

RAPPORT

FRAMTIDEN BYGGUTVECKLING AB

Robertshöjdsgatan Hydrogeologi

UPPDRAGSNUMMER 13005933

TEKNISK BESKRIVNING, SAMRÅDSUNDERLAG TILLSTÅNDSANSÖKAN VATTENVERKSAMHET



GRANSKAD

2018-10-22

Sweco Environment AB

Samrådsunderlag

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Bakgrund	1
1.3	Avgränsningar	3
1.4	Områdesbeskrivning	3
1.5	Höjd- och koordinatsystem	4
2	Planerad anläggning	4
3	Geologiska och geotekniska förutsättningar	6
3.1	Berggrund	6
3.2	Jordarter	7
3.3	Jordlagerföljd	8
3.4	Lerans deformationsegenskaper	8
3.5	Jordlagerförhållanden vid garaget	11
3.6	Jordlagerförhållanden i radhusområdet	11
4	Hydrogeologiska förutsättningar	12
4.1	Grundvattenmagasin	12
4.2	Grundvattenbildning	13
4.3	Grundvattennivåer	13
4.4	Hydraulisk konduktivitet	14
4.5	Grundvattenströmning	15
4.6	Grundvattenkemi	16
4.6.1	Inom påverkansområdet	16
4.6.2	Utanför påverkansområdet	16
5	Övriga tekniska förutsättningar	16
5.1	Ledningar	16
5.2	Radhusen	17
5.3	Stabilitet	18
5.4	Markrörelser	18
6	Beskrivning av planerad vattenverksamhet	19
6.1	Byggskede	19
6.2	Driftskede	19
6.3	Följdverksamheter	20

6.3.1	Utsläpp av vatten	20
6.3.2	Buller och vibrationer	20
6.3.3	Utsläpp till luft	21
6.4	Alternativa tekniska lösningar	21
7	Omgivningspåverkan och skyddsåtgärder	21
7.1	Konceptuell modell	21
7.1.1	Öppna förhållanden för grundvattenmagasinet	22
7.1.2	Slutna förhållanden för grundvattenmagasinet	22
7.1.3	Slutna förhållanden med läckage	23
7.1.4	Grundvattenbildning	23
7.1.5	Effekt av stödkonstruktion	24
7.2	Hydrauliskt påverkansområde	24
7.2.1	Undre grundvattenmagasin	24
7.2.2	Övre grundvattenmagasin	26
7.2.3	Infiltration	26
7.2.4	Bedömt påverkansområde	26
7.3	Sättningsprognos	28
7.4	Skyddsåtgärder	28
7.4.1	Tätning	28
7.4.2	Skyddsinfiltration	28
7.5	Påverkansområde vattenverksamhet och följdverksamheter	28
8	Utförande av kontroller	29
9	Referenser	30

Samrådsunderlag

RAPPORT
2018-10-22
GRANSKAD
ROBERTSHÖJD SGATAN HYDROGEOLOGI

1 Inledning

1.1 Syfte

Framtiden Byggtutveckling AB planerar bortledning av grund- och ytvatten samt har för avsikt att även infiltrera till grundvattnet i samband med schaktning för byggnation av underjordiskt garage vid Robertshöjdsgatan, stadsdelen Sävenäs i Göteborg. Denna tekniska beskrivning utgör samrådsunderlag för samråd inom processen att söka tillstånd för vattenverksamhet. Efter genomförd samrådsprocess kommer den att utgöra en bilaga till ansökan för tillstånd till vattenverksamhet. Denna tekniska beskrivning beskriver de verksamheter som söks för, garaget, schaktet för garaget, hydrogeologiska och geotekniska förutsättningar, bedömd grundvattenpåverkan och skadeförebyggande åtgärder.

1.2 Bakgrund

Vid Robertshöjdsgatan och Smörslottsgatan i stadsdelen Sävenäs i Göteborg har nya flerbostads- och lägenhetshus samt skola planerats inom ny detaljplan (Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, 2018). En översikt av planområdet och planerade byggnader visas i Figur 1. I område A planeras högre punkthus, i område B lamellhus och i område C par- och fyrbostadshus. Längs Robertshöjdsgatan i område B planeras två långsmala huskroppar längs med vägen. Dessa kommer att anläggas med ett underjordiskt sammanhängande garage i två våningar. Av de byggnader och anläggningar som planeras inom detaljplanen är detta garage det som ger upphov till vattenverksamhet. Vattenverksamhet kommer att ske i form av bortledande av inläckage grund- och ytvatten till schakt under byggskedet samt eventuell infiltration till grundvattnet. Åtgärder kommer att vidtas för att minska risken för spridning av grundvattentrycksänkning till följd av inläckaget till schakt. I driftskedet kommer ingen vattenverksamhet till följd av garaget att ske.



Figur 1 Planområdet med planerad bebyggelse inom delområde A, B och C. Garaget anläggs under hus B1 och B2.

2(30)

RAPPORT
2018-10-22
GRANSKAD
ROBERTSHÖJD SGATAN HYDROGEOLOGI

Garaget är sammanhängande under husen B1 och B2 längs Robertshöjdsgatan, se Figur 1.

1.3 Avgränsningar

Detta samrådsunderlag avgränsas till att behandla de verksamheter som tillstånd avser sökas för. Ansökan om tillstånd för vattenverksamhet under byggskedet omfattar:

- Bortledning av grundvatten och annat vatten (nederbörd, dagvatten, processvatten) från schakt för underjordiskt garage under byggnaderna B1 och B2.
- Inom redovisat påverkansområde eventuellt infiltrera vatten i jord eller berg för att minska utbredning av grundvattensänkning.
- Utföra och bibehålla anläggningar för dessa åtgärder.

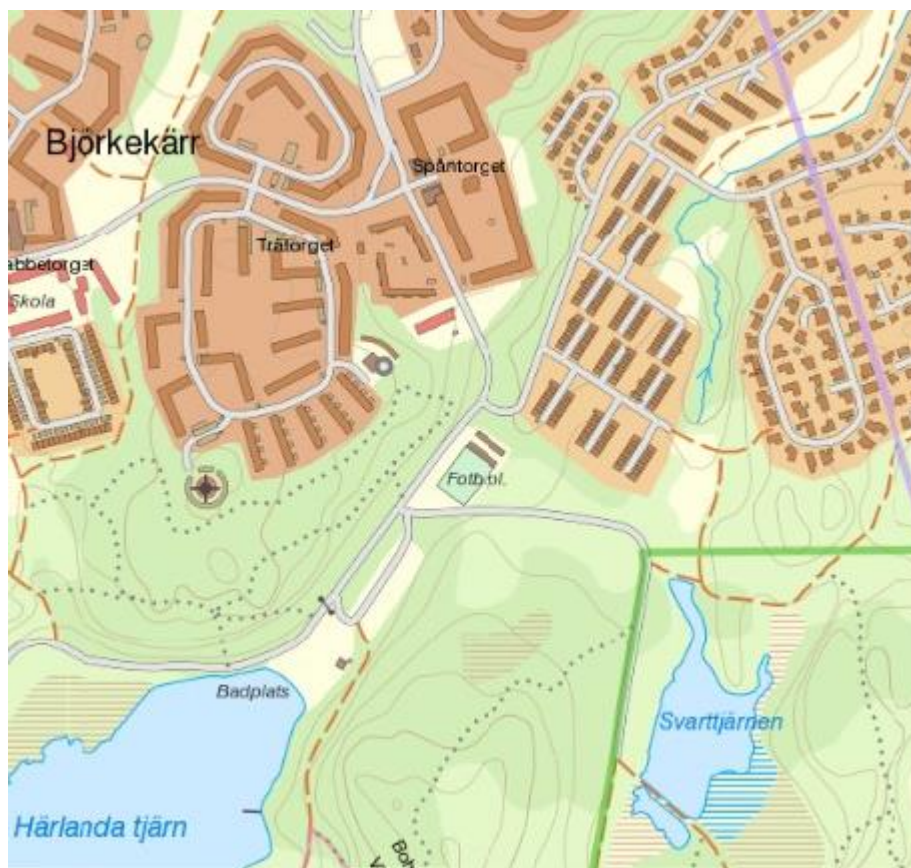
Till dessa vattenverksamheter kommer följande följdverksamheter:

- Buller och vibrationer från vissa arbetsmoment i samband med utförande av schakt och eventuella infiltrationsbrunnar.
- Buller från transporter av schaktmassorna.
- Utsläpp till luft från arbets- och transportfordonen samt dammning.
- Utsläpp av länshållat vatten till kommunalt dagvattennät.

Länshållningsvattnet ska under byggtiden, efter lokal rening, avledas till det kommunala dag- eller spillvattennätet. Avledningen skall ske i samråd med VA-huvudman och tillsynsmyndighet.

1.4 Områdesbeskrivning

Området där garaget ska anläggas ligger i en mindre dalgång mellan två bergshöjder som löper i nord-sydlig riktning, se Figur 5. Området ligger strax norr om sjön Härlandatjärn och Svarttjärnen. Markytan mellan bergshöjderna är relativt plan utom längs den östra delen där en grund ravin löper längs med den östra bergssidan samt i dalgångens södra ände där berget går upp i dagen. Nivåskillnaden mellan ravinbotten och omgivande markyta är ett par meter. Ett vattendrag finns i botten av ravinen, flödesriktningen är enligt VISS åt norr, det vill säga från Svarttjärnen och norrut. I Figur 2 visas ett klipp ur VISS karttjänst.



Figur 2 Utklipp från VISS som visar placeringen av byggnaden med underjordiskt garaget, Härlanda tjärn och Svarttjärnen samt bäcken.

På lantmäteriets historiska karta framgår att området inte var bebyggt 1960 men förberedelser för radhusområdet ser ut att vara påbörjade i och med att skog avverkats. Robertshöjdsgatan och Smörslottsgatan finns så som de ser ut idag. Radhusen beskrivs mer ingående i kapitel 5.2.

