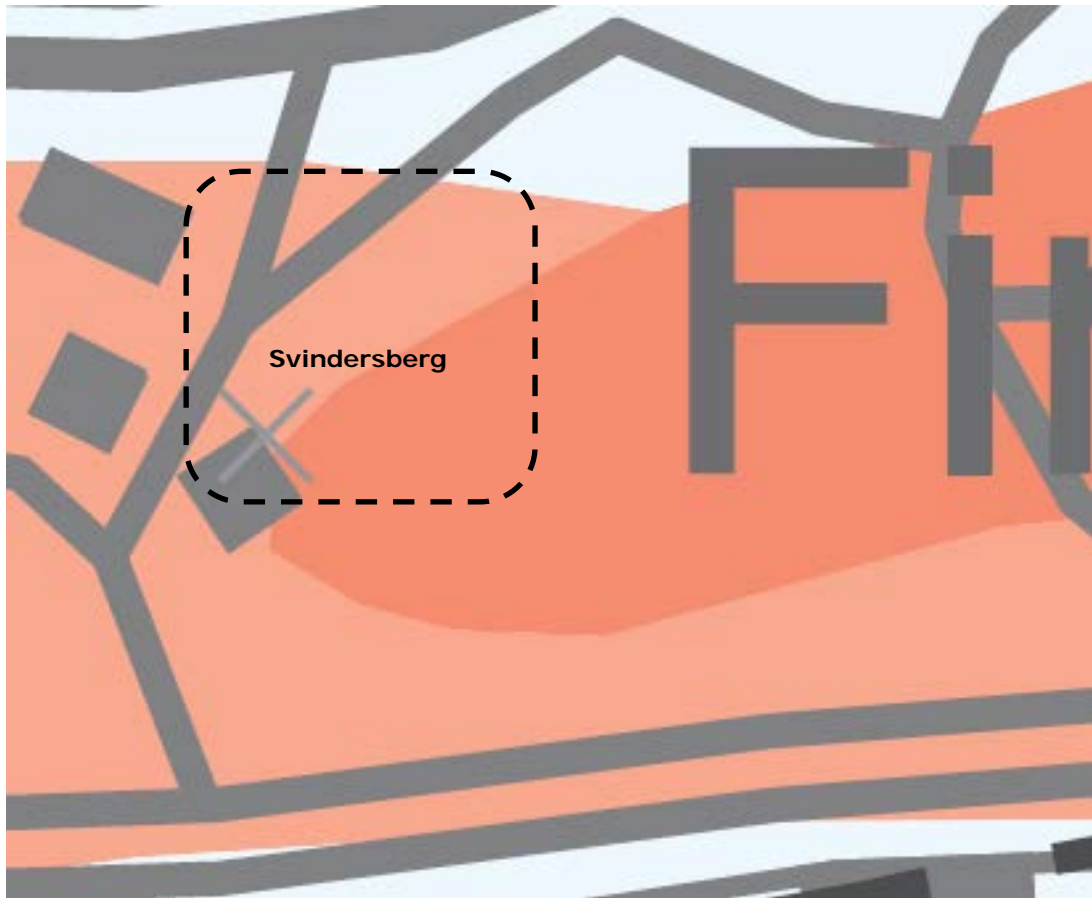


Figur 5. Jordartskarta från SGUs databas med område för planerat bergrumsgarage inlagt. Jordarter; berg (röd), postglacial lera (gul), postglacial lera och fyllning (skrafferad), osammanhängande ytlager morän på berg (röd med ljusa prickar). (SGU, 2016)

#### 6.4 Berggrund

Berggrunden i området domineras, utifrån SGUs berggrundskarta (Figur 6) av granit, sedimentådergnejs och gnejsgranit. Vid kärnkartering bekräftades detta då en röd/grå medel till grovkornig gnejs noterades. Utifrån utförd kartering på håll, i befintligt berggrum och borrkärna bedöms bergmassan bestå av minst 4 huvudsprickgrupper. En brantstående sprickgrupp som stryker i Ö-V riktning, en med relativt flacka sprickor (40-60 grader) som stryker i N-S riktning och en med brantstående sprickor i N-S till NV-SÖ riktning. Subhorisontella bankningsplan förekommer också.

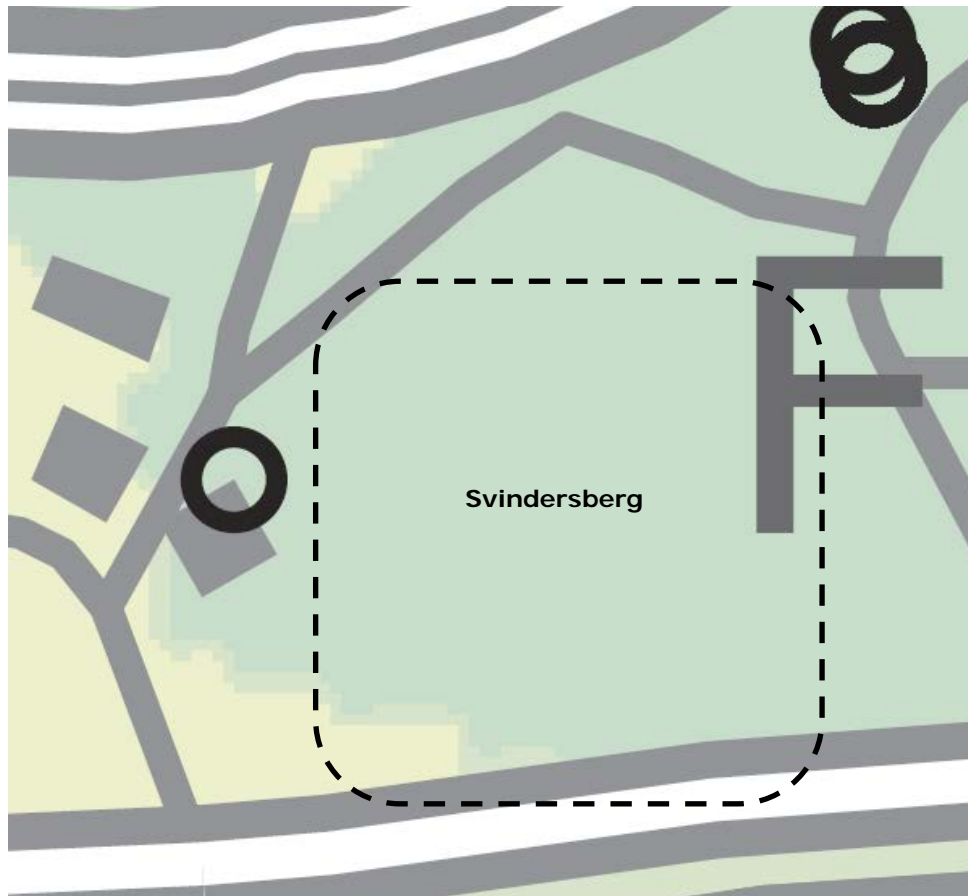




Figur 6: Berggrundskarta från SGU:s databas med område för planerat bergrumsgarage inlagt. Bergarter; Sur intrusiv bergart (granit, gnejsig granit eller liknande, båda nyanser av röd), kvarts-fältspatrik sedimentär bergart (gråvacka eller liknande, ljusgrå). Krysset är en berggrundsobservation (SGU, 2016).

Bergmassans kvalitet bedöms generellt som acceptabel – bra utifrån RMR'- och Q'-kartering dock med förekomst av mycket dåligt berg (nivå ca -2 – +3 m).





Figur 7. Jorddjupskarta från SGU:s databas med område för planerat bergrumsgarage inlagt. Uppskattat djup till berg; grön 0-1 m, ljusgrön 1-3 m, gul 3-5 m. De svarta cirklarna är platser där djupet är uppmätt. (SGU, 2016)

### 6.5 Förväntade bergklasser

För bergmassan rekommenderas följande bergklassindelning:

Bergklass I:  $Q > 10$

Bergklass II:  $Q=4 - 10$

Bergklass III:  $Q=1 - 4$

Bergklass IV:  $Q=0,1 - 1$

Berg ned till nivå + 19 m och under nivå - 5 m bedöms tillhöra Bergklass I. Berg mellan nivå ca -2 och +3 m bedöms tillhöra Bergklass IV och resterande till Bergklass II eller III.

