PM HYDROGEOLOGI

TORSBODA NORD

2023-02-01

PM HYDROGEOLOGI

Torsboda Nord

KUND

Timrå Invest AB

KONSULT

WSP Environmental Sverige
Dragarbrunnsgatan 41
WSP Sverige AB
753 20 Uppsala
Besök: Dragarbrunnsgatan 41
Tel: +46 10 7225000

wsp.com

KONTAKTPERSONER

Daniel Elala +46 70 683 11 98

UPPDRAGSNAMN
Torsboda Nord

UPPDRAGSNUMMER
10344396

FÖRFATTARE
Alexi Lampinen

DATUM
2023-02-01

ÄNDRINGSDATUM
2023-06-08

Granskad av
Lars Rodhe

Godkänd av
Daniel Elala

1 BAKGRUND 4

2 METOD 4

3 PLAN OCH HÖJDSYSTEM 4

4 PLANERAD UTFORMNING 5

5 FÖRUTSÄTTNINGAR 6

5.1 TOPOGRAFI 6

5.2 GEOLOGI 7

5.3 HYDROGEOLOGI OCH HYDROLOGI 9

5.3.1 Installerade grundvattenrör 9

5.3.2 Slugtester 10

5.4 GRUNDVATTENBILDNING 11

6 BERÄKNINGAR 13

6.1 HYDRAULISK KONDUKTIVITET – BERG 13

6.2 GRUNDVATTENMODELL 14

6.3 BERÄKNAD PÅVERKAN AV GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN 16

6.4 PÅVERKANSOMRÅDE 18

6.5 GRUNDVATTENBORTLEDNING 20

6.6 FLÖDESFÖRÄNDRINGAR 20

7 MOTSTÅENDE INTRESSEN 21

7.1 POTENTIELLA MOTSTÅENDE INTRESSEN 21

7.2 BEDÖMDA EFFEKTER 21

7.2.1 Flödesförändring 21

7.2.2 Nyckelbiotoper 21

7.2.3 Sumpskog 22

7.2.4 Grundvattenmagasin 22

7.2.5 Europaväg 4 22

8 SLUTSATS 22

9 LITTERATURFÖRTECKNING 23

1 BAKGRUND

Timrå Invest AB (under namnändring Torsboda Industrial Park AB) utreder förutsättningarna för en ny detaljplan för ändamålet industri inom fastigheterna Torsboda 1:1, 1:2, 4:29 och 4:8. Ett genomförande av detaljplanen kommer att innefatta schakt i berg för att få plana ytor där byggnader kan placeras. Schaktning kommer ske under nuvarande grundvattennivå och därmed påverkas yt- och grundvattennivåerna i området. Storleken på påverkan är beroende av geologin i området samt de hydrogeologiska förutsättningarna. I denna rapport utreds de förväntade effekterna för yt- och grundvatten till följd av den planerade brytningen. Eftersom arbetet liknar det vid en bergtäkt har utredningen gjorts likt de som brukar göras i samband med bergtäkters tillståndsansökningar.

2 METOD

Arbetet utgår från SGU:s[1] och SBMI:s[2] rekommendationer för hur arbete med vattenfrågor ska utredas i samband med bergtäkter, här i huvudsak utredningssteg 1.

Befintligt kart- och utredningsmaterial sammanställdes i en GIS-databas och användes för konceptualisering, beräkningar och underlag till en grundvattenmodell samt för att visualisera erhållna resultat. Slugtest utfördes i grundvattenrör installerade inom planområdet och beräkningar har gjorts för att bestämma den hydrauliska konduktiviteten i jordarna i området. Resultaten från beräkningarna användes sedan i konceptualiseringen.

En numerisk grundvattenmodell upprättades i syfte att beräkna och visualisera påverkan på grundvattennivåer till följd av den planerade schakten. Grundvattenmodellen byggdes upp i programmet Visual Modflow (VMF) vilket är den mest spridda koden för grundvattenmodellering.

Modellen har använts för att beräkna påverkan på grundvattnet, som följd av den grundvattensänkning som kommer att ske av planerad schakt. Från beräkningsresultaten bedöms påverkansområdets utbredning. Erhållna beräkningsresultat har sammanställts och redovisas i kapitel 6. Inom påverkansområdet har allmänna och enskilda intressen, kopplade till yt- och grundvattenfrågor, identifierats och eventuell påverkan på dessa belysts.

3 PLAN OCH HÖJDSYSTEM

Rikets koordinatsystem SWEREF 99 TM samt höjdsystem RH2000 har använts. Höjder betecknas som plushöjder enligt +0,00 m.

