

Projektnamn

Västlänken och Olskroken planskildhet

Dokumenttyp

PM

Ärendenummer

TRV 2016/3151

Skapad av

Patrik Lissel

Filnamn

MPU02-50GT-025-00-0006_Bilaga 2

Godkänt av

Karl Persson

Godkänt datum

2016-02-10

Version

—

Uppdrag

MPU 02

Dokumenttitel

Bilaga 2 PM Numerisk grundvattenberäkning Haga, Korsvägen och Almedal

Underlagsdokument till PM Hydrogeologi,
ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av Västlänken och
Olskroken planskildhet

Ändringslogg

Version	Datum	Ändring	Godkänt av

Innehåll

1	Inledning och syfte	4
2	Metod	4
2.1	Modeller - bakgrund	4
2.2	Programkod	4
2.3	Beräkningsscenarier	4
3	Beskrivning av grundmodeller/fackmodeller	5
3.1	Syfte	5
3.2	Modellområde Korsvägen-Almedal	5
3.2.1	Konceptuell modell	5
3.2.2	Modellkonstruktion	8
3.2.3	Kalibrering och verifiering	10
3.2.4	Prediktiv simulering	15
3.2.5	Slutsatser	16
3.3	Modellområde Haga	17
3.3.1	Konceptuell modell	17
3.3.2	Modellkonstruktion	19
3.3.3	Kalibrering och verifiering	20
3.3.4	Prediktiv simulering	22
3.3.5	Slutsatser	23
4	Beräkningsresultat	23
4.1	Haga	23
4.2	Korsvägen – Liseberg	25
4.2.1	Servicetunnlar	26
4.3	Skår	27
4.4	Almedal	27
5	Referenser	28

Bilagor

Bilaga 1a.	Modell KK-KA, Simulerad grundvattenyta, nuläge
Bilaga 1b.	Modell KK-KA, Simulerad trycknivå i undre magasin, nuläge
Bilaga 1c.	Modell KK-KA, Simulerad maximal trycksänkning vid provpumpning Lisebergsgaraget 2013
Bilaga 1d.	Modell KK-KA, Simulerad trycksänkning i undre magasin vid <u>ett</u> möjligt utförande av Västlänken.
Bilaga 2a.	Modell Haga, Simulerad grundvattenyta, nuläge
Bilaga 2b.	Modell Haga, Simulerad trycknivå i undre magasin, nuläge
Bilaga 2c.	Modell Haga, Simulerad trycksänkning i undre magasin vid <u>ett</u> möjligt utförande av Västlänken.

1 Inledning och syfte

Föreliggande rapport utgör ett underlagsdokument till PM Hydrogeologi som ingår i ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Syfte med denna PM är att redovisa de numeriska beräkningar som utförts rörande Västlänkens förutsebara grundvattenhydrauliska omgivningspåverkan som stöd för slutsatser i PM Hydrogeologi.

2 Metod

2.1 Modeller - bakgrund

Inom delprojekt AKF4 (Anläggnings specifika krav och förutsättningar, Hydrogeologi) har under 2012-2013 upprättats två tredimensionella numeriska grundvattenmodeller över relevanta delar av Västlänkens sträckning; en modell med fokusområde *station Korsvägen – Almedal* och en modell med fokusområde *station Haga*. Dessa modellers uppbyggnad, parameterval, kalibreringar mm redovisas i kapitel 3.

Modellerna har upprättats i två versioner; dels som *grundmodeller* utan Västlänkens planerade anläggningar och dels som *fackmodeller* med en version av Västlänkens planerade anläggningar.

Det är dessa fackmodeller som använts för att simulera de beräkningsscenarier som redovisas i denna PM. Justeringar vad avser Västlänkens planerade anläggningar har gjorts där så funnits vara relevant. Bland annat har relevanta möjliga servicetunnlar som inte var planerade vid tid för framtagande av de ursprungliga fackmodellerna lagts till.

2.2 Programkod

Modellerna har upprättats i programmet Visual Modflow version 2011. Programmet är pre- och postprocessor för modellkoden MODFLOW, en finit differenskod framtagen 1988. MODFLOW är idag en av de mest spridda och använda koderna för tredimensionell grundvattenmodellering.

2.3 Beräkningsscenarier

En grundläggande princip för de beräkningsscenarier som redovisas i kapitel 4 i denna PM är att det förutsätts att grundvattentrycknivån i undre magasin i jord upprätthålls vid antagen gräns för arbetsområde så att trycksänkningen, beräkningsmässigt i modellen, vid denna gräns uppgår till ett visst värde. Värde på trycksänkningen har huvudsakligen ansatts till 0,3 m, 0,6 m samt 1,0 m. Utbredning av trycksänkning kring anläggningen studeras därefter.

Trycksänkning i undre magasin i jord som beror på inläckage till angränsande bergtunnlar inverkar på beräkningsresultaten, d v s att hela Västlänkens komplexa geometri med olika anläggningsdelar inverkar på den grundvattenhydrauliska situationen och inte bara anläggningar inom de delområden där arbetsområde i marknivå finns. Denna trycksänkningens utbredning är till stor del en funktion av storleken på inläckaget till undermarksanläggningarna. Grundvatteninläckaget har generellt antagits vara av samma storleksordning som i fackmodellerna från 2013 (se vidare under kapitel 3).

Genom att anta att den trycksänkning som utgår från arealer där arbetsområde i marknivå finns, kan regleras inom själva arbetsområdet och styras till en viss maximal avsänkning, kan det studeras i vilken grad grundvattenhydraulisk omgivningspåverkan kan styras genom aktiviteter inom sådana arbetsområden (till exempel genom infiltration vid behov). Det kan även identifieras områden där trycknivån inte kan styras genom aktiviteter inom arbetsområden i marknivå, d v s sådan trycksänkning som utgår från inläckage till undermarksdelar som ligger utanför arbetsområdena och vars effekt svårigen kan regleras genom aktiviteter inom dessa arbetsområden.

3 Beskrivning av grundmodeller/fackmodeller

3.1 Syfte

Hydrogeologiska numeriska modeller har allmänt syftena att vara hydrogeologiska stöd, redovisa det som är relevant, ha tillräcklig noggrannhet med hänsyn till problem, resurser och mål samt vara så enkla som möjligt med hänsyn till problem och mål. Grundmodellerna är uppbyggda utifrån slutsatser från andra utredningar, jämte hydrogeologisk analys av egna borrhningar och hydrauliska tester inom området.

Syftet med upprättade modeller är att genom modellerna erhålla ökad förståelse för det sammantagna hydrauliska systemet, bekräfta antaganden, göra prognoser, erhålla kunskap om känslighet i egenskaper, ge grund för inventeringsområde, kontrollprogram samt ange riktningar för åtgärdsprogram.

Modellerna medger exempelvis att för modellskalan kunna redovisa prognoser för:

- Grundvattentrycknivåer
- Västlänkens hydrauliska omgivningspåverkan

Grundmodellerna kan utvecklas till eller stödja upprättande av fackmodeller för projektering.

3.2 Modellområde Korsvägen-Almedal

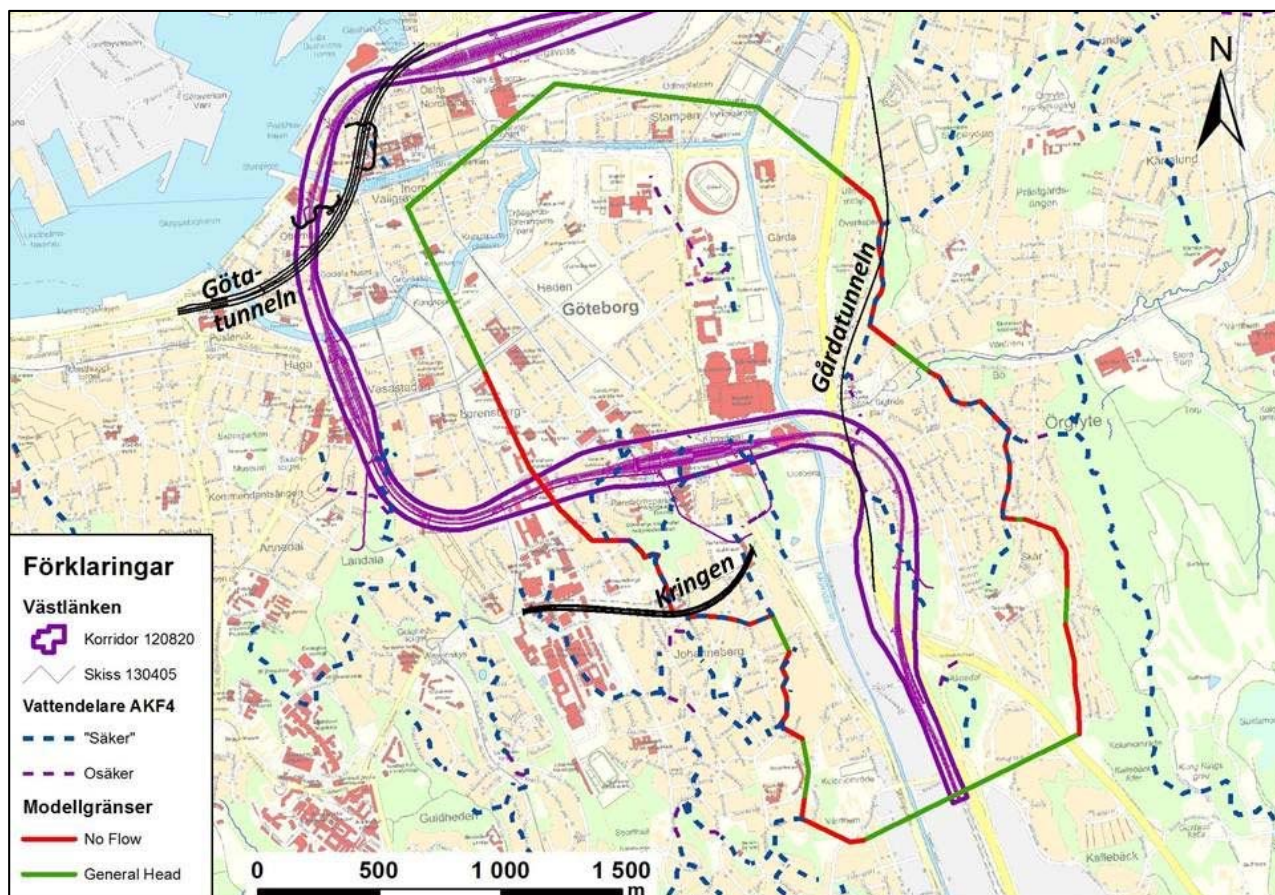
3.2.1 Konceptuell modell

3.2.1.1 Avgränsning och randvillkor

Modellen har avgränsats utifrån karterade (sannolika) vattendelare, där det varit möjligt att finna sådana inom rimligt avstånd från modellens fokusområde, d v s Västlänkens konstruktioner och de grundvattenmagasin som kan förutses kunna påverkas av Västlänken. Där sådana mer säkra hydrauliska avgränsningar inte stått att finna har avgränsning valts så att flödet över gränsen ska kunna ansättas med nöjaktig säkerhet utan att sådana i modellen ansatta randvillkor ska påverka kommande prognoser inom modellens fokusområde.

Primära fokusområden för denna modell är områden med bergpåslag vid Korsvägen, Liseberg/Lisebergsgaraget och Almedal, där Västlänken kan förutses ligga i kontakt med undre magasin i jord, vilket kan medföra stor omgivningspåverkan. Sekundärt fokusområde är mellanliggande tunnel i berg, där huvudsakligt intresse är att studera i vilken omfattning inläckage till bergtunneln kan antas påverka trycknivån i undre magasin i jord.

Det avgränsade modellområde omfattar ca 3,3 x 1,5 km, med utbredning enligt figur 3-1.



figur 3-1. Avgränsning av modell Korsvägen-Almedal. Modellgränser markerade med rött avser gränser där inget vatten tillåts flöda över. Gränser markerade med grönt avser gränser där vatten tillåts flöda över gräns. Vissa befintliga bergtunnlar har markerats.

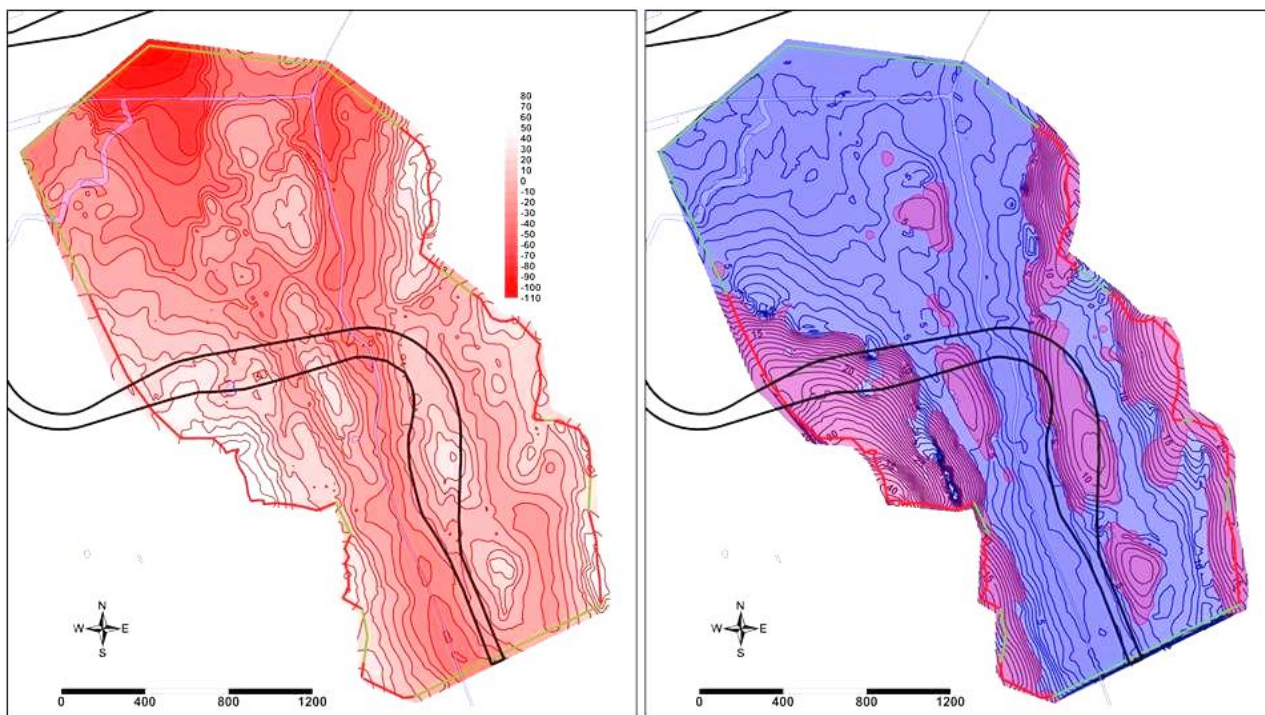
3.2.1.2 Grundvattenförhållanden

Inom modellområdet finns ett antal grundvattenmagasin vilka kan indelas i magasin i jord respektive magasin i berg. Magasin i berg kan ses som ett sammanhängande magasin medan magasin i jord kan indelas i flera magasin, dels med avseende på vertikalt läge (övre magasin, oftast i fyllningsjord och torrskorpelera och ställvis i naturligt lagrat friktionsmaterial) samt undre magasin i friktionsjord under lera. Ställvis finns även så kallade *mellanmagasin* i linser av friktionsmaterial inlagrat i lera. Primärt fokus har legat på modellering av undre magasin i jord och tillgång på vatten i dessa magasin (nybildning till magasinerna), vilket förvisso även inkluderar kontakt mellan jordgrundvatten och berggrundvatten.