1.5 Höjd- och koordinatsystem

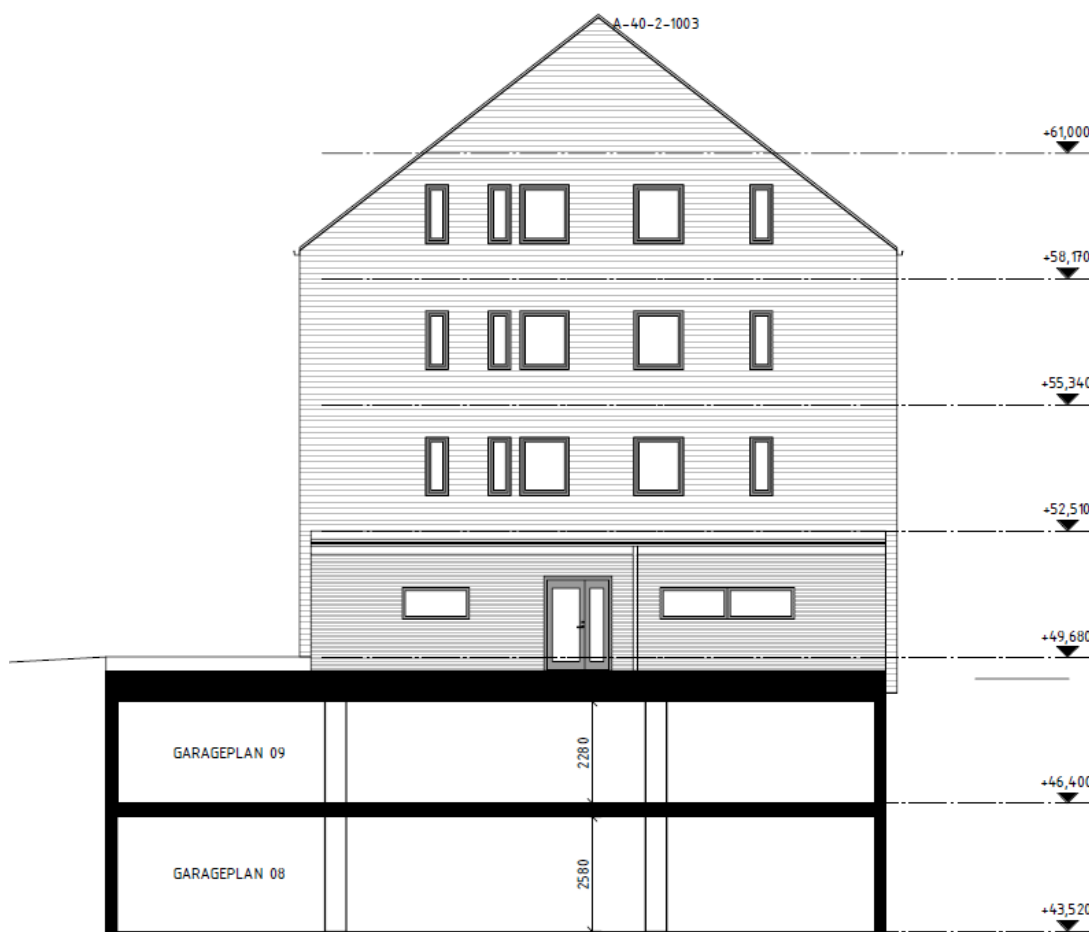
Använda referenssystem i plan och höjd är SWEREF99 12 00 och RH 2000.

2 Planerad anläggning

Garaget sträcker sig under båda husen längs med Robertshöjdsgatan, se Figur 1. Garaget anläggs med två våningar under mark. På den norra kortsidan anläggs en ramp ned till garagets övre plan. I den södra änden av garagets västra långsida anläggs en ramp mellan de båda våningsplanen. Den nedre våningens innergolvnivå är +43,5 och den övre våningens innergolvnivå är +46,4. Garaget fotavtryck är cirka 2300 m² inklusive ramperna och garagesidornas mått är 17,5 m x 131 m. Schaktet behöver vara ca 1,5 meter utanför längs alla sidor av garaget, det vill säga ungefär 20,5 m x 134 m. Garaget

rymmer parkeringsplatser och en del andra utrymmen så som trapphus och eventuellt förråd. Antalet garageplatser täcker upp för parkeringsbehov för hela detaljplanen. Andra parkeringslösningar har studerats men förkastats av olika skäl, detta beskrivs mer ingående i Miljökonsekvensbeskrivning.

I Figur 3 visas ett exempel på ena husets fasad mot söder. Garagets båda våningar under markplan har en större bredd än huset.



Figur 3 Sektion genom den södra fasade på hus B1.

För att anlägga garaget kommer schakt att behövas under byggskedet. Schaktarbete ska ske i torrhet. Det innebär ett visst grundvatteninläckage och behov av grundvattenbortledning. Beroende på jordförhållandena kommer schaktet i sin norra del att vara helt i berg medan den södra änden är helt i jord, se kapitel 3.5. Den del av schaktet som sker i jord kommer att gå ner i lera och inom vissa delar ner i friktionsjorden som underlagrar leran. Inom delar av jordschaktet kommer det kvarvarande lerlagret under schaktbotten att vara så pass tunt att det troligtvis schaktas bort.

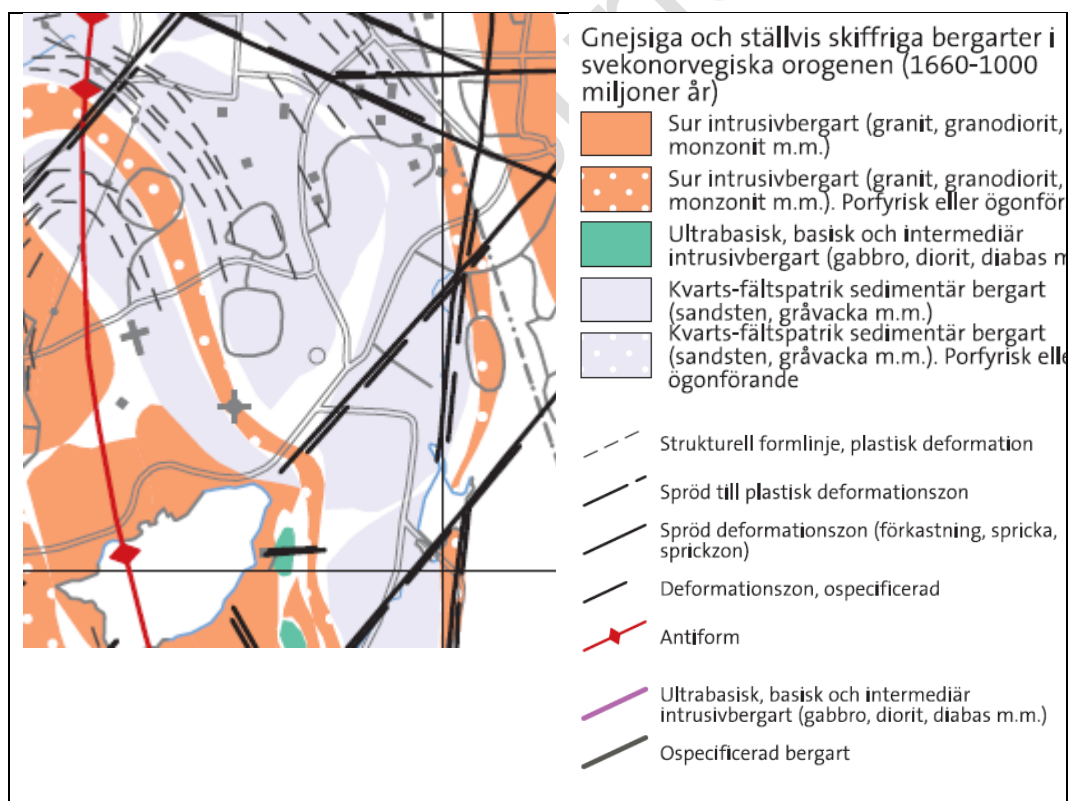
På grund av utrymmesskäl och schaktets djup kommer det att schaktas inom stödskonstruktion. De fall då grundvatteninläckage från friktionslagret mellan lera och berg kan uppkomma, är där schaktbotten når ner i friktionslagret. Eftersom grundvattentrycknivån i friktionslagret är högre än nivån på schaktbotten kan grundvatten läcka in i schaktet via glipor i stödväggen eller mellan stödväggen och bergöverytan.

3 Geologiska och geotekniska förutsättningar

Inför byggandet av garaget och tillståndsansökan har geotekniska och hydrogeologiska undersökningar utförts utöver den geoteknik som utförts tidigare i planprocessen. Därtill har bergtekniska och markmiljötekniska undersökningar utförts inom planområdet. Genomförda undersökningar av relevans för bedömning av grundvattenpåverkan beskrivs nedan.

3.1 Berggrund

Berggrunden utgörs av fin till medelkornig röd-grå gnejs (WSP b, 2017). Berget har generellt låg sprickfrekvens och är medel- till storblockigt. De vanligast förekommande sprickgrupperna har strykning NNE-SSV och VNV-OSO och stupar 70-80 grader samt flacka sprickor längs foliation som är orienterad 320/13 grader.



Figur 4 Klipp från SGUs berggrundkarta.

De allra ytligaste meterna kan vara uppspruckna och övergången mellan bergöverytan och friktionslagret ovan berg kan i så fall vara lite diffus. Berget bedöms inte vara speciellt vattenförande. Detta kan innebära ett lite större potentiellt inläckage till schaktet, än endast inläckage från moränen, men förändrar inte trycksänkningens spridning i omgivningen.

3.2 Jordarter

Jordartskartan från SGU visar dalgångens utbredning i nord-sydlig riktning, norrut från området mellan sjöarna. Urklipp från jordartskartan visas i Figur 5 nedan. Nivåskillnaderna mellan bergshöjderna och dalgången är relativt stor, cirka 10 meter. Markytan inom dalgången är relativt plan på kring +50. Dalgången är tätt bebyggd med ett radhusområde och längre norrut i dalgången består bebyggelsen av villor.



