

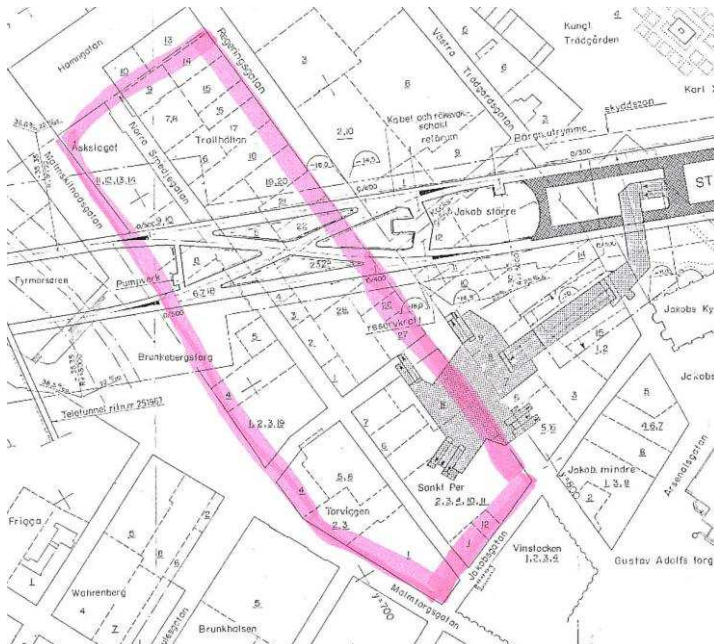
**kv Trollhättan, Stockholm**  
**PM angående bergspänningar vid ombyggnad**

## Uppdrag

Uppdraget att utföra denna utredning har erhållits av AMF Fastigheter. Syftet är undersöka inverkan på spänningar i jord och berg av planerad ombyggnad av byggnadskonstruktioner i kvarteret.

## Bakgrund

Den aktuella fastigheten är belägen i centrala Stockholm och inrymmer bl a "Gallerian". Byggnaderna i kvarteret omges i norr av Hamngatan, i söder av Jakobsgatan, i öster av Regeringsgatan samt i väster av Malmskillnadsgatan och Brunkebergstorg, se figuren nedan.



*kv Trollhättan, Stockholm City med T-banans tunnlar markerade.*

Brunkebergstorg ligger på nivå ca +16, medan Regeringsgatan på motsatt sida byggnaderna ligger på nivå ca +10. Under byggnaderna i kvarteret Trollhättan finns parkeringsutrymmen med golvnivå +6.4.

