

## PM

UPPDRAG	UPPDRAGSLEDARE	DATUM
Kv. Sothönan, Aspudden, Stockholm	Hallgrimur Indridason	2020-05-18 <u>2020-10-05 REV1</u>
UPPDRAGSNUMMER	UPPRÄTTAD AV	NR
12708508	Hallgrimur Indridason, Jonas Ivarsson	001

# Påverkan på berg över T-bana Röd linje pga planerat flerbostadshus Kv. Sothönan

## 1 Inledning

Resona Utveckling AB planerar för flerbostadshus inom kvarteret Sothönan i Aspudden, Stockholm stad. Delar av planerat område är belägna över tunnelbanan (Röd linje) vid tunnelbanestation Aspudden och strax ovan för skyddszon. Enligt förslag planeras två huskroppar med öppen yta i mellan. Huskropparna är indelade i separata hus och av dessa inkräktar endast, härnämnda, Hus 1 och Hus 2 tunnarnas skyddszon.

Detta PM beskriver översiktligt rådande bergtekniska och bergmekaniska förhållanden samt möjlig påverkan på berget ovanför tunnelbanan enligt teknisk bestämmelse SSÄ-TEB-0345 samt förutsättningar för grundläggning av planerat flerbostadshus.

PM:et är underlag för samråd mellan byggherre och SL som tunnelförvaltare.

Underlag till detta PM är:

- Handlingar framtagna i arbete med uppdaterad detaljplan för området (DinellJohansson med Resona+TOG, daterad 2020-03-27)
- Handlingar från Stockholms Stads Gatukontor, Tunnelbana 2SV, Sättrabanan daterade 1961.
- Preliminära beräkningar avseende lastnedräkning (PE byggkonstruktion, daterad 2020-03-30)

Alla nivåer anges i höjdsystem RH2000.

Inspektion i Aspuddens tunnelbanestation och anslutande tunnlar genomfördes 2020-09-21. Medverkande var Lars Bergkvist, bergsakkunnig SL och Hallgrimur Indridason Sweco. Syftet var att verifiera tidigare bedömning av bergförhållanden från utförd översiktlig ytkartering. Även att identifiera eventuella kritiska geometrier och/eller punkter för fortsatt samråd med SL med avseende på planerade bergarbeten innanför och i anslutning till skyddszon till tunnelbana.

För närvarande planeras inga arbeten behöva utföras inom SLs skyddszon men däremot i direkt anslutning till denna. Detta kan innebära att påverkan på skyddszon kan bli aktuellt.

1 (15)

<b>Sweco</b>	Sweco Civil AB	Hallgrimur Indridason
Gjörwellsgatan 22	Org.nr 556507-0868	
Box 340 44	Styrelsens säte: Stockholm	
SE-100 26 Stockholm, Sverige		Telefon direkt +46 (0)8 695 61 62
Telefon +46 (0)8 695 60 00		Mobil +46 (0)703 61 71 82
Fax +46086956010		hallgrimur.indridason@sweco.se

