

PM UTREDNING SÄTTNINGAR I FASTIGHETER

Varbergstunneln, Västkustbanan, Varberg-Hamra

Varbergs kommun, Hallands län

2016-03-31, revidering 2016-11-25 (underlag till ansökan om vattenverksamhet)

Projektnummer: 101107



Dokumenttitel: PM Utredning sättningar i fastigheter

Skapat av: Tyréns AB

Dokumentdatum: 2016-11-25

Dokumenttyp: PM

DokumentID: 101107-08-025-001

Ärendenummer: TRV 2013/88739

Projektnummer: 101107

Version: 2

Publiceringsdatum:

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Andreas Gustafsson

Uppdragsansvarig: Andreas Gustafsson

Tryck:

Fotograf:

Distributör: Trafikverket, Kruthusgatan 17, 405 33 Göteborg, telefon: 0771-921 921

Medverkande

Konsult, Tyréns AB

Henrik Möller

Anna Hall

Lars Nilsson

Marius Tremblay

Läsanvisning

Föreliggande dokument (Version 2, reviderad 2016-11-25) är ett PM som ingår som ett underlag till ansökan om vattenverksamhet i Trafikverkets projekt *Varbergstunneln, Västkustbanan, Varberg-Hamra*, i nedanstående text kallat Projektet, om inte annat anges. Version 1 av föreliggande dokument (2016-03-31) ingår som ett underlag till systemhandling och järnvägsplan.

Aktuell version studerar effekterna av de lägre täthetskraven som införts i samband med ansökan av vattenverksamhet till skillnad från de täthetskrav som gäller för systemhandlingen. De lägre täthetskraven kan sammanfattas med:

- Sänkt krav på tätning av berget, så att ett inläckage om 5 l/(min*100 m) tillåts generellt i bergtunnlar och bergschakt för betongtunnlar.
- Sänkt grundvattennivån till en nivå motsvarande tunneltak i byggskedet längs den norra delen av bergtunneln där bergtäckningen har visat sig vara mindre än vad inledande undersökningar har indikerat.
- Justeringar av beräkningsresultatet från den numeriska modellen för att ta höjd för osäkerheter.

Innehåll

1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte och utvärderingsområden.....	7
1.3 Omfattning och avgränsning	7
2 Förutsättningar och krav	8
2.1 Allmänna förutsättningar.....	8
2.2 Krav enligt UB	8
2.3 Övriga krav, riktlinjer, riktvärden och bestämmelser	8
3 Metod	10
3.1 Inventering.....	10
3.2 Deformationer i anslutning till planerade schakter.....	10
3.2.1. Planerad byggmetod.....	10
3.2.2. Deformationer	10
3.3 Sättningar på grund av grundvattensänkning	12
3.3.1. Planerad byggmetod för tråg och betongtunnel	12
3.3.2. Planerad byggmetod för bergtunnlar.....	12
3.3.3. Påverkansområde.....	12
3.3.4. Grundläggning.....	14
3.3.5. Jorddjup.....	15
3.3.6. Klassificering	16
4 Nuläge, befintlig situation	18
4.1 Geotekniska förutsättningar	18
4.2 Hydrogeologiska förhållanden	20
5 Utredning, analys	21
5.1 Inledning	21
5.2 Fastigheter nära schaktarbetena	21
5.3 Fastigheter inom områden för grundvattensänkning	22
6 Resultat, slutsatser	25
7 Rekommenderat val/beslut/inriktning/fortsatt arbete.....	25

Bilagor:

Bilaga 1, kartor där fastigheter har riskklassificerats enligt klass A-C

Bilaga 2, kartor där bedömda grundläggningsförhållanden presenteras

Bilaga 3, kartor för fastigheter där en geoteknisk undersökning har påträffats

Bilaga 4, kartor visande beräknade avsänkingsområden

1 Inledning

Denna PM ingår som ett av flera PM i Trafikverkets projekt Varbergstunneln – utbyggnad till dubbelspår genom Varberg.

Aktuell version (version 2, reviderad 2016-11-25) studerar effekterna av de lägre täthetskraven som införts i samband med ansökan av vattenverksamhet till skillnad från de täthetskrav som gäller för systemhandlingen som presenteras i en tidigare version daterad 2016-03-31.

1.1 Bakgrund

Västkustbanan mellan Göteborg och Lund är en av Sveriges viktigaste järnvägar för både persontrafik och godstrafik på regional och nationell nivå. Genom sin anslutning till Södra stambanan i Lund förbinder Västkustbanan Sveriges andra och tredje största städer, Göteborg och Malmö, till varandra. Den är även en naturlig förbindelse till Köpenhamn och vidare ut i Europa via Öresundsbron. Den ca 30 mil långa banan ingår i EU:s utpekade transportnätverk Trans European Network (TEN-T) och i det av Trafikverket utpekade strategiska godsnätet.

Sedan 1980-talet har Västkustbanan byggts ut från enkelspår till dubbelspår med avsikten att skapa ett snabbt, effektivt och miljövänligt transportmedel för både människor och gods. Idag är ca 88 % av banan utbyggd till dubbelspår. I Halland är det endast sträckan Varberg-Hamra som fortfarande är enkelspårig. Övrig kvarvarande enkelspårig sträcka är sträckan Ängelholm-Helsingborg.

1.2 Syfte och utvärderingsområden

Syftet är att utreda hur omgivande fastigheter kan påverkas av skadliga sättningar på grund av planerade schaktarbeten och grundvattensänkningar. Riskanalysen ska sedan ligga till grund för de kontrollåtgärder som erfordras i samband med tillståndsansökan för vattenverksamhet.

1.3 Omfattning och avgränsning

Denna PM omfattar en geoteknisk inventering av fastigheter inom det troliga påverkansområdet av planerade grundvattensänkningar. Inventeringen har utförts med besiktningar på plats samt med inventering på Varbergs kommuns stadsbyggnadskontor av bygglovsarkiv och av det geotekniska arkivet. Geotekniska undersökningar har påträffats för ca 50 % av fastigheterna inom bedömt påverkansområde där grundläggningssätt för respektive fastighet har kunnat utläsas. För övriga fastigheter har de geotekniska förhållandena framgått av fastighetsinformation eller så har en kvalificerad ingenjörsmässig bedömning gjorts avseende grundläggningstyp.

Under fas 1 och 2 gjordes huvuddelen av utförda geotekniska undersökningar inom projektet längs planerad järnvägssträckning och inga riktade undersökningar gjordes vid en specifik fastighet, undantaget stationshuset och Kv. Verkstaden. Av förekommen anledning utfördes därför kompletterande undersökningar vid vissa fastigheter i de centrala delarna av Varberg under våren 2016. Huvudsyftet med de utförda kompletteringarna var framförallt kontroll av bergnivå, medan den geotekniska informationen erhålls som en extra bonus för föreliggande utredning.