## T-banan

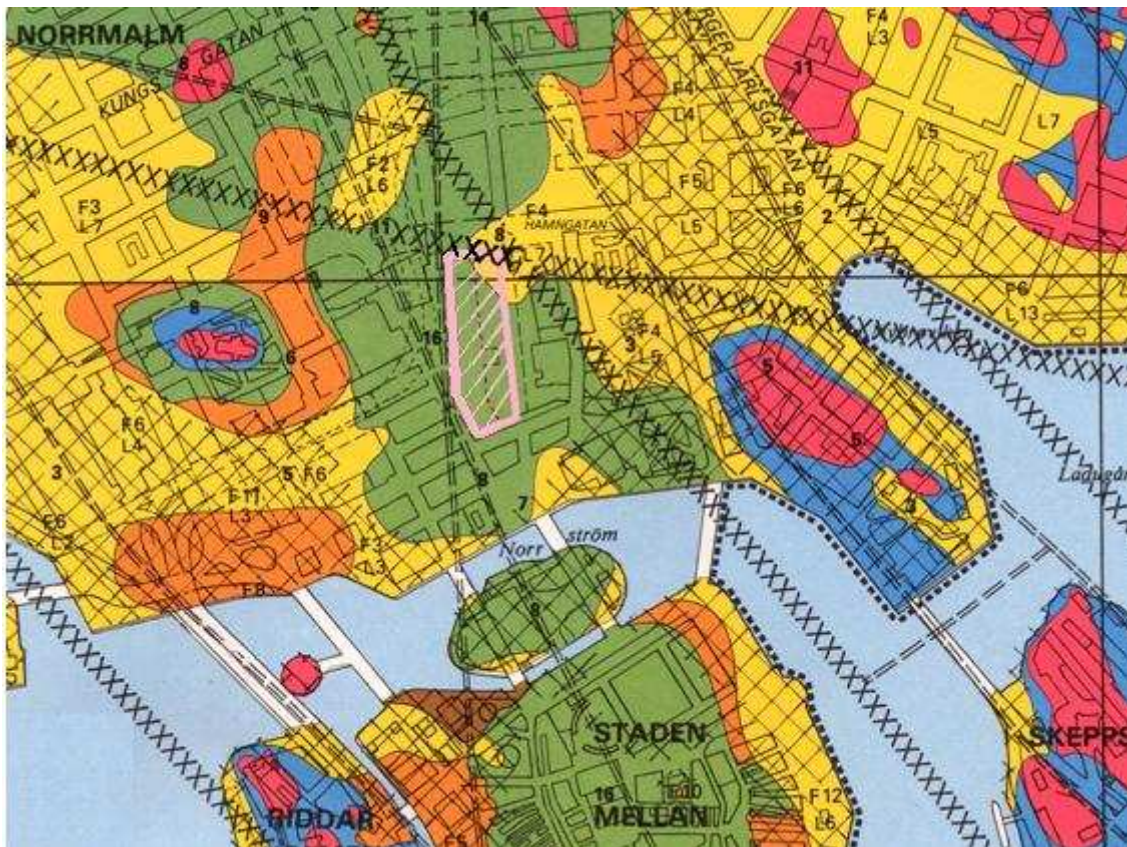
Som framgår av figuren ovan så passerar T-banan, strax väster station Kungsträdgården, i öst-västlig riktning under byggnaderna, dels i två parallella tunnelrör, dels med förbindelsetunnlar mellan huvudtunnlarna.

Bergytans nivå varierar mellan ca -11 till -18, över tunnlarna. Tunnelarnas hjässor ligger på nivån ca -28 och tunnelbotten på nivån ca -34. T-banan har inom området en utökad skyddszon.

### Grundförhållanden

Jordlagren över bergytan består av centrala Stockholmsåsens friktionsmaterial, d v s ensgraderat sand och grus, med genomgående relativt låg lagringstäthet. I åsmaterialet kan finnas inbäddade partier med silt och lera. Närmare berget brukar finnas sten och block.

Inom större delen av fastigheten finns inga kända sprick- eller krosszoner i bergmassan inom fastigheten, till skillnad från väster om kvarteret och även vid Kungsträdgården österut. Man kan därför anta att bergets kvalitet är relativt god inom större delen av kv Trollhättan. Ett undantag utgör yttersta nordöstra hörnet av tomten, där två krosszoner berör fastighetens footprint, och där också lera finns, se bilden nedan. Vidare tangerar fastighetens västra avgränsning, längs Malmskillnadsgatan, en sprickzon som har nord-sydlig strykning (riktning), se figuren nedan.



Byggnadsgeologisk karta, Stockholm City. Norr uppåt på bilden.  
Läget av kv Trollhättan inom stadskärnan markerat med rosa snedstreck.

Grönt= ås-sediment, sand och grus.