Inom modellområdet har en översiktlig modell över bergets överyta tagits fram. Genom att studera antaget läge för grundvattenytan i relation till denna bergmodell har områden där grundvatten endast kan antas finnas i berg karterats (figur 3-2). Inom dessa områden kan antas att risk för skada till följd av grundvattensänkning är liten. Dock måste beaktas att trycksänkning inom dessa områden kan fortplantas ut till områden med grundvatten i jord, där skada kan uppkomma.

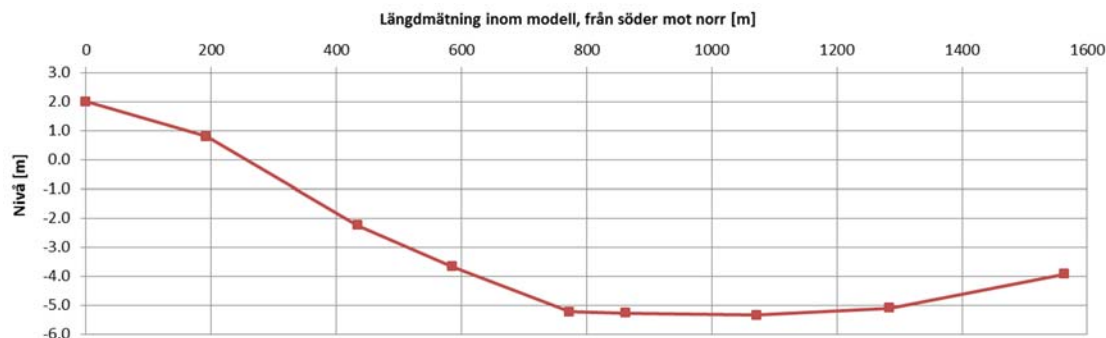
Inom i princip hela området med förekomst av grundvatten i jord kan antas att det finns ett undre slutet (eller läckande) grundvattenmagasin. Vissa delområden av detta undre magasin är mer eller mindre avgränsade av höga berglägen. Dessa delområden är dock aldrig helt avgränsade och hydraulisk kontakt (förutom via berg) kan antas föreligga inom hela det aktuella modellområdet.

Förekomst av övre grundvattenmagasin i jord är starkt beroende av lokala förhållanden, mindre än modellskala, och kan förutsättas inom merparten av den areal som karakteriseras av grundvatten i jord. Dock kan lokala dräneringar i kombination med liten vattenförande måktighet medföra att dessa magasin lokalt och temporärt är helt utdränerade. För modellering antas dock att det finns ett övre grundvattenmagasin inom hela området med förekomst av grundvatten i jord.



figur 3-2. Till vänster bergmodell som upprättats för modellområdet, till höger simulering av grundvattenytans läge där röda områden avser ytor där grundvattenytan återfinns i berg, d v s inget jordgrundvatten antas inom dessa områden. Blå områden karakteriseras av förekomst av grundvatten i jord.

Inom modellområdet finns ett flertal undermarksanläggningar som påverkar grundvattensituationen. Påverkan på det övre magasinet kan förutsättas vara omfattande till följd av dränerande stråk (t ex VA-ledningar, kringfyllnad i ledningsgravar och hus- och vägdränering). Påverkan på undre magasin i jord utgår huvudsakligen från större trycksänkning i berg vid befintliga berganläggningar, för aktuell modell främst Gårdatunneln (figur 3-3), och mer perifert Chalmerstunneln (Kringen) och diverse ledningstunnlar.



figur 3-3. Dräneringsnivå för Gårdatunneln, sträckning inom modellområdet (för planläge se figur 3-1).

3.2.1.3 Egenskaper

Inom modellområdet har ett stort antal hydrogeologiska undersökningar utförts i jord och berg [1][2]. Undersökningarna har bland annat innefattat siktanalyser av jordprover, pulstester (slugtest), vattenförlustmätningar i berg och provpumpningar. Analys av undersökningarna har lett fram till karakterisering av hydrauliska egenskaper för jord och berg vilka har legat till grund för initiella egenskaper som ansatts modellens beräkningslager enligt kapitel 3.2.2.3.

3.2.1.4 Nybildning

Allmän utgångspunkt för vidare bedömning av nybildning av grundvatten är att den del av nederbörden som inte avdunstar (nettonederbörden) finns potentiellt tillgänglig för grundvattenbildning, men att nybildningen i den urbana miljön till stor del hindras av hårdgjorda ytor (hustak, asfalt etc). Genom att betrakta markanvändningens fördelning inom ett större område kan ett överslag av nybildningen göras

baserat på antaganden om potentiell nybildning för olika typytor. Förutom nybildning via nederbörd tillförs vatten vi läckande VA-ledningar. Exempel på beräkning för delavrinningsområde uppströms Korsvägen framgår av Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Beräkning av potentiell nybildning av grundvatten för delavrinningsområde Uppströms Korsvägen.

Mark	Andel	Pot nyb* [mm/år]	Delbidrag [mm/år]
Naturmark, jordlager	16%	400	64
Naturmark, hållmark	32%	100	32
Byggnader	18%	0	0
Asfalt	20%	90	18
Övrigt hårdgjort	14%	160	22
	100%		136
Läckage VA			10
Summa			146

*Antagen potentiell nybildning

På ovan sätt beräknad grundvattenbildning har gett värden på 120-150 mm/år för varierande urbaniseringsgrad. Givet osäkerheter i bedömningarna torde ett intervall om 50-300 mm/år innehålla rimliga värden på nybildning för aktuellt område.

Hur stor del av denna nybildning som kan tillföras undre magasin är en fråga för modelleringen. Inflöde av grundvatten till undre magasin ("nybildning till undre magasin") kan ske via kontakt mellan övre- och undre magasin i friktionsmaterial i randzon mellan berg och lera eller i kontakt mellan berg och undre magasin. Tillskott från läckage genom lera kan antas vara försumbar i sammanhanget. Vilken av dessa flödesvägar som är huvudsakligt styrande är en fråga för modelleringen. Tillgången på vatten i undre magasin, styrd av dessa flödesvägar, kan studeras genom simulering av utförda provpumpningar i undre magasin, där responsen på en viss grundvattenbortledning kan ge ett direkt mått på potentiell vattentillgång. Inflödet till magasinet ökar vid trycksänkning av detsamma, men som övre randvillkor för denna ökning ligger den totala nybildningen av grundvatten. Lokalt kan denna tillgång vara större än medelvärde över ett större område. I randzoner (ofta släntfot) kan den potentiella vattentillgången vara betydande om uppströms liggande områden bidrar med grundvattentillrinning. Här råder då ofta ett lokalt vattenöverskott som bortförs via ytligt liggande dränerande stråk. En trycksänkning i undre magasin i jord kan därmed medföra en betydande ökad tillströmning via randzoner, vilket till stor del kan ske på bekostnad av minskad bortledning till ytligt liggande dränerande stråk.

3.2.2 Modellkonstruktion

3.2.2.1 Diskretisering

Modellen har konstruerats med 9 beräkningslager med en cellstorlek från maximalt 40 x 40 m (perifert) ner till 10 x 10 m (centralt). Behov av finare diskretisering kan finnas, men måste för varje given användning vägas mot simuleringstid. I hittillsvarande simuleringar har ovanstående indelning befunnits vara tillfredsställande för den noggrannhet som krävs av beräkningarna.

3.2.2.2 Randvillkor och punktkällor

Modellens randvillkor i plan utgörs till stor del, i väster och öster, av gräns över vilken inget flöde sker, se figur 3-1. Kortare partier finns där inflöde över gräns till undre magasin i jord och till berg tillåts. I norr och söder utgörs randvillkor av gräns där flöde tillåts över gränsen. Generellt rör detta möjligt inflöde i söder till beräkningslager för undre magasin i jord samt för berg och utflöde i norr för motsvarande beräkningslager. I beräkningslager för övre magasin antas att inget flöde sker över gräns mot bakgrund av att antaget lokalt flödesmönster är styrt av ytligt liggande dränerande stråk. Sådana dräneringar har simulerats genom ansättande av en generell dräneringsnivå på ett djup av ca 1,5 m under markytan.

Som övre randvillkor har ansatts nybildning som nettotillskott (net recharge). Avdunstning har inte ansatts i modellen. Nettotillskottet tillförs det översta aktiva beräkningslagret och har i modellen ansatts i intervallet 140-170 mm/år utifrån varierande urbaniseringsgrad. Överskottsvatten, där grundvattenytan annars skulle

stigit över nivån 1,5 m under markytan, t ex inom lerområden, bortförs via simulerad ytligt liggande dränering. Denna dränering simulerar dränerande stråk i den urbana miljön.

Som undre randvillkor (botten av modellen) antas att inget flöde sker över gränsen.

Punktkällor för antropogen grundvattenpåverkan har, vad avser djupare schakter i övre magasin inom lerområden, inte medtagits i modellen då dessa inte bedöms inverka på prediktioner som tillhör modellens fokusområde. Vad avser bergtunnlar så har dessa medtagits där de bedömts vara viktiga för modellen. De har då simulerats som en dränering i berg utan omkringliggande tätare injekteringszon. För tunnlar där underlagsdata saknas rörande inläckage har dränering anpassats så att förmodad lokal grundvattenpåverkan representeras av modellen. För Gårdatunneln har, med stöd av erfarenhet från modelleringsprocessen, antagits att grundvattenytan i berg är avsänkt ner till tunnelns dräneringsnivå i tunnellen. Rimliga ansatser på konduktivitet i berg, i kombination med nybildning av grundvatten, har visat att detta är ett rimligt antagande. För att erhålla en mättad grundvattenzon i berg ovanför tunnellen erfordras en mycket tät tunnel, vilket inte bedöms vara fallet.

3.2.2.3 Egenskapsområden och egenskaper

Generellt har följande värden för hydraulisk konduktivitet¹ ansatts för;

- Övre magasin jord: $K_h=1E-5$ m/s, $K_v=5E-6$ m/s
- Åtskiljande lerlager: $K_h=1E-9$ m/s, $K_v=5E-10$ m/s
- Undre magasin jord: $K_h=K_v=2-7E-5$ m/s
- Berg ("bergmassa mellan zoner"): $K_h=K_v=0,4-2E-7$ m/s
- Berg ("zoner"): $K_h=K_v=0,2-5E-6$ m/s

För transient simulering har följande generella magasineringsparametrar ansatts för;

- Övre magasin jord: $S_s=1E-4$ m⁻¹, $S_y=0,07$
- Åtskiljande lerlager: $S_s=1E-7$ m⁻¹, $S_y=0,001$
- Undre magasin jord: $S_s=1-2,5E-4$ m⁻¹, $S_y=0,1$
- Berg: $S_s=4E-7$ m⁻¹, $S_y=0,001$

Randzoner med friktionsjord utmed bergsida, vid övergång berg-lera, har varit föremål för särskild kalibrering avseende vertikal hydraulisk konduktivitet. Det har under modelleringsprocessen framkommit att dessa zoner är avgörande för grundvattentillströmningen till undre magasin i jord (och att kontakt berg - undre magasin är av underordnad betydelse). I sådana randzoner har identifierats behov av ansättande av en lägre vertikal hydraulisk konduktivitet, ner till $K_v=2E-7$ m/s. Detta ska inte ses som att den faktiska vertikala konduktiviteten för förkommande material i verkligheten har detta värde, utan detta är en modellparameter ansatt så att tillströmning av grundvatten till undre magasin i jord ska bli av rätt storleksordning. Då modellskalan inte medger (i detta utförande) en absolut korrekt representation av de tunna friktionsjordlager som ofta påträffas i dessa randzoner, utan överskattar mäktigheten, kompenseras detta genom en ansatt lägre vertikal konduktivitet. Denna modellparameter har kalibrerats fram i samband med transient kalibrering av utförda provpumpningar.

För berg har större strukturella zoner, redovisade i SGU:s berggrundkarta, ansatts en förhöjd konduktivitet jämfört med berg mellan zonerna. Det finns förvisso små möjligheter att kalibrera upp denna antaget accentuerade konduktivitet för sprickzoner, men det ger i modellen möjlighet att ansätta mer vattenförande zoner knutet till dessa strukturer, varpå sådana förmodade zoners eventuella betydelse för framtida prediktioner kan beläggas.