[1] Checklista för bergtäkter, SGU, https://www.sgu.se/samhallsplanering/bergmaterial-for-byggande/stod-vid-ansokan-om-grus-och-bergtakter/checklista-for-bergtakter/
[2] Generella rekommendationer för bedömning av tillståndsplikt för vattenverksamhet vid bergtäkter, SBMI 2015

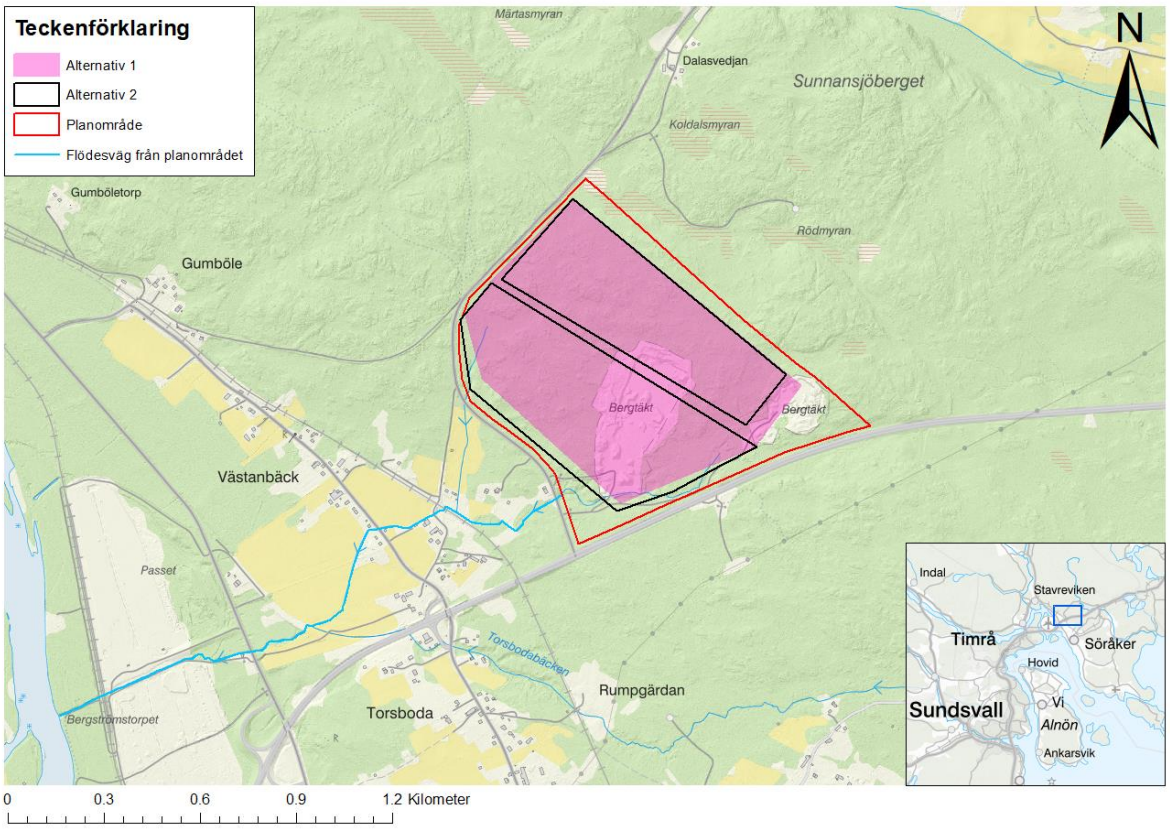
4 PLANERAD UTFORMNING

Planområdet ligger öster om Timrå strax norr om E4:an och omges i huvudsak av skogsmark, se Figur 1. I dagsläget finns det två bergtäkter inom planområdet. Dessa kommer behöva fyllas igen för att få till den planerade plana ytan.

Planområdet är ca 74 hektar stort. Det är två schaktförslag som finns utredda i föreliggande rapport. I *alternativ 1* är det endast en stor plan yta som ska anläggas. Denna har en area på strax över 54 hektar och kommer anläggas på en höjd om +103. För alternativ 1 har ytterligare en höjd undersökts. Den höjden avser +85.

Alternativ 2 innefattar två ytor på olika höjder. Den södra ytan har en area på ca 30 hektar och kommer anläggas på +93, medan den norra ytan har en area på strax över 23 hektar och kommer anläggas på +112.

Vattnet inom planområdet planeras att hanteras i ett dagvattensystem och sedan ledas söderut via ett dike. Detta dike mynnar sedan ut i Norrån (Indalsälven) som passerar Indalsälvens deltas naturreservat innan det mynnar ut i Östersjön. Flödesvägen finns markerad i nedanstående figur.