## 7. Förslag bergrumsgarage

### 7.1 Geometriska-, och trafiktekniska antaganden

Utifrån referensgaragen i kapitel 3 och de topografiska förutsättningarna i området har följande geometriska antaganden för ett bergrumsgarage gjorts:

- Två parallella skepp (tunnelsträckningar), 170 m långa och 17 m breda. Bredden gör det möjligt att ha mötande trafik i parkeringsgaraget.
- 6 m breda bergpelare mellan tunnlarna.
- Total tunnelhöjd 6 (alt.1) eller 8 (alt.2) m.

Utifrån trafiktekniska förhållanden har följande antaganden gjorts för in- och utfartsramp:

- 8 m bredd vilket möjliggör mötande trafik och gångväg.
- 4 m höjd
- Innerdiameter kurvor 25 m utifrån en maximal hastighet om 15 km/h.
- Maximal ramplutning 1:8 inomhus. Utomhus krävs särskilda åtgärder som exempelvis uppvärmning av körbana.

### 7.2 Bergmekaniska antaganden

För bedömning av nödvändig bergtäckning (berg som ligger över utrymme i berg) finns en generell tumregel som säger att bergtäckningen ska motsvara minst hälften av spännvidden (bredden) på bergrummet.

Utifrån de geometriska antagandena i kap 7.1 ger spännvidden 17 m ett krav på att minsta bergtäckning bör vara 8,5 m. Detsamma gäller minsta vertikala avstånd till befintlig eller planerade tunnlar eller byggnadsverk (inkl. dess grundläggning).

I tunnelpåslaget, d.v.s. den lodräta bergytan där man påbörjar tunneldrivning, har en minsta bergtäckning av 4 m antagits.

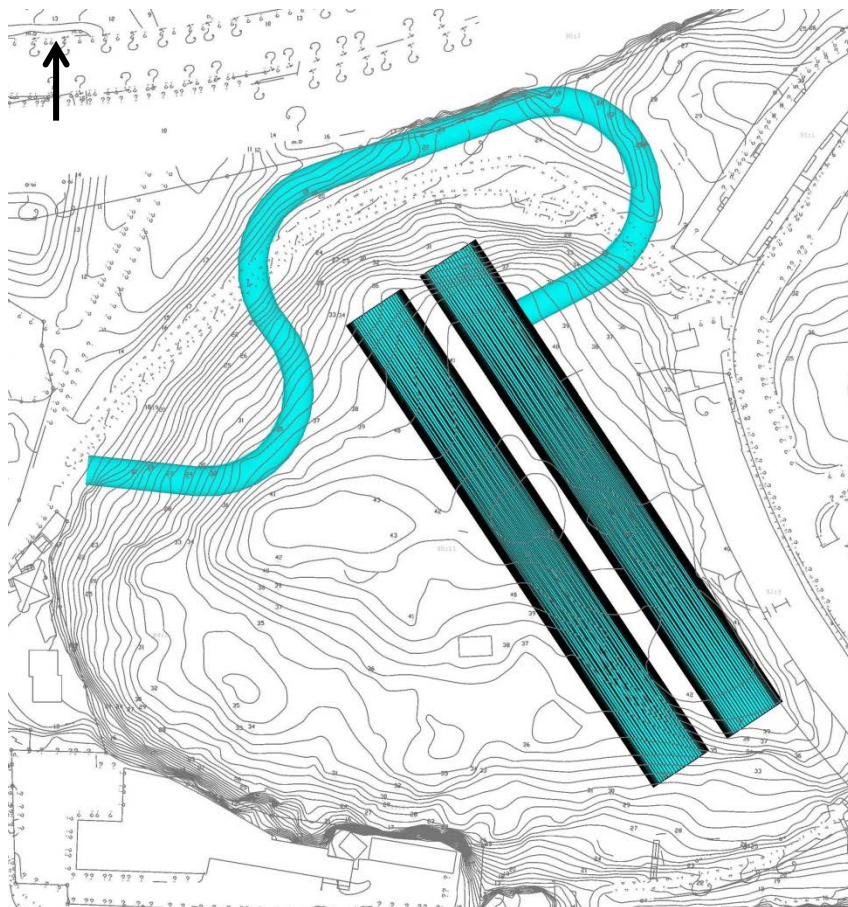
### 7.3 Placering av garage och ramp

Förslag på placering av bergrumsgaraget och dess ramp presenteras i Figur 8. Garagets placering har begränsats av Östlig förbindelse i höjdlid, d.v.s. förslaget är att bergrumsgaraget anläggs under Östlig förbindelses tunnlar. I plan begränsas bergrummets placering av tunnelbanans planerade arbetstunnel som ansluter till marknivå i södra delen av området. Förslaget som presenteras har en lägsta grundläggningsnivå på nivå -17 m. I Figur 9 och Figur 10 presenteras förslaget på bergrumsgaragets utformning och placering i en vriden 3D-vy tillsammans med övriga planerade och befintliga underjordsanläggningar.

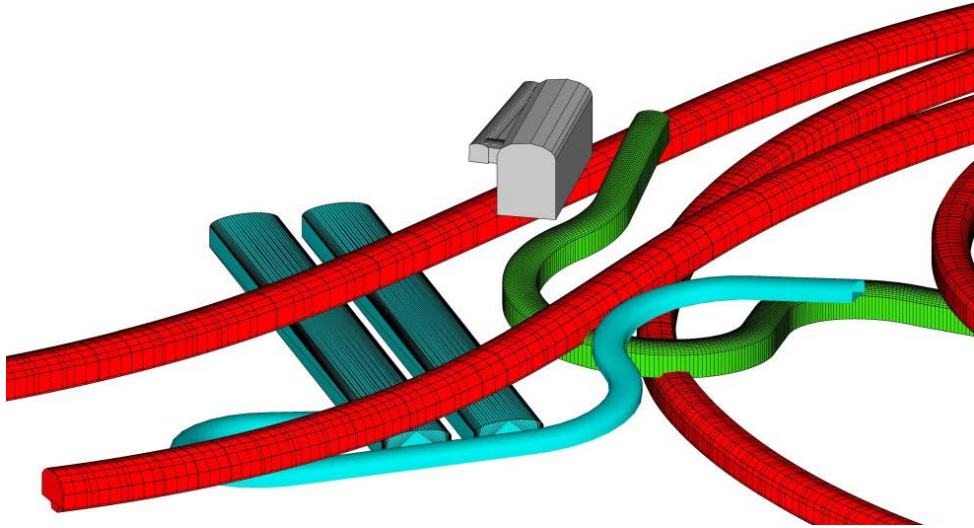
En gemensam infarts- och utfartsramp är nödvändig då förutsättningarna endast tillåter påslag i den nordvästra delen av området, d.v.s. från Svindersviksvägen.

Rampen blir då ca 300 m lång för att nå ned till lägsta grundläggningsnivån av garaget. Påslag föreslås vid bergslänten öst om Svindersviksvägen.

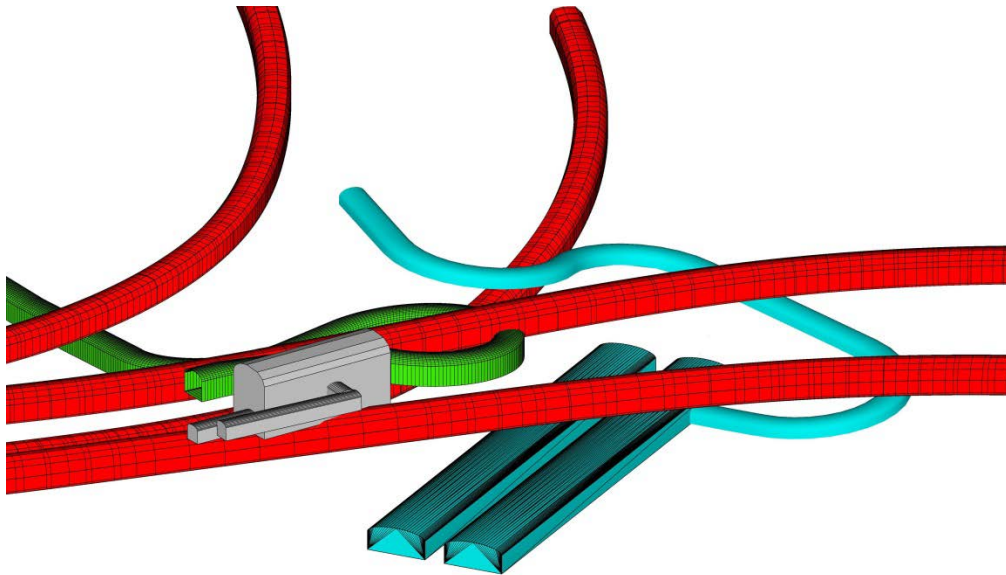
Schakt för hiss och trappa (för utrymning/räddningsinsats) kan placeras i vardera änden, alternativt ett i mitten av garaget för snabb och enkel åtkomst till markplan. Schakten är inte redovisade i figuren nedan utan bör i första hand placeras utifrån planerad bebyggelse på markytan.