Denna PM omfattar inte riskanalys avseende vibrationer från spontning, packning eller bergarbeten d.v.s. sprängningar av öppna bergytter för tråg och betongtunnel eller drivning/sprängning av bergtunnlarna. Dessa risker behandlas i Projekterings PM Riskanalys avseende vibrationsalstrande markarbeten, 101107-22-025-060, daterad 2016-04-30 samt i Projekterings PM Indriftsanalys och seismisk undersökning, 101107-22-025-061, daterad 2016-04-30.

Utöver byggnader finns anläggningar som broar, gator, vägar, brunnar, pumpstationer och ledningar inom påverkansområdet. Dessa anläggningar har inte hanterats i detta dokument men kan drabbas av sättningar under de förutsättningar som beskrivs för fastigheterna. Normalt är kraven på sättningar i vägar och gator underordnat kraven för byggnader, men för vissa känsliga ledningar kan däremot kraven vara högre. Eventuella skador på ledningar och andra va-anläggningar hanteras inte i detta dokument.

2 Förutsättningar och krav

2.1 Allmänna förutsättningar

Inget relevant för föreliggande utredning.

2.2 Krav enligt UB

TrV publ nr 2011:047 TK Geo 11 tillämpas för projektet.

2.3 Övriga krav, riktlinjer, riktvärden och bestämmelser

När uppstår en skada i byggnader p.g.a. sättningar? Detta är givetvis beroende på byggnadens kondition och status. För en byggnad som redan är drabbad av sättningsskador behövs ytterst lite deformationer för att ytterligare skador ska uppstå.

För byggnader utan sättningsskador bedöms erfarenhetsmässigt risken för att skador ska uppkomma om en vinkeländring inom byggnaden uppgår till 1:500.

Vinkeländringen 1:500 kan till exempel förklaras med att om det inom en byggnad finns två mätpunkter med 10 meters mellanrum, så kan sättningsskillnaden mellan mätpunkterna uppgå till 20 mm, som då ger en vinkeländring på 1:500.

Det kan vara svårt att styra mot gradienter vid en riskvärdering och det är då enklare med ett sättningsbelopp. Acceptabla deformationer/sättningar för drabbade fastigheter har inte diskuterats/utretts inom projektet, men tidigt i fas 1 togs fram ett PM acceptabla sättningar fram där riktvärden tagits fram för olika grundläggningssätt. Riktvärdena var hämtade från Trafikverksprojektet, Marieholmsbron i Göteborg.

Riktvärdena där låg mellan 5 mm för stödpålade grundläggningar och 20 mm för plattgrundlagda. Dessa värden kan också jämföras med riktvärden som användes för Citytunnelprojektet i Malmö (CTP) med 15 mm som generellt riktvärden i samband med de omfattande grundvattensänkningarna som utfördes i den centrala delen av staden. Denna sättningsnivå för CTP kontrollerades med omfattande mätningarna och analyser under byggtiden och föll väl ut då uppmätta sättningar understeg 15 mm och inga sättningsskador på grund av grundvattensänkningar noterades i omgivande byggnader.

I samband med denna utredning har också ett examensarbete från LTH utförts med fokus på skador i fastigheter p.g.a. sättningar. Examensarbetet inriktas mer på hur olika byggnader kan skadas baserat på stomsystem, fasadmateriel och storlek på byggnad. Arbetet kommer till en slutsats där generellt högre totalsättningar kan tillåtas än vad som beskrivits ovan.

Det ska också poängteras att under inventering och besök på plats har ytterst få sättningsskador påträffats för byggnader i centrala Varberg. En av de få sättningssprickorna är fångad på framsidan av detta PM från kv. Brunnsparken. Detta konstaterande får också ses som en gynnsam förutsättning för föreliggande riskanalys, liksom ovanstående konstaterande från examensarbetet.

Baserat på ovanstående har ändå en "försiktighetsprincip" tillämpats för denna utredning där en gräns på ± 15 mm ansatts som gränsvärde för plattgrundlagda byggnader och en gräns på ± 10 mm har ansatts för stödpålade byggnader. Stödpålade byggnader finns i Varberg vid mäktigare lerdjup men går inte riktigt heller att jämföra med Göteborgsförhållanden varför gränsen ansatts till 10 mm jämförts med Marieholmsprojektets 5 mm.

Tabell 2-1 nedan redovisar den klassificering som kommer att användas i nedanstående analyser.

Tabell 2-1, Riskklassificering

A	Risk för skadliga sättningar p.g.a. närhet till planerad schakt och p.g.a. planerade grundvattensänkningar. >15 mm sättning för plattgrundlagda byggnader eller >10 mm för pålgrundlagda byggnader.
B	Liten risk för skadliga sättningar p.g.a. planerade grundvattensänkningar. 10-15 mm sättning för plattgrundlagda byggnader eller 5-10 mm för pålgrundlagda byggnader.
C	Ingen risk för skadliga sättningar p.g.a. planerade grundvattensänkningar. <10 mm sättning för plattgrundlagda byggnader eller < 5 mm för pålgrundlagda byggnader.

Klassificering A har också koppling till troliga larmvärden i kommande kontrollprogram.

3 Metod

3.1 Inventering

Informationen från inventeringen har sammanställts i en databas (Excel). Information har sparats på Tyréns server men bör i förlängningen vara sökbart via någon GIS-applikation.

Skador i befintliga fastigheter kan uppstå framförallt kopplat till följande företeelser:

1. Fastigheter ligger för nära planerade spont- och schaktarbeten och kan påverkas av rörelser som uppstår i dessa eller så kan jordarna under fastigheterna påverkas av vibrationer vid installation av spont eller av materialförluster vid borrning av stag.
2. Fastigheter ligger inom påverkansområdet för planerade grundvattensänkningar och kan erhålla sättningar på grund av ökade effektivspänningar i jorden på grund av grundvattensänkningen.

3.2 Deformationer i anslutning till planerade schakter

3.2.1. Planerad byggmetod

Beroende på närbelägna anläggningar, utrymmesbrist och krav på åtgärder för att minska grundvatteninläckage från jordakvifären så behövs att hela det planerade tråg och betongtunnel schaktet tas ut innanför stödkonstruktioner. För pågående arbeten med järnvägsplan förutsätts en traditionell metod med vibrerad stålspont som slås ned i berget, jet-grout injektering av spontfot, följt av en förstärkt bergslänt ned till grundläggningsnivån. Vid nedvibrering eller installation av stödkonstruktioner och vid stagborrnig kan den överliggande jorden ovanför berget störas.