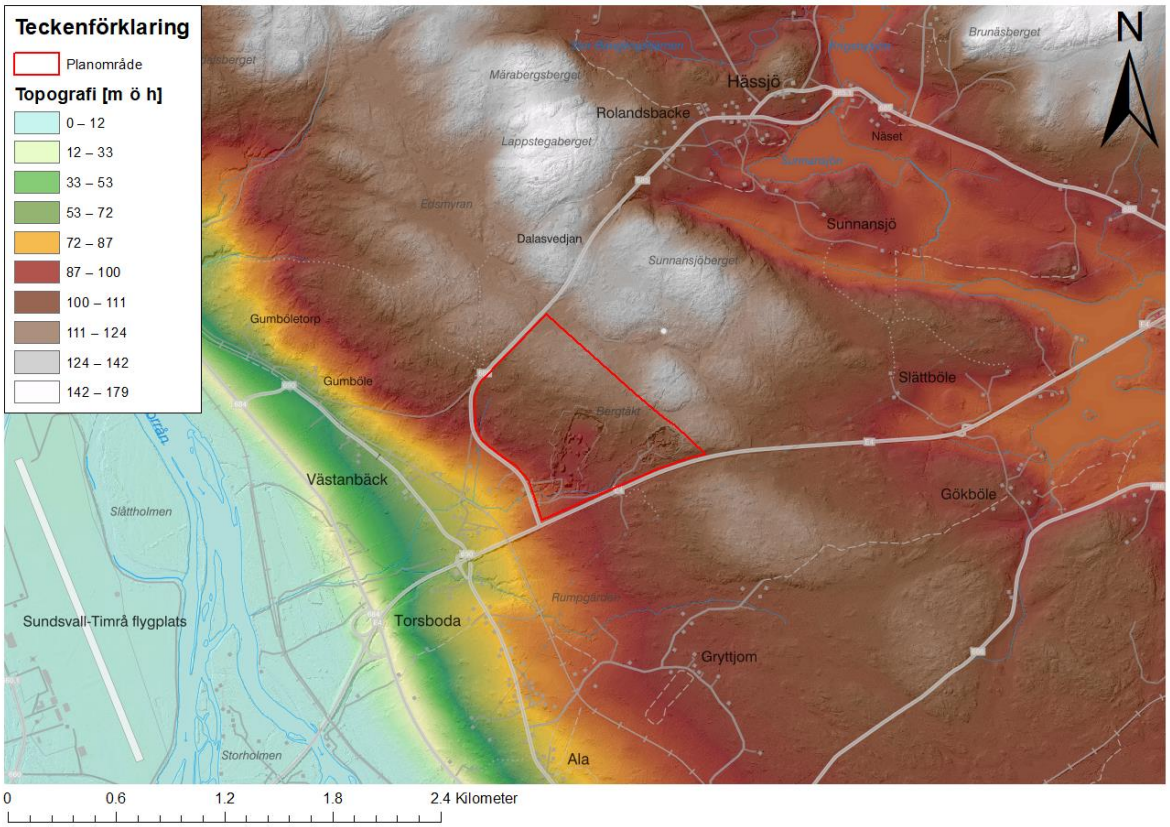
Figur 1. Planområde, schaktalternativ samt vattenavledningen. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet

5 FÖRUTSÄTTNINGAR

5.1 TOPOGRAFI

Området sluttar generellt ner mot älven i väster och det finns några lägre partier samt mindre sjöar öster om planområdet, se Figur 2. Inom planområdet lutar marken generellt mot sydväst med de högst belägna partierna i norra änden och de lägsta i sydvästliga änden. De högsta partierna ligger på ca +120 medan de lägsta ligger kring +72. Brytdjupet inom den större bergtäkten i planområdet är till +84, i den mindre är till +99.

Den högst belägna punkten i närområdet är toppen på Lappstegaberget som ligger på +160. De närbelägna sjöarna Bölesjön, Sunnansjön och Krigsbysjön har en vattennivå på +75, +77 respektive +77. Vattennivån i Indalsälven ligger på +0,34.