¹ K_h = Horisontell hydraulisk konduktivitet, K_v = vertikal hydraulisk konduktivitet



figur 3-4. Utsnitt ur modell där principen för ansatta K-värden i berg framgår. Rosa områden, korresponderande med svarta linjer som representerar strukturlinjer från SGU:s berggrundskarta (tolkade sprickzoner), har ansatts högre konduktivitet jämfört med mellanliggande bergområde (gult)

3.2.3 Kalibrering och verifiering

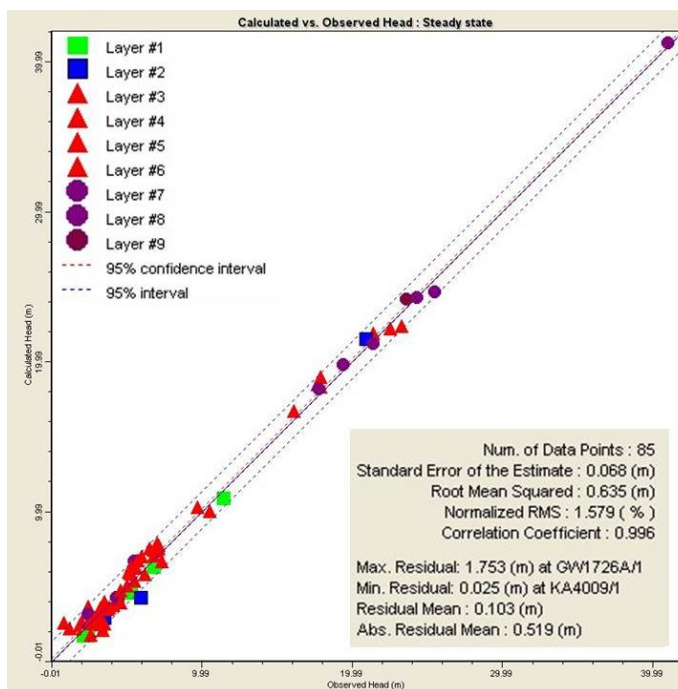
3.2.3.1 Kalibrering

Kalibrering har initiiellt skett stationärt mot uppmätta trycknivåer (medianvärden över längre tidsserier för respektive punkt) som ansetts vara representativa. En sådan stationär kalibrering kan göras mot en stor uppsättning varierande parametrar, som i olika kombinationer genererar likartat kalibreringsresultat. Syftet med den stationära kalibreringen har därför varit att skapa rimliga initialvillkor för vidare transient kalibrering.

Den stationära kalibreringen har avbrutits vid Normalized RMS om ca 1,6 % och Absolute Residual Mean om ca 0,5 m, enligt figur 3-5. Planläge för kalibreringspunkter framgår av Bilaga 1a (röda trianglar).

Under kalibreringsprocessen har identifierats en anomali i trycknivå (låg nivå) i undre magasin i Mölndalsåns dalgång, i höjd med Vörtgatan.

Det har antagits att denna anomali skulle kunna härröra från hydraulisk kontakt mellan övre och undre magasin, varför sådan skapats i modellen. Denna åtgärd har lett till en trycknivådistribution inom området som korresponderar med uppmätta nivåer. Utan åtgärden erhålls över 1 m högre trycknivåer inom området än vad som uppmätts. Anomalin skulle även kunna härröra från aktiv pumping i undre magasin. Ingen av ovanstående hypoteser har kunnat verifieras.



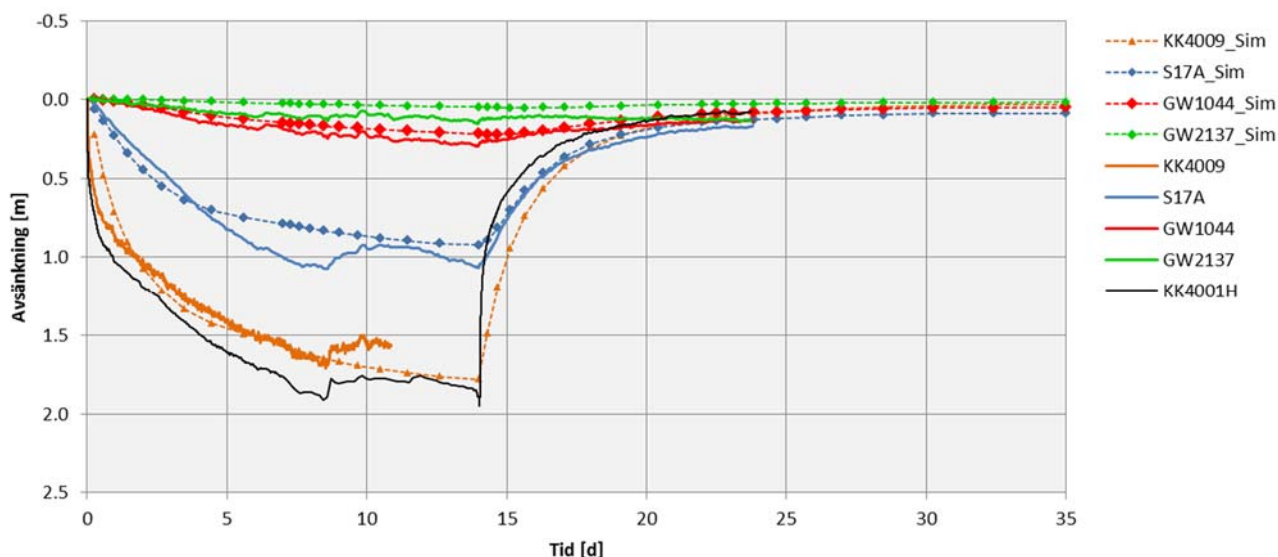
figur 3-5. Resultat av stationär kalibrering.

Layer = beräkningslager. Layer 1-2 är typiskt övre magasin, lager 3-6 undre magasin i jord och lager 7-9 berggrundvatten.

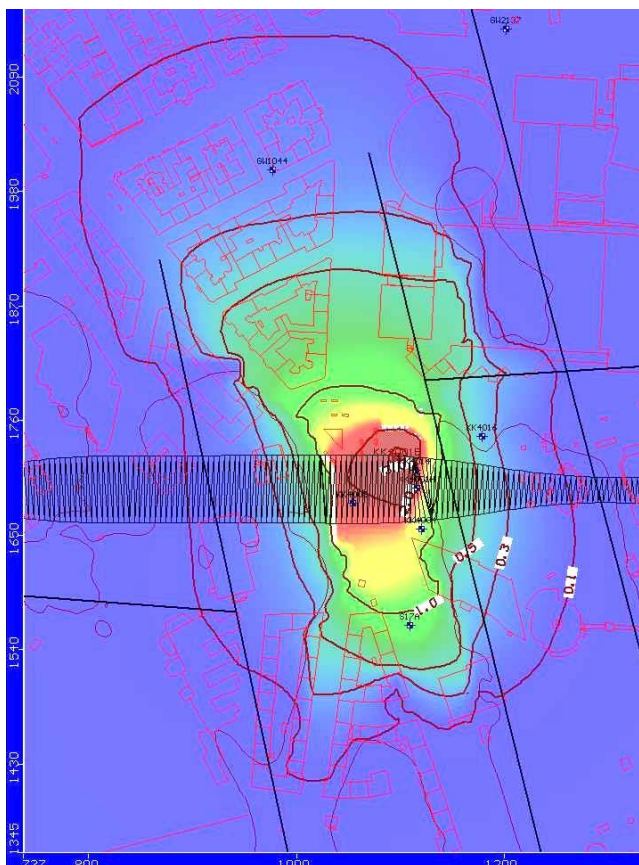
Transient kalibrering har därefter skett mot utförda provpumpningar vid Korsvägen respektive Lisebergsgaraget.

För Korsvägen har efter kalibrering erhållits resultat enligt figur 3-6, representerat av en jämförelse mellan uppmätt respons i undre magasin kontra simulerad. Från kalibreringsprocessen kan noteras att initiell simulering gav en avsänkning om ca 0,5 m i undre magasin (mot uppmätt ca 2 m), indikerande för stor tillgång på vatten till det undre magasinet i modellen. Detta exemplifierar vikten av transient kalibrering i kombination med stationär dito, för aktuellt hydrauliskt system, då antal möjliga parameteruppsättningar för likvärdig stationär kalibrering i princip är oändlig. Den transienta responsen är dock en direkt spegling av den potentiella möjligheten till vattentillströmning till magasinet ifråga, vilket är av avgörande betydelse för aktuella frågeställningar, d v s hur stor påverkan som erhålls vid en viss grundvattenbortledning. Som nämns i kapitel 3.2.2.3 har tillgång på vatten till undre magasin under modelleringsprocessen funnits vara starkt kopplad till den vertikala hydrauliska konduktiviteten i randzon i övergång jord/berg och till mindre grad kopplad till bergkontakt med undre magasin i jord. En trycksänkning av undre magasin i jord leder till en ökad gradient in från omgivande magasin och därmed ökad tillströmning av grundvatten. Tillströmning från övre magasin i jord vid randzon jord/berg kan här ses som mer betydelsefull än tillströmning från underliggande berg.

Simulerad trycksänkning i plan efter 14 dygns pumpning framgår av figur 3-7.

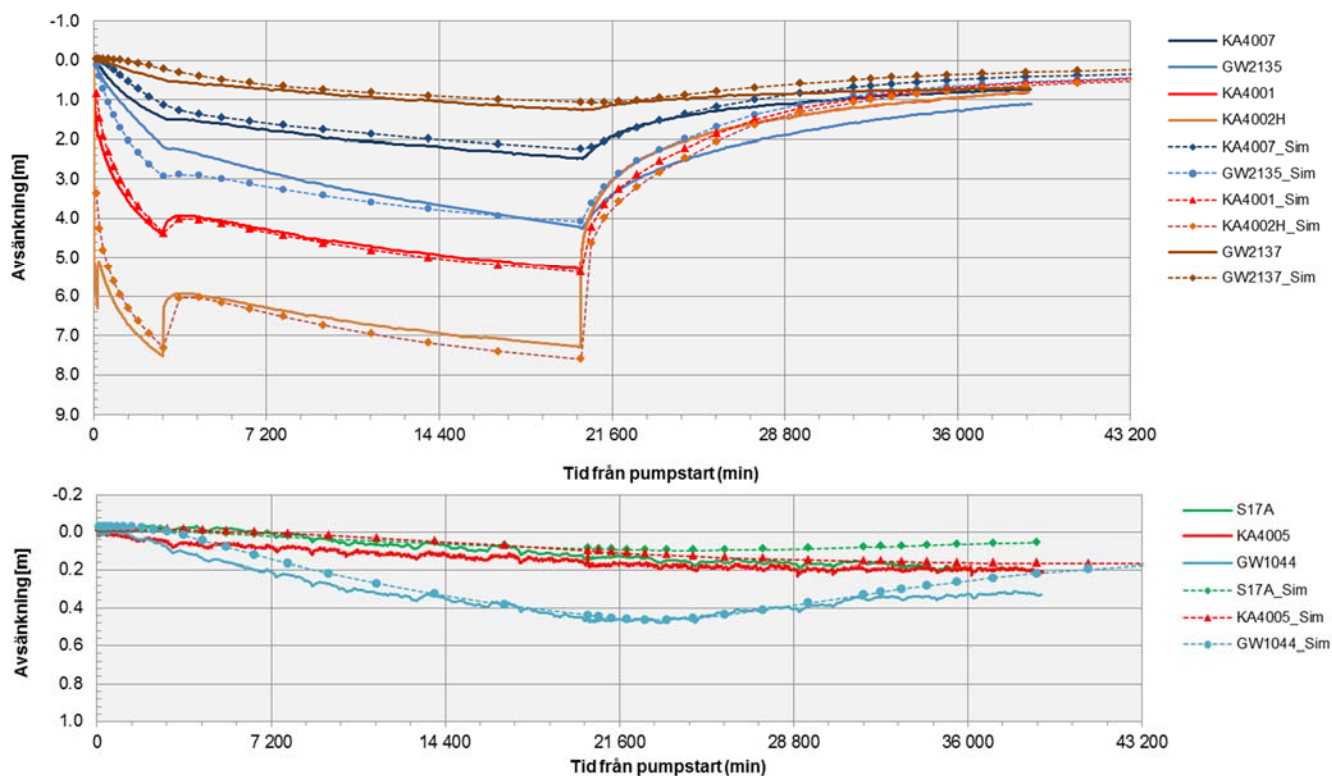


figur 3-6. Resultat av transient kalibrering mot provpumpning vid Korsvägen. Simulerade data med punktstreckade linjer och uppmätta värden med heldragna.



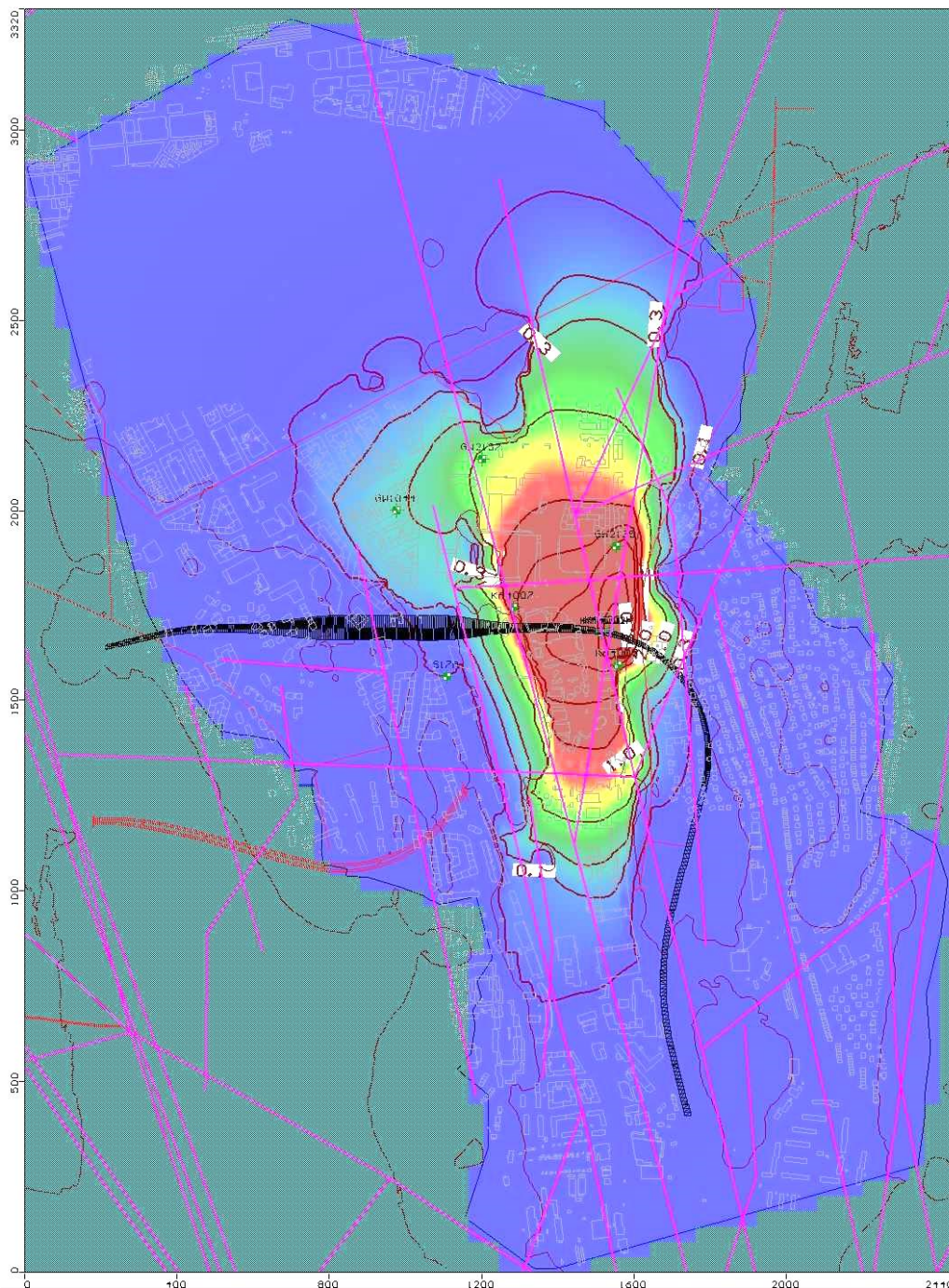
figur 3-7. Simulerad maximal trycksänkning för provpumpning vid Korsvägen. Linjer för trycksänkning representerar 0,1 m, 0,3 m, 0,5 m och därefter varje jämn meter. Större sprickstrukturer i berg framgår av svarta linjer.