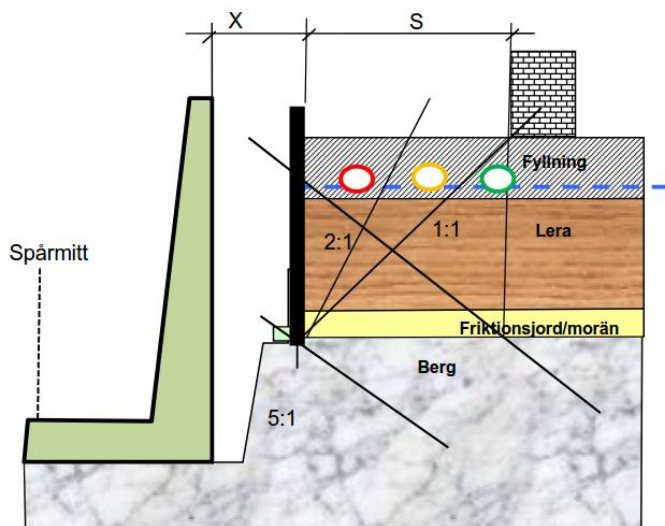
3.2.2. Deformationer

Fastigheter som riskerar att skadas har valts ut om de ligger tillräckligt nära planerade stödkonstruktioner. Säkerhetsavstånd från planerade stödkonstruktioner har hämtats från PM Utredning av byggmetoder för tråg och betongtunnel (101107-08-025-019).

Störningszonen kan uppskattas med en 1:1 linje från bergets överyta enligt figur 3-1. När de bakåtförankrade stagen installeras finns också risk för att jord, framförallt friktionsjord spolas bort med sättningar som följd.

Figurer 3-1 och 3-2 visar utrymmesbehov (X) och säkerhetsavstånd (S) till angränsande byggnader. Utanför säkerhetsavstånden är risken liten för skador. Innanför avstånden ökar såklart skaderiskerna. Storlek på deformationer närmast spont avtar linjärt till teoretiskt ingen deformation vid 1:1 linjens anslutning vid markytan.

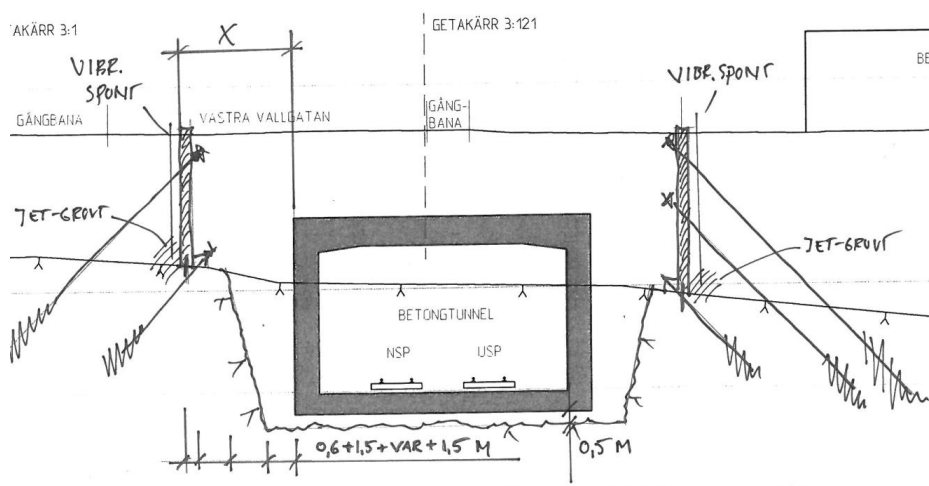
Beroende på djup till berg och planerat schaktdjup varierar avstånd mellan utsida tråg-/tunnelvägg och utsida stödkonstruktion mellan ca 2,1-6,5 m, avståndet X i figur 3-1 och 3-2. I den fortsatta projekteringen utnyttjas dessa mått för att få fram ytor till järnvägsplan samt för att ge indata till placering av material- och etableringsytor, tidplan och kalkyl. Det är också viktigt att metodens avtryck i plan för järnvägsplan inte omöjliggör alternativa byggmetoder. Avstånd mellan planerad konstruktion och utsida stödkonstruktion har därför angetts med en viss säkerhetsmarginal enligt nedanstående figur och tabell.



Figur 3-1, Antaget säkerhetsavstånd S

Tabell 3-1, Antaget avstånd X mellan utsida tråg/betongtunnel och utsida stödkonstruktion

Anläggning	Avstånd X (m)
Ramp i norr ovan bergytan, samt tråg i söder (0,6 m spont och 1,5 m frischakt utmed tunnel)	2,1
Tråg i norr grundlagd på berg, liksom accesstunnel i norr	5,5
Betongtunnel i norr grundlagd på berg	6,5



Figur 3-2, Principsektion för avstånd X vid tråg/betongtunnel. Vid ramp i norr samt tråg i söder ligger bergnivån under schaktbotten och därav bara ett X på 2,1 m då horisontalmåttet från bergskärningen undviks.

3.3 Sättningar på grund av grundvattensänkning

3.3.1. Planerad byggmetod för tråg och betongtunnel

De stora öppna schakterna för tråg och betongtunnlar kommer att kräva grundvattensänkningar och därmed grundvattenhantering. Målsättning med byggmetoden som tidigare beskrivits är att stödkonstruktioner och anslutningen till berg görs så tät som möjligt via jet-grouting. Oavsett detta kommer grundvatten att läcka in från jordlagren samt från vattenförande sprickor i berget när schakten påbörjas. Större spricksystem i bergslänter kan behöva tätas med ridåinjektering och större spricksystem i botten av schakten med botteninjektering, men injekteringen är inte en metod som ska användas generellt då den kan försvåra möjligheterna i driftsskedet att återskapa den förhärskande grundvattenströmningen från öster till havet i väster. Se vidare *Teknisk Handling Geokonstruktioner* kapitel 4.4.2 och 4.4.3.

Schaktdjup för tråg och tunnel uppskattas till mellan 7 m under markytan i norr och som djupast 15 m under markytan vid norra bergtunnelpåslaget. Oavsett byggmetod ska grundvattentrycket i jord och berg sänkas till en nivå 0,5 m under planerad grundläggning. Detta ger avsänkningar som mest på ca 14 m i den djupaste schakten kring norra påslaget. För jämförelse längre fram i texten när avsänkingsnivåer diskuteras för resp. fastighet så är den djupaste avsänkingsnivå utanför schakterna ca 5 m. Den stora avsänkningsskillnaden utanför och innanför schakterna har sin grund i de täta stödkonstruktionerna och jet-grout injekteringar i spontfot som modellerats i grundvattenmodellen.

Grundvatten som ändå tränger in via utförda tätningar och injekteringar hanteras med längs- och tvärgående makadamfyllda diken som är anslutna till pumpstationer. För att underlätta arbeten med borrning av de permanenta bottenstag kan vertikaldräner (blödarrör) borraras. Djupen på blödarrören påverkar också influensområdet. Borrdjup till ca 15 m under schaktbotten krävs om de ska utnyttjas för säkrare staginstallationer.