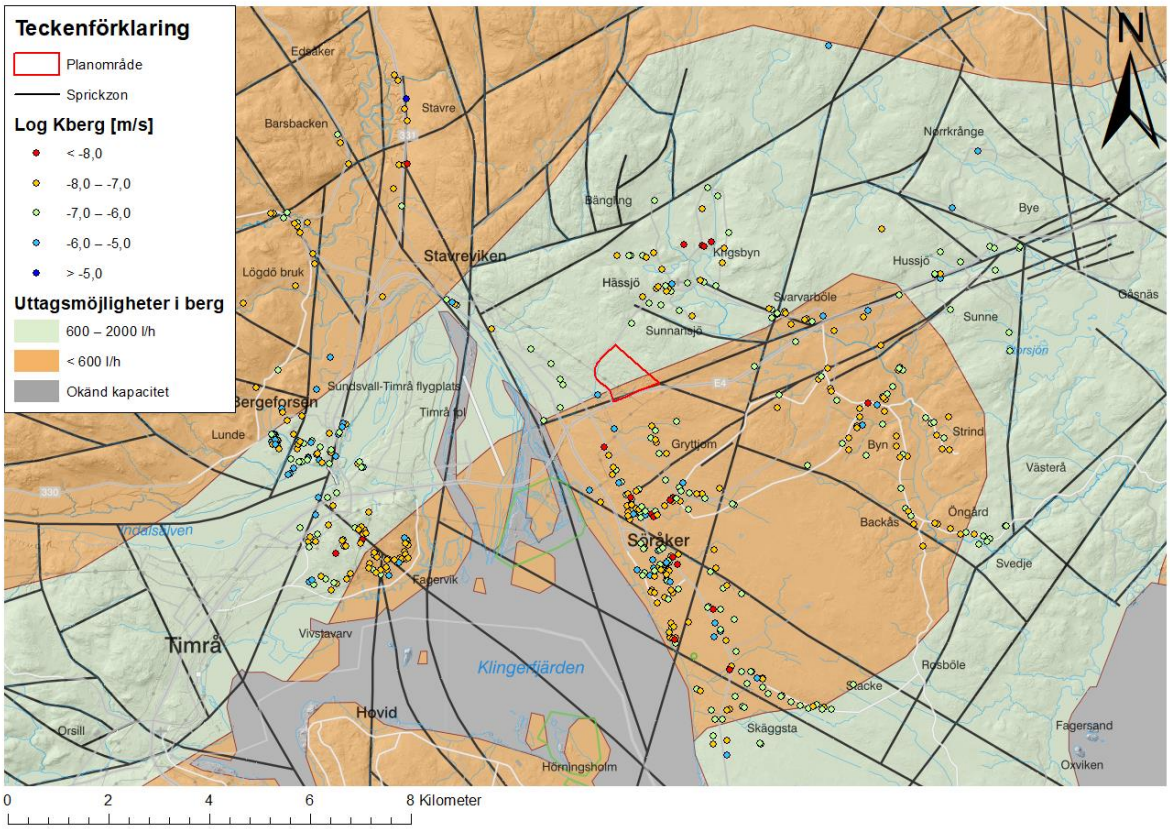


Figur 2. Topografisk karta över omgivningen runt planområdet. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Nedladdning grid 50+, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet.

5.2 GEOLOGI

Planområdet ligger på gränsen mellan två olika klassningar som SGU har gjort av uttagsmöjligheter i berg, se Figur 3. I norra delen av planområdet och i ett område som sträcker sig från sydväst till nordost är den klassade uttagsmöjligheten tämligen god (600 – 2000 l/h). I södra delen av planområdet och i ett område söder och sydost om planområdet är uttagsmöjligheterna mindre goda (<600 l/h). I figuren är även de brunnar som använts vid beräkning av den hydrauliska konduktiviteten (K) i berget utpekade, metoden för beräkningarna beskrivs i kapitel 6. Brunnarna är indelade efter vilken hydraulisk konduktivitet som uppmätts i dem.

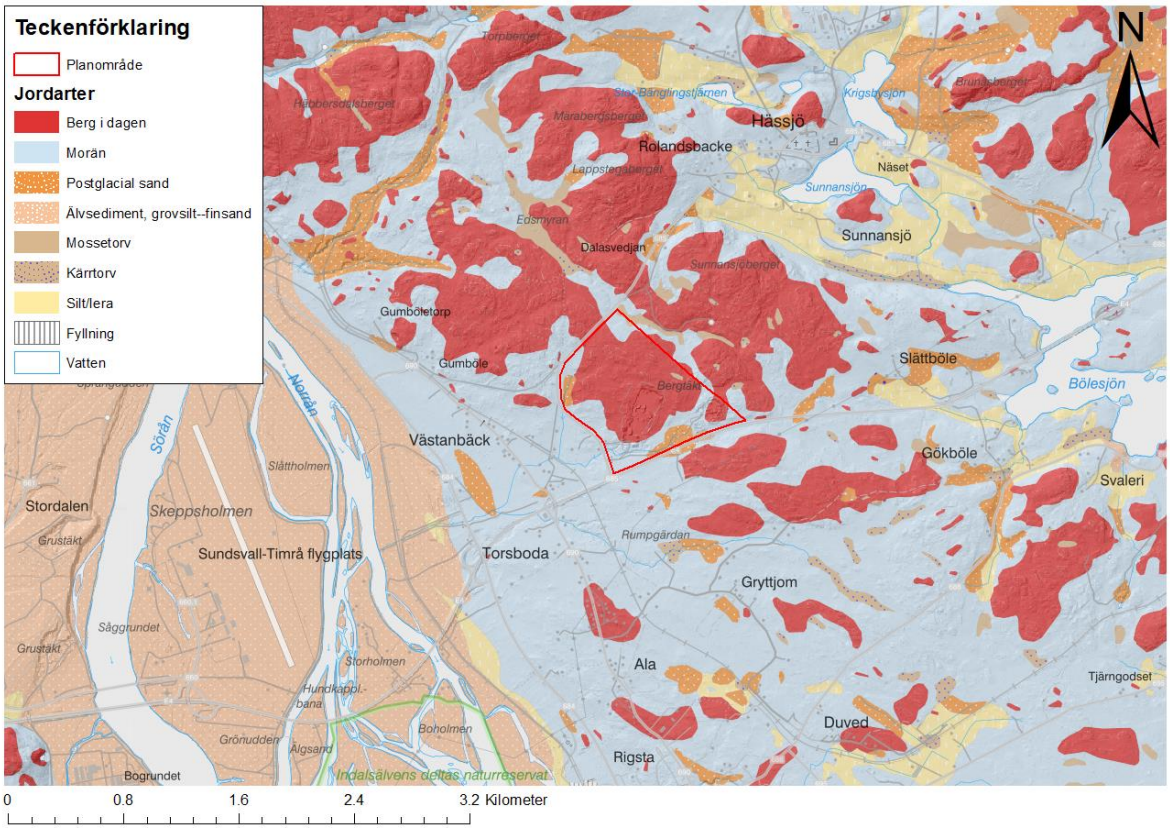
I SGU:s berggrundskarta samt i underlaget för SGU:s jorddjupsmodell finns förmodade geologiska strukturer karterade inom området, dessa kan vara vattenförande sprickzoner. Som kan ses i figuren nedan är det ett antal sprickzoner i närheten av planområdet.