Figur 5 Klipp från SGUs jordartskarta.

Från sjön Härlanda tjärn och sjön Svarttjärnen löper två smalare sänkor som separeras av ett bergsparti som går upp i dagen. Vid Robertshöjdsgatans södra ände går de båda sänkorna ihop och bildar en bredare dalgång, cirka 250-300 meter bred. Det planerade schaktet ligger längs den västra kanten av denna bredare dalgång. Längs Smörslottsgatan och dalgången från Härlanda tjärn finns någon idrottsplats men annars ingen bostadsbebyggelse. I dalgången från Svarttjärnen finns stigar och friluftsområde.

I den bredare dalgången där de båda sänkorna går ihop finns ett tätbebyggt radhusområde som sträcker sig mellan Robertshöjdsgatan i väster och ravinen i öster. På bergshöjderna är jordtäcknet mycket tunt och berget går i dagen. I dalgången utgörs den ytliga jordarten av glacial lera. I ravinen längs den östra delen av dalgången förekommer tunt eller osammanhängande ytlager av postglacial sand eller grus.

3.3 Jordlagerföljd

Geoteknisk markundersökning har utförts för uppförandet av garaget och de planerade byggnaderna men undersökningen har också genomförts specifikt för att fungera som underlag för bedömning av hydrogeologiska frågeställningar. Genomförd undersökning redovisas i Markteknisk undersökningsrapport (Norconsult, 2017). Undersökningspunkter har placerats även i radhusområdet för att inhämta information om jordförhållandena där och inte bara lokalt vid det planerade schaktet. Detta beroende på att förhållandena i radhusområdet är viktiga att känna till för att kunna bedöma effekterna av en grundvattentrycksänkning under byggtiden för garaget och för att kunna vidta relevanta åtgärder.

Jordlagren utgörs i området av fyllning eller mulljord överst. Därunder följer torrskorpelera med en mäktighet av 2-3 m. Lager av sand eller silt kan finnas. Torrskorpeleran underlagras av halvfast till fast lera. Leran har generellt hög silthalt. Sand- och siltskikt finns i lerlagret. Lerlagrets underkant uppmättes till max ca 12 m djup vid södra änden av garage-schakten. Lerans vattenkvot är låg, mindre än 40%. Eftersom leran har en hög hållfasthet, är gränsen mellan torrskorpeleran och leran diffus. Lerans skjuvhållfasthet uppmättes till ett medelvärde av 40 kPa.

Leran vilar på ett relativt tunt och varierande tjockt friktionsjordlager som vilar på berg, generellt mindre än 1 m mäktig. I södra änden av schakten är friktionsjorden tjockare, cirka 3-4 m. Friktionsjorden bedöms att utgöras av bottenmorän och är fastlagrad. Block kan finnas i friktionsjorden.

3.4 Lerans deformationsegenskaper

Lermäktigheten är relativt jämn i radhusområdet, mellan 6 och 8 meter. Leran är överkonsoliderad och i de övre skikten starkt överkonsoliderad. Konflytgränserna visar att den siltiga leran är mellanplastisk.

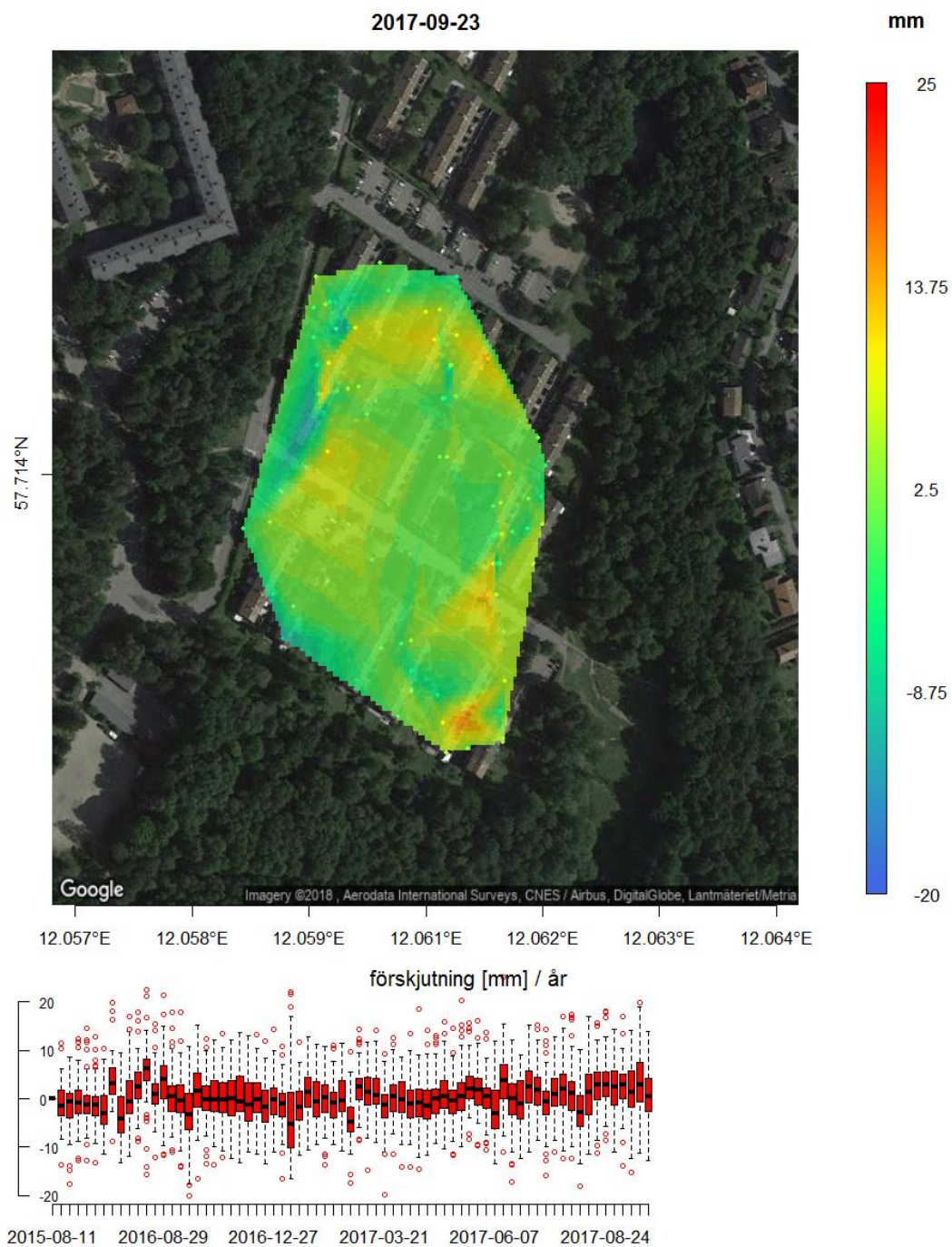
Undersökningarna visar att leran har relativt låg vattenkvot och är halvfast till fast. Leran utvärderas därmed till att vara överkonsoliderad. Leran har dock på grund av sitt höga

siltinnehåll och sin skiktade lagring ett mer elastisk sättningbeteende.

Sättningsegenskapen beskrivs som en modul. Elasticitetsmodulen bedöms till 5 MPa.

I en av punkterna i radhusområdet, 17S002, förekommer mäktigare siltskikt och även sandskikt. Sandskikt förekommer också i punkt 17S008. Detta tyder generellt på att leran kan ha korta dräneringsvägar, att den vertikala genomsläppligheten är betydligt större än i homogen lera och att trycksänkningar även kan sprida sig från schaktet i horisontalled in i lerlagret via skikt av silt och sand högre upp i lerprofilen. Trycksänkingsförlopp kan därför gå snabbare i denna lera än i homogen lera.

Sättningsmätningar via satellitsystem visar att inga sättningar pågår förutom variationen över årstider. Detta kan därmed tolkas att jorden är konsoliderat, dvs att inga sättningar pågår. Jorden tål viss ny belastning. Figur 6 visar sättningshastigheten samt variationen av sättningshastigheten baserad på mätdata av de senaste 3 åren. Uppmätt sättningshastighet visar ingen konstant trend och är inom felmarginalen av mätningen.



Figur 6 Uppmätt sättningshastighet mellan 2015-08 och 2018-08 samt variation.

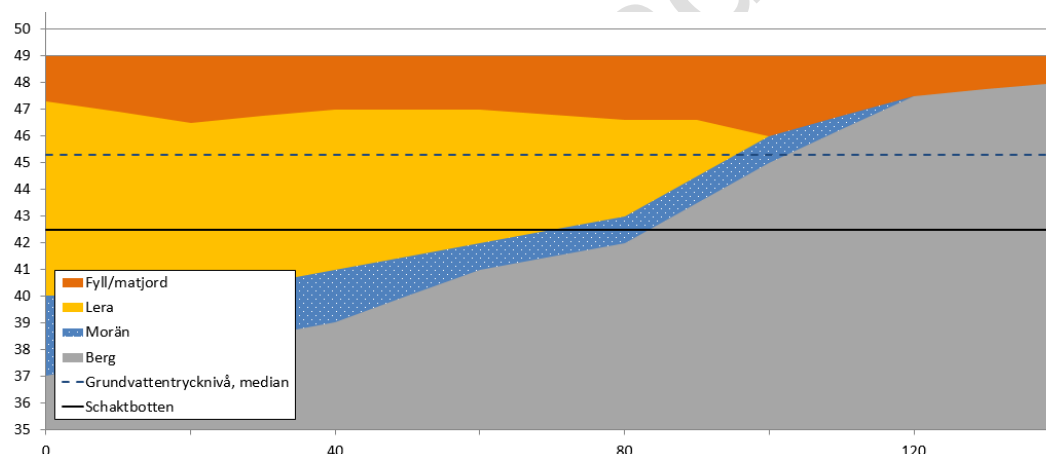
10(30)

RAPPORT
2018-10-22
GRANSKAD
ROBERTSHÖJDSGATAN HYDROGEOLOGI

3.5 Jordlagerförhållanden vid garaget

Garaget kommer att vara cirka 17,5 x 131 m² och ligger längs med befintliga Robertshöjdsgatan. Husen som kommer att stå ovanpå ligger precis i foten av en bergsslutning. Schaktet kommer i sin södra ände att vara helt i jord medan det i norra ände troligtvis är helt i berg. Däremellan sker en successiv övergång från jordschakt till att utgöras av bergschakt i botten och jordschakt överst till slutligen schakt helt i berg. Bergöverytan lutar ganska brant upp mot bergshöjden bakom garagets västra långsida och det är troligt att schaktet inom stora delar kommer att vara helt i berg längs den västra sidan och mer i jord i den östra sidan mot Robertshöjdsgatan.