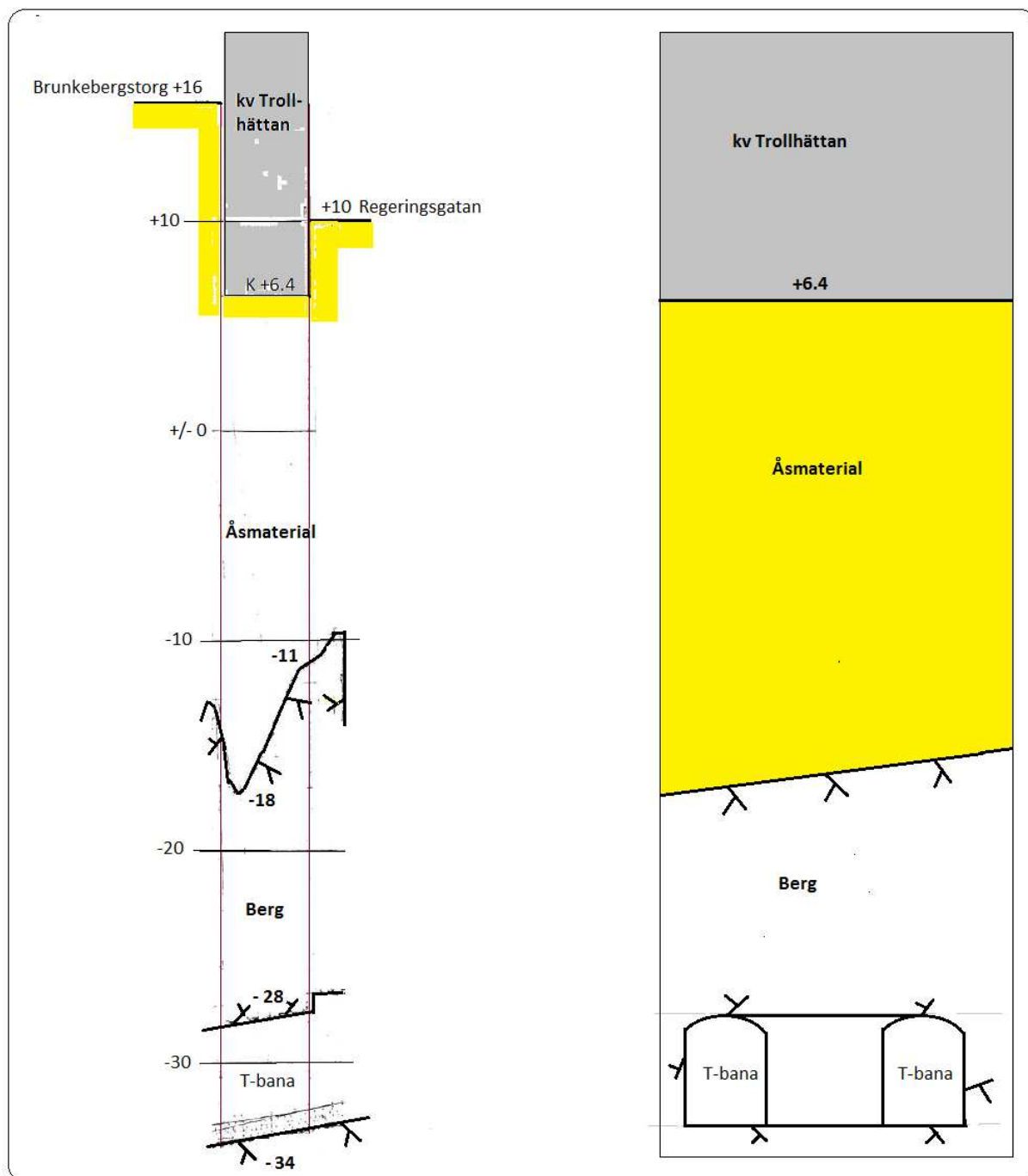
Rött = berg i dagen.

Gult = lera.

Blått = morän.

XXX= krosszon.

=== = sprickzon.