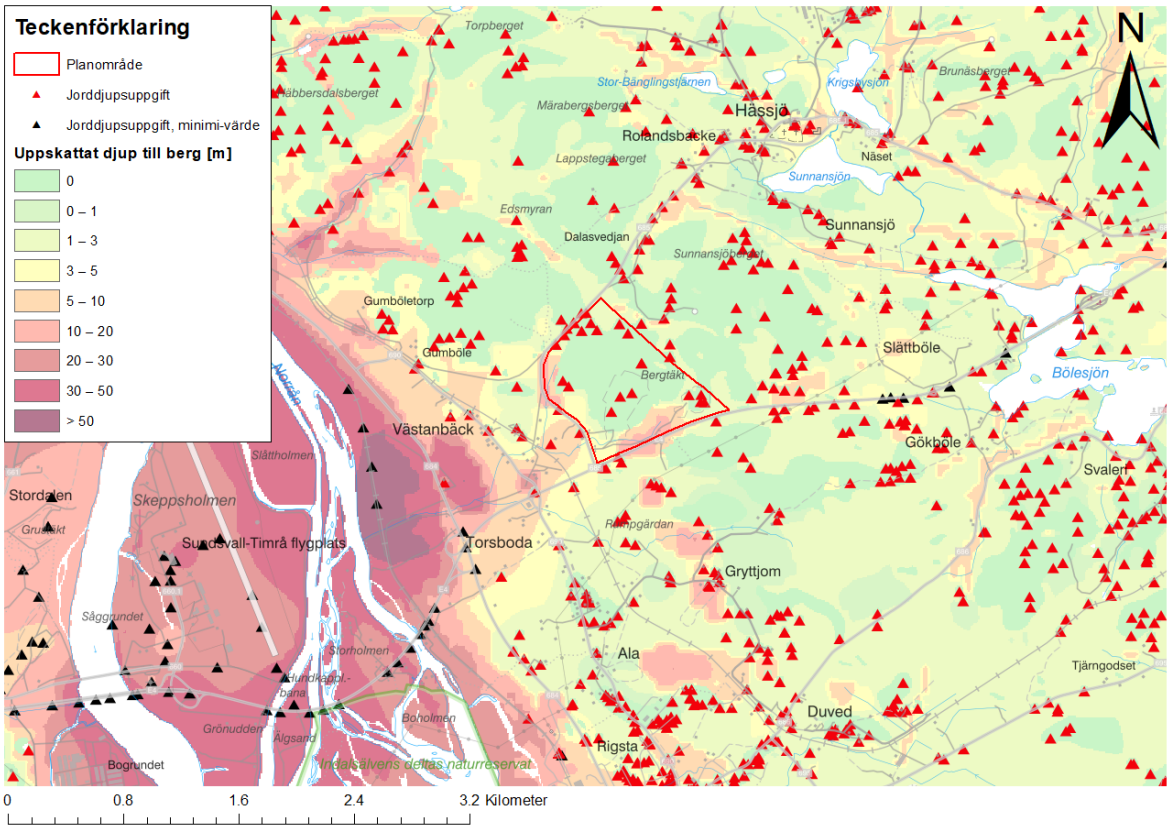
Figur 3. Brunnar från SGU:s brunnsarkiv samt uttagsmöjligheter i berg i området runt planområdet. Här ses även troliga sprickzoner i närheten av planområdet. Brunnar markerat i rött motsvarar låg hydraulisk konduktivitet (låg vattenföring) medan blå markering motsvarar höga värden (hämtat från SGU:s brunnsarkiv). Bakgrundkarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning © Lantmäteriet. Grundvatten 1:1 miljon, Berggrund 1:50 000 – 1:250 000, © SGU.

Den dominerande jordarten i närområdet är morän, men även berg i dagen är vanligt förekommande, se Figur 4. Längst med älven i väst förekommer älvsediment och det finns även mindre partier, med torv, postglacial sand och silt. Inom planområdet finns det framför allt berg i dagen som överlagras med ett tunt osammanhängande lager av morän. Resterande yta består av morän och det finns även små partier med postglacial sand och torv.

Jorddjupet inom planområdet är i huvudsak nära 0. Större jorddjup finns i områdets södra, västra och nordliga delar, se Figur 5. I närområdet väster om planområdet ner mot älven går jorddjupen på 50 meter eller mer. I det övriga närområdet är det generellt grunda jorddjup.



Figur 4. Av SGU karterade ytliga jordarter i omgivningen kring planområdet. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning © Lantmäteriet. Jordarter 1:25 000 – 1:100 000, © SGU.