För provpumpning vid Lisebergsgaraget har erhållits kalibreringsresultat enligt figur 3-8 representerat av en jämförelse mellan uppmätt respons i undre magasin kontra simulerad dito.



figur 3-8. Resultat av transient kalibrering mot provpumpning vid Lisebergsgaraget. Simulerade data med punktstreckade linjer och uppmätta värden med heldragna.

Maximal simulerad trycksänkning i undre magasin i jord (respektive berg inom områden där grundvatten endast återfinns i berg, jämför figur 3-2) framgår av figur 3-9 samt Bilaga 1c. Härav framgår bl a att den accentuerade trycksänkning i uttagsbrunnens närområde, norrut längs dalgångens östra sida, följer bergstrukturer som i modellen ansatts en förhöjd konduktivitet. Detta exemplifierar att (och hur) högkonduktiva bergstrukturer kan inverka på trycksänkningens utbredning i undre magasin i jord, därtill hur detta kan simuleras i modellen.



figur 3-9. Simulerad maximal trycksänkning för provpumpning vid Lisebergsgaraget. Linjer för trycksänkning representerar 0,1 m, 0,3 m, 0,5 m och därefter varje jämn meter. Större sprickstrukturer i berg framgår av rosa linjer.

3.2.3.2 Känslighetsanalys

För aktuell modell beskrivs sensitiviteten utifrån de erfarenheter som erhållits under modelleringsarbetet. Detta bedöms på ett relevant sätt beskriva vilka parametrar som har hög respektive låg sensitivitet. För beskrivningen används en relativ skala med beteckning låg, måttlig och hög. Parametrar som bedöms vara av vikt att beskriva är K_h , K_v och Net recharge (grundvattenbildning).

Låg sensitivitet

- K_h , K_v i jord, övre magasin inom lerområden
- Net Recharge inom lerområden

Kommentar: Förändrad konduktivitet i övre magasin inom lerområden, liksom förändrad grundvattenbildning till övre magasin, ger effekt på bortledning från ytligt liggande dränering, men liten (ingen) effekt på grundvattennivå.

Måttlig sensitivitet

- K_h , K_v i jord, undre magasin

Kommentar: Trycknivåfördelning i undre magasin som funktion av ansatta K -värden har i huvudsak låg sensitivitet, beroende av generellt låga gradienter som följd av en transmissivitet som är hög i relation till nybildningen. Då nybildningen till undre magasin i jord är mest sensitiv mot ansatt K_v i randzon bergområde/lerområde, är det denna parameter inom dessa zoner som är styrande, se nedan.

Hög sensitivitet

- K_h , K_v i berg inom bergområden
- Net Recharge inom bergområden
- (K_h) , K_v i randzon mellan bergområde/lerområde, för nybildningspotential till undre magasin.

Kommentar: Transmissiviteten i berg inom bergområden (K_h , K_v) kan balanseras mot grundvattenbildning och således kan en stor variation av parameteruppsättningar erhållas som ger samma kalibrering (stationärt). Här måste erfarenhetsmässig bedömning rörande rimligt spann för K -värden i berg, respektive grundvattenbildning till bergområden, användas för att i modellen ansätta en vald parameteruppsättning som kan ses som representativ. K_v i randzon bergområde/lerområde har stor betydelse för storlek på grundvattenströmning till undre magasin, men låg sensitivitet med avseende på trycknivå i undre magasin.

3.2.3.3 Verifiering

För verifiering av en modell krävs en uppsättning data för en hydraulisk situation, företrädesvis någon yttre stress som markant inverkar på flöden och nivåer, som inte har använts i kalibreringen. Om simulering av scenario som denna datauppsättning representerar utfaller tillfyllest anses modellen vara verifierad. Då sådana data normalt endast finns för delar av modellområdet, kan i praktiken verifiering endast ske av delar av en modell.

För aktuell modell har i princip alla sådana tillgängliga kvalitetsdata, som skulle ha kunnat nyttjas för verifiering, använts vid kalibrering (transient kalibrering mot provpumpningar), varför möjlighet att verifiera relevanta delar av modellen, enligt beskrivning ovan, till viss del saknas.

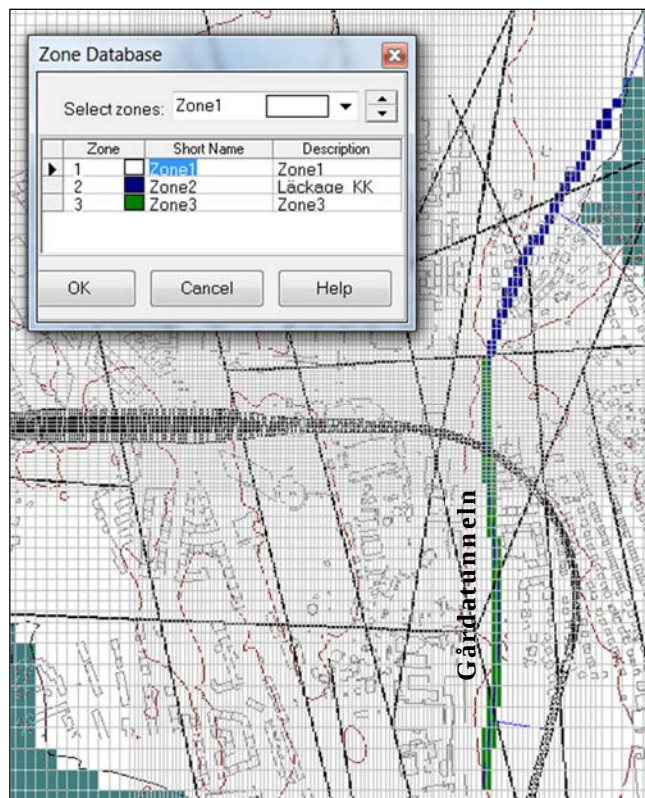
Dock utfördes under december 2013 undersökningar för att undersöka storleken på inläckage av grundvatten till Gårdatunneln, data som kan användas för verifiering av del av modellen. Före undersökningarna var grundvatteninläckaget till Gårdatunneln av okänd storlek. Allt vatten i tunneln leds till en pumpgrop varifrån det pumpas ut från tunneln. Genom analys av data rörande arealer kring tunnelmynningarna som kan bidra med dagvattentillrinning till tunneln och pumpstationens karakteristiska driftdata (volym i pumpsump, pumpkapacitet, pumpkonfiguration och antal pumptillslag) uppskattades grundvattenkomponenten i den totala vattenbortledningen till motsvarande ett specifikt inläckage om 8 L/min/100 m tunnel. En senare bedömning (2014-01-17) anger en bästa uppskattning till 7,5 L/min/100 m, ett värde som inte signifikant avviker från tidigare uppskattning. Givet de osäkerheter som finns rörande bedömning av inläckage av grundvatten till tunneln torde grundvatteninläckaget kunna sättas inom intervallet 7,5–8,0 L/min/100 m.

I februari 2014 genomfördes en simulering i upprättad grundmodell för studie av inläckage till Gårdatunneln. För denna simulering delades tunneln upp i två delsträckor; en nordlig sträckning (Zone2 med blå färg i figur 3-10) och en sydlig sträckning (Zone3 med grön färg i figur 3-10).

Resultatet gav ett totalt inläckage om 41,4 L/min till den 548 meter långa nordliga sträckningen, motsvarande ett specifikt inläckage om 7,6 L/min/100 m.

För den 830 meter långa sydliga sträckningen erhöles ett totalt inläckage om 62,6 L/min, motsvarande ett specifikt inläckage om 7,5 L/min/100 m.

Det konstaterades därvidlag att den undersökning som utfördes i december 2013 rörande grundvatteninläckage till Gårdatunneln verifierar grundvattenmodellen inom detta geografiska område. Framförallt gäller detta konceptualisering kring nybildning av grundvatten till bergområdet jämte bergets ansatta storskaliga hydrauliska konduktivitet.



figur 3-10. Utdrag från planvy över grundvattenmodell med markerade zoner för simulering av inläckage till Gårdatunneln.

3.2.4 Prediktiv simulering

3.2.4.1 Prediktion av nuvarande förhållanden

Simuleringsresultat av nuvarande förhållanden framgår av Bilaga 1a och Bilaga 1b, representerade av beräknad grundvattenyta (Bilaga 1a) respektive trycknivå i undre magasin i jord, respektive trycknivå i berg där grundvatten endast återfinns i berg (Bilaga 1b).

3.2.4.2 Prediktion vid tätade förhållanden

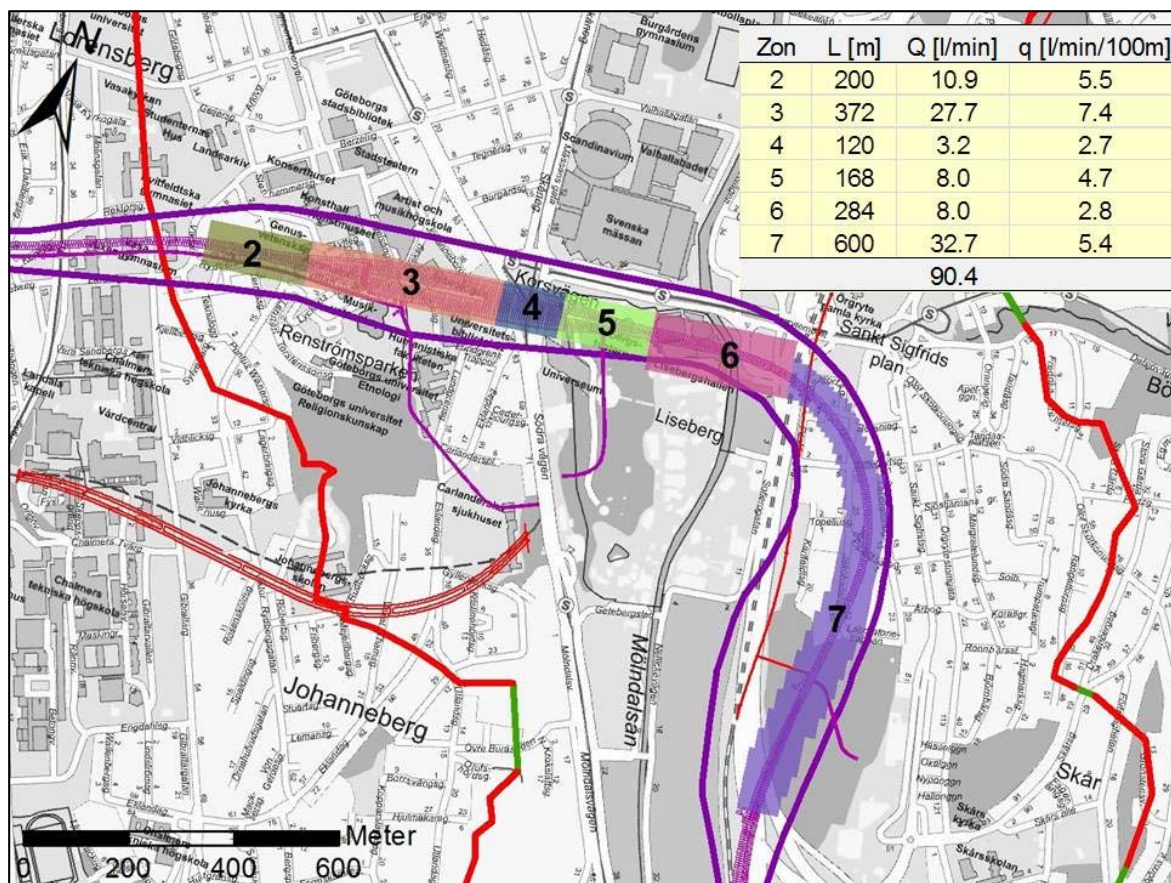
Ett exempel på en möjlig realisation av Västlänkens hydrauliska omgivningspåverkan, med tätad konstruktion, framgår av Bilaga 1d, representerat av trycksänkning i undre magasin i jord, jämte trycksänkning i berg inom områden där grundvatten endast återfinns i berg. Prediktionen ska ses som en visualisering av modellens funktionella möjligheter, mot bakgrund av dess syfte att kunna beräkna och visualisera hydraulisk omgivningspåverkan.

Här har Västlänkens tunnelanläggning simulerats med en omgivande zon (injekteringszon) och innanför denna zon har trycksänkning skett ner till 0,2 m över tunnelbotten. Geometri härrör från skiss daterad 2013-04-05. Vid bergpåslag vid Korsvägen och Liseberg/Lisebergsgaraget har simulerats en spontlåda med tätskärm som utgår från berg och sträcker sig ut i respektive dalgång till det läge där det finns en lermäktighet under tunnelbotten som (i modellen) överstiger 2 m. Tätskärmen går ner till berg. Berg inom spontlåda har injekterats.