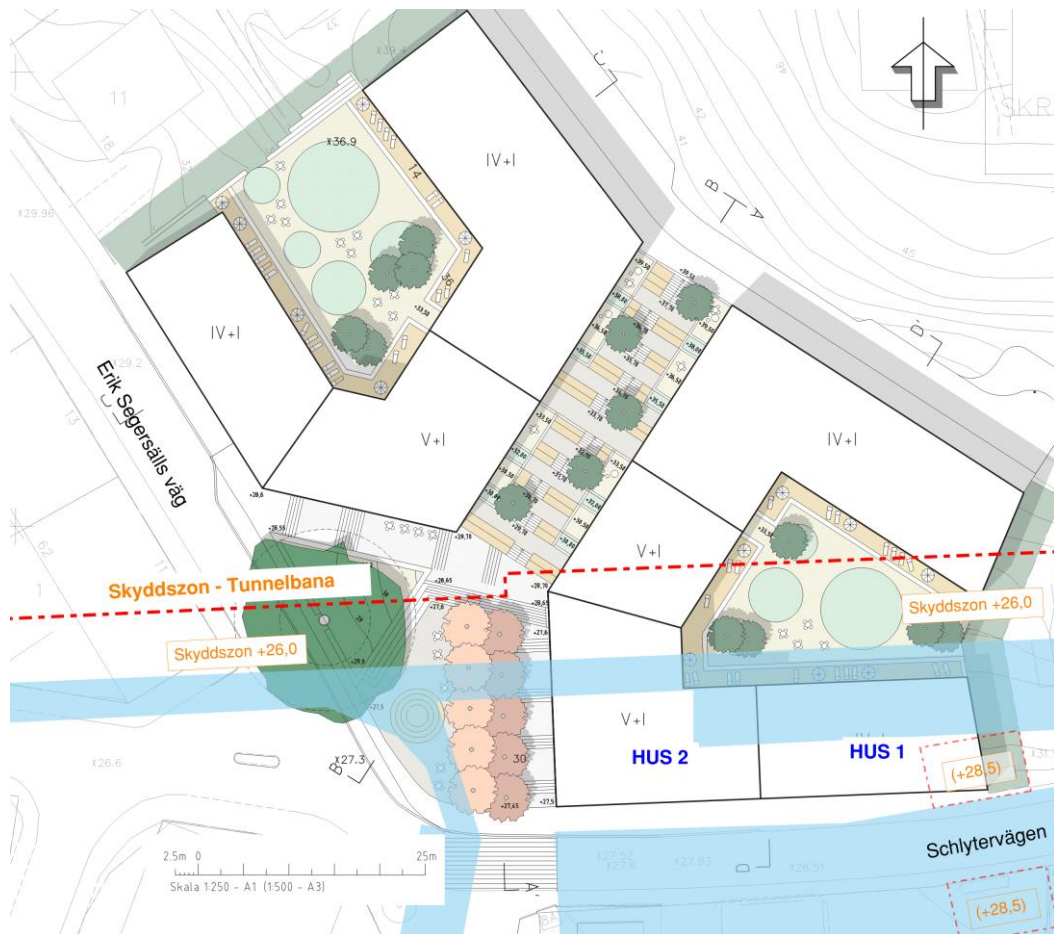
## 2 Förutsättningar

### 2.1 Allmänt

Planerat område för kv. Sothönan ligger längs med Schlytervägen och Erik Segersälls väg, strax intill tunnelbanestation Aspudden. Befintliga byggnader inom området består av spridda villor med tillhörande trädgårdar.

Planerade flerbostadshus består av två huskroppar med öppen yta i mellan. Öppna ytan utgör en passage med trappor från korsningen mellan Schlytervägen och Erik Segersälls väg och upp mot befintlig berghäll ovanför kvarteret.

Huskropparna är indelade i separata hus och av dessa inkräktar endast, härnämnda, Hus 1 och Hus 2 tunnarnas skyddszon (se Figur 1).



Figur 1. Planöversikt som visar planerade flerbostadshus och tunnelbanans läge (blå yta) samt skyddszon (urklipp från underlag för detaljplanering, daterad 2020-03-27). Nivåer för skyddszon tunnelbana hämtade från "Förslag till ändring av stadsplanen för del av stadsdelen Aspudden (tunnelbana) i Stockholm" daterat 17.mars 1962. Nivåer justerade till höjdsystem RH2000.

2 (15)

PM- 2020-10-05 REV1

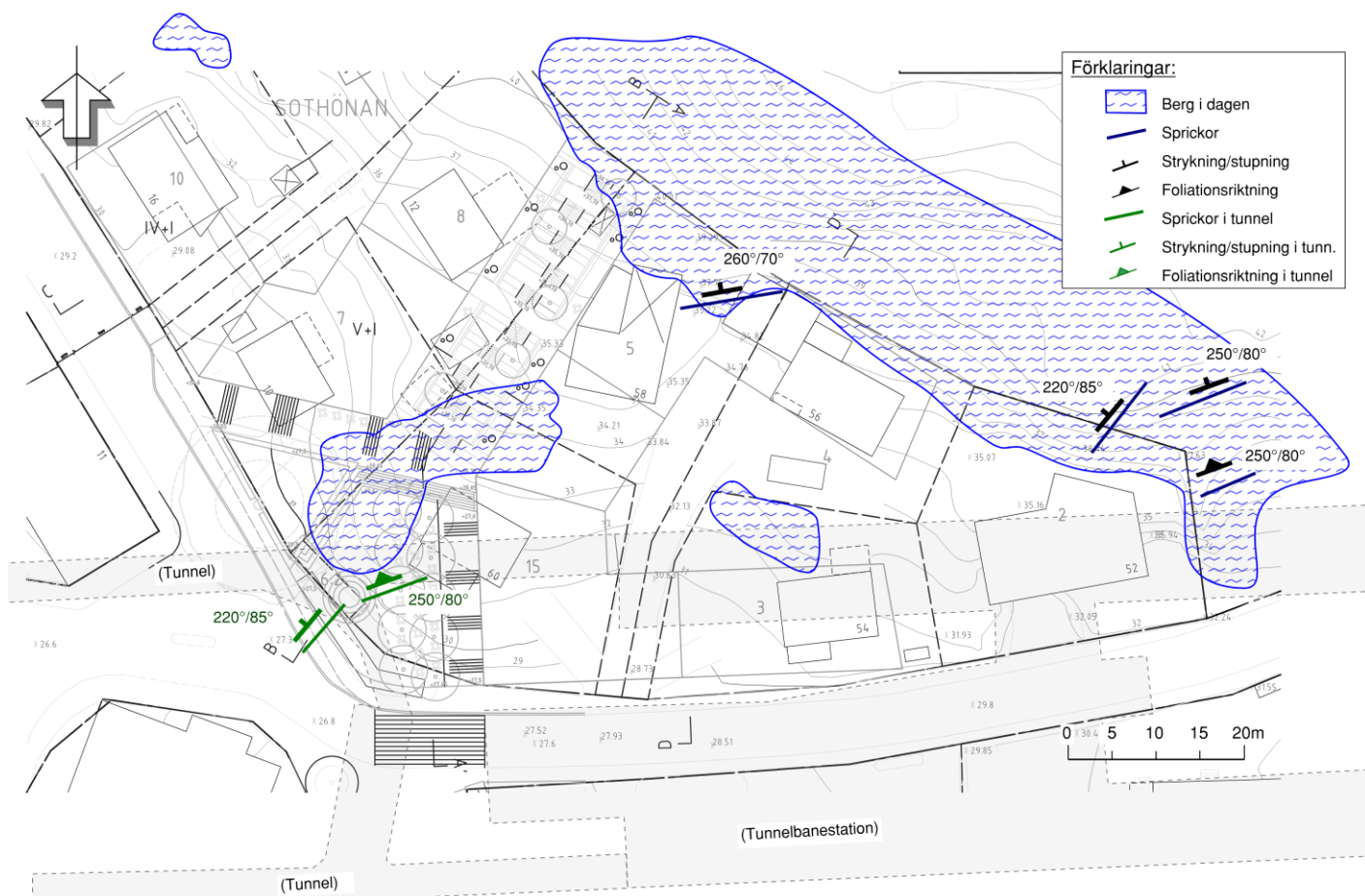
## 2.2 Berggrund

### 2.2.1 Kartering av hållar

Planerat område för kv. Sothönan karaktäriseras av tunt lager jord inom befintliga tomter. Uppskattat jordmäktighet är max 3 m inom begränsade delar av området baserad på förekomst av berg i dagen och observerade berghållar.