Från profiler av de geotekniska undersökningar som utförts för garaget och tolkningar av dem har en ungefärlig profil ritats upp i Figur 7. I profilen har även uppmätt grundvattennivå lagts in. Mätningar i de installerade grundvattenrören visar på en relativt jämn grundvattenyta. Garagets kommande botten kommer att ha nivån +43,5. Det antas att schaktbotten kommer att vara cirka 1 meter djupare och +42,5 har ritats in i Figur 7. Avståndet mellan grundvattennivå och schaktbotten visar den blivande maximala grundvattentrycksänkning lokalt vid schaktet. Grundvattentrycksänkningen kan bli mindre om spont eller annan stödvägg utförs så att flödesmotståndet nära schaktet ökar.



Figur 7 Tolkad jordprofil längs med schaktet för garaget. Längs med långsidan mot Robertshöjdsgatan, ritad från söder till norr. Enhet meter på x-axeln och höjd enligt RH 2000 på y-axeln. Förställd skala. Grundvattentrycksnivån som visas för det undre grundvattenmagasinet är medianen av mätserie mellan september 2017 och september 2018.

3.6 Jordlagerförhållanden i radhusområdet

Baserat på resultatet av genomförd undersökning samt inventering av tillgänglig geologisk och topografisk information bedöms jordlagerförhållandena vara relativt lika inom den del av radhusområdet som ligger nära det blivande schaktet för garaget. Jordprofilen tolkas vara som visas i Figur 8. SGUs uppskattade bergdjup är inom dalgången generellt 5-10 meter med ökar norrut till 10-20 meter.



Figur 8 Tolkad jordlagerföljd i radhusområdet. Mäktigheterna kan variera, djupet till berg ökar norrut. Leran innehåller i vissa delar siltsikt.

4 Hydrogeologiska förutsättningar

Grundvatten förekommer i jordarternas porer och bergets vattenförande sprickor. Från ett visst djup och nedåt i jordprofilen är marken vattenmättad. Olika jordarter kan magasinera och transportera vatten olika väl, i friktionsjord är den vattenförande förmågan avsevärt bättre än i lerjordar. Det leder till att trycksänkningar i huvudsak sprider sig i genomsläppliga jordar. I lera kan vattentrycket sänkas men det tar väsentligt mycket längre tid än i friktionsjord. I samband med att vattentrycket i lera sänks komprimeras den något. I mäktiga lerlager där en stor del av lagret på lång sikt utsätts för en trycksänkning kan en sättning bli påtaglig på markytan. I de följande kapitlen beskrivs hydrogeologiska förutsättningar för grundvattenpåverkan under byggtiden av det underjordiska garaget.

4.1 Grundvattenmagasin

I området finns två grundvattenmagasin, åtskilda av det siltiga lerlagret. I dalgången förekommer tidvis under året en mättad zon i organisk jord, sand, fyllning och torrskorpelera ovan lerlagret. Detta lager kallas övre grundvattenmagasin. Troligtvis förekommer det maximalt cirka 1 meter vattenmättad zon i det övre grundvattenmagasinet och tidvis under sommaren möjligtvis ingen vattenmättad zon alls på grund av befintliga dränerande ledningsschakter och dräneringar.

I friktionsjorden under lerlagret finns det undre grundvattenmagasinet. Mäktigheten på detta är mellan 0,5 och 1,5 meter. Hela detta magasin är vattenmättat och

grundvattentrycknivån är ungefär 3 meter under nuvarande markyta, uppmätta nivåer i flera punkter har uppmätts mellan +44 och +46,5.

Längs dalgångens sidor följer det undre magasinet friktionsjord med berget upp och sannolikt finns här kontakt mellan det undre grundvattenmagasinet och det övre grundvattenmagasinet. Randzonerna längs dalgångens sidor utgör troligtvis nybildningsområden för det undre grundvattenmagasinet. Längs den smalare dalgången längs Smörslottsgatan ut till Härlanda tjärn förekommer svallgrus enligt SGU:s karta. Detta är sannolikt också ett nybildningsområde till det undre grundvattenmagasinet under leran.

Grovt sett kan även bergets vattenförande spricksystem betraktas som ett grundvattenmagasin med viss hydraulisk kontakt med undre magasinet. I den skala som är aktuell för garageschaktet bedöms dock bergets vattenförande förmåga vara mycket begränsad.

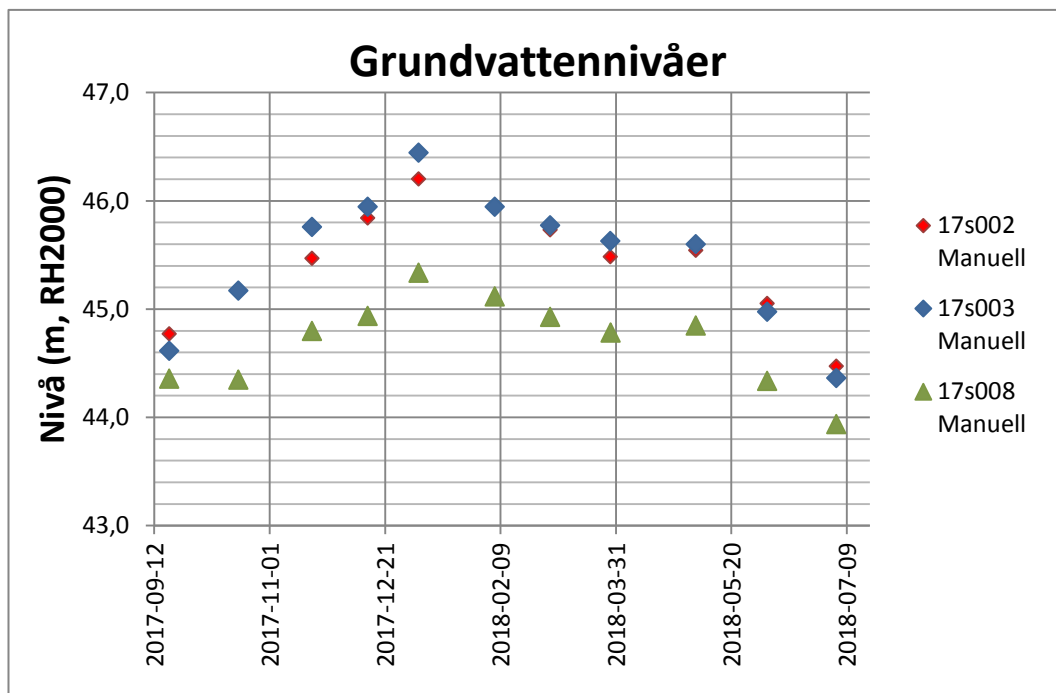
4.2 Grundvattenbildning

I området strax söder om dalgången, både längs med och mellan sänkorna från Härlanda tjärn och Svarttjärnen, finns större område av svallgrus och morän. Dessa naturområden där svallsand och morän överlagrar berget är troligtvis det huvudsakliga grundvattenbildningsområdet för det undre magasinet. Även ravinen i den östra delen av dalgången utgör ett nybildningsområde för det undre grundvattenmagasinet.

4.3 Grundvattennivåer

Grundvattenrör har installerats i tre omgångar i området. Inför byggskedet kommer ytterligare grundvattenrör att installeras. I första omgången installerades tre grundvattenrör med filter i det undre magasinet. Syftet med dessa rör var dels att få tidig information om grundvattentrycknivå, dels att påbörja en långsiktig mätning av normalvariation samt att möjliggöra hydrauliska tester för utvärdering av hydraulisk konduktivitet.

I Figur 9 visas uppmätta nivåer i grundvattenrör som installerades hösten 2017 längs Robertshöjdsgatan, Blacktjärnsgatan och Ormebäcksgatan.



Figur 9 Uppmätta grundvattennivåer i de tre installerade rören med längst mätserie. Fler mätpunkter finns.

4.4 Hydraulisk konduktivitet

Jordprover har tagits från friktionslagret som underlagrar leran. Sikt- och sedimentationsanalys har utförts på dessa prover för att uppskatta friktionsjordens hydraulisk konduktivitet. Som komplement har de tre grundvattenrör som installerades, ett vid planerat schakt och två ute i radhusområdet även slugtestats. Grundvattenrörens placering framgår av Markteknisk undersökningsrapport (Norconsult, 2017). Grundvattenrörens syftar även till att övervaka grundvattennivåer. Slugtesterna har utvärderats och lokal hydraulisk konduktivitet (K) erhållits även på detta sätt. Slugtesterna och beräkningar av K från siktanalyser visar på överensstämmelse. Ett av grundvattenrörens filter har hamnat i en punkt där det undre friktionslagret lokalt saknas eller lokalt innehåller mer finmaterial. Hydraulisk konduktivitet i denna punkt avviker och bedöms inte representativ för magasinet.

Tabell 1 Sammanställning av hydrauliska konduktiviteter. Mäktigheten på det undre friktionslagret bedöms vara 1 meter, i vissa punkter mindre och i vissa punkter kring garagets södra del där större jorddjup finns eventuellt större.