Simulerad täthet/otäthet för aktuellt scenario, uttryckt som inläckage till Västlänken, uppgår i detta scenario till sammanlagt 90 L/min, fördelat på delsträckor enligt figur 3-11.

Simuleringen ska ses som ett exempel på hur modellen kan användas för att studera förmodad omgivningspåverkan vid en viss grundvattenbortledning. Det ska noteras att detta inte är detsamma som en prognostisering av hur stor grundvattenbortledningen kommer att bli. Sådana beräkningar torde vara bättre lämpade att utföra med hjälp av antingen analytiska modeller eller numeriska detaljmodeller. Sådana detaljmodeller kan dock inte svara på hur en viss bortledning inverkar på det hydrauliska systemet, varför en

möjlig arbetsmetodik kan vara att detaljberäkningar av bortledning, utifrån en viss vald anläggningsdesign, kan appliceras till den här presenterade övergripande fackmodellen över det hydrauliska systemet, för prognostisering av hydrauliska effekter i magasinsskala.



figur 3-11. Zoner för beräkning av inläckage till Västlänken, jämte simulerat inläckage för ett möjligt utförande. Hydraulisk omgivningspåverkan av denna bortledning redovisas i Bilaga 1d.

3.2.5 Slutsatser

3.2.5.1 Modellantaganden och begränsningar

Den numeriska modellen bedöms i relevant skala (100 m) spegla den konceptuella modellen, där antaganden i konceptualiseringen, t ex nybildning av grundvatten, kunnat verifieras till rimlig noggrannhet genom modellkalibreringen.

Modellantaganden rörande befintliga tunnelanläggningar och deras påverkan på det hydrauliska systemet bedöms som rimligt representerade i modellen.

I modellen antagen representation av bergets hydrauliska egenskaper bedöms som konceptuellt riktig, men den ska i detalj betraktas som osäker. Exempel på kalibrering av sprickzoners sannolika inverkan på systemet finns genom transient kalibrering av provpumpning 2013 vid Lisebergsgaraget. Men detta är endast ett mycket begränsat område i modellen, och övriga bergområden är inte kalibrerade annat än mycket övergripande mot trycknivådistribution stationärt.

Modellens användningsområde ska primärt ses som att omfatta studier av respons (trycksänkning i undre magasin i jord, till storlek och utbredning) vid grundvattenbortledning, från områden centralt inom modellen, ej dess randzoner. För grundvattenbortledning direkt från undre magasin i jord bedöms tillförlitligheten vara god, enär transient kalibrering kunnat göras för denna typ av påverkan.

Modellen kan även användas för studie av hur trycksänkning i berg torde kunna fortplantas ut och påverka undre magasin i jord. Här bedöms det finnas större osäkerheter, då kunskap om bergets hydrauliska egenskaper är begränsade, tillika den hydrauliska kontakten mellan jord och berg.

3.2.5.2 Modellprediktioner

Modellen predikterar nuvarande hydrauliska system, avseende nivåer, baserat på jämförelse mot kända trycknivåer i jord och berg, på ett tillfredsställande sätt. Modellen predikterar även nuvarande hydrauliska system vad avser bortledning av grundvatten från undre magasin i jord i Stn Korsvägen respektive Mölndalsåns dalgång vid Lisebergsgaraget på ett tillfredsställande sätt. Detta bedöms innebära att nybildningen till undre magasin i jord, d v s tillgången på vatten inom dessa områden, representeras på ett tillfredsställande sätt. Modellen har till del verifierats genom kontroll mot inläckande grundvatten till Gårdatunneln.

Modellen bedöms ha god möjlighet att prediktera påverkan på undre magasin i jord vid Korsvägen samt vid Västlänkens korsning av Mölndalsåns dalgång. Prediktion av påverkan inom andra områden inom modellen ska betraktas som mer osäker.

Exempel på hur modellen kan användas har visats genom simulering av ett möjligt utförande av Västlänken, där modellen predikterar en viss respons som följd av en viss grundvattenbortledning.

3.2.5.3 Osäkerhet

Modellosäkerheten kan sägas vara knuten till de data som modellen kalibrerats mot. Då modellen kalibrerats transient mot två provpumpningar och verifierats i viss del (Gårdatunneln), bedöms säkerheten som relativt god för prognostisering som rör dessa områden. Ju längre bort från dessa områden man rör sig desto större osäkerhet finns i modellen.

3.3 Modellområde Haga

3.3.1 Konceptuell modell

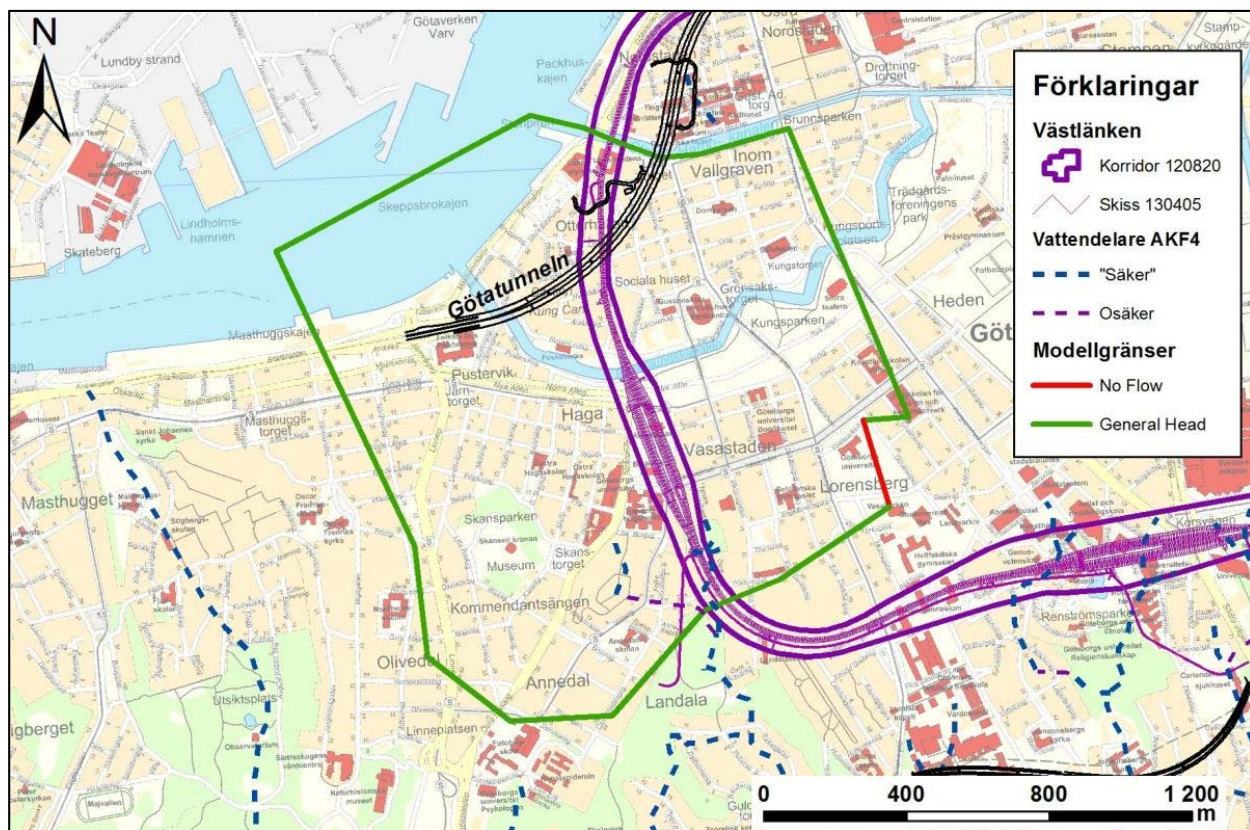
3.3.1.1 Avgränsning

För modellen har säkra naturliga hydrauliska gränser (vattendelare) i princip inte stått att finna inom rimligt avstånd från modellens fokusområde, d v s Västlänkens konstruktioner och de grundvattenmagasin som kan förutses kunna påverkas av Västlänken. Avgränsning av modellen har därför gjorts utifrån principer att flöde över ansatta gränser ska kunna uppskattas med nöjaktig säkerhet samt att sådana i modellen ansatta randvillkor inte ska påverka kommande prognoser inom modellens fokusområde, vid simulering av rimliga utföranden av Västlänken.

Dock kan förutsättas att simulering av ett helt otätat utförande kommer att leda till påverkan som sträcker sig ut till modellens randområden, och som därmed påverkas av dess randvillkor, varvid prognoserna inte blir tillförlitliga. Då modellens gränser valts ligga minst ca 600 m från fokusområdet, bedöms simulering av sådana utföranden inte vara relevanta för aktuell modell. Modellutbredningens begränsning är således ett aktivt val mellan areell utbredning och arbetsinsats för tillskapande av modellen kontra möjlighet till simulering av olika scenarier, varvid modellens utbredning begränsats till att kunna inrymma prognostisering av hydraulisk omgivningspåverkan för rimliga utföranden av Västlänken. Detta betyder att det antagits att påverkan på undre magasin i jord inte ska nå bortom ca 600 m från Västlänkens korridor.

Primära fokusområden för denna modell är områden med bergpåslag för station Haga, där Västlänken kan förutses ligga i direkt kontakt med undre magasin i jord, vilket kan leda till stor omgivningspåverkan vid grundvattenbortledning. Sekundärt fokusområde är tunnel/station i berg, där huvudsakligt intresse är att studera i vilken omfattning bergtunneln kan antas påverka undre magasin i jord.

Det avgränsade modellområdet omfattar ca 1,4 x 1,4 km, med utbredning enligt figur 3-12.



figur 3-12. Avgränsning av modell Haga. Modellgränser markerade med rött avser gränser där inget vatten kan flöda över. Gränser markerade med grönt avser gränser där vatten kan flöda över gräns. Vissa befintliga bergtunnlar har markerats.

3.3.1.2 Grundvattenförhållanden

Grundvattenmagasinen i modellen kan delas in i övre respektive undre jordmagasin samt magasin i berg. Det övre jordmagasinet representerar fyllnadsmassor och det undre jordmagasinet friktionsmaterial under lera. I modellen antas tillströmning till det undre magasinet ske främst via kontakt övre-undre magasin i friktionsmaterial i randzon mellan berg och lera

Grundvattenförhållandena påverkas på flera platser inom modellområdet av undermarksanläggningar. Det översta magasinet påverkas kraftigt av ytligt liggande ledningar, kringfyllnad i ledningsgravar och dräneringar. Det undre magasinet påverkas av större berganläggningar bl.a. Götatunneln, inklusive arbets- och servicetunnlar, och andra ledningstunnlar inom modellområdet.

3.3.1.3 Egenskaper

Inom modellområdet har ett stort antal hydrogeologiska undersökningar utförts i jord och berg [1][2]. Undersökningarna har bland annat innefattat siktanalyser av jordprover, pulstester (slugtest), vattenförlustmätningar i berg och provpumpningar. Analys av undersökningarna har lett fram till karakterisering av hydrauliska egenskaper för jord och berg vilka har legat till grund för initiella egenskaper som ansatts modellens beräkningslager enligt kapitel 3.3.2.2.

3.3.1.4 Nybildning

Den del av nederbörden som inte avdunstar ligger till grund för ansatt nybildning över modellområdet. Den faktiska nybildningen påverkas i sin tur av mängden hårdgjorda ytor på området som potentiellt kan hindra infiltrationen samt läckage från VA-system.

Grundvattenbildningen över modellområdet bedöms ligga inom intervallet 110-140 mm/år beroende på graden av urbanisering.

Hur stor del av denna nybildning som kan tillföras undre magasin är en fråga för modelleringen. Inflöde av grundvatten till undre magasin ("nybildning till undre magasin") kan ske via kontakt övre-undre magasin i friktionsmaterial i randzon mellan berg och lera eller i kontakt mellan berg och undre magasin. Vilken av

dessa flödesvägar som är huvudsakligt styrande är en fråga för modelleringen. Tillgången på vatten i undre magasin, styrd av dessa flödesvägar, kan studeras genom simulering av utförda provpumpningar i undre magasin, där responsen på en viss grundvattenbortledning är ett direkt mått på potentiell vattentillgång. Inflödet ökar vid trycksänkning i magasinet, men som övre randvillkor för denna ökning ligger den totala nybildningen. Sådana studier har gjorts i modell Korsvägen – Almedal mot provpumpning vid Korsvägen respektive Lisebergsgaraget. För modell Haga kan antas att liknande geologiska och hydrogeologiska förutsättningar råder avseende vattentillrinning till undre magasin som funnits vara fallet för modell Korsvägen – Almedal.

3.3.2 Modellkonstruktion

3.3.2.1 Diskretisering

Modellen består av 10 beräkningslager med en cellstorlek från maximalt 20 x 20 m (perifert) ner till 5 x 5 m (centralt). Cellindelningen bedöms vara tillräcklig för att satsifiera syftet med modellen och för att motsvara noggrannheten som finns i tillgänglig indata.

3.3.2.2 Egenskapsområden och egenskaper

Generellt har följande värden för hydraulisk konduktivitet² ansatts för;

- Övre magasin jord: $K_h=K_v=1E-5$ m/s
- Undre magasin jord: $K_h=K_v=0.1-1E-5$ m/s
- Berg: $K_h=K_v=0,1-1E-7$ m/s

För transient simulering har följande generella magasineringsparametrar ansatts för;

- Övre magasin jord: $S_s=1E-4$ m⁻¹, $S_y=0,07$
- Undre magasin jord: $S_s=1-2,5E-4$ m⁻¹, $S_y=0,1$
- Berg: $S_s=4E-7$ m⁻¹, $S_y=0,001$

Det kan särskilt kommenteras randzon för friktionsjord utmed bergsida vid övergång berg-lera, där den vertikala hydrauliska konduktiviteten varit föremål för kalibrering, styrd mot tillgång på vatten i undre magasin, baserad på effekt av provpumpning vid Korsvägen och erfarenhet från modell Korsvägen-Almedal. I sådana randzoner har identifierats behov av ansättande av en lägre vertikal hydraulisk konduktivitet, ner till ca $K_v=1-2E-7$ m/s. Denna ansatta vertikala hydrauliska konduktiviteten ska inte ses som det faktiska värdet på materialet i verkligheten utan är framkalibrerad för att ta hänsyn till cellindelning och de lagermaktigheter som återskapats i modellen. Diskretiseringen av modellen har bidragit till att mäktigheten på friktionsmaterialet överskattats på flera ställen i modellen, framförallt i områden där undre och övre jordmagasin möts.