Enligt berggrundskarta förväntas berggrunden i området utgöras av gnejs i huvudsak. Spröda deformationszoner med V-O lig och NV-SO lig riktning förväntas även förekomma enligt berggrundskarta [1]. På byggnadsgeologiska kartan [2] framgår även två sprickzoner i närheten, en NV-SO lig som löper väster om området, längs med Erik Segersälls väg och annan söder om området med NO-SV lig riktning.

Översiktlig kartering av tillgängliga berghållar inom området bekräftar förhållanden som redovisas på kartor. Berget är fin-medelkornig ådergnejs med tydlig foliation som observerades på flertal hållar. Omfattning av berg i dagen inom observerat område redovisas på Figur 2.



Figur 2. Resultat från översiktlig ytkartering av berg i dagen inom planerat område.

Berget är ytomvandlat vilket försvårar bedömning av sprickegenskaper men baserat på erfarenhet inom närliggande områden för samma bergarter förväntas biotit tillsammans med klorit och kalcit utgöra fyllnad i sprickor i berget.

Dominerande sprickorienteringar (se Figur 2):

1. 240 - 260°/70 - 80° (foliationsriktning)
2. 220°/85°

Utöver dessa riktningar förväntas även flacka bankningsplan och sporadiska sprickor.

### **2.2.2 Inspektion i Aspudden tunnelbanestation**

Inspektion har genomförts vid platsbesök i Aspuddens tunnelbanestation. Bergförhållanden har uppskattats vid okulär besiktning samt befintlig bergförstärknings skick.

Dominerande bergart är medelkornigt gnejs med tydliga inslag av grövre partier av pegmatit. Gnejsens foliation varierar inom inspekterat område men är i huvudsak brant stående sub-parallellt med tunnelriktning och lutar mot norr. Ställvis förekommer skiviga zoner/partier med ökad halt biotit (Figur 3).



*Figur 3. Gnejs i tunnel med tydlig foliation, skivigt parti.*

4 (15)

PM- 2020-10-05 REV1



Generellt bedöms bergkvalitet till Q=4-10 i tunneldelar som var åtkomliga vid platsbesök. RQD och generella sprickförhållanden resulterar i småblockigt berg som dock bedöms stabilt (blockstorlek <0,5m). Inga tydliga tecken tyder på utfall från berget nyligen.

Befintlig bergförstärkning består av selektiva bergbultar, oarmerad sprutbetong, tjocklek 30-50mm, och svetsat armeringsnät med maskvidd ca 50mm och d=4-6mm. Antal och längd bergbultar är okänt. Sprutbetongens omfattning är i huvudsak i anslutning till stationens bergrum och plattformar. Ungefärlig omfattning av olika förstärkningstyper framgår av Figur 4. Okulärt bedöms sprutbetongens skick bra. Bomma partier förekommer och har markerats med färg i tunnel vid tidigare besiktningsstillfällen.

I utrymmen för plattformar, rulltrappschakt och biljetthall är innertak av betong. Inmätning av innertak på norra plattformen utfördes parallellt med inspektion. Höjder mättes i underkant betong mitt i hjässan längs med plattformen. Resultatet visar nivåer från +15,3 längst västerut till +15,6 längst österut (bilaga 1). Avstånd mellan bergtak och innertak varierar mellan 1-2m med ett genomsnitt på 1,5m. Bergets kontur är relativt jämn baserat på synliga ytor från södra plattformen.



Figur 4. Ungefärlig omfattning av bergförstärkning inom inspekterat område. Inom hela området är selektiva bultar del av typförstärkning.