3.3.2. Planerad byggmetod för bergtunnlar

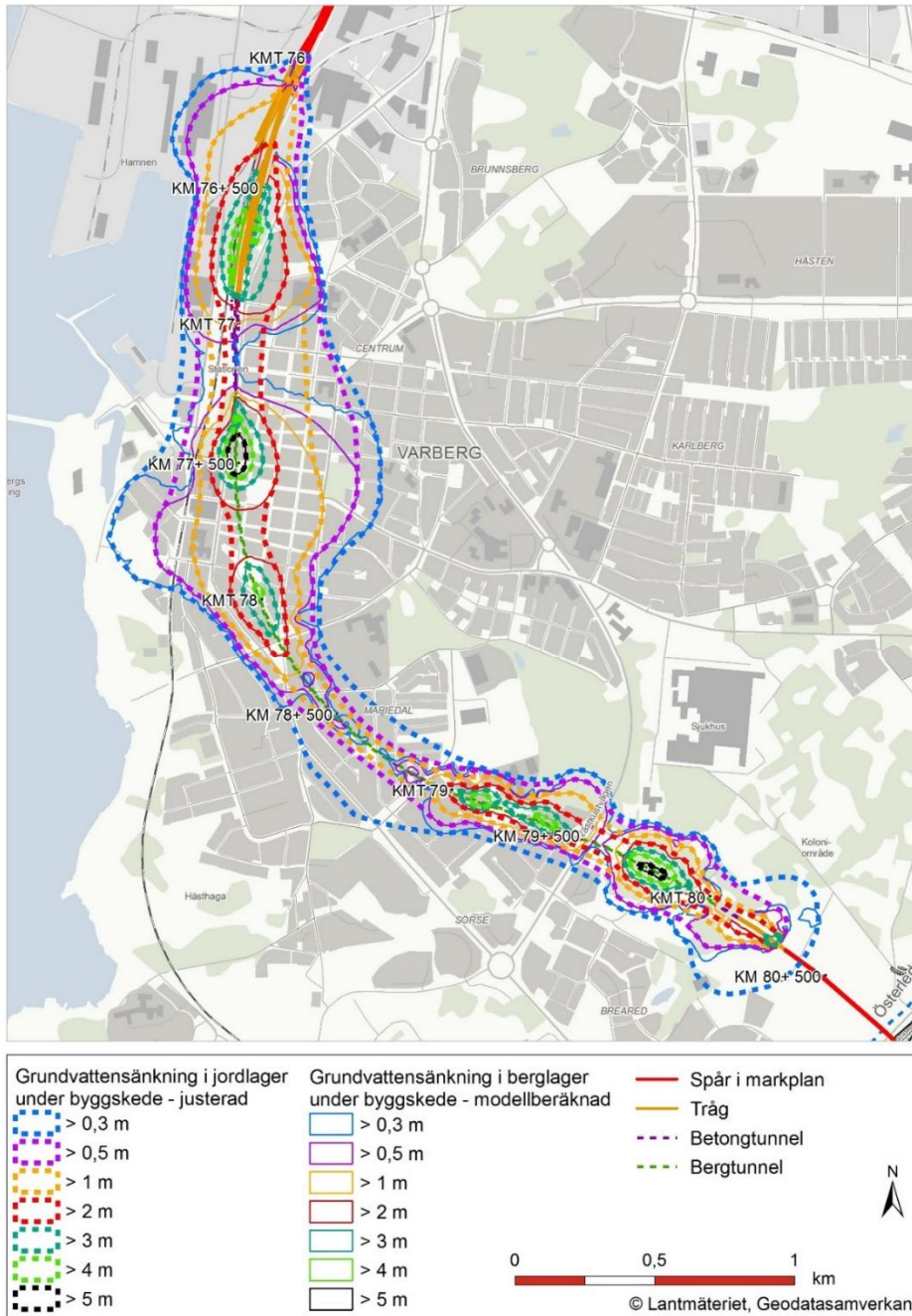
Planerade bergtunnlar d.v.s. huvudtunneln och servicetunneln kommer att drivas konventionellt med sprängning kombinerad med olika tätninginjektering både före och efter sprängning. Grundvattennivåer/trycknivåer kommer att sänkas i anslutning till bergtunnlarna både under byggskedet men också permanent beroende på vilken täthet som eftersträvas. I aktuellt scenario har också en sänkt grundvattennivån modellerats till en nivå motsvarande tunneltak i byggskedet längs den norra delen av bergtunneln där bergtäckningen har visat sig vara mindre än vad inledande undersökningar har indikerat.

3.3.3. Påverkansområde

När det gäller påverkan på grund av grundvattensänkning har det beräknade påverkansområdet för grundvattensänkningar i jord lagt lagts in i GIS databasen för dels:

1. Tillfällig grundvattensänkning för tråg- och betongtunnelschakt
2. Permanent grundvattensänkning på grund av bergtunneln

Påverkansområdena är hämtade från PM Riskanalys avseende förändrade täthetskrav för bergtunnel och bergschakt (101107-08-025-108), och visas schematiskt i nedanstående figurer (byggskedet). Uppgifter om täthet i spont, täthet i framtida bergtunnlar, bedömt inläckage och hydrauliska konduktiviteter framgår av denna handling.



Figur 3-3, Beräknad och justerad grundvattensänkning i jordlagren under byggskedet, vilket innebär öppna schakter och grundvatteninläckage till bergtunnlarna motsvarande $5 l/(min \cdot 100 m)$ med undantag för den norra delen av bergtunneln där grundvattennivån sänkts av till tunneltak och grundvatteninläckaget till tunnarna därmed är större.

En grundvattensänkning som kan ge sättningar, för denna riskanalys, har begränsats till 1,0 m avsänkning och inte den gräns på 0,3 m som normalt gäller för miljöprovning. 0,3 m har koppling till en avsänkning i brunnar installerade i jord, medan 1,0 m:s nivå har bäring på grundvattnets naturliga variation över ett år eller över en period av flera år.