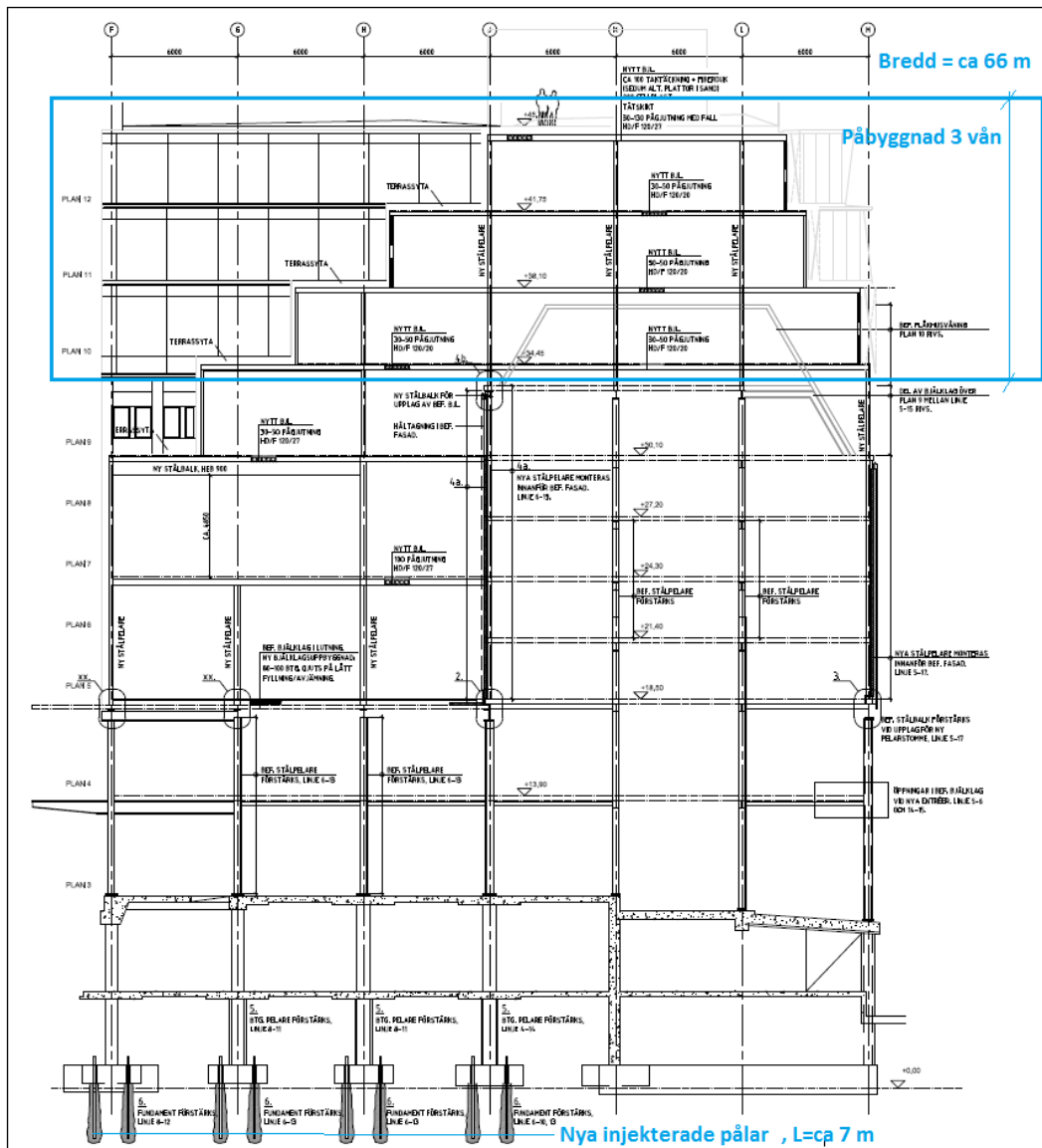


*Elevation (olika höjd- och längdskala) och tvärsektion vid tunnlar för T-bana under byggnaderna.*

### Planerad byggnation

Planerad byggnation består belastningsmässigt av påbyggnad med 3 våningar. På bilden nedan visas en sektion genom husdel T30, som illustrerar planerad påbyggnad och utbyggnad.





Planerad påbyggnad och utbyggnad, avsnitt T30 (över T-banan), del där ny påbning ska utföras (notera att grundläggningsnivån +6.4 betecknas som nollplan).