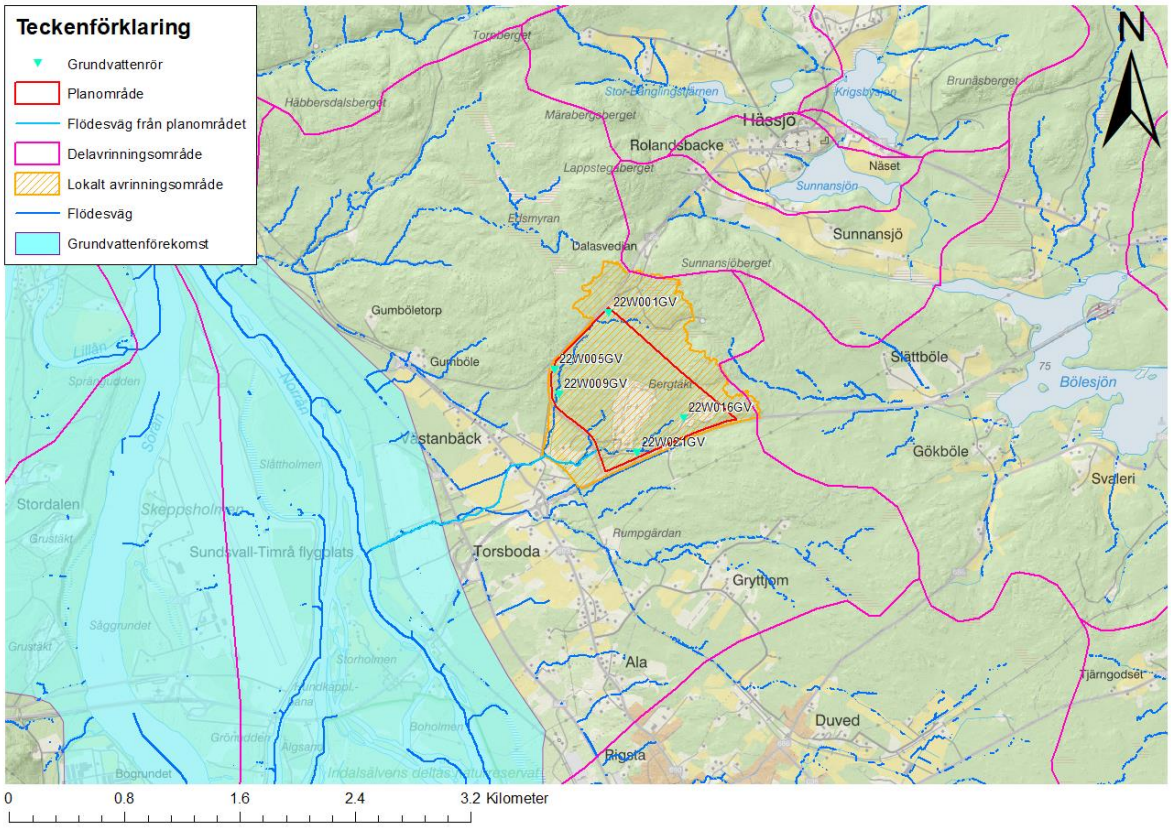
Figur 5. Jorddjup enligt SGU:s jorddjupsmodell i omgivningen kring planområdet med markerade observationspunkter. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, © Lantmäteriet. Jorddjup, © SGU.

5.3 HYDROGEOLOGI OCH HYDROLOGI

Planområdet ligger i delavrinningsområde 693665-158609 som mynnar i Norrån (Indalsälven) i sydväst, se Figur 6. Planområdets lokala avrinningsområde finns illustrerat i nedanstående figur. Det har en area på 133 ha och har utloppet i trumman som går under järnvägen sydväst om planområdet och rinner sedan vidare ner mot älven. Det lokala avrinningsområdet och ytvattnets flödesvägar i nedanstående figur är framtagna genom lågpunktskartering i Scalgo[3] medan delavrinningsområdena är tagna från vattenwebben[4]. På grund av detta stämmer de inte överens helt och hållet, men data från lågpunktskarteringen kan anses mer korrekt eftersom den är baserad på senaste höjddata från lantmäteriet.

Det ytliga grundvattnet bedöms påträffas på ringa djup, och grundvattenströmningen bedöms i stora drag följa terrängens lutning, se avsnitt 5.3.1.

Inga markavvattningsföretag eller naturliga källor finns i närområdet. Ett grundvattenmagasin finns utpekat av SGU i väst längst med älven (magasinidentitet: 250200038). Magasinet är huvudsakligen en jordakvifär och bedöms ha en uttagsmöjlighet på 3 600–18 000 l/h.



Figur 6. Storskalig avrinning, delavrinningsområden, lokalt avrinningsområde, grundvattenförekomster samt installerade grundvattenrör inom planområdet. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet. Grundvattenmagasin, © SGU.

5.3.1 Installerade grundvattenrör

Fem grundvattenrör har installerats på planområdet, se Figur 6. Samtliga rör är 1” i diameter och har en filterlängd på 0,7 m. De är installerade i övergången mellan jord och berg.

[3]Scalgo AS, 2022. SCALGO Live. URL: https://scalgo.com/en-US/live-flood-risk
[4]SMHI, 2022. Modelldata per område | SMHI – Vattenwebb. URL: https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/

Tre grundvattenmätningar har gjorts i rören, en gång i samband med installation, en gång några veckor efter installation när nivåerna stabiliserats och sen en gång precis innan påbörjat slugtest. Det sistnämnda är de nivåer som presenteras i Tabell 1. Uppmätta grundvattennivåer inom planområdet låg mellan 0,3 och 3,0 meter under markytan och visar att grundvattennivån följer topografin och sluttar ner mot sydväst.