### 2.3 Grundläggningstryck

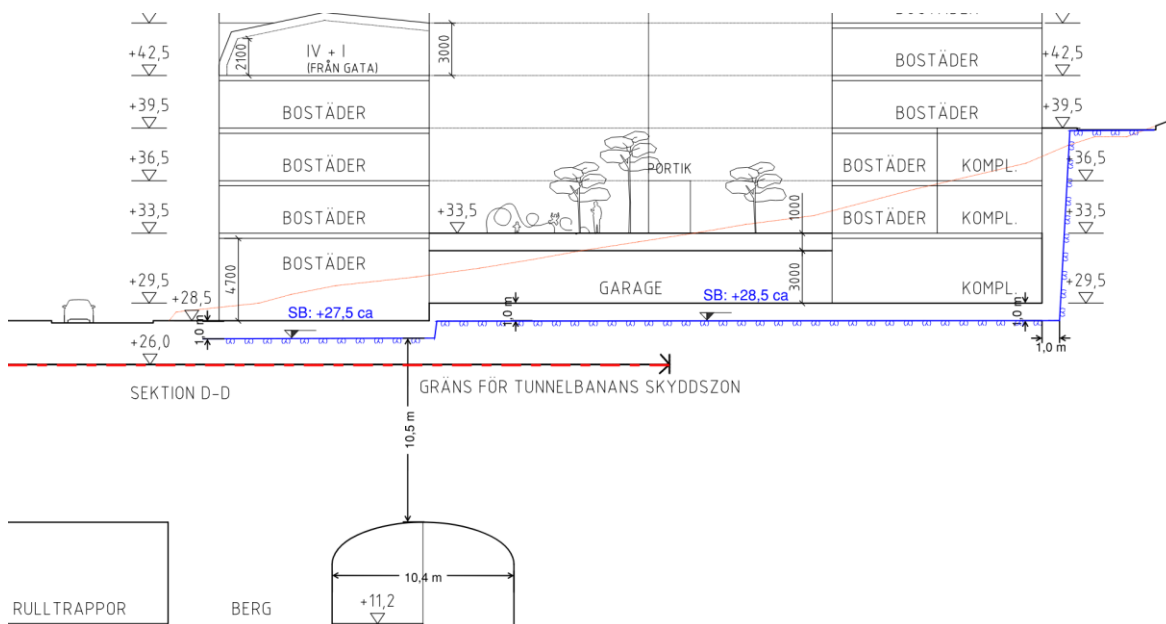
Enligt uppgifter och preliminära handlingar kommer samtliga byggnader att grundläggas på packad sprängbotten (0,4 - 0,6m). Påkänning på berg beror på utformning av plintar och slutligt val av grundläggningsmetod men dimensionerande linjelaster anses preliminärt variera mellan 240 - 560 kN/m. Om fundamentens bredd är 1 m betyder det grundtryck på packad botten 0,3 - 0,6 MPa. Om fundamentets bredd är 0,5 m blir det 0,6 - 1,2 MPa. Packad sprängbotten reducerar betydligt lastnedföring direkt på berg och dimensionerande grundtryck på berg förväntas därför vara begränsad, max 0,5 MPa.

### 2.4 Grundläggningsnivå och bergtäckning

Enligt preliminära handlingar varierar grundläggningsnivå för planerade hus. Preliminärt förutsätts packad sprängbotten och betongplatta max 1,0 m. Det innebär att schaktbotten (bergbotten) förväntas på nivå ca +28,5 men närmast Schlytervägen och inom gräns för tunnelbanans skyddszon läggt till nivå ca +26,5.

Inom område för planerade byggnader krävs bergschaktning (sprängning) för att få fram grundläggningsnivå. Preliminärt förväntas schaktdjup högst 10-12 m inom norra delen av området men högst ca 7 m inom skyddszon för tunnelbana.

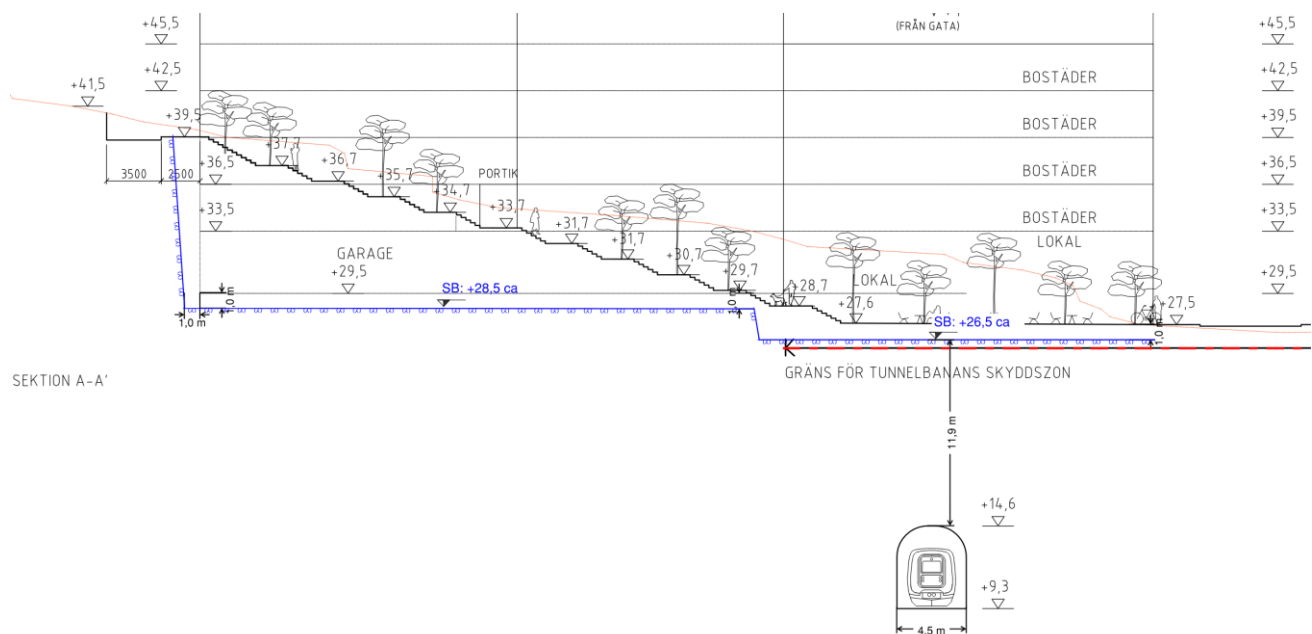
Ungefärlig sektion för tunnelbanan och skyddszon med hänsyn till planerade grundläggningsnivåer redovisas på Figur 5 och Figur 6.



Figur 5. Skiss som visar sektion D. Urklipp från underlag för detaljplanering (daterad 2020-03-27). Sektion i läge för tunnelbanestation gäller i huvudsak för Hus 1.