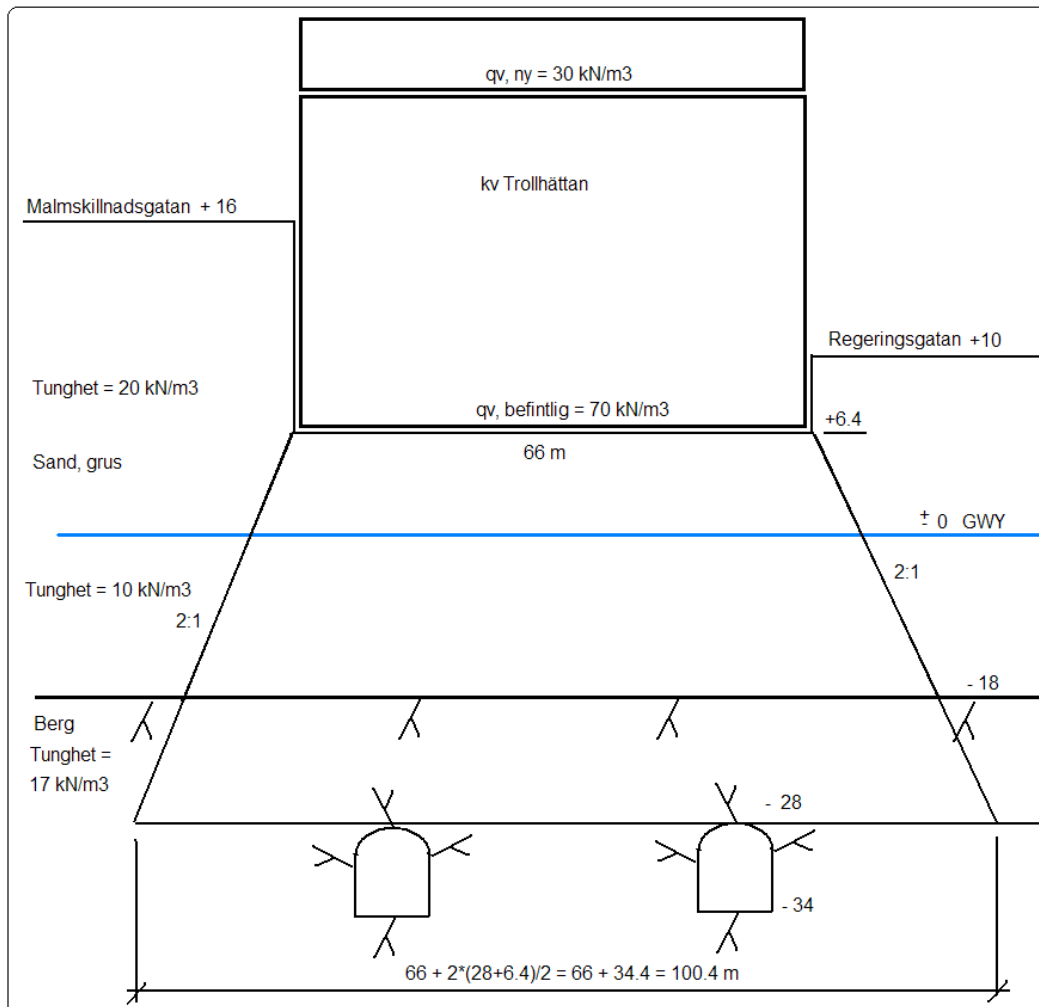
### Grundförstärkningsåtgärder

Det har bedömts att befintliga sulor och plattor till övervägande del har kapacitet att ta upp tillkommande lasteffekter utan åtgärder, utom för ett avsnitt där grundförstärkning i form av injekterade pålar föreslås, se bilden ovan.

### Vertikala effektivtryck före och efter påbyggnad

Man brukar anta att belastningen på en byggnads grundläggningsnivå fördelad på projektytan i horisontalplanet (byggnadens "footprint") i genomsnitt motsvarar värdet 10 kN/m<sup>2</sup> för varje våningsplan.

Den befintliga lasten för 7 våningar är då vid nivån för underkant sulor lika med 70 kN/m<sup>2</sup>. Nedan visas de befintliga vertikala effektivtrycken på nivån för tunnlarnas hjässor, nivå -28.