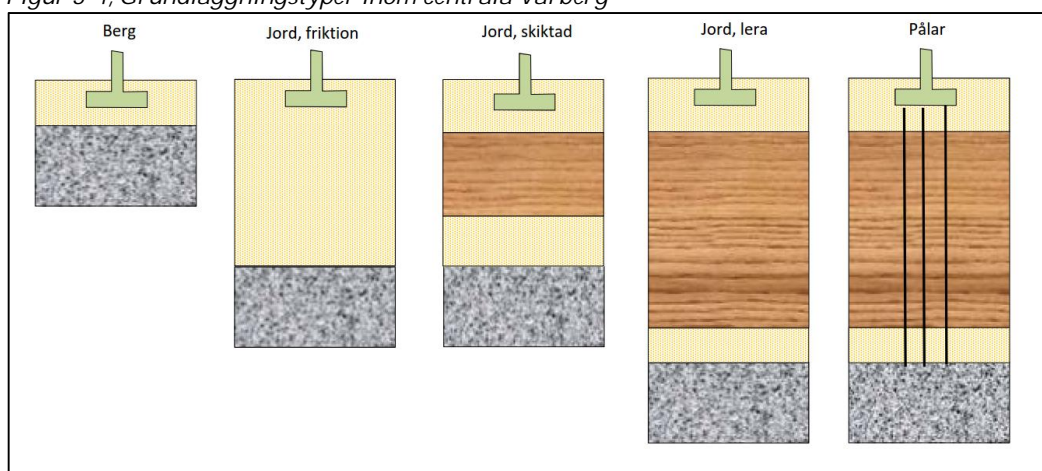
Samtliga fastigheter inom 1,0 m: avsänkningen har hämtats upp från fastighetsinformation och har renderat i en databas på ca 600 fastigheter. Databasen innehåller totalt ca 1700 byggnader med unika FNR_BR-nummer så möjligheter finns att göra alternativa riskvärderingar. Det har inte gjorts någon skillnad om grundvattensänkningen avser den tillfälliga avsänkningen eller den permanenta avsänkningen för bergtunneln, då även den tillfälliga avsänkningen kommer att råda under flera år, 5-6 år.

3.3.4. Grundläggning

Databasen innehåller flera poster, men det som varit viktigast för aktuell analys är grundläggningstyp, jordlagermäktighet under normala grundvattenytor samt avsänkningsnivå för planerade grundvattensänkningar. Dessa poster beskrivs mer ingående nedan.

För varje fastighet har en bedömning gjorts avseende trolig grundläggning för byggnader inom fastigheten. Information har hämtats från inventerat fastighetsmaterial och från tidigare geotekniska undersökningar. Kvalificerade ingenjörsmässiga bedömningar har också gjorts där underlag saknas. Då ingen information finns och där kvalificerade bedömningar inte kan göras har grundläggningen betecknats som okänd (ej inventerad).

Figur 3-4, Grundläggningstyper inom centrala Varberg

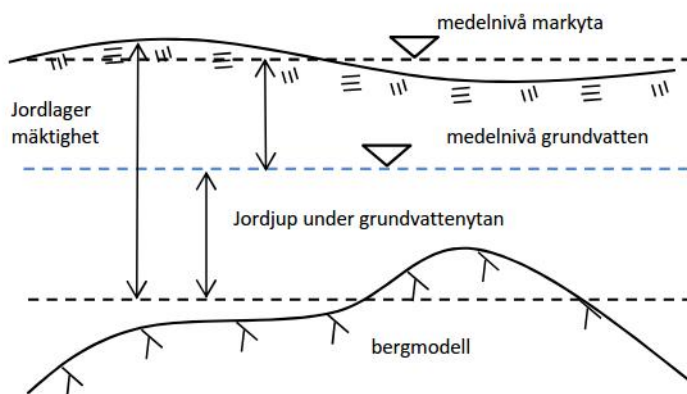


Tabell 3-2, Grundläggningstyper

Grundläggning	Beskrivning
Berg	Plattgrundläggning nära bergytan alternativt grundlagt på kortare pålar/plintar på berg.
Jord, friktion	Plattgrundläggning på friktionsmaterial typ sand, grus och morän.
Jord, skiktad	Plattgrundläggning på "typisk" jordlagerföljd för centrala Varberg med sand följt av lera som vilar på friktionsjord (morän) och berg. Leran är överkonsoliderad med minst 30-40 kPa.
Jord, lera	Plattgrundläggning på mäktigare lerlager som är överkonsoliderad med minst 30-40 kPa.
Pålar	Pålgrundläggning med stödpålar slagna genom lera ned till berg.
Okänd (ej inventerad)	Här saknas både fastighets- och geoteknisk information och någon kvalificerad ingenjörsmässig bedömning har inte kunnat göras.

3.3.5. Jorddjup

Med hjälp av framtagen terräng,- grundvatten- och bergmodell har underlag för varje fastighet tagits fram som en medelnivå på markytan, ett medeldjup av jordlager och en medelnivå för grundvattenytan.



Jorddjup under grundvattenytan styr hur många meter av jordprofilen som blir utsatt för ökade spänningar på grund av grundvattensänknningen, så det är måttet "Jorddjup under grundvattenytan" som är det viktigaste avståndet i analysen. För de fastigheter som ligger utanför etablerad bergmodell har ett generellt jorddjup ansatts som överensstämmer med de närliggande fastigheter där bergmodell finns.

3.3.6. Klassificering

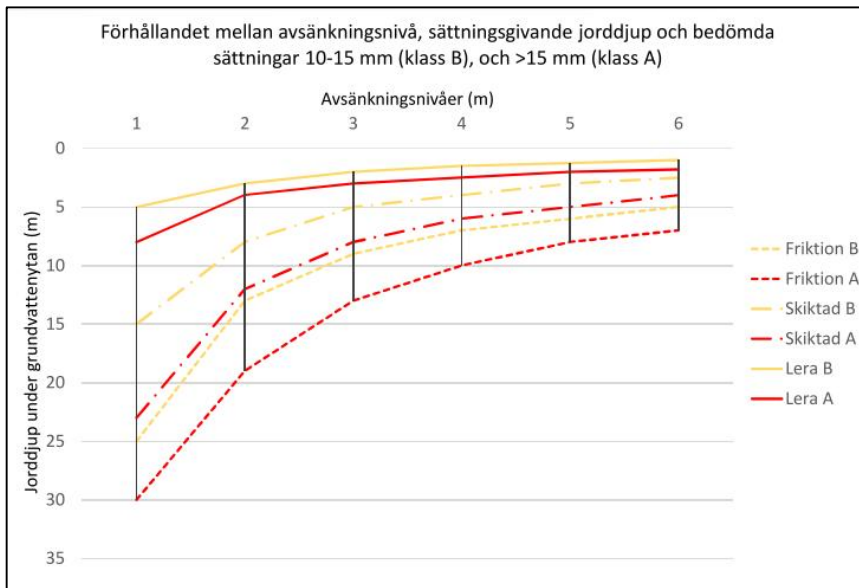
Ovan information sammantaget, tillsammans med sättningsberäkningar enligt kapitel 4, har bearbetats i databasen följt av en klassificering A-C enligt nedan för resp. fastighet:

Tabell 3-2, Riskklassificering

A	Risk för skadliga sättningar p.g.a. närhet till planerad schakt och planerade grundvattensänkningar. >15 mm sättning för plattgrundlagda byggnader eller >10 mm för pågrundlagda byggnader.
B	Liten risk för skadliga sättningar p.g.a. planerade grundvattensänkningar. 10-15 mm sättning för plattgrundlagda byggnader eller 5-10 mm för pågrundlagda byggnader.
C	Ingen risk för skadliga sättningar p.g.a. planerade grundvattensänkningar. <10 mm sättning för plattgrundlagda byggnader eller < 5 mm för pågrundlagda byggnader.