Figur 8: Förslag till placering av det planerade berggrumsgaraget och ramp ner från markytan med infart från Svindersviksvägen. Planvy.



Figur 9: Förslag till placering av det planerade bergrumsgaraget och ramp (blå-turkos färg). Tunnelbanans arbetstunnel i grön färg, tunnlar Östlig förbindelse röd färg och befintligt bergrum i grå färg. Garaget föreslås placeras under Östlig förbindelse och ovanför tunnelbanans arbetstunnel. 3D-vy mot sydöst.



Figur 10: Förslag till placering av det planerade bergrumsgaraget (blå-turkos färg) Tunnelbanans arbetstunnel i grön färg, tunnlar Östlig förbindelse röd färg och befintligt bergrum i grå färg. 3D-vy mot sydväst.

#### 7.4 Räddningsvägar

För underjordsanläggningar krävs vanligtvis minst två (2) räddningsvägar varav in-/utfartsramp kan tillgodoräknas som en och därmed behövs ytterligare en räddningsväg. Eftersom förutsättningarna inte ger utrymme för mer än en ramp rekommenderas att ett eller flera vertikalschakt byggs. Dessa kan då användas såväl av personer som parkerat i garaget som för räddningstjänst att få åtkomst till garaget.

### 8. Bergmekanisk analys

En bergmekanisk analys har utförts för att ta reda på om det planerade berggrumsgaraget kan påverka (planerade) omkringliggande konstruktioner i berget. Samt för att ta reda på hur spänningsfältet ser ut på randen av berggrumsgaraget. Analysen har utförts i programvaran FLAC3D.

#### 8.1 Förutsättningar och antaganden

De konstruktioner som kan påverkas av anläggningen av ett garage är planerad arbetstunnel för utbyggnad av tunnelbana samt tunnlar för Östlig förbindelse. I analysen har garaget en höjd på 8 meter samt en bredd på 18 meter. Det minsta avståndet mellan garaget och Östlig förbindelse är cirka 8 meter i analysen.

I analysen tas hänsyn till parametrar som spänningar i bergmassan samt bergmassans egenskaper. Enligt utförd kartering av ett kärnborrhål i området för garaget bedöms bergmassan ha en acceptabel till bra kvalitet med RMR'-värde som ligger mellan 45 till 70 (medelvärde 58). Elasticitetsmodulen för bergmassan i det aktuella området är okänd. Elasticitetsmodulen är vald utifrån andra undersökningar som utförts på berg i Stockholm, bland annat på Norrmalm (Lindfors & Tornéus, 2009). De materialparametrar som använts i modellen redovisas i Tabell 1. Spänningsfältet i analysen har bestämts utifrån tidigare bergspänningsmätningar på Södermalm i Stockholm. Osäkerheten på spänningsfältets magnitud och riktning uppges vara ganska stor (Perman & Sjöberg, 2007). Det finns andra spänningsmätningar som är utförda efter referensen till spänningar som används i analysen, som tyder på att bergspänningarna ligger i närheten av det valda spänningsfältet. Viss osäkerhet finns dock i dessa undersökningar. Storleken på bergspänningarna redovisas i Tabell 2. Där den numeriska analysen inte är gravitativ är riktningen 160 grader på spänningsfältet.

Tabell 1: Materialparametrar för numerisk analys.

Parameter	Värde
Densitet	2700 kg/m <sup>3</sup>
Poissons tal	0,25
Elasticitetsmodul	40 GPa

Tabell 2: Bergspänningar utifrån utförda bergspänningsmätningar på Södermalm i Stockholm.

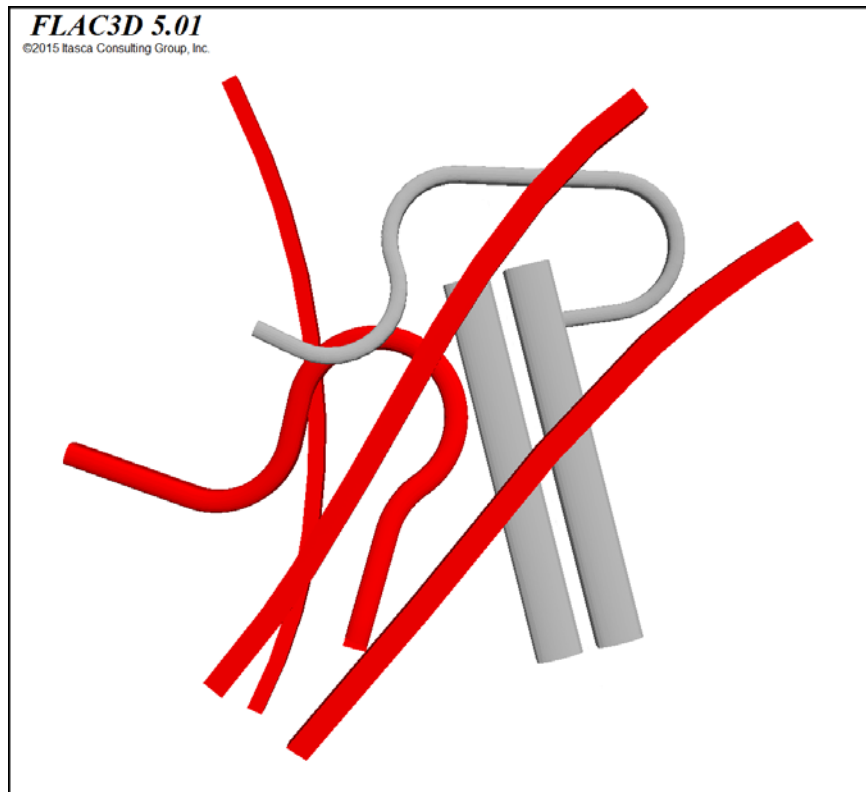
$\sigma_H$ (MPa)	$\sigma_h$ (MPa)	$\sigma_v$ (MPa)	Orientering $\sigma_H$ (°)
2,0 + 0,125 z	1,0 + 0,100 z	0,0320 z	160

Samtliga ränder i modellen är låsta i vinkelrät riktning mot modellranden, förutom modellens överyta. Rörelser längs dessa ränder kan enbart ske parallellt med dessa.

Geometrier på planerade tunnlar (arbetstunnel och Östlig förbindelse) som använts i analysen är tagna från filer daterade 2016-06-01.

## 8.2 Beräkning

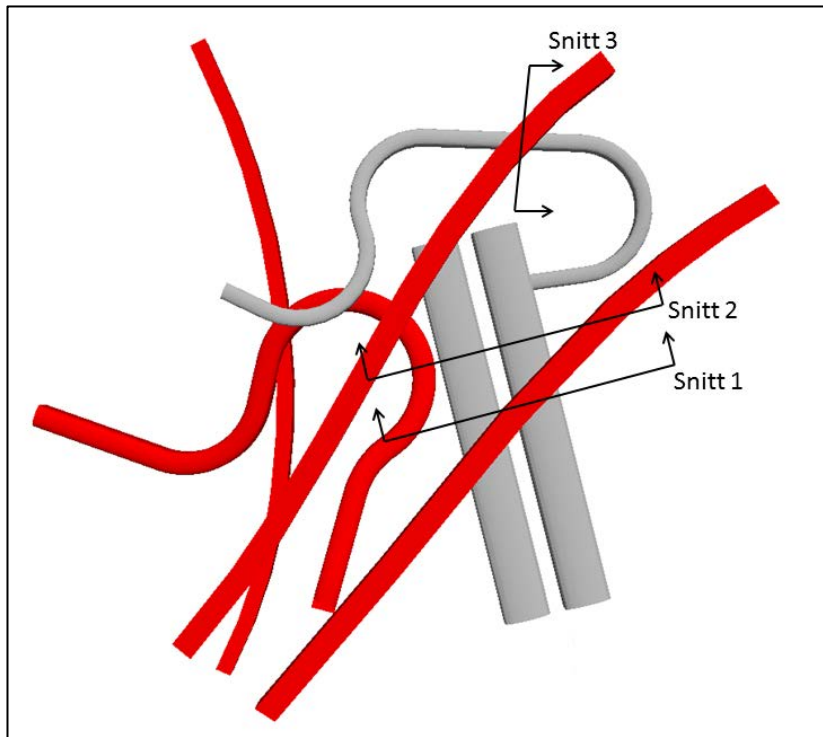
En numerisk analys har utförts i programvaran FLAC3D 5.01 (Itasca, 2015). Modellen som använts för beräkningen är tredimensionell och har byggts upp av markytan i det aktuella området samt planerad arbetstunnel för tunnelbanan, planerade tunnlar för Östlig förbindelse samt det tilltänkta bergrumsgaraget, se Figur 11. Den tredimensionella modellen har bearbetats i Rhinoceros 5.0 (Rhino, 2016) och därefter kontrollerats i KUBRIX (KUBRIX, 2014) innan modellen importerats till FLAC3D för utförande av den numeriska analysen.