*Beräkning av vertikala effektivtryck på nivå för tunnlarnas hjässor = nivå 28.*

Av egentynnd för jord och berg:

Medelvärde för vertikalt effektivtryck på nivån +/- 0 =  
 $= 20 \cdot (16 + 10) / 2 = 260 \text{ kPa}$   
 Vertikalt effektivtryck på nivån -18 =  
 $= 260 + 18 \cdot 10 = 340 \text{ kPa}$   
 Vertikalt effektivtryck på nivån -28 (tullelhjassa) =  
 $= 340 + 10 \cdot 17 = 510 \text{ kPa}$

Av byggnad:

Befintlig byggnad, nivå -28 =  
 $= 70 \cdot 66 / 100.4 = 46 \text{ kPa}$

3 vån påbyggnad = 30 kPa ger =  
 $= 30 \cdot 66 / 100.4 = 20 \text{ kPa}$

Summa befintligt vertikalt effektivtryck på nivån -28 =  
 $= 510 + 46 = 556 \text{ kPa}$

Summa vertikalt effektivtryck på nivån -28 efter  
 tillbyggnad =  $556 + 20 = 576 \text{ kPa}$

*Beräkning av vertikala effektivtryck på hjässornas nivå före och efter utbyggnad.*

Av beräkningarna ovan framgår följande:

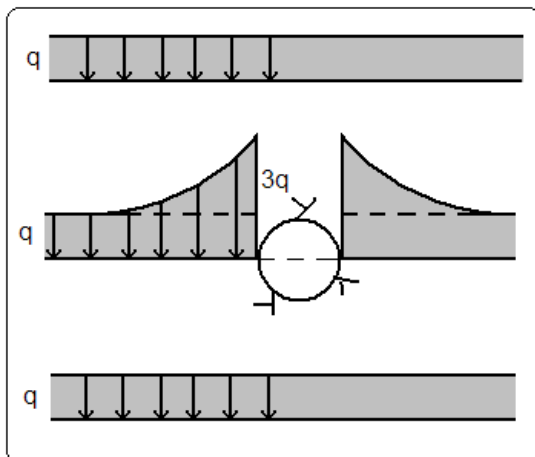
Vertikalt befintligt effektivtryck på nivån - 28 är 556 kPa.

Vertikalt effektivtryck på nivån -28 efter påbyggnad är  $556 + 20 = 576$  kPa.

Påbyggnaden motsvarar alltså en ökning av det vertikala effektivtrycket lika med 3.6%.