Punkt	Hydraulisk konduktivitet från siktkurva, $K_{Gustafson}$ (m/s)	Hydraulisk konduktivitet från slugtest (m/s)
17S002	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-9}$
17S003	$4,1 \cdot 10^{-9}$	Ej utvärderingsbar
17S008	$4,1 \cdot 10^{-6}$	$9,7 \cdot 10^{-7}$
18S001	Ej utförd	$5 \cdot 10^{-8}$
18S002	Ej utförd	$5 \cdot 10^{-9}$
18S003	Ej utförd	$8 \cdot 10^{-6}$
18S004	Ej utförd	$1 \cdot 10^{-5}$
18S005	Ej utförd	$9 \cdot 10^{-6}$

Röret 17S003 sitter i ett tunt lager friktionsjord med en stor andel ler och är inte speciellt vattenförande. Generellt visar utvärderade slugtester avsevärt lägre hydraulisk konduktivitet än siktanalyserna. Detta är relativt vanligt vid slugtest av jord med låg genomsläpplighet. Värdena från siktanalyserna bedöms mer realistiska för en situation där en större magasinvolym aktiveras. Värdena från siktanalyserna innebär även ett lite mer konservativt antagande.

Som ytterligare komplement till jordprover och slugtester i grundvattenrör har en mindre provpumpning utförts. Syftet med denna var att aktivera en större del av grundvattenmagasinet och se huruvida utvärdera genomsläpplighet från provpumpningen överensstämmer med andra testresultat. Korttidsprovpumpningen utfördes i 18S005 och avsänkning noterades i 18S004 och 18S003, varaktigheten på pumpningen var endast ett par timmar. Hydraulisk konduktivitet utvärderade till storleksordningen $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Det indikerar att resultatet med mycket låga genomsläppligheter i Tabell 1 sannolikt beror på mycket lokala förhållanden.

4.5 Grundvattenströmning

Det naturliga grundvattenflödet i det undre magasinet sker från söder mot norr men en liten naturlig gradient om ett par promille (0,003). Genomsläppligheten och mäktigheten i det undre magasinet, vilka båda är små, ger en naturligt långsam grundvattenströmning och ett litet flöde. Det naturliga grundvattenflödet, utan hänsyn till effektiv porositet, under ostörda förhållanden är i storleksordningen 10 cm per år norrut.

4.6 Grundvattenkemi

4.6.1 Inom påverkansområdet

Grundvattenkemisk analys för kartläggning av förekommande grundvattensammansättning i det undre grundvattenmagasinet har ej utförts då inga avvikelser från normalt jordgrundvatten väntas. De parametrar som förekommer naturligt i jordgrundvatten bedöms inte ha negativ inverkan i det kommunala dagvattennätet eller kräva någon behandling. De markmiljöundersökningar som utförts har inte gett indikation på att förorenat grundvatten väntas, det har heller inte identifierats någon historisk förorenande verksamhet som kan ha förorenat det undre grundvattenmagasinet (WSP a, 2017 och WSP, 2018).

4.6.2 Utanför påverkansområdet

Norr om schaktet och påverkansområdet för grundvatten, som visas i kapitel 7.2, har förhöjda halter av bland annat PCB uppmätts. Detta bedöms kunna bero på en tillfällig transformatorstation som kan ha stått där. Ännu lite längre norrut har efterbehandling av en bensinstation gjorts, viss restförorening kan då ha lämnats. Båda dessa platser ligger utanför bedömt påverkansområde och nedströms schaktet. Den som ligger närmast är den där transformatorstationen kan ha legat. Sådan förorening bedöms i så fall förekomma ytligt i jordprofilen och inte i det undre magasinet. Mellan schaktet och platsen går berget upp i dagen och bedöms därför begränsa påverkansområdets utbredning norrut. Det finns därför inga indikationer på att den sökta vattenverksamheten skulle leda till att potentiell markförorening flyttar på sig.

De normala grundvattenströmningarna i området är långsamma. Under tiden länshållning av schaktet pågår kommer den naturliga gradienten störas av skapad gradient västerut inom påverkansområdet. Detta sker dock under en begränsad tid och åtgärder kommer att vidtas för att avsänkningen blir liten, därmed blir även den tillfälliga störningen av den naturliga gradienten liten. Sammantaget bedöms länshållning av schaktet inte kunna leda till att eventuella föroreningar i markgrundvatten förflyttas.

5 Övriga tekniska förutsättningar

5.1 Ledningar

De ledningar som främst kan vara känsliga för sättningar är, förutom radhusområdets ledningar som beskrivs nedan, vattenledningar. Göteborgs stad, Kretslopp och vatten samt Trafikkontoret, har ledningar bland annat längs med Robertshöjdsgatan. Dessa ledningar kommer att läggas om i samband med att gatan ska korrigeras något. Efter ledningsomläggningen iordningställs gatan till dugligt skick för att efter färdigställda byggnationer göras helt i ordning. Ledningarna och gatan ligger nära schaktet och således inom det område där grundvattenstrycksänkningen kan bli som störst.

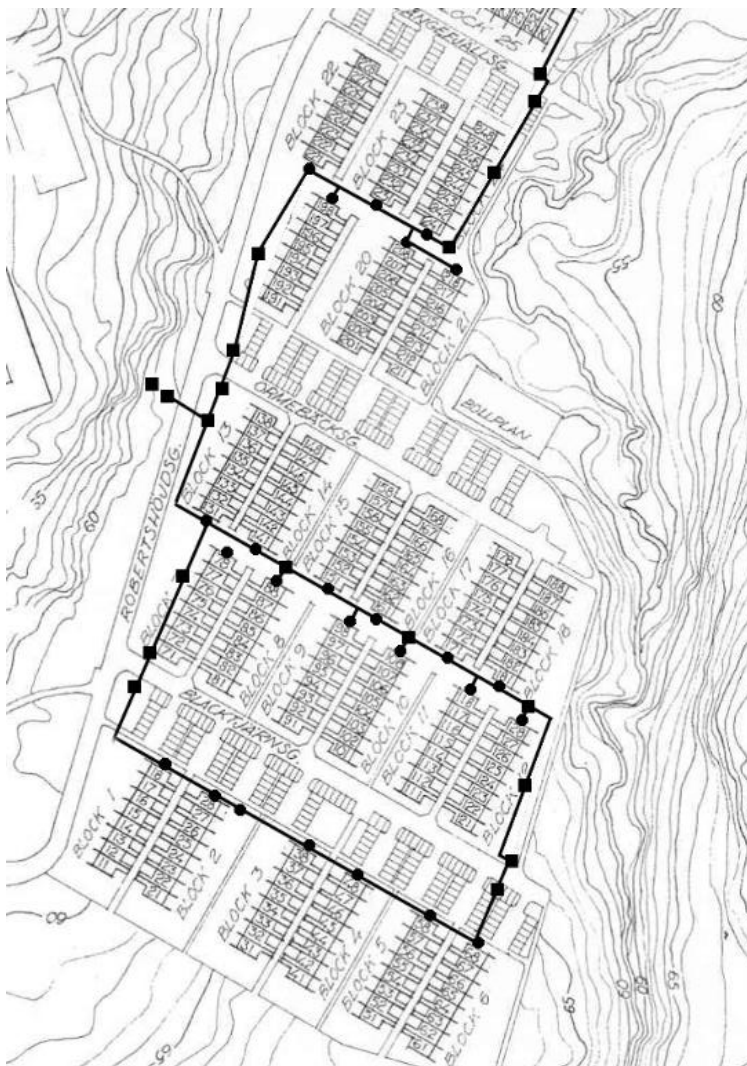
Även Skanova och Göteborgs Energi har ledningar i området.

5.2 Radhusen

Radhuslängorna byggdes mellan 1960 och 1962. Hela radhusområdet utgörs av 29 längor med sammanlagt 232 bostäder.

Radhuslängorna är i två våningar och utan källare. Husgrunderna består av betongplatta med gjuten, armerad kantbalk under ytterfasaderna. Betongplattan är 10 cm tjock och armerad, under bärande och lägenhetsskiljande väggar är den förtjockad. Betongplattan ligger på en bädd av sprängsten på den naturliga undergrunden av sandig lera. Indikation i omgivning och geologiskt kartmaterial (se Figur 5) innebär att jordmåktigheten kan vara mycket liten i den södra delen av området och radhusen där möjligtvis stå på berg snarare än lager av lera.

Varmvatten- och värmeproduktion sker utanför området och ledningskulvertar i området förser radhusen med vatten och fjärrvärme. Kulvertarnas läge visas i Figur 10. Under golvet på bostädernas kökssida är en kulvert dragen för värme och vatten. Avloppsledningar av Höganäsrör är dragna utanför husen med servisavstickare till varje radhus. Vid ena gaveln på varje länga finns avstängningsanordning för vatten och värmesystem i nedstigningsbrunn.



Figur 10 Ritning över fjärrvärmekulvert, hämtad från Robertshöjds Samfällighetsförenings hemsida www.robertshöjd.se 2018-09-05.

5.3 Stabilitet

I dalgångens östra sida löper en ravin men ett vattendrag. Relativt branta sluttningar gör att detta område kan vara skredkänsligt. Arbeten med schaktet i dalgångens västra sida ett par hundra meter bort bedöms inte orsaka vibrationer som kan påverka släntstabiliteten längs ravinen.

5.4 Markrörelser

Området ligger på lergrund och i samband med att radhusen byggdes kan markytan ha fyllts upp. Det kan leda till att sättningar kan ha skett till följd av belastningen från husen och utfyllnaden, alternativt att sättningar fortfarande pågår. Satellitdata över området

18(30)

RAPPORT
2018-10-22
GRANSKAD
ROBERTSHÖJD SGATAN HYDROGEOLOGI

inhämtas för att se hur markrörelserna varit de senaste åren, se kapitel 3.4. Det pågår inga markrörelser i form av sättningar. Därtill kommer markrörelser att mätas inför, under samt efter byggskedet av garaget. Radhusen kommer att besiktigas med avseende på sprickor och sättningsskador inför byggskedet samt efteråt.