I tidigare utredning gjordes ingen skillnad på hur stor grundvattensänkningen var utan alla fastigheter inom 1,0 m:s sänkning behandlades likvärdigt. I föreliggande analys har dock avsänkningstrattarnas geometriska form lagt in i databasen så att en bedömd nivå på grundvattensänkningen för resp. fastighet finns inlagd. Den största avsänkning, som enligt grundvattenmodellen ovan kan drabba en fastighet, är 5 m. Avsänkingsnivåer i databasen har därför förenklats till följande nivåer 0,3, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 och 5,0. Större avsänkningar föreligger bara i anslutning till stödkonstruktioner, se tidigare skrivning under kapitel 3.3.1.

Sättningsberäkningar har gjorts med antagna moduler i förekommande jordar enligt kapitel 4. Grundläggning på berg har generellt klassificerats som C, medan för övriga "grundläggningstyper" föreligger ett förhållande mellan avsänkingsnivå, sättningsgivande jorddjup och bedömda sättningar. De generellt största sättningsgivande jorddjupen inom påverkat område är ca 10 m, som i nedanstående figur då visar att det bara är byggnader grundlagda på lera som teoretiskt kan erhålla sättningar överstigande 10-15 mm vid en mindre avsänkning på 1-2 m. För de skiktade jordarna respektive friktionsjordar krävs avsänkingsnivåer närmare 3 resp. 4 m om de bedömda sättningarna ska överstiga 15 mm för ett sättningsgivande jorddjup på 10 m.

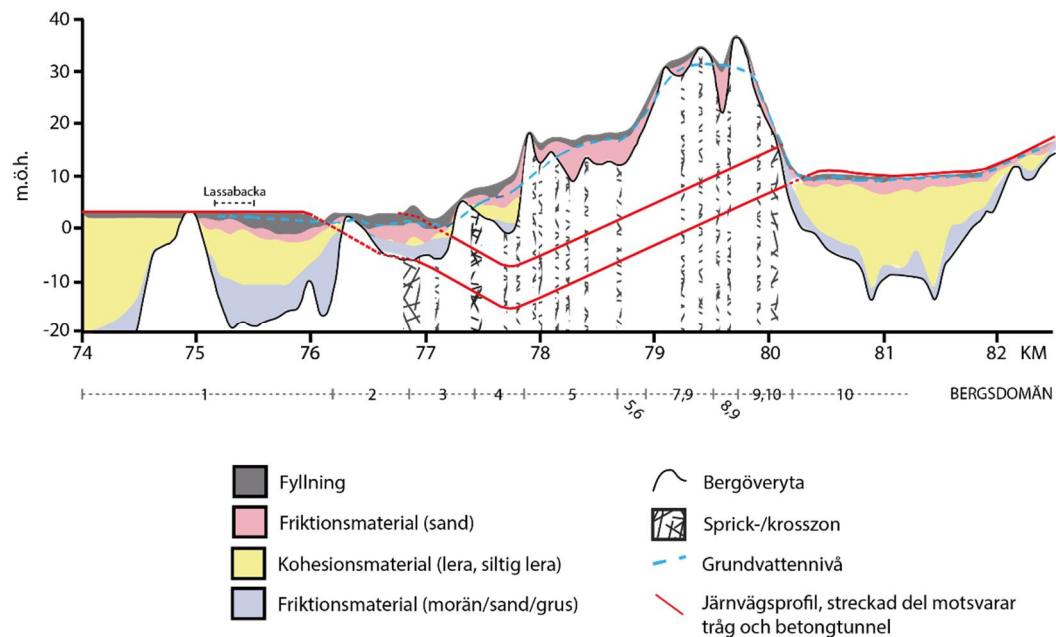


Figur 3-5, Figur som visar förhållandet mellan avsänkningsnivå, sättninggivande jorddjup och grundläggningstyp

4 Nuläge, befintlig situation

4.1 Geotekniska förutsättningar

Geologin i Varbergsområdet präglas, som på flera andra håll längs Västkusten, av bergplintar kringskurna av ofta djupa och långa, sedimentfyllda dalgångar/sprickdalar, vilket innebär att den nya järnvägssträckningen genom Varberg passerar omväxlande förhållanden från lösa leror till det hårdaste berget.



Figur 4-1, Principiell jord- och bergmodell från norr till söder

Geologin inom de områden som påverkas av grundvattensänkning har sammanfattas i kap 3 med de olika troliga grundläggningsalternativen. I ProjekteringsPM Geoteknik beskrivs de generella förhållandena inom de centrala delarna av Varberg enligt nedan:

Då jordlagerföljden varierar kraftigt är det svårt att ange några generella hållfasthetsvärden längs hela sträckan. I punkter där leran är som lösast och lerskikt med minst 2 m:s mäktighet har påträffats utvärderas lerans odränerade skjuvhållfasthet till mellan 15-20 kPa med hållfasthetstillväxt mot djupet. I sediment av sand och silt varierar friktionsvinkeln mellan 32-37 grader men även jordlager med betydligt högre lagringstäthet har också påträffats och friktionsvinkeln utvärderas då till mellan 37 och 42 grader.

I de centrala delarna av staden domineras alltså en skiktad jordprofil som normalt utgörs av fyllning, sand, lera (silt) och morän och jorddjup som varierar mellan 1-10 m över ett undulerande berg.

Längre söderut stiger bergnivån, jorddjupen minskar och jordarna utgörs av friktionsjordar. Mäktigare leror har påträffats vid stationshuset och i ett stråk österut samt vidare västerut mot hamnen. Leror som ingår i den skiktade jordprofilen och leror som förekommer i mäktigare lager har en odränerad skjuvhållfasthet i intervallet 15-20 kPa och bedöms som överkonsoliderade med minst 30-40 kPa baserat på de CRS-försök som togs i anslutning till tidigare nämnda kompletterande undersökningar.

Mera sättningskänsliga lösare och normalkonsoliderade leror förekommer i projektets norra delar som ligger utanför det bedömda påverkansområdet.

Nedanstående tabell visar materialparametrar som används avseende översiktliga sättningsberäkningar. Inga konsolideringssättningar förutsätts utan deformationsmoduler gäller för spänningar under förkonsolideringstrycket. Parametrar utgår från nu utförda undersökningar tillsammans med rekommendationer i TKGeo.