Figur 11: Tredimensionell modell av arbetstunnel för tunnelbana och Östlig förbindelse i rött samt planerat bergrumsgarage med ramp i grått.

### 8.3 Resultat

Resultatet från den numeriska analysen redovisas i tre vertikala snitt för modellen, se Figur 12. För var och ett av snitten redovisas Minimum Principal Stress ( $\sigma_1$ ) samt Maximum Principal Stress ( $\sigma_3$ ). Tryckspänningarna är definierade som negativa i FLAC3D. Resultaten för de olika snitten redovisas separat nedan.



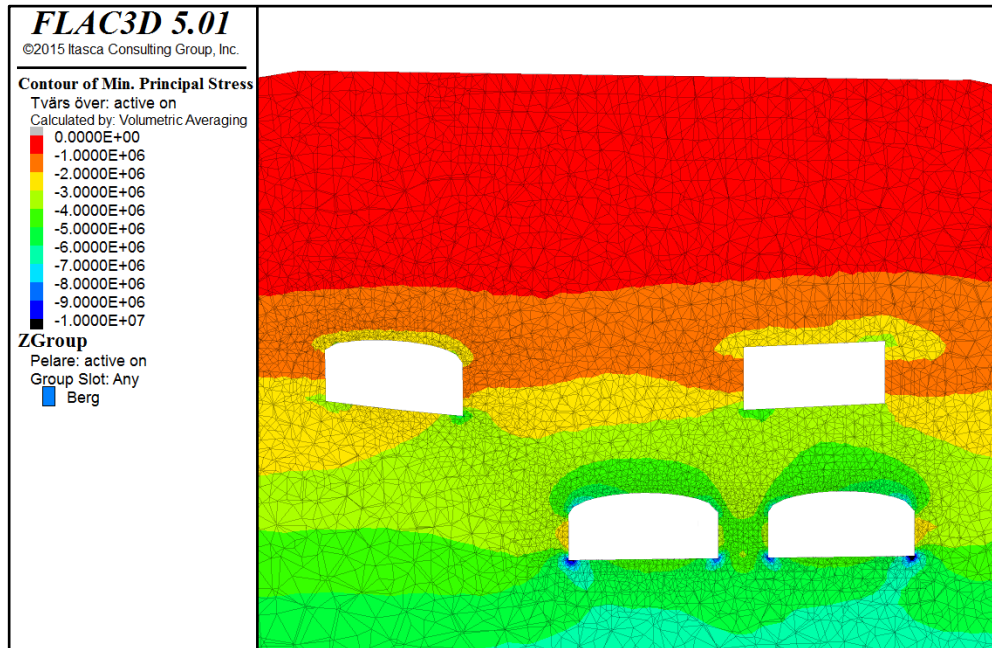
Figur 12: De vertikala snitten som använts vid analysen av den numeriska beräkningen i FLAC3D.

### 8.3.1 Snitt 1

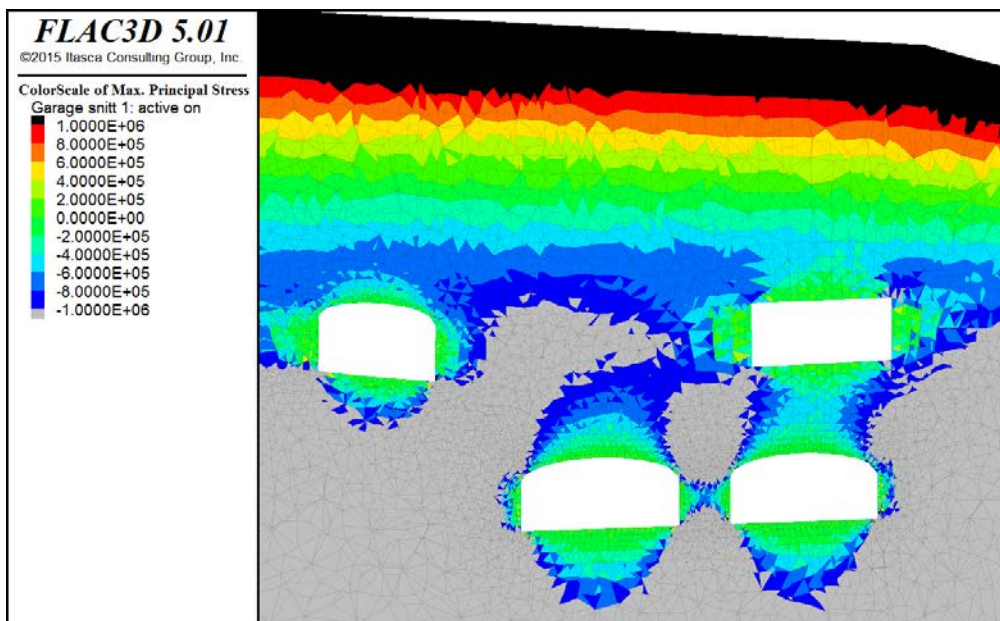
Snitt 1 visar resultatet där ena tunneln för Östra förbindelsen korsar ovanför det tilltänkta bergrumsgaraget. Figur 13 redovisar  $\sigma_1$  och Figur 14 redovisar  $\sigma_3$ , det förekommer tryckspänningar runt randen på de två skeppen som utgör bergrumsgaraget. Där har  $\sigma_1$  värden mellan -4 och -6,0 MPa och  $\sigma_3$  ligger mellan -0,2 till -0,05 MPa.

Figur 15 och Figur 16 redovisar  $\sigma_1$  och  $\sigma_3$  med gravitativt spänningsfält för snitt 1. Analysen visar att det förekommer tryckspänningar i väggarna runt skeppen för bergrumsgaraget. Där har  $\sigma_1$  värden mellan -3 till -4,0 MPa och  $\sigma_3$  mellan -0,05 till -0,2 MPa. I taket och sulan förekommer det dragspänningar,  $\sigma_1$  är som störst 0,02 MPa och  $\sigma_3$  ligger mellan 0,2 till 0,7 MPa. Dragspänningszonen når cirka 3 m ut i hjässan och cirka 0,5 meter i väggen.