### Inverkan på spänningar i bergmassan kring tunnlarna

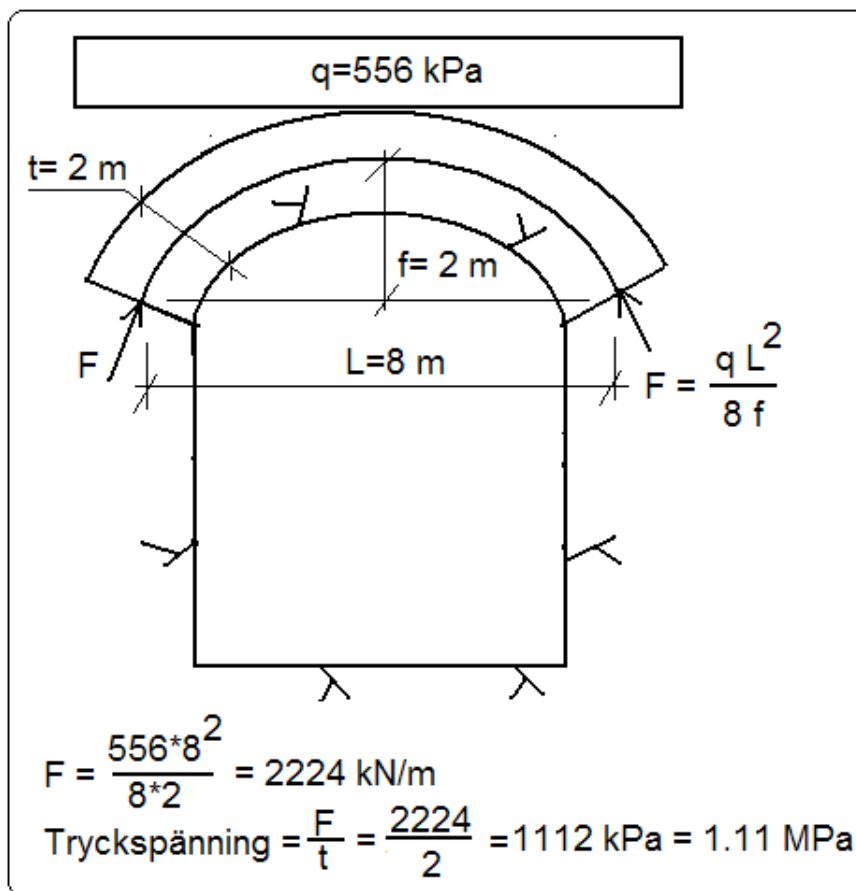
En tunnel kan sägas utgöra ett hål i en homogen struktur. Om strukturen påverkas av ett tryckspänningsfält så uppkommer en ökning av tryckspänningarna i närheten av hålet, beroende på att hålet inte kan överföra spänningarna, utan istället måste dessa "smita förbi" hålet. Om det är fråga om ett elastiskt material, ett homogent tryckspänningsfält och ett cirkulärt hål så blir denna spänningen intill hålet lika med 3 ggr tryckspänningen utan hänsyn till hålet, se figuren nedan.



*Maximala tryckspänning kring ett cirkulärt hål i ett elastiskt material påverkat av ett homogent tryckspänningsfält med intensiteten  $q$  är lika med  $3q$ .*

Om de aktuella tunnlarna approximeras på detta sätt blir maximala tryckspänningen i bergmassan kring tunnlarna lika med  $3 \cdot 556 \text{ kPa} = 1.67 \text{ MPa}$ . Påbyggnaden ökar denna spänning till  $3 \cdot 576 = 1.73 \text{ MPa}$ , d s en ökning lika med endast 0.06 MPa. Granit och gnejs, som det är fråga om här, har en tryckhållfasthet lika med minst 50 MPa för berg av lågt kvalitet (bra berg 200 - 250 MPa). Således är de beräknade bergspänningarna, både för befintliga och påbyggda förhållanden, kring tunnlarna mycket mindre än bergets tryckhållfasthet.

Ett annat sätt att beräkna spänningarna i en bergmassa kring en tunnel är att skriva in ett valv över tunnelhjässan, se figuren nedan. Med antagna dimensioner hos ett sådant valv blir som framgår av figuren tryckspänningen för befintliga förhållanden lika med 1.11 MPa, och tryckspänningen efter påbyggnaden 3.6 % större, d v s 1.15 MPa. Detta är något mindre värden, men av samma storleksordning som de som erhålls med approximationen med en cirkulär öppning enligt ovan.



*Beräkning av spänningar i bergmassan kring tunnlarna under antagande av att ett valv bildas över tunnelhjässan.*

### Sammanfattning

Eftersom den befintliga tryckspänningen och spänningsökningen i bergmassan kring tunnlarna är så liten jämfört med bedömd tryckhållfast där (även för det fall att det är fråga om uppsprucket berg), anser vi följaktligen inverkan av påbyggnaden 3 våningar godtagbar utan behov av ytterligare analys.

Pålning inom tunnlarnas skyddsområde undviks, om så är möjligt. I annat fall måste avtal träffas med tunnelägaren (SL) avseende tillstånd att installera pålar i zonen. Den förutsatta grunda pålningen utförs relativt lokalt och påverkar inte i nämnvärd grad ovan erhållna resultat beträffande spänningar kring tunnlarna. Pålar nedförda till berg, exempelvis stålkärnepålar, är ej aktuella.

2013-12-08

Bredenberg Teknik

Håkan Bredenberg