5.3.2 Slugtester

Slugtester har utförts i de installerade grundvattenrören inom planområdet, se Figur 6. Ett slugtest är ett hydrogeologiskt test som utförs för att bestämma den hydrauliska konduktiviteten i den jord- eller bergart som grundvattenrörets filter sitter i. Testet går ut på att skapa en snabb nivåförändring på grundvattnet för att sedan mäta tillbakagången till ursprungsnivån.

Slugtesterna utfördes av fältpersonal 2022-11-03. Nivåförändringen skapades genom att en känd volym vatten snabbt hälldes i grundvattenröret. En tryckgivare installerad i röret mäter trycket varje sekund.

Utvärdering av resultatet från slugtesterna gjordes i programmet Aqtesolv med metoden Hvorslev för öppna akvifärer[5], se Tabell 1. Resultaten på slugtesterna i 22W009GV och 22W021GV bedömdes inte vara representativa för den jordart som enligt fältuppgifter filtret skulle vara installerat i. Nivån i 22W021GV visade inte på någon återgång efter påbörjat slugtest medan nivån i 22W009GV var orimligt långsam. Det misstänks att filtrena delvis eller helt blev installerade i berg. Resultaten från de övriga rören bedömdes dock ge representativa horisontala K-värden och användes i konceptualiseringen, se avsnitt 6.2.

Tabell 1. Information kring grundvattenrören som installerats på planområdet. Koordinater i SWEREF 99 TM och RH 2000, grundvattnets plusnivå uppmätt innan påbörjat slugtest (2022-11-03), filteröverkantens plusnivå, jordarten som filtret är installerat i samt den beräknade hydrauliska konduktiviteten för respektive rör.

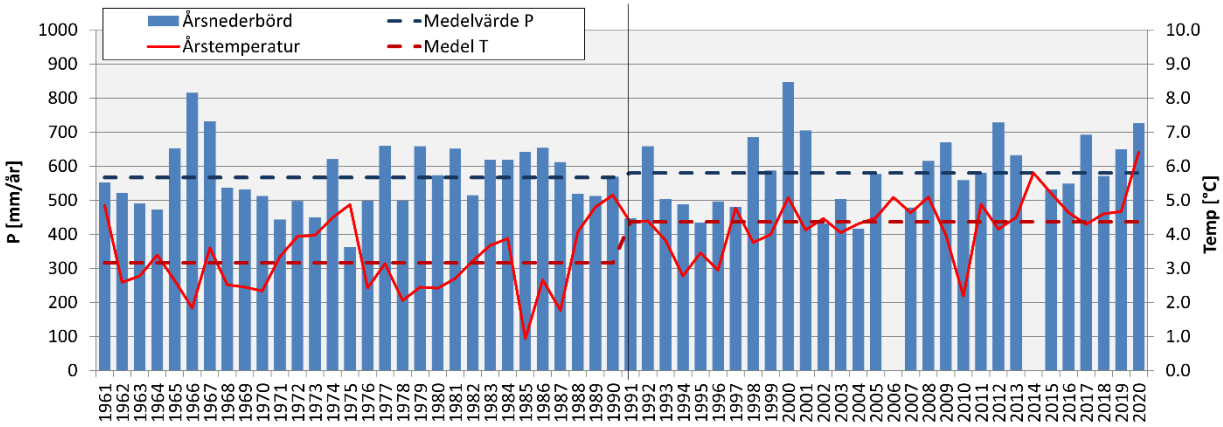
Rör-ID	Koordinater (SWEREF 99 TM, RH 2000)			GV-nivå [m]	Filteröverkant [m]	Jordart	Beräknat K [m/s]
	N	E	Z (m.y.)				
22W001 GV	6936952	628368	+114,3	+113,4	+109,3	Torv (delvis i sand)	$5{,}1 \cdot 10^{-6}$
22W005 GV	6936558	627995	+96,6	+96,3	+93,7	Morän	$1{,}3 \cdot 10^{-5}$
22W009 GV	6936388	628024	+88,2	+85,1	+85,3	Morän (delvis i berg)	$3{,}0 \cdot 10^{-7}$
22W016 GV	6936220	628889	+97,7	+97,4	+92,9	Morän	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$
22W021 GV	6935977	628564	+85,4	+82,4	+76,6	Berg	-

[5]Hvorslev, M.J., 1951. Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations, Bull. No. 36, Waterways Exper. Sta. Corps of Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, pp. 1-50.

5.4 GRUNDVATTENBILDNING

Den övergripande vattenbalansen för aktuellt område kan betecknas P_k-ET=P_n, där P_k är korrigerad nederbörd, ET är evapotranspirationen (total avdunstning) och P_n nettonederbörd, vilken bildar grundvatten och sedan avrinning. Enligt SMHI:s översiktliga kartering över ovanstående parametrar kan följande representativa årsmedelvärden ansättas för referensnormalperioden 1961–1990: P_k = 647 mm/år, ET = 258 mm/år, P_n= 389 mm/år.