6 Beskrivning av planerad vattenverksamhet

6.1 Byggskede

Garaget i byggs i ett schakt som torrhålls medelst länshållning. Majoriteten av länshållningsvolymen kommer att utgöras av nederbörd och processvatten. Vi eventuella otätheter i schaktets väggar, vilket är svårt att helt undvika, kommer ett litet basflöde av grundvatten att läcka in till schaktet. Vattenverksamheten kommer alltså att inledas så fort schaktbotten är djupare än rådande grundvattentrycknivå och eventuellt inläckande grundvatten bortleds. Följder av detta beskrivs mer ingående i kapitel 7. Bortledningen av grundvatten pågår till dess att källarväggarna är uppförda och schaktet utanför dem återfyllt. Denna period bedöms kunna vara upptill ungefär 1,5 år.

Utöver bortledning av inläckande grund- och ytvatten ansöks om tillstånd för att vid behov och möjlighet infiltrera till grundvatten. Avsikten är att infiltrera till undre grundvattenmagasin under byggskedet inom det redovisade påverkansområdet i kapitel 7.2 för att minska utbredningen av eventuell trycksänkning. Infiltrationen är dock inte en nödvändig skyddsåtgärd. Platsutrymmet är relativt begränsat men det går inte att peka ut exakta placeringar eftersom det dels beror på vilka nivåer som uppmäts i kommande kontrollmätningar och dels beror på lokala jordlagerförhållanden. Det är heller inte säkert att infiltration kommer att tillgripas.

6.2 Driftskede

Den vattenverksamhet som söks för sker endast under byggskedet. I driftskedet finns inget länshållningsbehov och ingen vattenverksamhet kommer att ske.

Återfyllnadsmaterial kring källarens utsida kan stå i förbindelse med det undre grundvattenmagasinet. På så vis kan väntas att grundvattentrycknivån i återfyllnadsmaterialet blir densamma som det rådande grundvattentrycket i det undre magasinet.

Källaren utformas så att den klarar det normala grundvattentrycket. Dräneringsledningar får ej placeras djupare än att den normala grundvattennivån bibehålls. Vid behov placeras strömningsavskiljande fyllning i ledningsschakter som leder ut från garaget och som har en lägre nivå än den naturliga grundvattennivån i det undre magasinet.

I driftskedet kommer ett fördröjningsmagasin av dagvatten potentiellt kunna bidra till lokal infiltration till det undre grundvattenmagasinet. Syftet med fördröjningsmagasinet är inte att påverka grundvattennivån men jordlager- och djupförhållandena är sådana att viss infiltration sannolikt kan ske från magasinet till grundvatten. Fördröjningsmagasinet kommer inte att ge några negativa effekter via grundvatten på allmänna eller enskilda

intressen. Snarare är det positivt i och med att det samverkar med den naturliga grundvattenbildning som sannolikt sker längs dalgångens sidor.

6.3 Följdverksamheter

6.3.1 Utsläpp av vatten

Länshållet vatten kommer att släppas på stadens ledningsnät efter att ha genomgått erforderlig rening och hantering så att miljöförvaltningen Göteborgs Stads riktlinjer möts. Det är partiklar och suspenderade partiklar som kan finnas i förhöjda halter i länshållningsvattnet, grundvattnet förväntas inte vara förorenat. Inget länshållningsvatten släpps i naturen.

Sannolikt blir inläckaget av grundvatten, basflödet, så litet att det inte ens kommer att länshållas kontinuerligt utan endast i starten av varje arbetsdag. Vid nederbörd blir situationen en annan och kontinuerlig länshållning kan krävas. Nederbördsvatten kommer alltså att dominera och dimensionera länshållningssystemet.

Beredskap kommer finnas för att omhänderta eventuellt spill av petroleum eller kemikalier i schaktgropen eller näraliggande markyta. Förvaring av flytande kemiska ämnen kommer att ske så att risk för påkörning eller spill som gör att ämnet kan nå schaktet minimeras.

6.3.2 Buller och vibrationer

Det buller som uppkommer under byggskedet för schaktet orsakas av arbetsmoment, arbetsfordon och lastbilstransporter av schaktmassorna. De arbetsmoment som förväntas bullra är spontning, grävning, pålning, kompaktering, borrar, sprängning och bilning. Dessa pågår under arbetet i kortare eller längre perioder och ger upphov till olika bullernivåer. Vissa ger även upphov till vibrationer. Sprängning kommer att ske med sprängmattor och salvorna anpassas efter omgivningen.

Byggtransporterna är ytterligare en ljudkälla. För vattenverksamheten är det transport av schaktmassor som utgör följdverksamhet. Denna aktivitet kommer att pågå med olika intensitet under byggskedet. Transporterna kommer att ske dagtid och uppskattningsvis kommer ungefär 2 000 lastbilslast att köras bort.

Arbetet styrs enligt Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser (NFS 2004:15) men under vissa arbetsmoment beskrivna ovan kommer högre bullernivåer att förekomma. Vid behov kan skyddsåtgärder som anpassning efter speciella arbetstider upprättas.

Riktvärden kommer att tas fram för vibrerande aktiviteter så att vibrationerna inte skadar radhusen. Vid framtagande av dessa värden tas hänsyn till hur radhusens konstruktioner är utformade. Innan schaktarbetena påbörjas kommer radhusen att besiktigas så att deras status är dokumenterad innan vibrerande arbeten påbörjas. Efter avslutade arbeten sker en ny inventering.

6.3.3 Utsläpp till luft

Arbetsfordon och transporter bidrar till tillfälligt ökat utsläpp till luft. Krav i linje med Göteborgs Stads krav kommer att ställas på dessa maskiners utsläpp i upphandlingen. Under torr väderlek kan även dammning till luft uppkomma, det finns flera åtgärder för att minska störningen i omgivningen från detta. Exempelvis bevattning i arbetsområdet och övertäckning av massor under transporter.

6.4 Alternativa tekniska lösningar

Den tekniska lösning som beskrivs i denna TB och som utgör den sökta vattenverksamheten är att schaktet utförs inom stödkonstruktioner och inläckande grundvatten länshålls tillsammans med nederbördsvatten. Stödkonstruktion innebär i sig att inläckaget reduceras. Därtill kan eventuellt infiltration användas för att höja grundvattentrycket utanför schaktet. Detta är en standardmässig lösning som utgörs av väl beprövad och utarbetade metoder.

7 Omgivningspåverkan och skyddsåtgärder

Den grundvattenpåverkan som länshållning av schaktet kan leda till är grundvattentrycksänkning i friktionsjorden under leran. Eftersom schaktet behöver stå öppet en längre tid, flera månader, kan trycksänkningen även sprida sig uppåt i lerlagret och till viss del dränera detta. Den effekt som i teorin riskeras vid avsänkt grundvattentrycknivå är kompression av lerlagret, av vilken konsekvensen kan bli sättningsskador på byggnader och ledningar. Huruvida detta uppstår beror på lerans deformationsegenskaper i kombination med trycksänkningens storlek och utbredning. Leran har undersökt och bedöms klara den aktuella trycksänkningen utan att skadliga sättningar kan uppkomma. Som en extra säkerhet är avsikten att infiltration till grundvatten i det undre magasinet att ske för att minska avsänkningens utbredning. Det är dock inte nödvändigt att minska avsänkningens utbredning.

7.1 Konceptuell modell

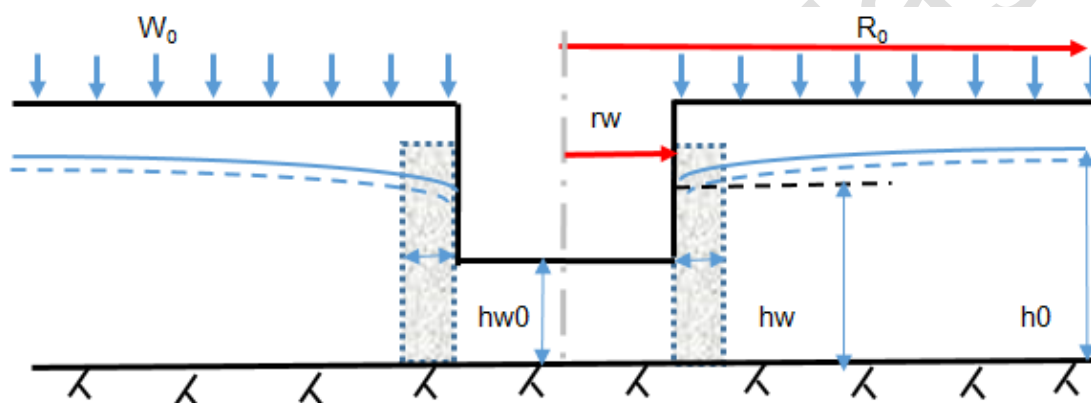
I Figur 7 är en bedömd jordlagerprofil längs garaget uppritad. Friktionslagrets underkant jämfört med schaktbotten och befintlig grundvattennivå ger att en avsänkning på 2,5 meter vattenpelare bedöms vara lämplig och något konservativ i beräkningarna. Om spont med väl utförda spontlåsningar används och läckage mellan spontfot och berg är begränsat, kommer avsänkningen att bli mindre, och då är antagandet 2,5 meter tydligt konservativt.

I Figur 7 syns att kvarvarande lermäktighet under schaktbotten är relativt begränsad. Överslagsmässig beräkning av stabiliteten mot hydraulisk upplyftning av schaktbotten visar att den mothållande tyngden från lerlagret ej är tillräckligt. Beroende på vald grundläggningsmetod och övriga bedömningar för utförandet av schaktet kan det vara rimligt att anta att lerlagret schaktats bort, i alla fall inom vissa delar av schaktet. I beräkningarna har en schaktarea som motsvarar ungefär hälften av schaktarean använts

för den del av schaktet som kan anses ha direkt hydraulisk kommunikation med friktionslagret.