6 (15)

PM- 2020-10-05 REV1



SEKTION A-A'

Figur 6. Skiss som visar sektion A. Urklipp från underlag för detaljplanering (daterad 2020-03-27). Sektion i läge för enkelspårstunnel gäller i huvudsak för Hus 2.

Hus 1 och 2 ligger ovanför tunnelbanans skyddszon. Gräns för zonen ligger på nivå +26,0. Inom begränsat område ligger skyddszon på nivå +28,5 (se Figur 1) enligt tillgängligt underlag (gällande detaljplan). Inga bergschaktarbeten planeras i nuläget inom tunnelbanans skyddszon. Högsta nivå för tunneltak förväntas vara ca +17 enligt handlingar. Detta innebär att bergtäckning från tunneltak till planerad grundläggningsnivå är 10,5 - 12,0 m (se Figur 5 och Figur 6).

### 3 Påverkan på tunnelbanan

#### 3.1 Statisk last på berg

Påverkan på bergmassan beror på lastens storlek (hus) samt tunnelns spännvidd och bergtäckningen. Vid grundläggning ovanpå tunneln brukar man tillämpa ett vedertaget antagande att bergtäckningen ska uppgå till minst tunnelns spännvidd för att inte ha en påverkan på storstabiliteten i tunneln.

Tunnelbanan i området utgörs av enkelspårstunnel med spännvidd 4,5 - 5,0 m samt delvis tunnelbanestationen Aspudden där spännvidden är ca 10 m.

Utifrån tillgängligt underlag bedöms bergmassan tillhöra bergtyp 1 enligt TK-Geo 13 (tabell 2.6-1) vilket ger ett dimensionerande grundtryck på minst ca 3 MPa. Inom begränsade områden kan bergtyp 2 förväntas men det kommer ej påverka förutsättningar för grundläggning eftersom schaktbotten är plan och lastpåkning på berg är i huvudsak i vertikal riktning.

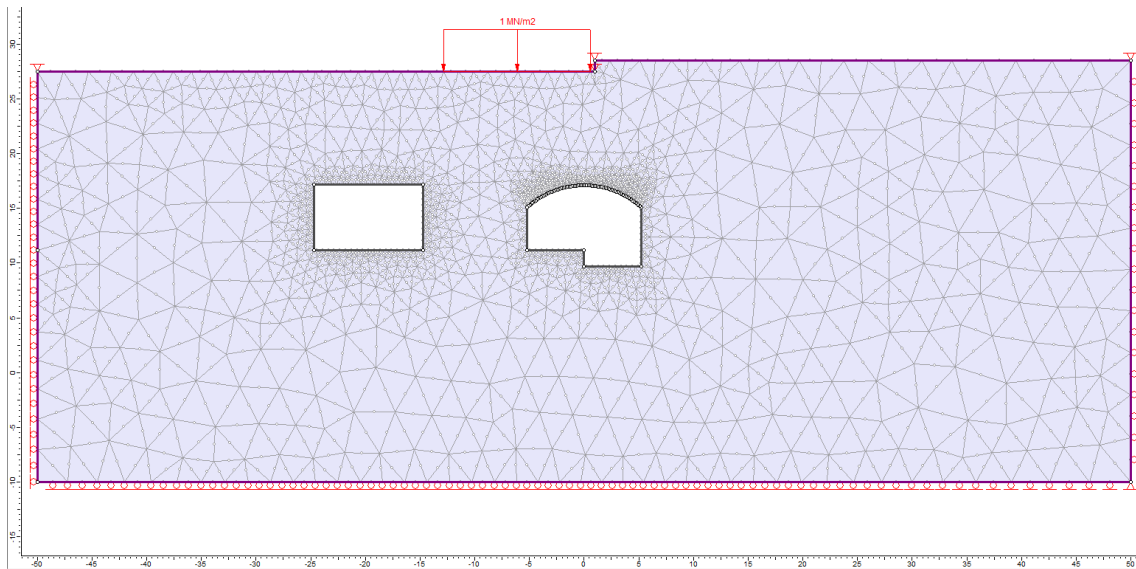
Enligt preliminära handlingar kommer belastning från grundläggning av hus samtliga hus inom området på berget vara 0,5 MPa över tunnelbanan och dess influensområde. Grundläggningen kommer att ske på packad sprängbotten. Planerat grundtryck ligger därför väl under de dimensionerande hållfasthetsvärden som normalt tillämpas vid grundläggning direkt på berg.

### 3.2 Påverkan på underliggande spårtunnlar

För att undersöka grundläggningens påverkan på de underliggande tunnarna har en översiktlig bergmekanisk analys utförts. Analysen har tillämpats i FEM-programmet RS2 (Rock and Soil 2, Rocscience). Eftersom ingen utförlig undersökning av bergmassan bergmekaniska egenskaper har utförts har konservativa antaganden tillämpats.

#### 3.2.1 Modelluppbyggnad och indata

Modellen är uppbyggd baserat på sektionen redovisad i Figur 5. Det är sektionen som anses som mest kritisk där lasten belastar berggrunden ovanför spårtunneln när den som är bredast men även ovanför bergschakt för rulltrappor. Modellen är uppbyggd på det viset att analysen är mer detaljerad runt spårtunneln och bergschaktet för rulltrapporna, se Figur 7. Lasten är placerad som om ett utbrett fundament med ett grundtryck på 1 MPa. I tidigare kapitel har lasten ansetts anta ett värde på max 0,5 MPa men för att tillåta ett högre värde för eventuella ändringar tillämpades 1 MPa. Lastens utbredning är för nuvarande okänd och har därför tillämpats som en utbredd last längs med hela huskroppen. Det konservativa antagandet är även för att delvis beakta bergschaktningen ovanför skyddszonen vilket innebär en viss förändring av spänningstillståndet i området (avlastning av jord- och bergmassor, höjd 5 - 7 m).