Figur 4-2. Förekommande jordtyper inom påverkansområdet

Jordlager	Deformationsparametrar
Friktionsjord, övre 2-3 m	E = 5 MPa
Lera i skiktad jordlagerprofil	E = 5 MPa (under förutsättning att 80% förkonsolideringsspänningar ej uppnås)*
Lera	E = 5 MPa (under förutsättning att 80% förkonsolideringsspänningar ej uppnås)*
Friktionsjord, undre	E = 30 MPa
Berg	Inte relevant

*CRS-försök som analyserats visar på en överkonsolidering på $s'_o + (30-40)$ kPa, vilket innebär att ovanstående deformationsparametrar är giltiga för avsänkningar understigande 3,0 m (30 kPa). Vid högre spänningar antas att konsolideringssättningar påbörjas med modulvärden på $M_L=1,4$ MPa för spänningar som överstiger förkonsolideringen.

För de tidigare presenterade grundläggningstyperna har följande viktningar gjorts för att erhålla en ekvivalent sättningsmodul för resp. grundläggningstyp.

Figur 4-3. Grundläggningstyper

Grundläggning	Ekvivalent sättningsmodul
Berg	Inte relevant
Jord, friktion	$E_{ekv}=25$ MPa. Med en antagen jordmättighet på 10 m där de översta 3 m har en modul på 5 MPa och de undre 30 MPa.
Jord, skiktad	$E_{ekv}=15$ MPa. (under förutsättning att grundvattensänkning är mindre än 3 m) Med en antagen jordmättighet på 10 m där de översta 3 m har en modul på 5 MPa, underliggande lera en modul på 5 MPa och de undre friktionsjordarna 30 MPa.
Jord, lera	$E_{ekv}=5$ MPa (under förutsättning att grundvattensänkning är mindre än 3 m)
Pålar	$E_{ekv}=5$ MPa (under förutsättning att grundvattensänkning är mindre än 3 m)
Okänd (ej inventerade)	Grundläggningstypen i analysen har valts till den mest förekommande, Jord, skiktad, med en sättningsgivande jordlagermättighet på 5 m.

4.2 Hydrogeologiska förhållanden

Havet i väster bestämmer utströmningsnivån för grundvattnet i Varberg. Inom projektområdet finns tydliga höjdskillnader som styrs av bergytetopografin. I de södra/centrala delarna av projektområdet ligger markytanivå på ca +35 till +40 m som högst. De lägst belägna delarna av projektområdet återfinns i norr där markytanivå ligger på ca +2 m. Grundvattentillströmningen sker i huvudsak från öst till väst.

Topografin styr till stor del grundvattennivåerna i berg och jord. Inne i de centrala delarna av Varberg styr även ledningsstråk grundvattennivåerna i jord.

Grundvattennivåer ligger yttlig 1-2 m under markytan i de lägre delarna i norr och i områden söder om bergtunneln. I övrigt ligger interpolerade grundvattennivåer i jord respektive berg längs med aktuell tunnelsträckning mellan 3-5 m under markytan.

5 Utredning, analys

5.1 Inledning

De planerade anläggningsarbeten som kan generera sättningar och som därmed kan ge skador på byggnader längs Varbergstunneln kan sammanfattas med:

1. Installation av stödkonstruktioner och bakåtförankrade dragstag.
2. Deformationer i stödkonstruktioner då schakter tas ut.
3. Grundvattensänkning.
4. Vibrationer.

Angående punkt 4 kan sprängningsarbete, installation av stödkonstruktioner, byggtrafik samt schakt-, fyllnings- och packningsarbeten generera vibrationer som kan skada byggnader. Byggnader ska också inventeras och analyseras i enlighet med SS 4604866:2011, vid ett senare skede i projektet innan byggstart. Denna riskanalys behandlas i Projekterings PM Riskanalys avseende vibrationsalstrande markarbeten, 101107-22-025-060, daterad 2016-04-30 samt i Projekterings PM Indriftsanalys och seismisk undersökning, 101107-22-025-061, daterad 2016-04-30.

5.2 Fastigheter nära schaktarbetena

Utgående från säkerhetsavstånd angivna i kapitel 3 har följande fastigheter valts ut där risk föreligger för skador p.g.a. närheten till planerad installation av stödkonstruktioner. Nedanstående fastigheter har riskklassificerats som A och är rödmarkerade på bilaga 1.

Tabell 5-1, Fastigheter som bedöms påverkas av stödkonstruktions- och schaktarbete och som har placerats i riskklass A, risk för skadliga sättningar

Fastighet	Beskrivning
Stationsbyggnad	Stationshuset i två våningar från 1880 borde vara grundlagt på pålar som är nedslagna till berg, men inget från fastighetsinformationen ger stöd för detta. Närbelägna undersökningar visar på 10-12 m:s jorddjup av lera.
Kv. Verkstaden 12	Byggnad i tre och sex våningar byggt 1957 är grundlagd på berg i vad som tros vara botten på ett tidigare stenbrott.
Kv. Verkstaden 5	Byggnad i tre våningar från 1943 är grundlagt på jord med platta på mark.
Kv. Tattarkullen 8, 9, 14 & 16	Km 77+000. Flerfamiljshus samt kontor. 2-3 vån med halvkällare. Betong och tegelfasad. Varierade jorddjup under byggnad. Jorddjup 1 – 7 m av "skiktad" typ.

Vid ovanstående genomgång har också fastigheter inom Kv. Svärdfisken bedömts ligga relativt nära sponten (10-15 m), men då grunda jorddjup förekommer vid fastigheterna har bedömningen gjort att de inte kan skadas av planerade grundläggningsarbeten.

- Kv. Svärdfisken 29, km 76+300, Industri kontor. Jorddjup 0-1 m. Fyllning.

- Kv. Svärdfisken 33, Km 76+400, Industri kontor. Jorddjup ca 1-2m. Fyllning på morän.
- Kv. Svärdfisken 32, Km 76 600, 1 till 2 vån hus kontor och verkstad i tegel och betong och troligtvis grundlagt på berg. Jorddjup 2-9m. Fyllning/skiktad sand/morän.
- Kv. Svärdfisken 31, Km 76 680, två till trevåningshus med kontor, restaurang. Tegelfasad. Troligtvis grundlagt på berg. Jorddjup 2-7m. Fyllning/skiktad sand/morän.

5.3 Fastigheter inom områden för grundvattensänkning

På grund av grundvattensänkningar erhålls en ökning av effektivspänningen i jorden som ger sättningar. Var meter grundvattensänkning resulterar i en lastökning av 10 kPa om den sker inom ett större område.

Befintliga fasta jordar inom Varbergs område som sand och morän ger normalt små sättningar. Påträffade leror kan dock generera större sättningar. Avgörande för sättningarnas storlek är också jordlagrens mäktigheter under uppmätta grundvattennivåer samt avsänkingsnivåer.