3.3.2.3 Randvillkor och punktkällor

Modellens randvillkor består till störst del av gränser där ett flöde kan ske över gränserna. Endast ett kortare randstycke i sydöstra hörnet har en tät rand där inget flöde sker över gränsen. I den södra delen av modellen sker ett inflöde i beräkningslager för det undre magasinet och berg, i norr sker ett utflöde i motsvarande lager. I det övre magasinet antas det inte ske något flöde över gränserna, där är istället ett dräneringssystem upprättat för att styra den lokala flödesregimen. En generell dräneringsnivå är ansatt i det översta beräkningslagret till 1,5 m under markytan.

Det övre randvillkor som gäller för modellen är nybildning av grundvatten från nederbörd. Denna nybildning tillförs det överst aktiva beräkningslagret inom intervallet 110-140 mm/år. Dräneringssystemet i det översta aktiva lagret ser till att överskottsvatten, där grundvattenytan överstiger en nivå på 1,5 m under markytan, dräneras bort.

Det undre randvillkoret är en tät rand i botten av modellen där inget flöde sker över gränsen.

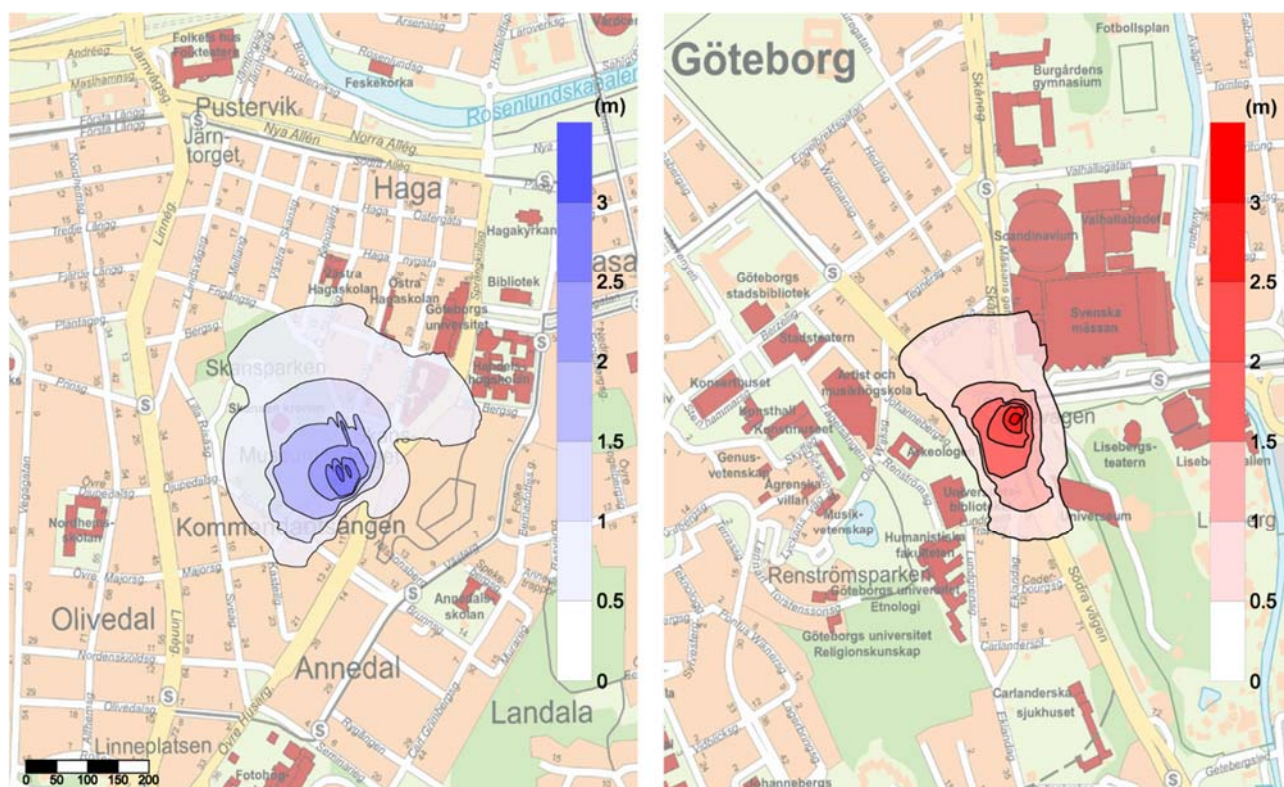
² K_h = Horisontell hydraulisk konduktivitet, K_v = vertikal hydraulisk konduktivitet

3.3.3 Kalibrering och verifisering

3.3.3.1 Kalibrering

Inledningsvis har en kalibrering utförts av den vertikala hydrauliska konduktiviteten för friktionsjord i randzon utmed bergsida vid övergång mellan jord och berg. Denna parameter styr framförallt tillströmning av grundvatten till det undre magasinet.

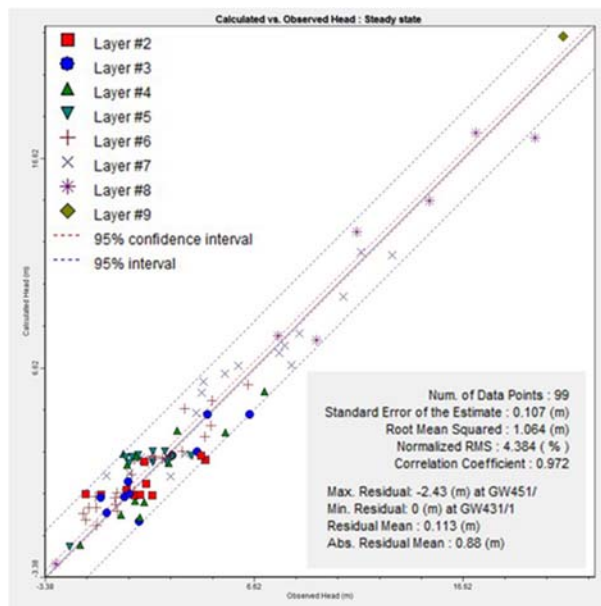
Målet med denna kalibrering har varit att återskapa en storleksmässigt likartad avsänkning hos en simulerad provpumpning i modellen över Haga som den genomförda och, i modellen över Korsvägen-Almedal, simulerade provpumpningen vid Korsvägen. Simuleringen visade att för det undre magasinet i modell Haga krävs ett $K_v=0.9\cdot 10^{-7}$ m/s för att få en respons som korresponderar storleksmässigt med provpumpning Korsvägen, detta åskådliggörs i figur 3-13. Detta relativt låga värde på vertikal konduktivitet visar att mäktigheten på friktionsmaterial i denna zon överskattas i modellen på grund av vald cellstorlek.



figur 3-13. Simulerad provpumpning i det undre magasinet vid Haga till vänster. Simulering av provpumpningen utförd vid Korsvägen till höger.

Den primära kalibreringen utfördes därefter i ett stationärt tillstånd mot uppmätta trycknivåer (medianvärden) vilka anses representera grundvattennivån inom modellområdet.

Kalibreringen avbröts vid ett Normalized RMS om ca 4,4 % och Absolute Residual Mean om ca 0,9 m, enligt figur 3-14.



figur 3-14. Resultat av stationär kalibrering.
Layer = beräkningslager, där lägre siffror avser yttligare lager.

3.3.3.2 Känslighetsanalys

För aktuell modell beskrivs sensitiviteten utifrån de erfarenheter som erhållits under modelleringsarbetet. Detta bedöms på ett relevant sätt beskriva vilka parametrar som har hög respektive låg sensitivitet. För beskrivningen används en relativ skala med beteckning låg, måttlig och hög. Parametrar som bedöms vara av vikt att beskriva är K_h , K_v och Net recharge (grundvattenbildning).

Låg sensitivitet

- K_h , K_v i jord, övre magasin

Kommentar: Den hydrauliska konduktiviteten i det övre magasinet bedöms ha låg/ingen effekt på grundvattennivån. Allt överskott av vatten nära markytan dräneras bort av ytligt liggande dränering.

Måttlig sensitivitet

- K_h , K_v i jord, undre magasin
- K_h , K_v i berg inom bergområden

Kommentar: I det undre magasinet har konduktiviteten en låg/måttlig sensitivitet. Detta beror främst på relationen mellan grundvattenbildning och transmissiviteten i magasinet. Framförallt ger det undre magasinets relativt höga konduktivitet en stor buffertmöjlighet.

Konduktiviteten i berg har inverkan på tryckförändringar över hela modellen. Dess sensitivitet har reglerats genom att ansätta olika zoner vertikalt och horisontellt för att hantera bergets konduktivitetsintervall områdesvis.

Hög sensitivitet

- K_v i randzon mellan bergområde/lerområde, nybildning till undre magasin.

Kommentar: Potentialen för grundvattentillströmning till det undre magasinet styrs till största del av den vertikala hydrauliska konduktiviteten i friktionsmaterialet i randzonen bergområde/lerområde. Denna parameter bedömdes initialt så viktig att den kalibrerades mot erfarenheter från modelleringen över Korsvägen-Almedal. Det krävdes dessutom en ytterligare noggrann indelning av den vertikala konduktiviteten vid vissa smalare dalgångar/passager i modellen för att lokalt reglera den potentiella tillströmningen till undre magasin.

3.3.3.3 Verifiering

Ytterligare data som är lämplig för att verifiera modellen saknas. De stationära data som funnits tillgängliga är använd vid kalibrering av modellen. Transient data (t.ex. propumpningar) saknas för området.

3.3.4 Prediktiv simulering

3.3.4.1 Prediktion av nuvarande förhållanden

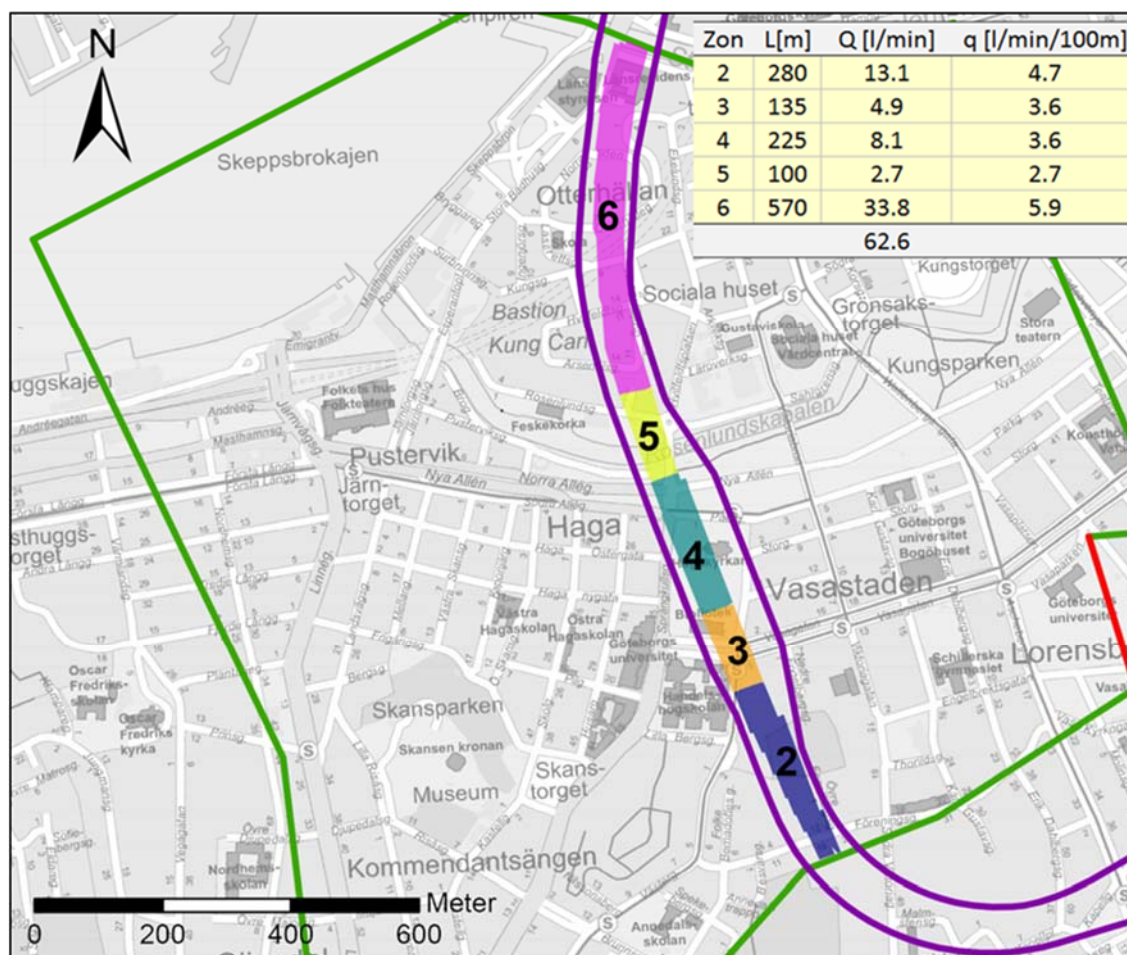
Simuleringsresultat av nuvarande förhållanden framgår av Bilaga 2a och Bilaga 2b, representerade av beräknad grundvattenyta (Bilaga 2a) respektive trycknivå i undre magasin i jord, alternativt trycknivå i berg där grundvatten endast återfinns i berg (Bilaga 2b).

3.3.4.2 Prediktion vid tätade förhållanden

Ett exempel på en möjlig hydraulisk omgivningspåverkan av Västlänken, med tätad konstruktion, visas i Bilaga 2c. Västlänkens geometri bygger på skiss daterad 2013-04-05. Prediktionen visar trycksänkning i undre magasin, alternativt i berg där grundvatten endast återfinns i berg. Prediktionen ska ses som en visualisering av modellens funktionella möjligheter, mot bakgrund av dess syfte att kunna beräkna och visualisera hydraulisk omgivningspåverkan.