7.1.1 Öppna förhållanden för grundvattenmagasinet

Trots att magasinet sannolikt är slutet, på grund av det överlagrande lerlagret, har beräkningar för ett magasin med öppna förhållanden utförts. Detta eftersom lerlagret ovanför grundvattenmagasinet är siltigt och ibland sandigt, vilket innebär att ett lerlagets karakteristiskt tätande funktion ej är helt uppfyllt på denna plats. Beräkningarna är gjorda för stationärt tillstånd med grundvattenbildning enligt bland andra Todd och Mays (2005). Grundvattenbildning är inkluderad i beräkningsmodellen men är satt till ett relativt lågt värde på 100 mm/år.

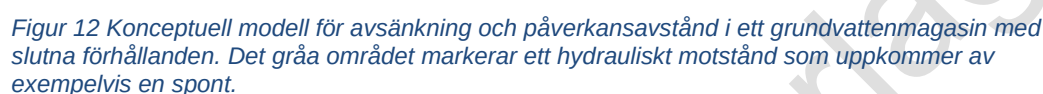


Figur 11 Konceptuell modell för avsänkning och påverkansavstånd i ett grundvattenmagasin med öppna förhållanden.

Två beräkningsfall utförs för öppen akvifer: ett fall med spont och ett fall utan spont. Fallet utan spont är konservativt.

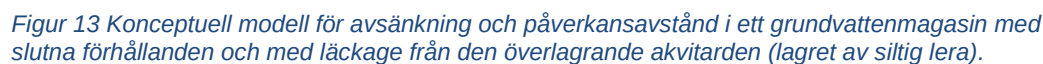
7.1.2 Slutna förhållanden för grundvattenmagasinet

Beräkningar för fallet slutna akvifer utförs. I slutna akvifer blir påverkansavståndet större än i en öppen akvifer eftersom grundvattenbildning inte sker inom påverkansavståndet utan kommer från det undre magasinet. Grundvattenbildning kommer från magasinets ränder och är ganska liten. I detta fall har samma grundvattenbildning som för öppen akvifer använts. Med tanke på avståndet till troliga nybildningsområden ovanliggande lerlagrets relativt begränsade mäktighet och lerlagrets relativt stora siltinnehåll bedöms att helt slutna förhållanden inte föreligger.



Två beräkningsfall utför för slutna akvifer; ett fall med spont och ett fall utan spont. Fallet utan spont är konservativt. Beräkningar med slutna förhållanden utgör de mest konservativa.

Detta är den konceptuella modell som är mest troligt för aktuellt grundvattenmagasin. I denna modell förekommer läckage genom det siltiga lerlagret ovanför grundvattenmagasinet. Läckaget har sitt ursprung från grundvattenbildning och dess storlek avgörs av mäktigheten på lerlagret och dess vertikala genomsläpplighet.



Någon sådan här beräkning utförs inte. Den motsvarar ett mellanting av de andra två.

Grundvattenbildning sätts till 100 mm/år. Detta är en relativt låg grundvattenbildning, vilket är konservativt. Valet av en låg grundvattenbildning grundar sig på att de

förekommande ytliga jordlagren har låg vertikal hydraulisk konduktivitet. Dock förekommer troligtvis positivt hydraulisk rand i sydöst där område med svallsand och morän ovan berg finns. Detta område av friktionsjord i dagen har en större grundvattenbildning och kommer att kunna bidra till tryckuppehållande effekt om avsänkningstratten når hit.

Från schaktet är det cirka 60 meter till området med svallsand och morän och cirka 200 meter till ravinen. Tolkningen är att positivt hydraulisk rand finns cirka 60 meter från schaktets södra del och ytterligare en kan finnas 200 meter bort.

7.1.5 Effekt av stödkonstruktion

Exempelvis en stålspons kan i vissa fall bli i det närmaste tät men allra oftast förekommer små springor i låsfunktionen mellan spontplankorna eller i övergången mellan jord och berg. Det skapar ett läckage som motsvaras av en lokal permeabilitetsreducering i jämförelse med omgivande jordlager. Andra typer av stödkonstruktioner kan ge ungefär samma effekt avseende permeabilitetsreducering. Genom att relatera den totala arean springor till den totala arean spontplank är det vedertaget att simulera spontväggs hydrauliska genomsläpplighet med ett K-värde motsvarande $1 \cdot 10^{-7}$ m/s och en tjocklek på 1 m. Lägre genomsläppligheter går att nå specifikt tätande spontlås. Minsta lilla springa mellan spontplank som angränsar mot ett vattenförande materialskikt, eller grundvattenmagasin, kommer att ge inläckage och en sänkning av grundvattentrycket. I oturliga fall kan spontlåsen hoppa isär, eller så kan spontplank avslutas för högt upp i den vattenförande delen av jordprofilen. Då blir genomsläppligheten över spontväggen betydligt större i ett sådant avsnitt. Av den anledning har beräkningar utförts både för inläckagesituationer med spont (av "standardtäthet") och inläckagesituationer utan spont. Det senare fallet fungerar då som konservativt jämförelsefall.

7.2 Hydrauliskt påverkansområde

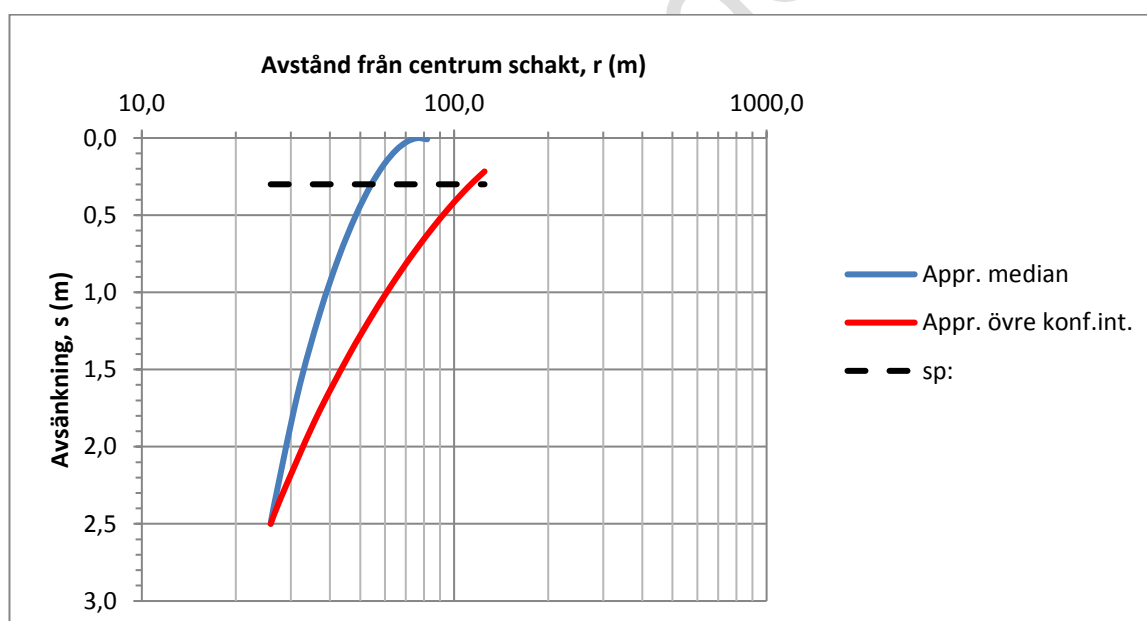
Enligt praxis definieras påverkansområdet för grundvatten som det område inom vilket trycksänkningen är större än 0,3 meter. Nivåförändringar mindre än 0,3 meter bedöms inte kunna skiljas från naturlig variation i jordlager. Detta mått har använts även här vid framtagande av påverkansområdet. Vad den naturliga variationen verkligen är varierar förstås från plats till plats och på denna plats har den uppmätts vara större.

7.2.1 Undre grundvattenmagasin

Ungefär halva schaktet är i kontakt med friktionsjorden på ett sådant sätt att grundvatten från den undre friktionsjorden kan läcka in till det. Schaktet kommer att spontas men risk finns att skarvar mellan spontplankorna blir otäta. Därtill kommer schaktet att gå ner till och genom övergången mellan jord och berg, i sådana geometrier ger en spontvägg inte komplett tätning. Av denna anledning bedöms grundvatteninläckage kunna ske till schakt, vilket ger en trycksänkning om maximalt 2-3 meter precis vid schaktet.

Med tanke på friktionsjordens låga hydrauliska konduktivitet blir avsänkningstratten relativt brant och påtaglig trycksänkning sträcker sig inte speciellt långt ut. Dock ligger

Diagrammet nedan visar påverkansavståndet utbredning (teoretisk avsänkningstratt) för valda parametrar: mest troligt påverkansavstånd (median) och maximalt påverkansavstånd (övre konfidensintervall, 10 % sannolikhet av överskridande). På grund av de varierande förhållandena kring schaktet (berg i dagen väster om schakter och jordlager kring övriga sidor samt nybildningsområden för grundvatten) kommer den faktiska avsänkningstratten i verkligheten inte att se ut exakt så här. Istället kommer den att ha kortare utsträckning åt öst-sydöst (median) och lite längre utbredning åt öst-nordöst (maximalt).



Det största möjliga påverkansområdet bedöms vara 100 meter, maxfallet i Figur 14, men kommer sannolikt av flera olika anledningar att bli mindre. Dessa anledningar är att stödkonstruktionen kring schaktet kommer att minska trycksänkningen, att även ogynnsamma förhållanden beaktats i beräkningen och att slutligen ett konservativt mått valts. Den konceptuella modell som använts i beräkningar gäller exempelvis då jämvikt ställt in sig efter lång tid. I verkligheten är trycksänkingsförloppet transient och relativt

långsamt, påverkansområdet kommer att vara mycket mindre först och långsamt sprida sig utåt. Maxfallet 100 meter har valts som påverkansavstånd och ligger till grund för avgränsning av sakägarkrets och utformning av kontrollprogram och skyddsåtgärder.