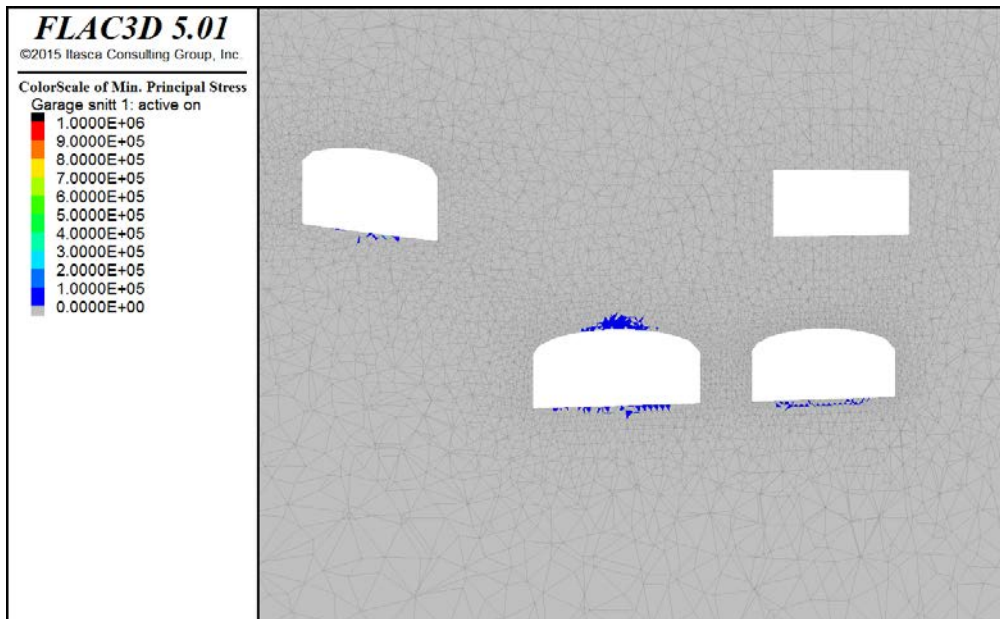




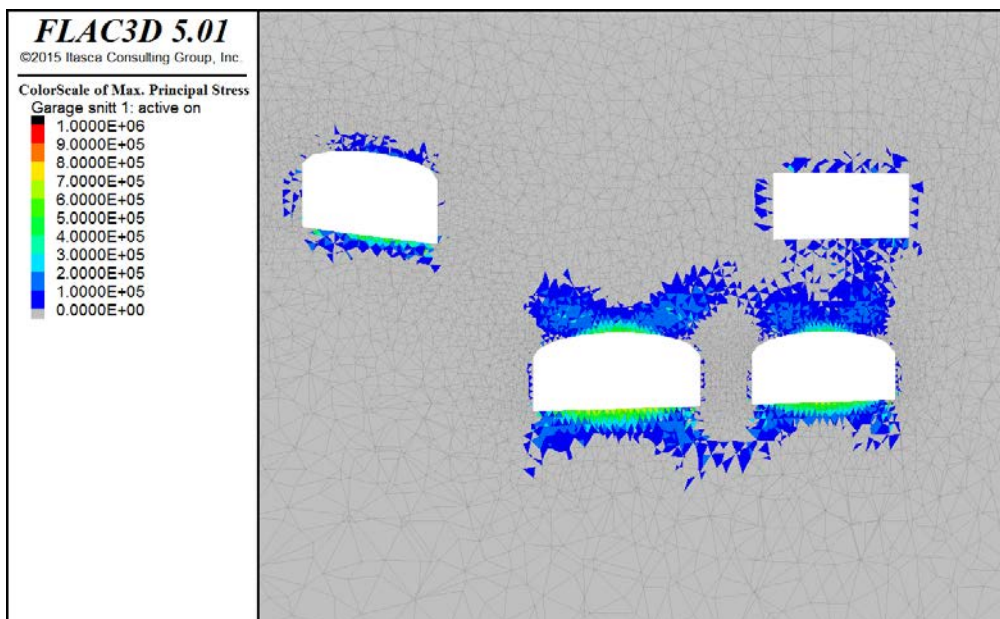
Figur 13: Minimal principal stress för Snitt 1, med 160 graders spänningsfält.



Figur 14: Maximal principal stress för Snitt 1, med 160 graders spänningsfält.



Figur 15: Minimal principal stress för Snitt 1, gravitativt spänningsfält.

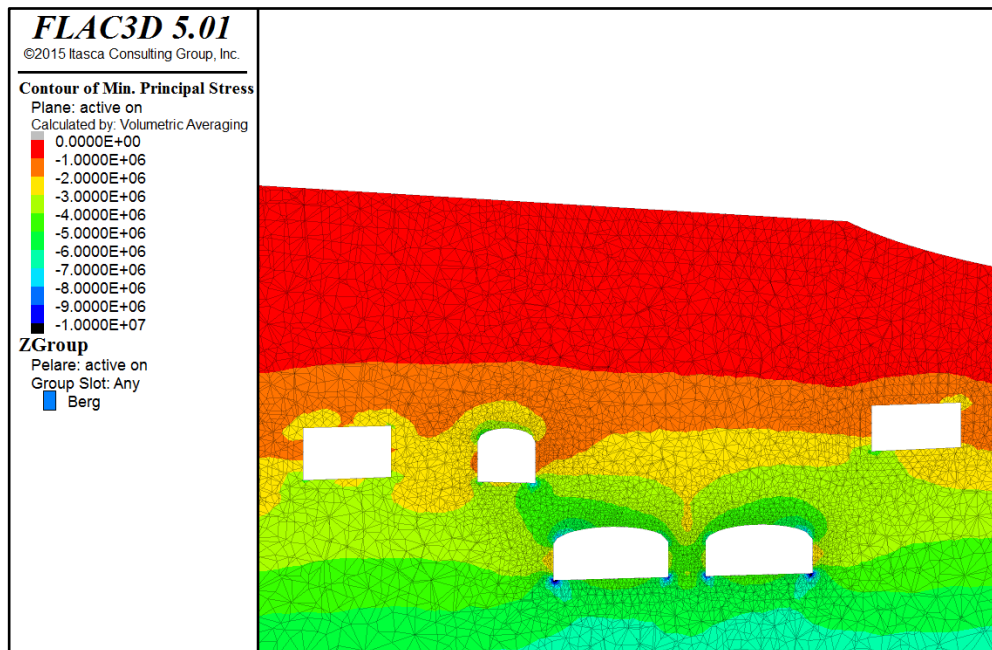


Figur 16: Maximal principal stress för Snitt 1, gravitativt spänningsfält.

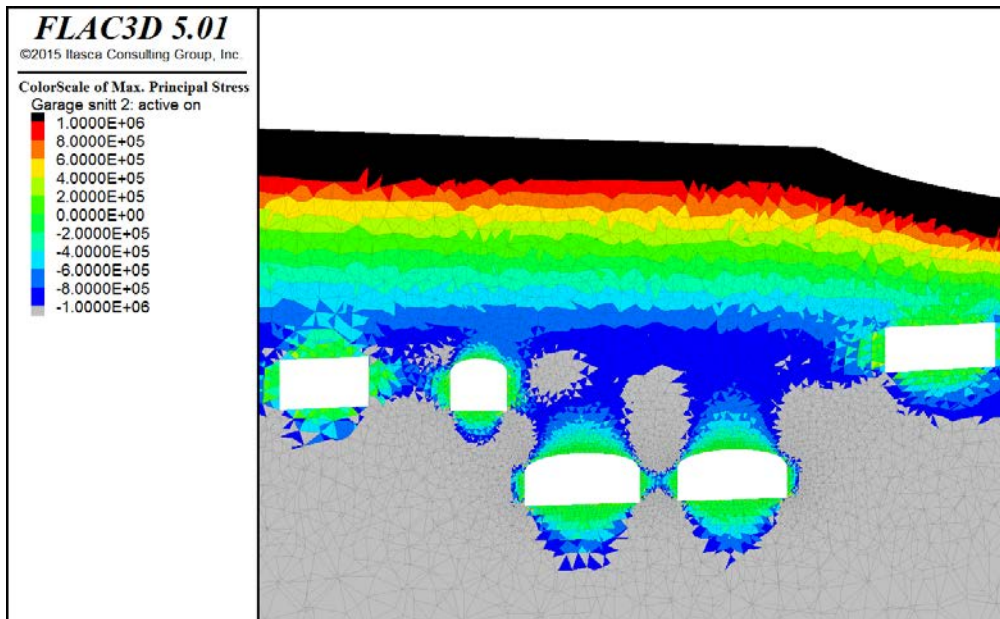
### 8.3.2 Snitt 2

Snitt 2 är ett tvärsnitt som skär garagets skepp. Figur 17 redovisar  $\sigma_1$  och Figur 18 redovisar  $\sigma_3$ . Det förekommer tryckspänningar runt randen på de två skeppen som utgör bergrumsgaraget. Där har  $\sigma_1$  värden mellan -4 och -6,0 MPa och  $\sigma_3$  ligger mellan -0,2 till -0,05 MPa.