Västlänken har simulerats med en omgivande injekteringszon, innanför denna zon har en trycksänkning skett ner till 0.2 m över tunnelbotten. Bergpåslag vid Hagakyrkan och Rosenlund har simulerats med spontlåda. Spontlådan sträcker sig ut mot dalgång där det finns en lermäktighet på minst 2 m. Berg inom spontlåda har injekterats.

Ett totalt inläckage till Västlänken inom modellområdet är simulerat till ca 63 L/min under gällande förutsättningar, se figur 3-15.



figur 3-15. Zoner för beräkning av inläckage till Västlänken, jämte simulerat inläckage för ett möjligt utförande. Hydraulisk omgivningspåverkan av denna bortledning redovisas i Bilaga 2c.

3.3.5 Slutsatser

3.3.5.1 Modellantagande och begränsningar

Modellen bedöms ha en korrekt återgivning av grundvattensystemet i dess helhet och potential till tillströmning av grundvatten till det undre magasinet. Detta har kunnat verifieras genom utförd modellkalibrering.

De befintliga tunnelanläggningar som finns inom modellområdet bedöms vara trovärdigt representerade.

Modellen är främst designad för att användas vid studier av tryckförändringar i det undre magasinet eller berg vid grundvattenbortledning, primärt i de centrala delarna av modellen kring Västlänkens utbredning.

3.3.5.2 Modellprediktioner

Modellen predikterar grundvattensystemet i dess helhet med avseende på trycknivåer i jordmagasinen och i berg på ett tillfredsställande sätt. Modellen bedöms även prediktera potential till tillströmning av grundvatten till det undre magasinet tillfredsställande.

Ett exempel på simulering som kan utföras med modellen är redovisat. Detta exempel visar modellens möjligheter att visualisera en hydraulisk omgivningspåverkan vid en viss grundvattenbortledning från Västlänken.

3.3.5.3 Osäkerhet

Osäkerheten i modellen beror till störst del på de data modellen är kalibrerad mot. En transient kalibrering är utförd för en modellparameter mot data från ett liknande område. Med tanke på detta, och att en stationär kalibrering är utförd mot data från det faktiska modellområdet, kan modellen ses som relativt säker. Den största osäkerheten ligger i spridningen på de stationära data som finns tillgänglig. De områden som har glesare mellan observationspunkterna har således lägre säkerhet.

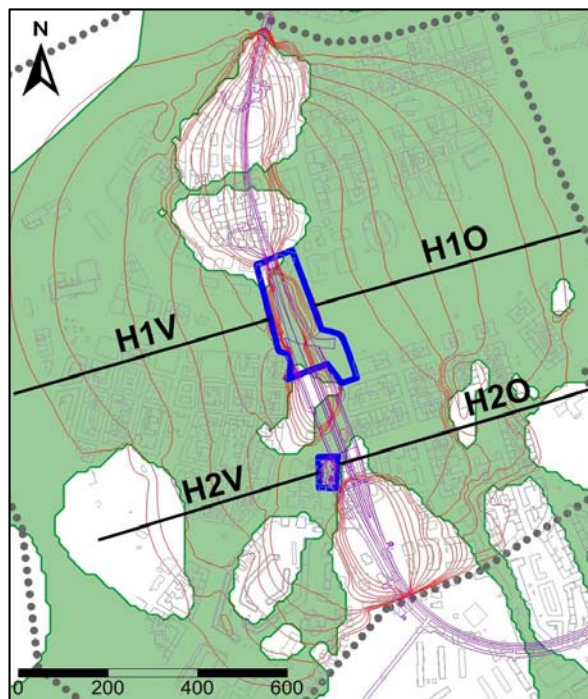
4 Beräkningsresultat

4.1 Haga

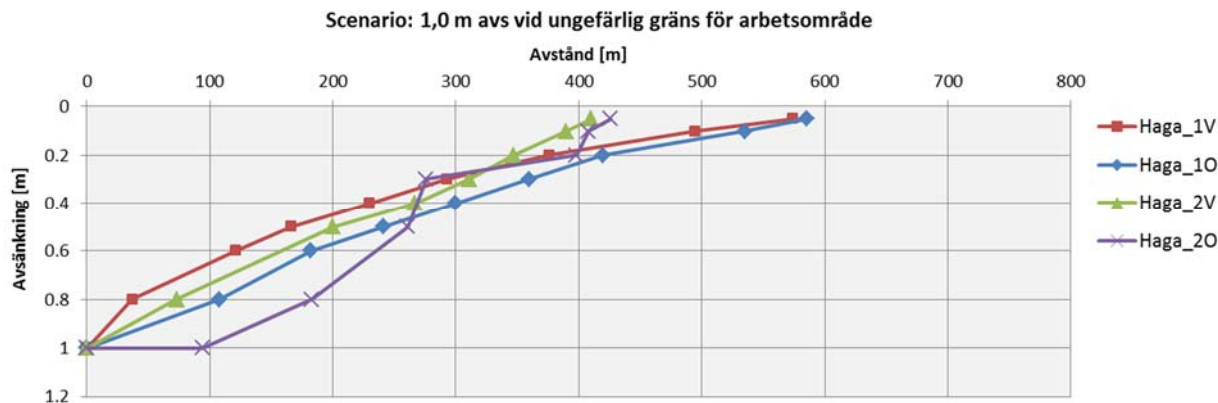
Simulering har utförts med antagande om att det vid ungefärlig gräns för arbetsområde i marknivå, se blå markering i figur 4-1, upprätthålls en trycknivå i undre magasin i jord så att trycksänkningen längs denna gräns uppgår till 1,0 m, 0,6 m samt 0,3 m för respektive beräkningsscenario.

Beräkningarna har generellt utförts för ett inläckage till bergtunnlar motsvarande 3,8 L/min/100 m. För ett jämförande scenario har inläckaget halverats (1,9 L/min/100 m) för att se effekten vid 0,3 m avsänkning längs ungefärlig gräns för arbetsområde.

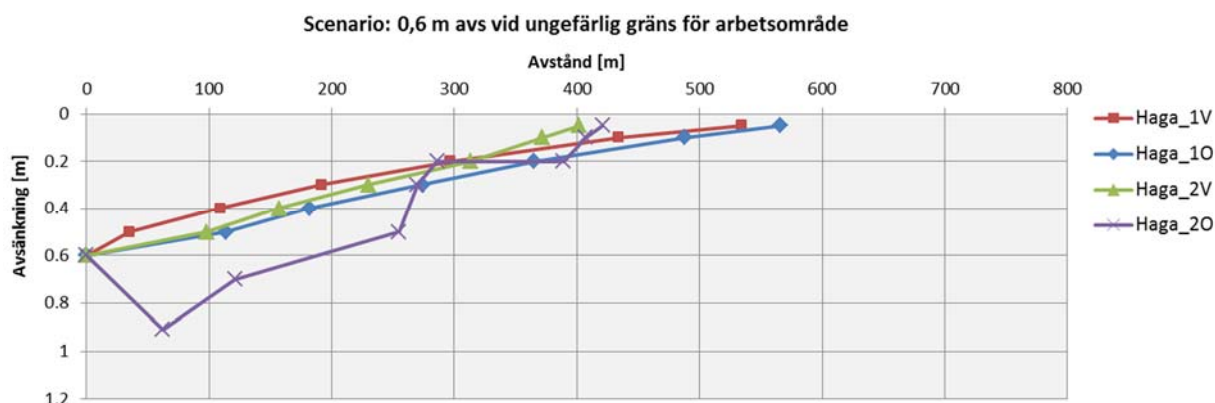
Fyra sektioner (H1V, H2V, H1O och H2O) har studerats närmare för att ge en överskådlig sammanfattande bild över de olika beräkningsscenarierna.



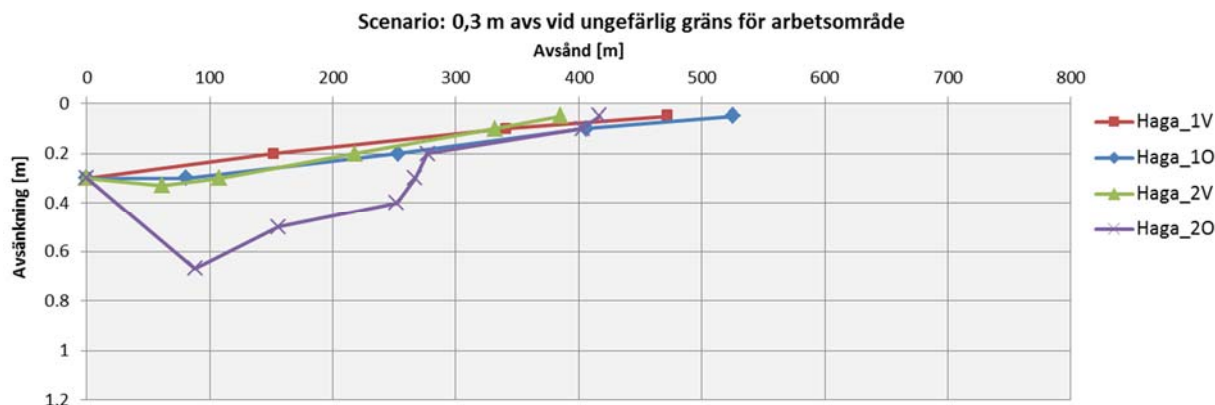
figur 4-1. Planläge för sektioner kring station Haga. Gröna ytor = områden med undre magasin i jord och vita ytor = områden där grundvattenytan återfinns i berg.



figur 4-2. Beräknad utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord kring station Haga vid 1 m trycksänkning längs arbetsområde.



figur 4-3. Beräknad utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord kring station Haga vid 0,6 m trycksänkning längs arbetsområde.



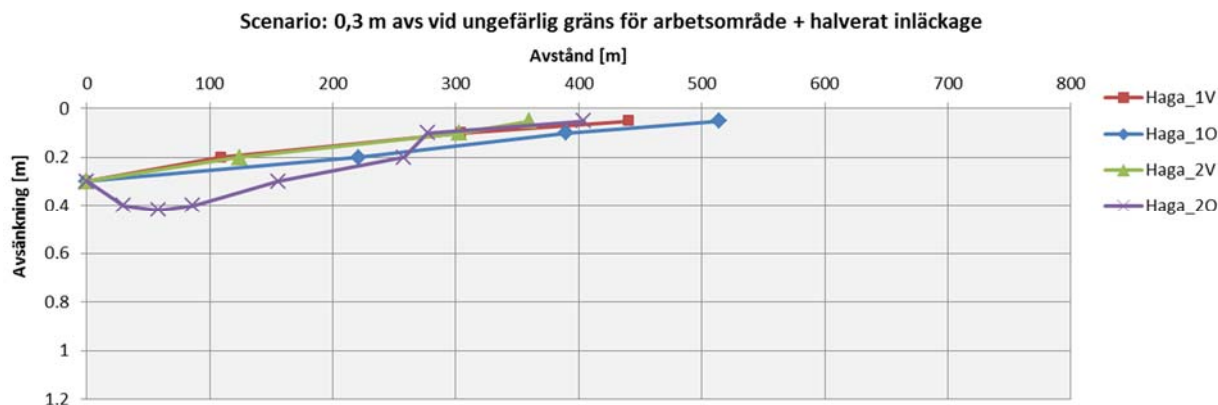
figur 4-4. Beräknad utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord kring station Haga vid 0,3 m trycksänkning längs arbetsområde.

Som framgår av beräkningsresultaten ovan kan upprätthållande av en viss trycknivå i undre magasin i jord längs gräns för antaget arbetsområde i marknivå påverka trycksänkkningsutbredningens form (i huvudsak) och utbredning (i mindre omfattning) i tre av de fyra studerade sektionerna.

För sektion Haga_2O (H₂O) framgår att trycksänkkningsutbredningen i undre magasin i jord till stor del styrs av inläckage till andra delar av Västlänken och att upprätthållande av trycknivån längs gräns för antaget arbetsområde i marknivå har mindre effekt på trycksänkkningsutbredning längs denna sektion. Detta blir särskilt tydligt vid ett beräkningsscenario där inläckage till Västlänkens undermarksanläggningar halveras jämfört med grundscenariot, se figur 4-5.

Av beräkningarna kan man dra slutsatsen att det går att arbeta med aktiviteter som reglerar trycksänkningen i undre magasin i jord längs gräns för arbetsområde och nå god effekt inom stora delar av området kring station Haga. Dock att sådana aktiviteter får mindre effekt inom område sydost om stationen (sektion

Haga_2O). Vidare kan ses att upprätthållande av trycknivå i undre magasin i jord längs nämnd gränslinje, så att trycksänkningen blir mindre än 0,3 m, torde få liten effekt på trycksänkningens utbredning, vilket framgår av kurvornas form i figur 4-4, där trycksänkningen tenderar att öka något närmast utanför antagen gräns för arbetsområde. Detta visar på den trycksänkning som orsakas av andra delar av Västlänkens undermarksanläggningar utanför arbetsområde i marknivå, vilket är något som främst påverkas av undermarksanläggningarnas täthet. Detta framgår av jämförelsen mellan figur 4-4 och figur 4-5.



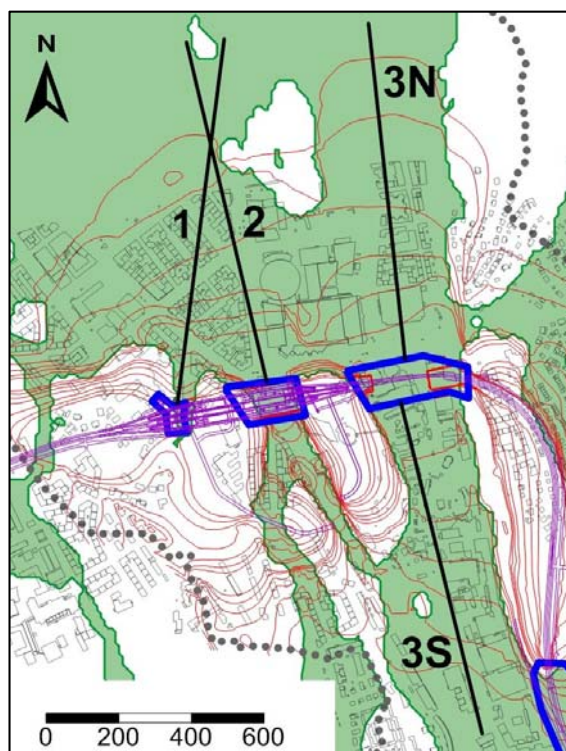
figur 4-5. Beräknad utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord kring station Haga vid 0,3 m trycksänkning längs arbetsområde, beräkningsscenario med halverat inläckage till Västlänkens undermarksanläggningar jämfört med grundscenariot.