Figur 7 Modelluppbyggnad av sektion från figur 3 i FEM-programmet RS2

Bergmassan bergmekaniska egenskaper har utvärderats i RocData (Rocscience) baserat på gnejs som är den dominerande bergarten i hela området. Eftersom gnejs är anisotropisk och



metamorf varierar värdena för en typisk gnejs i ett stort intervall. Konservativa antaganden har tillämpats i det här fallet då det råder en stor osäkerhet kring egenskaperna för gnejsen i området. Bergets intakta parametrar som tillämpats i RocData är presenterade i Tabell 1.

*Tabell 1 Indata till RocData för analys av bergmassan egenskaper*

Parameter	Dimensionerande värde
Intakt enaxiell tryckhållfasthet	100 MPa
GSI-värde	60
mi	25
Intakt elasticitetsmodul	52,5 GPa

Bergmassans egenskaper som har erhållits från RocData och tillämpats i modellen är presenterade i Tabell 2.

*Tabell 2 Utvärderade egenskaper för bergmassan*

Parameter	Dimensionerande värde
Enaxiell tryckhållfasthet	10,7 MPa
Draghållfasthet	0,2 MPa
Friktionsvinkel	41,5°
Elasticitetsmodul	27,3 GPa
Kohesion	7,5 MPa
Deklinationsvinkel	7°
Poissons konstant	0,25

Det initiala spänningstillståndet är baserat på typfallet redovisat i "Initiala bergspänningar i Stockholmsområdet - underlag för projektering av Citybanan" [4]. Initialspänningarna är presenterade i Tabell 3. Den största horisontella initiala huvudspänningen är i princip parallell med spår tunneln.

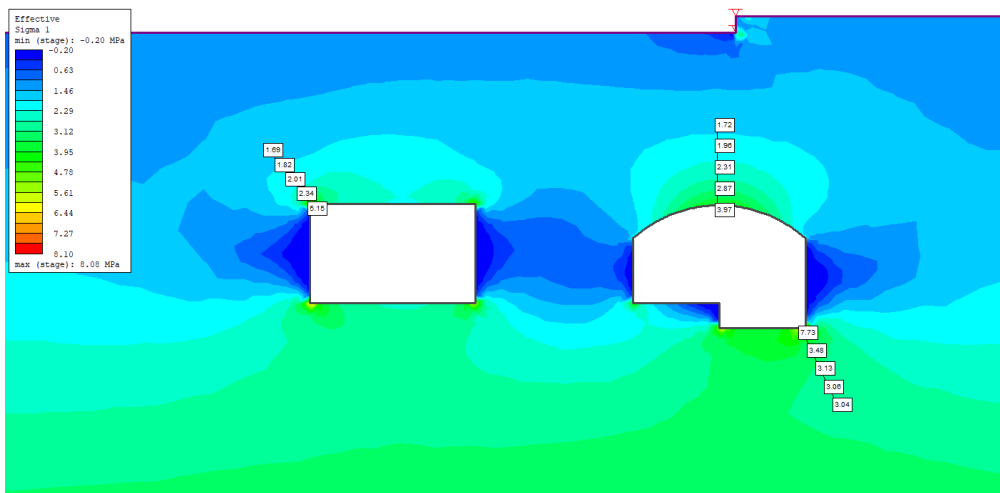
*Tabell 3 Tillämpade initialspänning*

$\sigma_H$ [MPa]	$\sigma_h$ [MPa]	$\sigma_v$ [MPa]	Vinkel $\sigma_H$ [°]
2,0 + 0,125z	1,0 + 0,100z	0,0265z	110

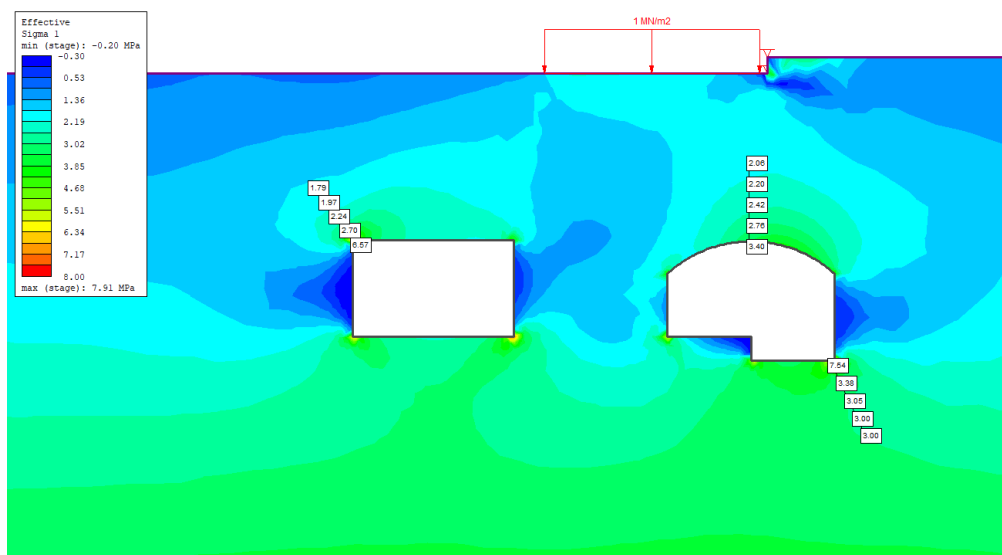
Uppgifter angående befintlig förstärkning i tunnlarna saknas.