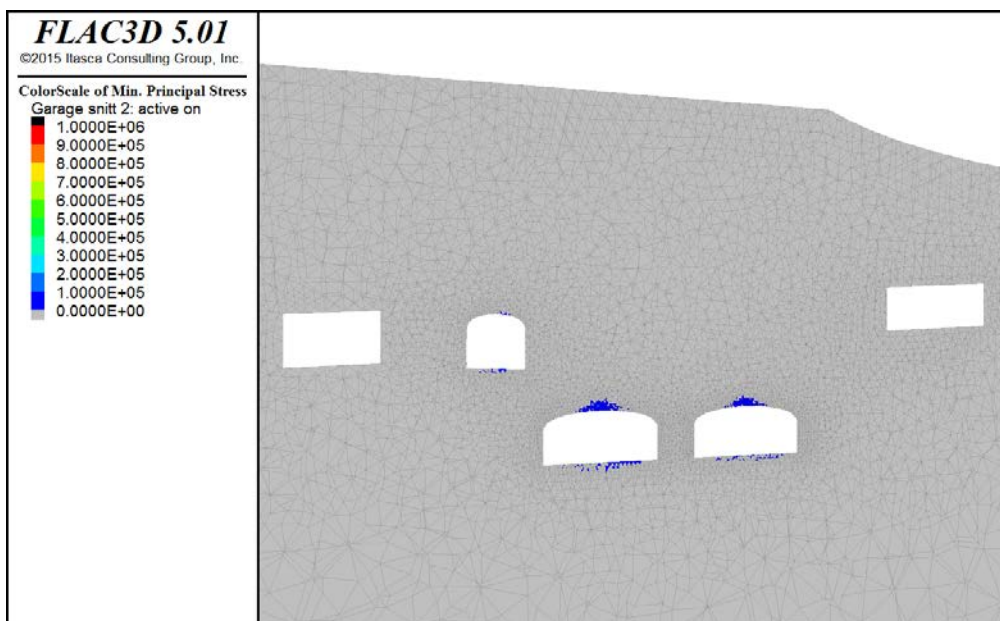
Figur 19 och Figur 20 redovisar  $\sigma_1$  och  $\sigma_3$  med gravitativt spänningsfält för snitt 2. Analysen visar att det förekommer tryckspänningar i väggarna runt skeppen för bergrumsgaraget. Där har  $\sigma_1$  värden mellan -3 till -6,0 MPa och  $\sigma_3$  mellan -0,05 till -0,2 MPa. I taket och sulan förekommer det dragspänningar,  $\sigma_1$  är som störst 0,03 MPa och  $\sigma_3$  ligger mellan 0,2 till 0,6 MPa. Dragspänningszonen når cirka 3 m ut i hjässan och cirka 0,3 meter i väggen.



Figur 17: Minimal principal stress för Snitt 2, med 160 graders spänningsfält.

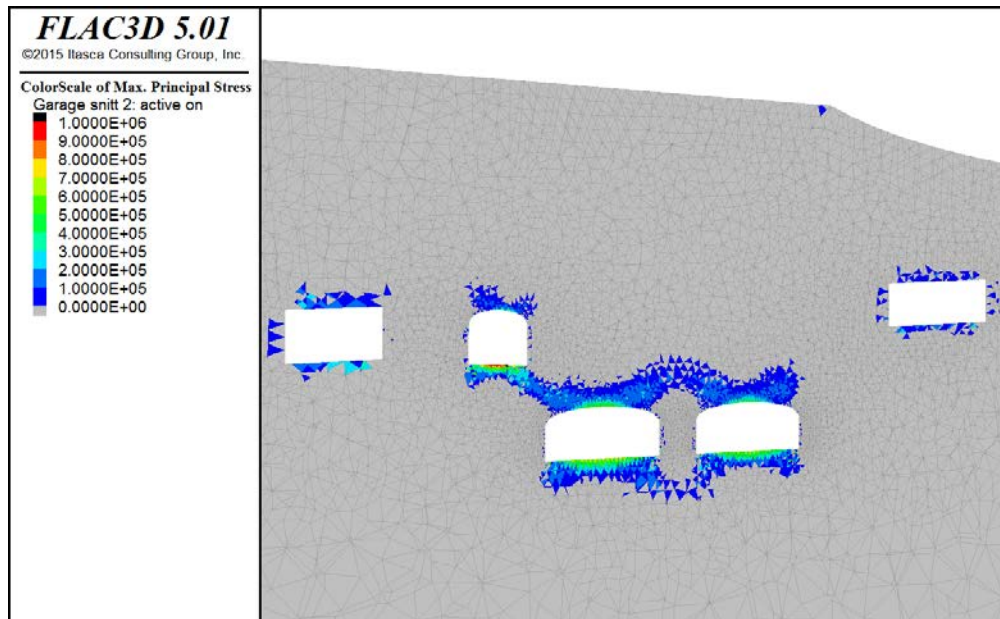


Figur 18: Maximal principal stress för Snitt 2, med 160 graders spänningsfält.



Figur 19: Minimal principal stress för Snitt 2, gravitativt spänningsfält.



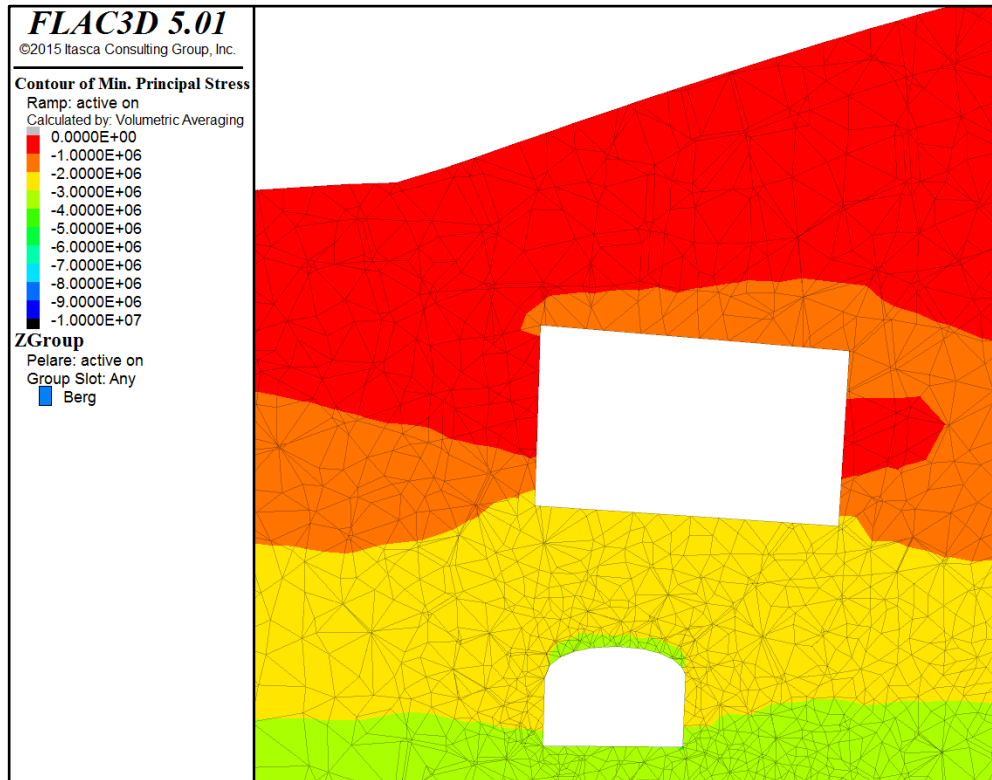


Figur 20: Maximal principal stress för Snitt 2, gravitativt spänningsfält.