Beräkningar av vilka sättningar på befintliga byggnader som kan uppkomma inom påverkansområdet har beräknats med förutsättningar i kapitel 3 och 4.

Det förutsätts att inga byggnader är grundlagda på mäktigare organiska lager eller på sämre fyllning. Detta ställningstagande baseras på alla de geotekniska undersökningar som inventerats, där geotekniska åtgärder i form av urgrävningar eller pålning beskrivs. Det går i och för sig inte att garantera att de geotekniska rekommendationerna efterlevts.

Byggnader som är pålgrundlagda över mäktigare lerlager kan påverkas av grundvattensänkningar genom att leran sätter sig och genererar påhängslaster på pålarna. Är pålarna inte dimensionerade med tillräcklig säkerhet kan sättningar uppkomma.

Resultatet med körning av GIS-databasen med metod som beskrivs under kapitel 3 gav att 25 fastigheter har placerats i riskklass A, risk för skadliga sättningar, och är rödmarkerade i bilaga 1. Samtliga fastigheter påträffas i området där det förekommer lera.

Tabell 5-2, Fastigheter som bedöms påverkas av planerade grundvattensänkningar och som har placerats i riskklass A, risk för skadliga sättningar

Fastighet	Beskrivning
Briggen 4:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Flickskolan 5:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Flickskolan 6:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Getakärr 3:121	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Getakärr 9:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Getakärr 9:13	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Getakärr 9:14	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Kyrkan 1:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Kyrkoherden 1:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Köpmannen 11:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen

Fastighet	Beskrivning
Pipebruket 10:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Pipebruket 5:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Pipebruket 9:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Prosten 5:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Prosten 7:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Prosten 8:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Prosten 9:1	Totalt 6 poster (FNR_BR) i databasen
Prostlyckan 1:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Prostlyckan 2:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Prostlyckan 3:2	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Prostlyckan 4:2	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Tattarkullen 7:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Tattarkullen 8:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Tattarkullen 9:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Trädgården 6:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen

Tjugosju fastigheter har klassificerats i riskklass B, liten risk för skadliga sättningar enligt tabell nedan, medan huvuddelen av fastigheterna har placerats i riskklass C, det vill säga ingen risk för skadliga sättningar.

Tabell 5-3, Fastigheter som bedöms påverkas av planerade grundvattensänkningar och som placerats i riskklass B, liten risk för skadliga sättningar

Fastighet	Beskrivning
Apotekaren 1:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Bagaren 6:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Bagaren 7:1	Totalt 1 post(FNR_BR) i databasen
Bomlyckan 8:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Brunnsparken 5:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Brunnsparken 6:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Getakärr 3:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Getakärr 3:127	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Getakärr 3:46	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Getakärr 7:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Getakärr 7:2	Totalt 4 poster (FNR_BR) i databasen
Getakärr 9:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Getakärr 9:14	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Gyltalyckan 5:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Kvarnen 6:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Kvarnliden 2:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Kvarnliden 8:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Köpmannen 13:1	Totalt 3 poster (FNR_BR) i databasen
Köpmannen 2:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Mästaren 10:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Prosten 4:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen

Fastighet	Beskrivning
Renen 15	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Svärdfisken 30:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Svärdfisken 31:1	Totalt 2 poster (FNR_BR) i databasen
Tattarkullen 16:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Trädgården 7:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen
Trädgården 8:1	Totalt 1 post (FNR_BR) i databasen

6 Resultat, slutsatser

Fastigheter i riskzon för anläggningsarbeten är 4 st och redovisas i tabell 5.1. Det finns olika åtgärder för att minska riskerna genom väl genomarbetade metoder och arbetsbeskrivningar i byggskedet. Normalt begränsas t.ex. deformationerna genom att stagen förspänns. För minskad omgivningspåverkan vid stagborrning kan vatten användas istället för luft, som eventuellt också kan kompletteras med borrning med cement eller förlorat foderrör (lost-casing). Framåtförankringar kommer troligtvis också att användas vid norra bergpåslandet för den översta nivån, vilket också är en gynnsammare metod för mindre deformationer.

Fastigheter i riskzon för grundvattensänkningar blir, 25 st som redovisas i tabell 5.2. Bedömda sättningsbelopp överstiger 15 mm men betyder inte för den delen att skador uppkommer. Beräknade sättning för byggnader i klass A varierar mellan 15-40 mm.

Fastigheter som enligt denna riskanalys kan erhålla sättningsskador instrumenteras med sättningsdubbar i ett tidigt skede innan byggstart. Ett antal mätningar av dubbarna bör hinnas med innan byggstart för tillförlitliga värden. Dessa byggnader bör också genomgå en noggrann besiktning innan byggstart, så att det blir enklare för Trafikverket att hantera eller avfärda eventuellt uppkomna skador under byggskedet. Komplettering av geoteknisk natur kan också behövas för de fastigheter som betecknats "ej inventerade".

Sättningsdubbar i en fastighet bör också kompletteras med minst ett grundvattenrör som installerats i jordakvifären så att en eventuell grundvattensänkning i jorden kan följas.

Sättningsbeloppet på 15 mm föreslås i kommande kontrollprogram att ansättas som larmvärde. Uppnås larmvärdet så måste åtgärder vidtas. I kontrollprogram ska också redovisas ett gränsvärde, vilket inte får överskridas, t.ex., 25 mm.

De åtgärder som kan vidtas om larmvärden uppnås kan vara att kompensera grundvattensänkningar med lokal återinfiltration i den undre jordakvifären eller övre bergakvifären i anslutning till den fastighet eller fastigheter som drabbats. Då sättningarna utbildas relativt momentant måste infiltrationen komma igång tidigt, d.v.s. utsedd entreprenör måste i sina förberedande arbeten ha planerat för infiltration och ha utrustning snabbt tillgänglig.

7 Rekommenderat val/beslut/inriktning/fortsatt arbete

Föreliggande utredningen har visat vilka byggnader som troligtvis ligger i riskzonen för skador på grund av närhet till schaktarbeten eller på grund av grundvattensänkningar.

För de byggnader som utpekats som mest kritiska förutsätts att en fullständig besiktning och dokumentation inför byggstart utförs, och även behov av kompletterande geoteknisk undersökning om inga tidigare uppgifter finns tillgängliga.

Allt inventerat material samt besiktningens resultat bör också kopplas till en GIS-karta för bättre sökbarhet. Framtida mätdubbar och mätresultat kan också med fördel kopplas till denna databas för uppföljning i byggskedet.

Baserat på detta dokument, kompletterande riskanalys inför byggstart och upprättade kontrollprogram finns ett bra underlag för möjlig riskreducering i projektet.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 405 33 Göteborg. Besöksadress: Kruthusgatan 17.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se