4.2 Korsvägen – Liseberg

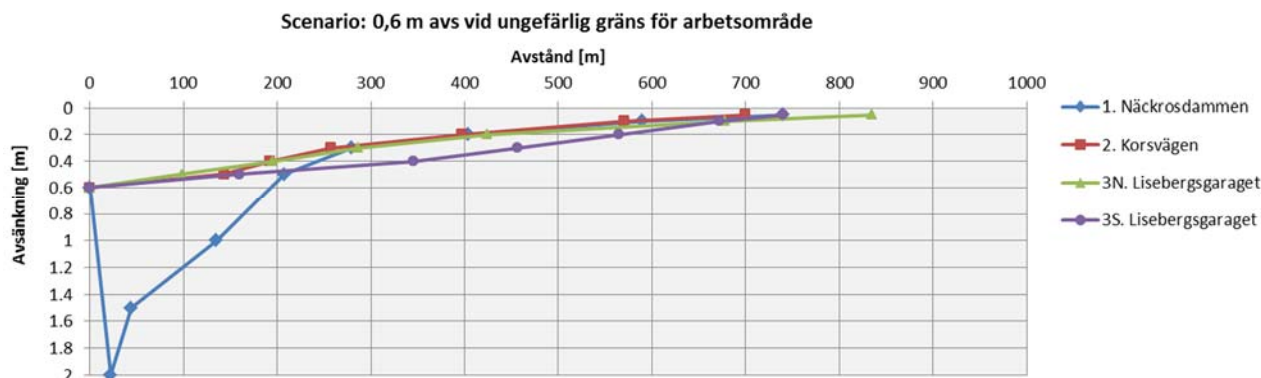
Simulering har utförts med antagande om att det vid ungefärlig gräns för arbetsområde i marknivå, se blå markering i figur 4-6, upprätthålls en trycknivå i undre magasin så att trycksänkningen längs denna gräns uppgår till 0,6 m eller 0,3 m för respektive beräkningsscenario.

Beräkningarna har generellt utförts för ett inläckage till bergtunnlar motsvarande grundscenario för fackmodell 1 enligt figur 3-11. Jämfört med fackmodell 1 har möjliga servicetunnlar (Korsvägen och Liseberget) lagts till, där dessa simulerats med ett inläckage om 2,0-4,8 L/min/100 m (Korsvägen) respektive 4,0 L/min/100 m (Liseberget). Servicetunnel Korsvägen har simulerats med olika inläckage med avseende på passage av Eklandagatan, vilket identifierats som ett känsligt parti för denna tunnel.

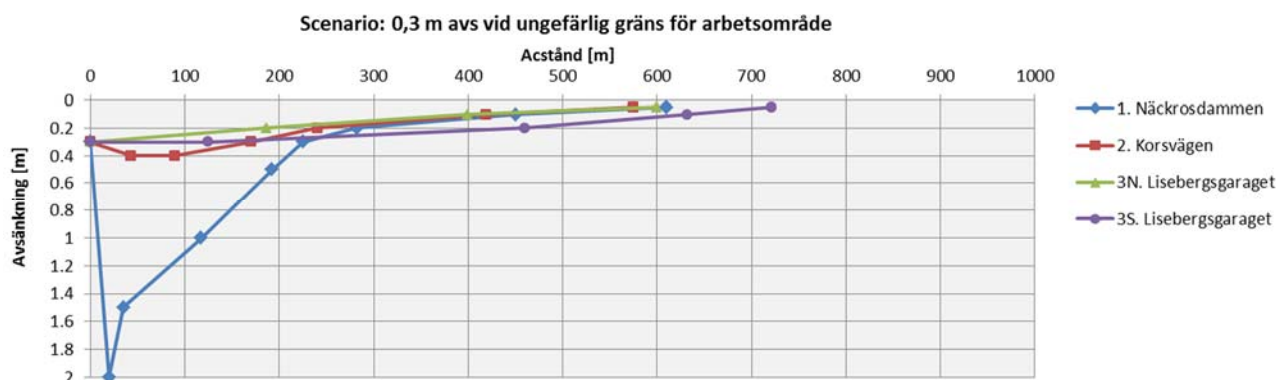
Fyra sektioner (1, 2, 3N och 3S) har studerats närmare för att ge en överskådlig sammanfattande bild över de olika beräkningsscenarierna.



figur 4-6. Planläge för sektioner kring Korsvägen – Liseberg. Gröna ytor = områden med undre magasin i jord och vita ytor = områden där grundvattenytan återfinns i berg.



figur 4-7. Beräknad utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord kring Korsvägen - Liseberg vid 0,6 m trycksänkning längs arbetsområde.



figur 4-8. Beräknad utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord kring Korsvägen - Liseberg vid 0,3 m trycksänkning längs arbetsområde.

Som framgår av beräkningsresultaten ovan kan upprätthållande av en viss trycknivå i undre magasin i jord längs gräns för antaget arbetsområde i marknivå påverka trycksänkingsutbredningens form (i huvudsak) och utbredning (i mindre omfattning) i tre av de fyra studerade sektionerna.

För sektion 1 (Näckrosdammen) får aktiviteter inom arbetsområde i markytan ingen eller liten effekt på utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord. Anledningen till detta är att trycksänkingsutbredningen längs denna sektion styrs av inläckage till undermarksanläggningar som påverkas mycket lite av upprätthållande av en viss trycknivå längs gräns för arbetsområde i marknivå.

4.2.1 Servicetunnlar

Två möjliga servicetunnlar har lagts till den ursprungliga fackmodellen från 2013. Servicetunnel *Korsvägen* har bergpåslag från Södra vägen med sträckning västerut under Carlanderska sjukhuset där tunneln viker av norrut för att ansluta mot västra delen av station Korsvägen. Servicetunnel *Liseberget* har bergpåslag från Södra vägen med initiell riktning österut men som viker av norrut och löper under Liseberget för att ansluta mot station Korsvägens östra del.

För servicetunnlar har som initieell utgångspunkt simulerats ett inläckage inom intervallet 3-5 L/min/100 m.

Vid servicetunnel Korsvägens passage av Eklandagatan är avstånd mellan tunnel och undre magasin i jord relativt litet, omkring 10 meter. Trycksänkning vid bergtunneln förutses kunna påverka trycknivån i undre magasin i jord med flera meter, beroende på hur tät servicetunneln utförs/kan utföras. För en tunnel med medelläcket 4,8 L/min/100 m förutses att trycksänkningen i undre magasin i jord vid Eklandagatan lokalt kan uppgå till >5 meter. Om tunneln kan tätas ned till 2,0 L/min/100 m vid passage av Eklandagatan kan förutses trycksänkningen i undre magasin i jord kan nedbringas till maximalt ca 3 m. För en helt tät tunnel vid passage av Eklandagatan förutses trycksänkningen i undre magasin i jord lokalt kunna bli ca 1 m. Detta visar på den trycksänkning som övriga undermarksdelar för Västlänken (här i huvudsak delar av station Korsvägen) kan förutses kunna medföra vid servicetunnelns passage av Eklandagatan.

Simulering av infiltration till undre magasin vid servicetunnelns passage av Eklandagatan pekar på att trycksänkningseffekten från Västlänken kan minskas genom infiltration av relativt små flöden.

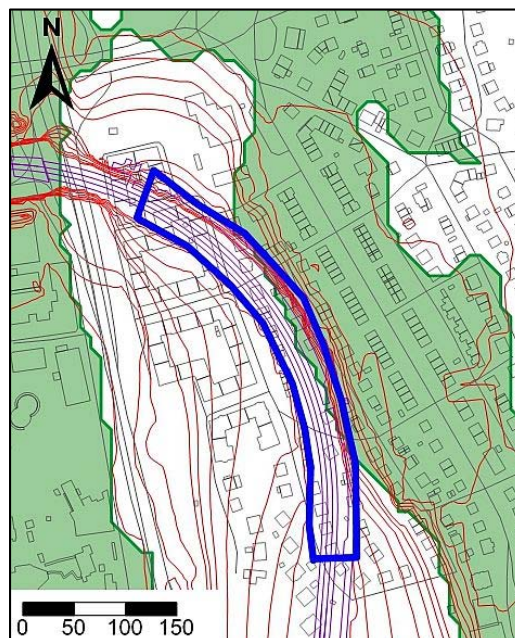
För servicetunnel Liseberget har simulerats ett inläckage motsvarande 4,0 L/min/100 m. Någon större trycksänkningseffekt på angränsande undre magasin i jord förutses inte uppkomma för denna servicetunnel.

4.3 Skår

Vid Skår ligger Västlänkens tunnlar längs markerad sträcka i figur 4-9 relativt nära undre magasin i jord. Här kan således trycksänkningen från bergtunnlarna lättare fortplanta sig ut till undre magasin i jord och medföra en trycksänkning i magasinet.

I den ursprungliga fackmodellen från 2013 simulerades ett inläckage längs markerad sträcka motsvarande 6,3 L/min/100 m. Denna bortledning medför en beräknad trycksänkning i undre magasin längs Laboratoriegatan med som mest ca 1,5-2 m.

Simulering med tätare tunnlar längs markerad sträcka, här simulerat till 2,7 L/min/100 m, medför en beräknad trycksänkning i undre magasin längs Laboratoriegatan med som mest ca 0,5-1 m.



figur 4-9. Planläge över tunnelsträckning vid Skår.
Gröna ytor = områden med undre magasin i jord och vita ytor = områden där grundvattenytan återfinns i berg.

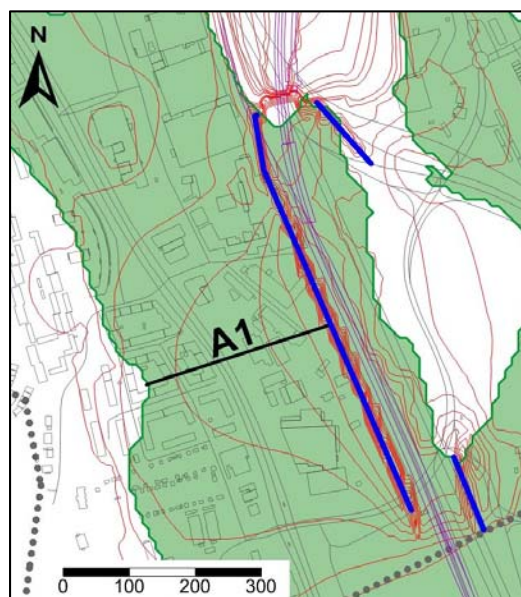
4.4 Almedal

Vid Almedal har beräkningar fokuserat på risk för trycksänkning av det undre magasinet i jord längs Mölndalsåns dalgång.

Beräkningarna har generellt utförts med antagande att ett visst läckage sker till Västlänkens anläggningar vilket leder till en lokal trycksänkning av undre magasin i jord, alternativt att det sker en temporär lokal trycksänkning av byggnadstekniska skäl.

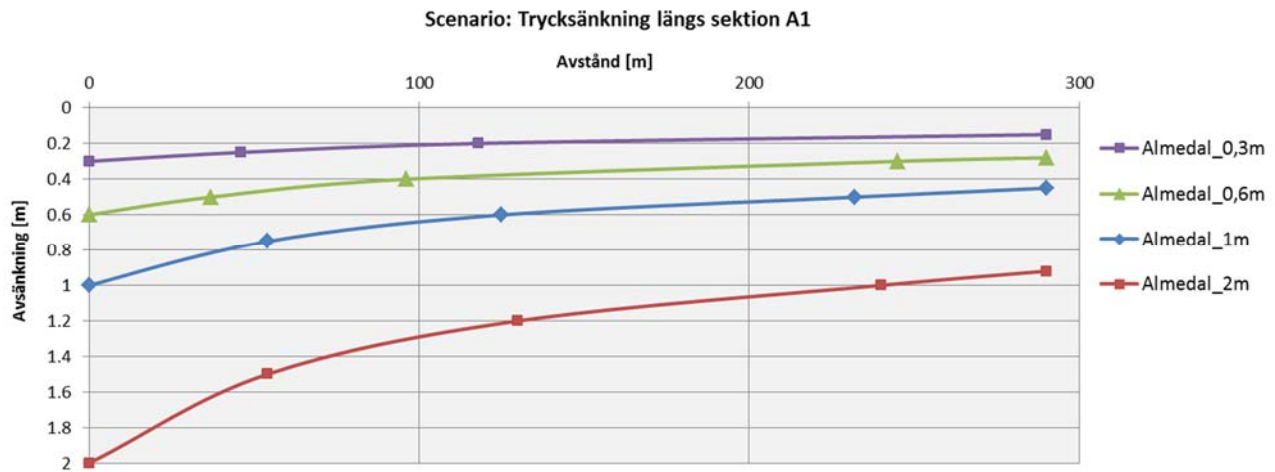
Trycksänkningens storlek, lokalt inom arbetsområdet, kontrolleras och styrs så att trycksänkningseffekt längs linje för antaget arbetsområde (blå linje i figur 4-10) uppgår till vissa antagna värden, här; 2,0 m, 1,0 m, 0,6 m respektive 0,3 m.

Resultaten redovisas längs den sektion där störst trycksänkning kan förutses (sektion A1 i figur 4-10).



figur 4-10. Planläge över tunnelsträckning vid Skår.
Gröna ytor = områden med undre magasin i jord och vita ytor = områden där grundvattenytan återfinns i berg.

Beräkningsresultaten (figur 4-11) pekar på att ett upprätthållande av trycknivån i undre magasin i jord längs antagen gräns för arbetsområde så att trycksänkningen längs denna linje begränsas, får effekt längs studerad sträcka.



figur 4-11. Beräknad utbredning av trycksänkning i undre magasin i jord längs sektion A1 (figur 4-10) vid Almedal vid olika scenarier för trycksänkning längs antagen gräns för arbetsområde.

5 Referenser

- [1] MPU02-50GT-025-00-0004 PM Hydrogeologi berg (2016-02-10)
- [2] MPU02-50GT-025-00-0005 PM Hydrogeologi jord (2016-02-10)