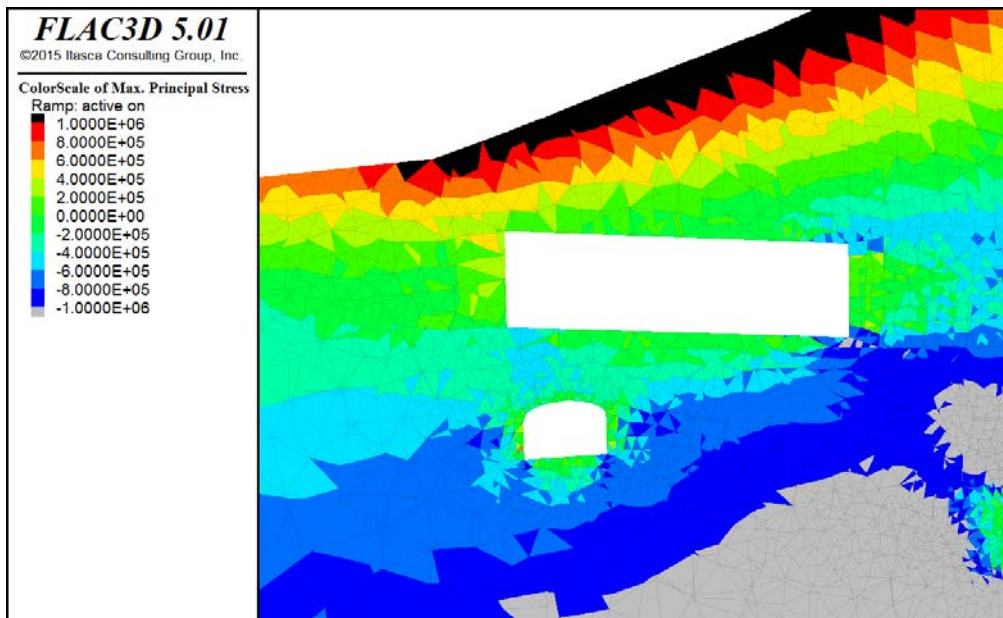
### 8.3.3 Snitt 3

Snitt 3 visar resultatet där bergrumsgaragets ramp korsar under en av tunnarna för Östra förbindelsen. Figur 21 redovisar  $\sigma_1$  och Figur 22 redovisar  $\sigma_3$ , det förekommer tryckspänningar i taket på rampen som går ner till bergrumsgaraget. Där har  $\sigma_1$  värden mellan -2,5 och -3,0 MPa och  $\sigma_3$  ligger mellan -0,1 till -0,3 MPa. Det förekommer svaga dragspänningar i den västra väggen på rampen,  $\sigma_3$  har värden mellan på 0,2 till 0,3 MPa. I samma vägg ligger  $\sigma_1$  på cirka -2,5 MPa.

Figur 23 och Figur 24 redovisar  $\sigma_1$  och  $\sigma_3$  med gravitativt spänningsfält för snitt 3. Rampen är helt inspänd i  $\sigma_1$ , det vill säga att det förekommer tryckspänningar runt hela tunneln. I taket är dock tryckspänningarna väldigt låga, kring -0,1 MPa. Samtidigt är  $\sigma_3$  nära noll runt hela tunneln. Dragspänningszonen når cirka 1 m ut i hjässan och cirka 0,7 meter i väggen.



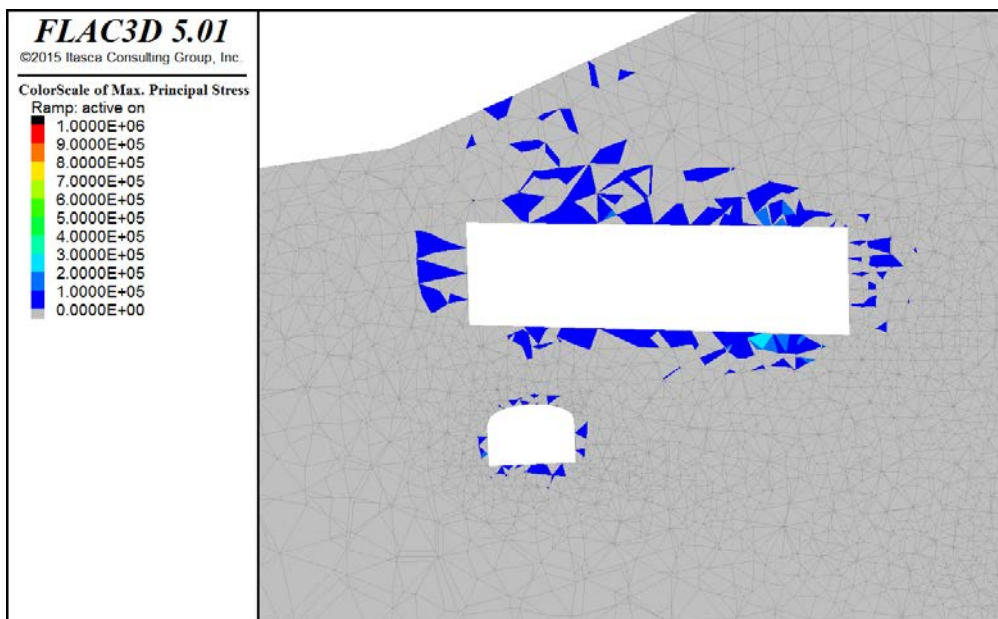
Figur 21: Minimal principal stress för Snitt 3.



Figur 22: Maximal principal stress för Snitt 3.



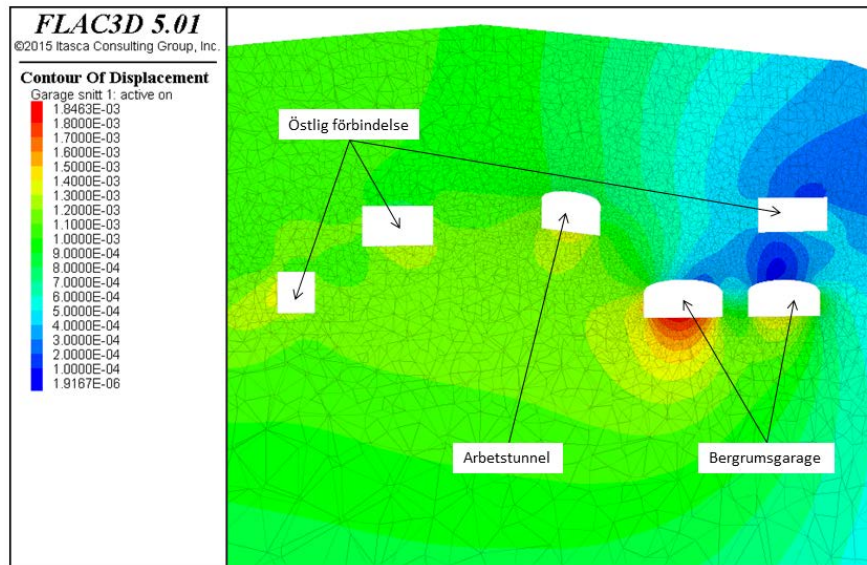
Figur 23: Minimal principal stress för Snitt 3, gravitativt spänningsfält.



Figur 24: Maximal principal stress för Snitt 3, gravitativt spänningsfält.

#### 8.3.4 Deformationer

Analysen i FLAC3D visar att det blir små deformationer, som understiger 2 mm, i det planerade bergrumsgaraget samt omkringliggande konstruktioner i berget, se Figur 25. De största deformationerna återfinns i sulan på ena garageskeppet.



Figur 25: Deformationer på planerade konstruktioner i berget.

#### 8.4 Slutsats

Resultatet från den numeriska analysen tyder på att det råder gynnsamma spänningsförhållanden i bergmassan för anläggning av ett bergrumsgarage. Konstruktionerna i berget är väl inspända med 160 graders spänningsfält. I västra väggen på rampen förekommer ett mindre område med dragspänningar. Detta område är dock litet och ska inte orsaka några omfattande problem.

Om det i stället råder ett gravitativt spänningsfält, vilket kan vara fallet då tunnarna inte är speciellt mycket lägre än markytan runt om berget, förekommer dragspänningar i taket vilket kan leda till utfall i tak av lösa block p.g.a. dålig inspänning. Dessa block ska kunna förstärkas upp med sprutbetong och bult.

Vid analys av resultatet bedöms påverkan på de planerade bergkonstruktionerna i närheten av bergrumsgaraget som försumbar.

Vid inspektion av det befintliga bergrummet i Svindersberg konstaterades det att berget var av mycket bra kvalitet. Befintligt bergrum är endast förstärkt med enstaka (selektiv-)bult. Om bergförhållandena är liknande i området för det planerade bergrumsgaraget tyder det på gynnsamma förhållanden för anläggning av garaget. Kärnborring i läget för garaget indikerar dock på något sämre bergförhållanden.



## 9. Bergtekniska förhållanden/Byggbarhet

Berggrunden i området utgörs av gnejs. Bergtäckningen har generellt bedömts som tillräcklig ( $B > 1/2$  spännvidden) och därmed gynnsam för tunnelstabilitet och byggbarhet. Den översiktliga bedömningen av bergkvaliteten på aktuellt grundläggningsdjup indikerar inga särskilda svårigheter i bergförhållandena.

### 9.1 Påslag

Förutsättningarna för tunnelpåslag är goda eftersom området utgörs av en naturlig berghöjd vilket ger en fullgod bergtäckning (4 m) vid föreslaget påslag, se markering i Figur 26.



Figur 26: Tunnelpåslag markerat med X. Ramp i turkos-blå färg. Grundkarta – planvy.