### 3.2.2 Resultat

I det här kapitlet presenteras resultaten från de utförda FEM-analyserna. Den största huvudspänningen och totala deformationer i randen av bergschakten är de parametrar som har utvärderas för att undersöka om lasterna utgör en risk för storstabiliteten eller påverkan på eventuell förstärkning. I Figur 8 och Figur 9 redovisas största huvudspänningen där den antar de största värdena för respektive bergschakt.



Figur 8 Största huvudspänning runt omkring bergschakten innan påförd last från grundläggning, maximalt värde 8,1 MPa identifieras i högra hörnet av spårtunneln

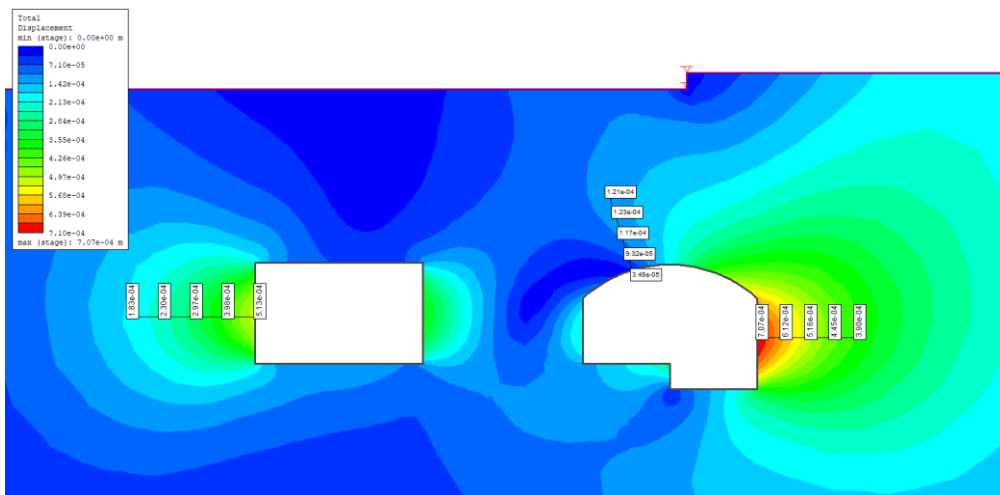


Figur 9 Största huvudspänning runt omkring bergschakten efter påförd last på bergöverytan från grundläggning, maximalt värde 7,5 MPa identifieras i högra hörnet av spårtunneln

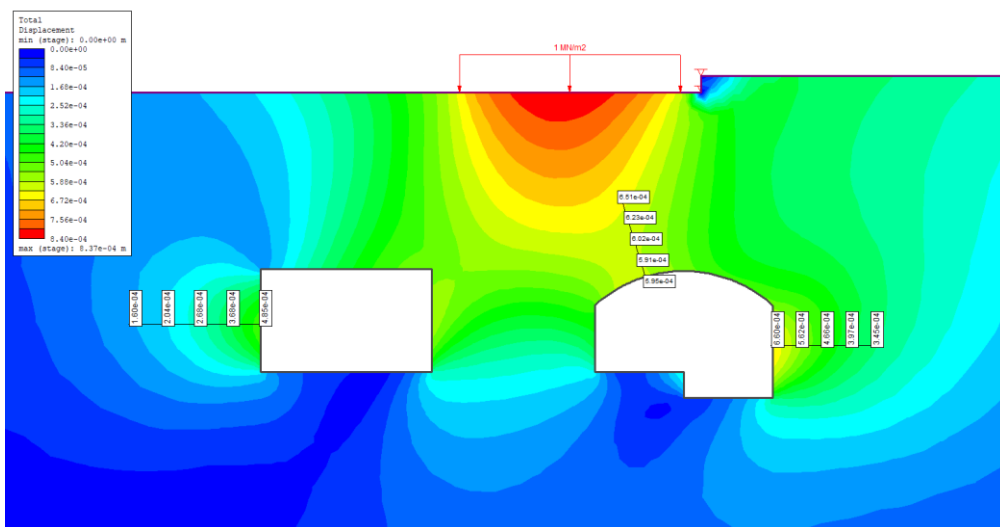
10 (15)

PM- 2020-10-05 REV1

Spänningsfördelningen blir något bättre ut stabilitetssynpunkt när lasten påförs på grund av de höga horisontella initialspänningarna. I Figur 10 och Figur 11 presenteras totala deformation runt omkring spårtunneln och rulltrappsschaktet.



Figur 10 Totala deformationer runt omkring bergschakten innan påförd last från grundläggning, maximalt värde på 0,7mm är identifierat i högerväggen av spårtunneln



Figur 11 Totala deformationer runt om bergschakten efter påförd last på bergöverytan från grundläggning, maximalt värde på 0,7 mm är identifierat i högerväggen av spårtunneln

Deformationerna är oförändrade i väggarna efter lastpåföringen (1 MPa) men ökar med cirka 0,2 mm i taket vilket dock kan anses som försumbart.

### 3.3 Vibrationer orsakade av sprängningsarbeten

Tunnlarna kan även påverkas av planerade grundläggningsarbeten genom vibrationer. Detta hanteras separat i riskanalys som tas fram för vibrationsalstrande arbeten i samband med bygghandlingar och inte i detta PM.