7.2.2 Övre grundvattenmagasin

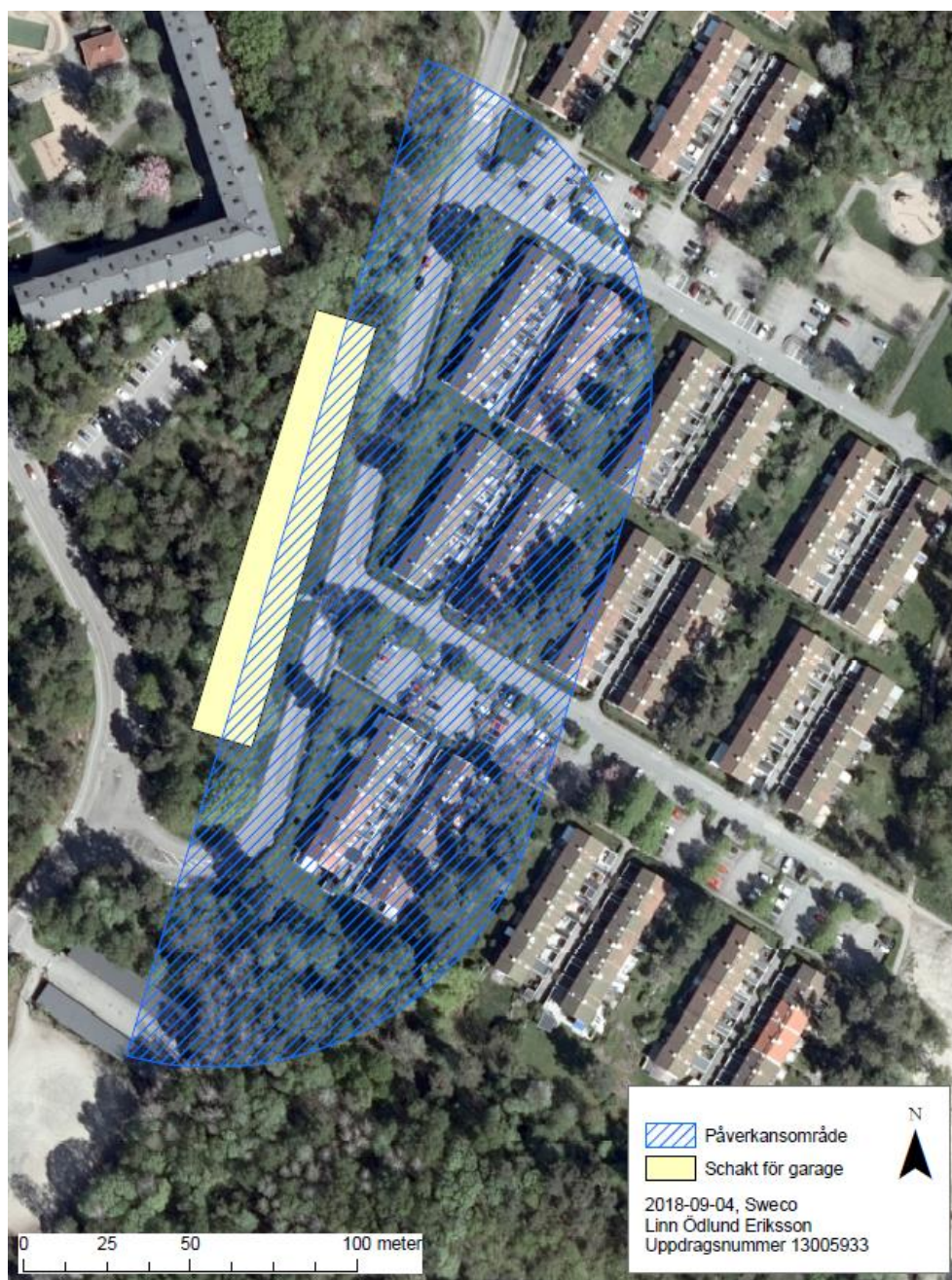
Liksom grundvatten från det undre magasinet kan läcka in genom glapp och glipor i schaktets stödkonstruktion kan även grundvatten från det övre grundvattenmagasinet göra det. Det övre grundvattenmagasinet har dock begränsad mäktighet, liten mättad mäktighet med stående vatten vilken påverkas starkt av nederbörd och torka samt redan är påverkad av befintliga ledningsschakter och dräneringsledningar. Detta leder till att det avsänkingsområde som kan uppkomma i det övre grundvattenmagasinet kring schaktet bedöms vara mycket begränsat och mindre än det i det undre magasinet. Något specifikt påverkansområde i det övre magasinet redovisas inte.

7.2.3 Infiltration

Om den planerade infiltrationen till det undre grundvattenmagasinet utförs uppkommer ett påverkansområde inom vilket grundvattentrycknivån är höjd. Där områden för höjning och sänkning går in i varandra läggs deras effekter ihop. Påverkansområde för höjning från infiltration ryms inom det redovisade påverkansområdet för trycksänkning i det undre magasinet och något specifikt påverkansområde för infiltrationen redovisas inte. Lokal höjning av grundvattentrycknivån bedöms inte ge några negativa konsekvenser i omgivningen.

7.2.4 Bedömt påverkansområde

Det påverkansområde som bedöms maximalt uppkomma i grundvattenmagasinet visas i plan i Figur 15. Det maximala påverkansområdet är utan hänsyn till att infiltration används, vilket kan minska påverkansområdets utbredning. Påverkan från infiltration (höjning av grundvattentryck) och påverkan i övre fyllnadsmassor ryms inom det uppritade påverkansområde för eventuell trycksänkning i det undre magasinet.



Figur 15 Bedömt maximalt påverkansområde på grundvatten under tillfällig påverkan under byggskedet av garaget. Att det är det maximalt bedömda påverkansområdet innebär att det i verkligheten sannolikt blir mindre.

7.3 Sättningsprognos

Lerans egenskaper har undersökts och prognoser har gjorts för olika avsänkningar och länshållningstider. Prognoserna har gjorts som en riskanalys och för att finna om avsänkingsstorleken eller varaktigheten behöver begränsas med hänsyn till sättningsrisk.

7.4 Skyddsåtgärder

Som skyddsåtgärder kan fysiska åtgärder och tekniska lösningar vidtas. Dessa beskrivs nedan. Det finns flera möjliga åtgärder att vidta för att minska trycksänkningen. Det är dock inte känt på förhand exakt vilka åtgärder som kommer att bli aktuella och vara mest lämpliga. En mycket viktig del av de skadeförebyggande åtgärderna utöver rent fysiska åtgärder är kontrollmätningar och kontinuerliga uppföljningar samt goda undersökningar innan arbetet påbörjas.

Utgångspunkten är att sträva efter att schaktets stödkonstruktioner ger en tätande effekt mot omgivande grundvattenmagasin. Därtill är avsikten att infiltrera till det undre grundvattenmagasinet för att minska eventuell trycksänkings spridning.

7.4.1 Tätning

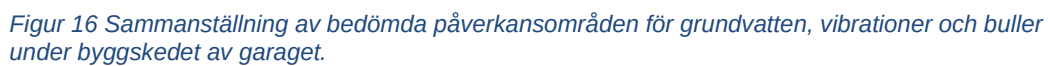
Geotekniska undersökningar och bedömningar visar att leran på platsen inte är speciellt sättningskänslig och de trycksänkningar som kan uppkomma bedöms inte leda inte till några skadliga rörelser. Därmed bedöms inga ytterligare tätningsåtgärder behövas än det att normal stödkonstruktion används,

7.4.2 Skyddsinfiltration

Tillstånd söks för den infiltration som planeras att utföras på stadens mark inom påverkansområdet som redovisas. Om infiltration sker kommer det att vara med kranvatten. Brukligt är att infiltrationen inte ska ske med ett större övertryck jämfört med trycket i magasinet än 3 meter. Rent vatten fylls på i brunnar med filter i det undre grundvattenmagasinet. Flöden och nivåer mäts för att kunna följa effekten av infiltrationen och eventuell försämrade effektivitet i någon brunn.

7.5 Påverkansområde vattenverksamhet och följdverksamheter

Påverkansområde för grundvatten har beskrivits ovan. I Figur 16 visas förutom påverkansområde för grundvatten även bedöma påverkansområden för buller och vibrationer under byggskedet av garaget. Dessa påverkansområden ligger till grund för avgränsning av sakägarkretsen.



Ett kontrollprogram för vattenverksamheten och följdverksamheter kommer att tas fram i samråd med tillsynsmyndighet efter att dom erhållits i Mark- och miljödomstolen. Mätningar som kontrollprogrammet föreslås innehålla är följande:

- Mätning av grundvattennivå i det undre magasinet före, under och efter att den planerade vattenverksamheten pågår.
- Mätningar av markrörelser inom radhusområdet mellan Ormebäcksgatan och Blacktjärnsgatan före, under och efter att den planerade vattenverksamheten pågår.

9 Referenser

Norconsult (2017). *Marktekniska undersökningsrapport, MUR/Geoteknik, daterad 2017-10-20 reviderad 2017-10-27*

Robertshöjds samfällighetsförening. (den 20 08 2018). Hämtat från <http://www.robertshojd.se/web/page.aspx?sid=1092>

Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad. (2018). *Detaljplan för bostäder och skola vid Robertshöjdsgatan/Smörslottsgatan inom stadsdelen Sävenäs och Delsjön i Göteborg, en del av BoStad2021.*

WSP. (2018). *PM grundvattenprovtagning Robertshöjdsgatan.*

WSP a. (2017). *Kompletterande miljöteknisk markundersökning Smörslottsgatan/Robertshöjdsgatan.*

WSP b. (2017). *PM Bergteknik Robertshöjdsgatan/Smörslottsgatan.*