En befintlig g/c-väg går från Svindersviksvägen i väst, runt bergknallen till Becksjudarvägen i öst. Om g/c-vägen ska finnas kvar i det planerade bostadsområdet behöver den dras om för att biltrafik till och från garaget ska vara möjlig. Under byggtiden av garaget kommer tung trafik också passera ut till Svindersviksvägen.

### 9.2 Ramp

Maximal lutning 1:8 krävs för att nå garagets grundläggningsnivå utan att hamna utanför aktuellt område. Det innebär att man måste göra vissa särskilda åtgärder som till exempel uppvärmning av rampen utomhus.

Ca 50 m in i berget passerar rampen under en befintlig tunnel (beskrivs ej närmare p.g.a. sekretess) I förslaget ligger rampens tak i höjd med befintliga tunnelns sula (golv). Det innebär att särskilda åtgärder kommer krävas vid drivning av denna passage och ev. omläggning av befintlig tunnel. Hur detta kan ske i praktiken måste göras i dialog med tunnelägaren.

Rampen passerar under Östlig förbindelse med en minsta bergtäckning på 4,5 m vilket är något mer än ½ spännvidden på rampen. Om rampen byggs före Östlig förbindelse bedöms tunnelstabiliteten vara god för rampen. Om Östlig förbindelses tunnlar redan finns när rampen ska drivas kommer särskilda åtgärder behöva vidtas för att säkerställa att Östlig förbindelses tunnlar ej påverkas av rampens drivning.

Det kan t.ex. vara krav gällande uppkomna vibrationsnivåer för att minska påverkan på stabilitetsproblem. Praktiskt kan det innebära att uttag måste ske med begränsad salvlängd och t.ex. ökad bergförstärkning i rampen.

Avstånd till tunnelbanans arbetstunnel är som minst 9,5 m i höjddled. Oavsett om arbetstunneln drivs före eller efter garagerampen påverkas inte bergstabiliteten nämnvärt.

### 9.3 Vertikalschakt

Vertikalschakt i berg kan drivas med konventionell borrhning/sprängning eller raiseborrning.

Om bostäder hunnit byggas i närheten av schaktet på markytan kan sågning eller spräckning vara ett alternativ för att minska vibrationsnivåerna och minimera skadepåverkan på hus och andra anläggningar.

### 9.4 Bergrumsgarage

Med en totalhöjd på 6 m (alt. 1) kan garaget rymma totalt 200 platser. Om totalhöjden ökas till 8 m (alt.2) kan två våningsplan byggas med t.ex. ett betongbjälklag och det totala antal bilplatser ökas till 400 st. Bergrumsgaragets tunnlar föreslås ha en spännvidd om 17 m.

För alternativ 1 ger grundläggning på nivå -17 m. en bergtäckning till Östlig förbindelse på 8,5 m vilket motsvarar ½ spännvidden av bergrumsgaragets tunnlar. Detta bedöms som goda förutsättningar och gynnsamt för tunnelstabilitet och byggbarhet under förutsättning att bergrumsgaraget byggs före Östra förbindelsens tunnlar.

Med bibehållet grundläggningsdjup (-17 m) innebär det 8 m höga bergrumsförslaget (alt. 2) att bergtäckningen minskas till 7 m. Med andra ord är bergtäckningen i detta fall mindre än ½ spännvidden. Om bergrumsgaraget byggs

före Östlig förbindelse är den faktiska bergtäckningen (till markytan) mycket god vilket vid drivning av tunnlar är gynnsamt för tunnelstabilitet och byggbarhet. Om bergrumsgaraget ska anläggas efter Östlig förbindelse kommer särskilda åtgärder att krävas vid bergschakt för att säkerställa att dessa tunnlar inte påverkas av bergrumsgaraget. Krav gällande uppkomna vibrationsnivåer kan förväntas för att minska stabilitetsproblem. Praktiskt kan det innebära att uttag måste ske med begränsad salvlängd och t.ex. ökad bergförstärkning i bergrumsgaraget.

I läget för bergrumsgaraget samt under grundläggningsnivå (-17 m) har bergmassan klassificerats som bra – acceptabel (Bergklass I) vilket indikerar att bergmassan kan förstärkas konventionellt med bultar och sprutbetong. En krosszon noterades dock vid kärnkartering på nivå ca - 3, d.v.s. ca 4 m ovanför garagets tak. Krosszonens orientering i berget är okänd och kan vara riktad så att den når garaget eller pelaren mellan garagets tunnlar. I läget för krosszonen bedöms bergmassan tillhöra en lägre Bergklass (IV) med betydligt mer förstärkningsåtgärder än för Bergklass (I).

Garagets tunnlar är så pass breda att risken för blockutfall är stora om sprickplan skär varandra inne i skeppens tak och väggar. Med låga spänningar ökar sannolikheten för detta.

Bergrumsgaragets två tunnlar föreslås avgränsas av en 6 m bred pelare.

#### **9.4.1 Tillstånd för vattenverksamhet**

Båda alternativen kräver tillstånd för vattenverksamhet eftersom garagets anläggningsnivå innebär bortledning av grundvatten.

#### **9.5 Inläckage vatten**

Under byggtiden kommer länshållning av inläckande vatten behövas.

Inläckande grundvatten kan förväntas och vid projektering rekommenderas att åtgärder med injektering och dränmattor alternativt duk utredas för att undvika underhållsåtgärder/störningar i driftskedet av garaget.

Pumpstation för omhändertagande av inläckande grundvatten under driftskedet måste projekteras utifrån de krav en framtida vattendom anger.

#### **9.6 Uttagsordning bergrumsgarage vs planerade tunnlar**

Som nämnts i ovan kapitel är det av väsentlig betydelse om bergrumsgaraget byggs och står klart före de övriga planerade tunnlar (tunnelbanan respektive Östlig förbindelse). Om garaget anläggs först kommer bergtäckningen (avstånd till markytan) vara mycket god vilket är gynnsamt för tunnelstabilitet och byggbarhet.

Vid byggande av en ny underjordsanläggning gäller att det ska utföras på ett sådant sätt att inte befintliga anläggningar skadas eller på annat sätt påverkas negativt. Det innebär i bergschaktsammanhang att restriktioner av vibrationsnivåer kan bli höga vilket i sin tur betyder att bergguttag måste ske med ex. begränsad salvlängd.

Om bergtäckningen (vertikalavståndet) mellan tunnarna blir mindre än halva spännvidden (vilket blir fallet i alt.2) krävs att projekteringen utförs i GK3. Geoteknisk klass påverkar inte dimensioneringsberäkningarna direkt utan omfattning och utförande av kontroller ökar. Om bergrumsgaraget anläggs först kan projektering utföras i GK 2

### 9.7 Masstransporter

Bergguttag av bergrumsgaraget måste ske genom in- och utfartsrampen vilket innebär att samtliga masstransporten kommer ske via Svindersviksvägen ut på Värmdövägen.

## 10. Rekommendationer

I denna rapport är ingen projektering eller dimensionering utförd utan ska ses som ett underlag inför markanvisning och vidare projektering.

Som underlag till en eventuell ansökan om vattenverksamhet bör en grundvattenmodell ställas upp som kalibreras utifrån inläckage till befintligt bergrum samt vattenförlustmätningar i ytterligare något kärnborrhål. Genom modellen kan ett inläckage prognosticeras och det resulterande påverkansområdet för grundvattensänkning. En inventering av eventuella skyddsobjekt inom det prognosticerade påverkansområdet bör också utföras.

Ytterligare kärnbörning bör utföras för karaktärisering av bergmassan som underlag till dimensionering av bergpelare, tunnelpåslag och bergförstärkning. Kärnbörning bör också göras med syfte att bestämma krosszonens läge. Filmning av borrhål rekommenderas för bestämning av krosszonens och andra sprickor och strukturers orientering.

## 11. Referenser

- Itasca, 2015. FLAC3D. Version 5.01. Manual. Minneapolis: ICG.
- KUBRIX, 2014. KUBRIX. Version 12.1.2. <http://www.itascacg.com/software/kubrix> (2016-10-28).
- Lindfors, U. & Tornéus, L., 2009. Dimensioneringsrapport, Typförstärkning. Citybanan i Stockholm. 9523-13-025-035.
- Perman, F. & Sjöberg, J., 2007. Initiala bergspänningar i Stockholmsområdet – Underlag för projektering av Citybanan.
- Rhino, 2016. Rhinoceros 5. <http://www.rhino3d.com/> (2016-10-28).