Vid kommande bergschaktarbeten inom tunnlaras skyddsområde utförs losshållning av berg genom sprängning inom restriktioner för vibrationer angivna i Riskanalys alternativt mekaniskt (t ex hydraulisk spräckning, sågning, "snigeldynamit"). Mekanisk losshållning alstrar inga vibrationer eller tryckstötter som skulle kunna påverka tunnelns bärande huvudsystem och bedöms därför minska risk för utfall till försumbar. Med metoden bedöms bergschakt kunna utföras utan någon påverkan på underliggande tunnlar.

## 4 Slutsatser

För den statiska lasten från Hus 1 och Hus 2 bedöms ingen märkbar påverkan ske på berg över tunnelbanan utifrån utförda FEM-analyser. Lägsta bergtäckning till tunnelbanan är ca 10 m vilket är lika med största spännvidd för tunnelbanestationen. I övrigt är förhållandet mellan bergtäckning och tunnelspännvidd gynnsam och dimensionerad grundtryck vid grundläggning är lågt. Lasterna bidrar även till viss del en ökad valvverkan i spårtunnlarna.

Hus 1 och 2 ligger ovanför tunnelbanans skyddszon. Gräns för zonen ligger på nivå +26,0. Inom begränsat område ligger skyddszon på nivå +28,5 enligt tillgängligt underlag. En mer utförlig utredning utförs i senare skede med avseende på denna förhöjda del samt geometri för rulltrappschakt och biljetthall. Inga bergschaktarbeten planeras i nuläget inom tunnelbanans skyddszon.

Losshållning av berg och lösjord i anslutning till skyddzon och influensområde ovanför tunnelbanans tunnlar och bergrum förväntas allmänt 3-5m och högst ca 7m enligt preliminära handlingar. Aktuell bergtäckning, gynnsam geometri av tunnlar och bergrum samt generella spänningsförhållanden i bergmassan tyder på att planerad losshållning har försumbar påverkan med hänsyn till eventuell hävning av bergmassan.

Detaljerat underlag för mängd och massberäkningar tas fram i kommande projektering. Om de visar avvikelser från förutsättningar presenterade i detta PM kompletteras utförd bergmekanisk analys där frågan utreds.

## 5 Åtgärder

Mer utförlig inspektion av tunnlar och syneförrättning inför schaktarbeten bör utföras i samband med fortsatt projektering i samråd med SL. Både för att få fram underlag kring tunnelnarnas status och skick och även bedöma eventuella åtgärder som kan vara nödvändiga för säkert drivande av bergschaktarbeten.

Tillgängligt underlag med avseende på befintlig bergförstärkning behöver kompletteras och information om regelbundna besiktningar som utförs i tunnelbanans anläggningar inom planerat område. Underlaget kommer användas efter samråd med SL och fortsatt projektering.

~~Skydds- och försvarsarbeten i tunnelbanan bedöms inte behövas baserat på aktuell bergtäckning, bergförhållanden och grundtryck från grundläggningen. Resultat från utförda FEM-analyser bekräftar den bedömning.~~

Kontroll- och säkerhetsåtgärder kommer ingå i projektets Kontrollprogram och Riskanalys för vibrationsalstrande arbeten. Kritiska moment med hänsyn till bergarbeten bedöms vara kring tryckutjämningschakt och rulltrappschakt. Under kommande samråd med SL kommer fokus riktas mot dessa moment.

Under byggskede kommer bergöverytan besiktigas av bergsakkunnig efter avtäckning för att verifiera bedömning presenterad i detta PM. Om det visar sig att förutsättningar eller aktuella förhållanden varierar från det som bedömningen baseras på rekommenderas att utföra mer utförlig stabilitetsanalys för att säkerställa att tunnelns storstabilitet inte försämras på grund av planerade sprängarbeten. Alternativt bedöms det finnas marginal i preliminära förutsättningar för grundläggning att få fram gynnsammare lastfördelning på berg.



## 6 Referenser

- [1] SGU, "SGUs databas. Berggrundskarta 1:50 000," 2016. [Online]. Available: [http://apps.sgu.se/kartgenerator/maporder\\_sv.html](http://apps.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html).
- [2] Stockholms stad - Exploateringskontoret , "Byggnadsgeologisk karta - 1:10000," 1997. [Online]. Available: <http://www.stockholm.se/ByggBo/Kartor-och-lantmateri/Bestall-kartor/Geoarkivet>. [Använd september 2016].
- [3] SGU, "Berggrundskartan, 10I Stockholm - Skala 1:100 000 - serie Ba nr 60," 2001.
- [4] F. Perman och J. Sjöberg, "Initiala bergspänningar i Stockholmsområdet - underlag för projektering av Citybanan," Vattenfall Power Consultant AB, Stockholm, 2007.

Hallgrímur Indrídason,

Jonas Ivarsson

Sweco Civil AB

## Bilaga 1

Inmätning av höjder, T-banehallplatstak Aspudden

Kontaktperson:

Olle Karlson

0704 336 777

[olle@k-o.se](mailto:olle@k-o.se)

**Inmätning av höjder, T-banehallplatstak Aspudden.**

Datum för inmätning 200915

Högsta punkten i taket vid norrgående spår är inmätt.

Längst österut                      +15,62

Mitt                                      +15,48

Längst västerut                      +15,30

Höjdsystem: RH2000

  
OLLE KARLSON