Det har regnat generellt mer i stora delar av Sverige under de senaste 30 åren och även temperaturen har ökat något. Vid tidpunkten för denna utredning har en bearbetning av den nya referensnormalperioden (1991–2020) inte redovisats av SMHI men uppmätta data visar denna ökning tydligt. Med hjälp av uppmätta data från SMHI:s luftwebb har storleken på ovannämnda ökning bestämts för området, se Figur 7. En ökning om ca 2,4 % för nederbörden och en ökning om ca 6,7 % för evapotranspirationen har beräknats. Därmed kan följande värden ställas upp för den klimatologiska vattenbalansen, för perioden 1991–2020: P_k = 663 mm/år, ET = 275 mm/år, P_n = 387 mm/år.

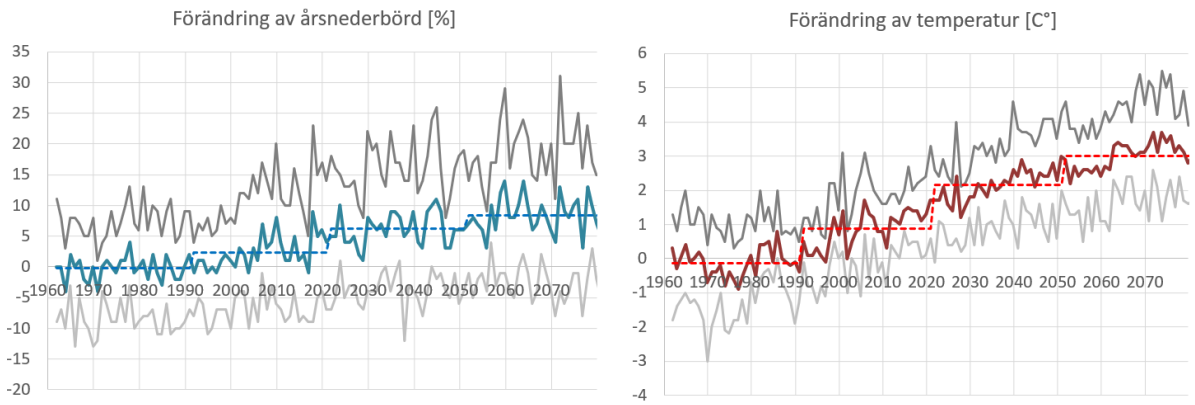


Figur 7. Årsmedeltemperatur och årsnederbörd över aktuellt område från SMHI.

För att ta hänsyn till framtida klimat, dvs kommande referensnormalperiod (2021–2050), har SMHI:s framtidsscenarion RCP 4.5[6] använts. RCP 4.5 är ett av SMHI:s fyra möjliga scenarier och bygger på nio olika globala klimatmodeller. RCP 4.5 motsvarar att koldioxidutsläppen fortsätter öka till år 2040 vilket skulle innebära att Parisavtalet inte nås. Data kommer från observationer från 1971–2000 och prognosen sträcker sig fram till år 2100 och är platsspecifik för Västernorrlands län.

Årsnederbörden förväntas att fortsätta öka med ytterligare ca 3,6 % jämfört med referensperioden 1991–2020, vilket motsvarar 23 mm/år. Temperaturen förväntas också öka, med ytterligare ca 1,2 C° till 2050, se Figur 8. Om hänsyn tas till såväl temperaturökningen som nederbördsökningen så ökar nettonederbörden något till 393 mm/år.

[6]https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914



Figur 8. Förändring av årsnederbörd och temperatur från SMHI:s klimatscenarion.

Därmed kan vattenbalansen över ett naturområde slutligen bestämmas för de tre olika referensnormalperioderna, se Tabell 2.

Tabell 2. Vattenbalans över området för de tre referensnormalperioderna.

Pk-ET=P_n	**1961–1990**	**1991–2020**	**2021–2050**		
Pk:	647	663	686	mm/år	Korrigerad nederbörd
ET:	258	275	293	mm/år	Evapotranspiration
P_n:	389	387	393	mm/år	Nettonederbörd

Över en hårdgjord yta där ingen växtlighet finns minskar evapotranspirationen och avrinningen ökar. I svensk skogsmark kan en ökning av avrinningen mellan 50–100 %[7] ske vid kalhyggen. För beräkningarna antas att 30 % av medelavdunstningen kvarstår över planområdet, vilket ger en ökning i avrinning om ca 50 %.

Eftersom ytorna inom planområdet kommer hårdgöras kommer grundvattenbildningen i området även minska. Med detta som bakgrund och utifrån beräkningarna här ovan har nettonederbörden över de hårdgjorda ytorna beräknats till 154 mm/år.

[7] Magnusson, T. (2015). Skogsbruk – Mark och vatten. Skogsskötselserien nr 13, Skogsstyrelsen

6 BERÄKNINGAR

6.1 HYDRAULISK KONDUKTIVITET – BERG

En storskalig analys av bergets vattenförande egenskaper kan göras genom studie av data ur SGU:s brunnsarkiv, där det finns ett samband mellan brunnskapacitet och brunnstransmissivitet. Datamängden har rensats och korrigerats för förhållanden som bedöms kunna medföra felbedömningar i den statistiska analysen av bergets storskaliga naturliga vattenförande egenskaper.

Den hydrauliska konduktiviteten (K-värde) i berget i omgivningen runt planområdet beräknades enligt ekvation 1 för 540 bergborrade brunnar, se avsnitt 5.2 och Figur 3.

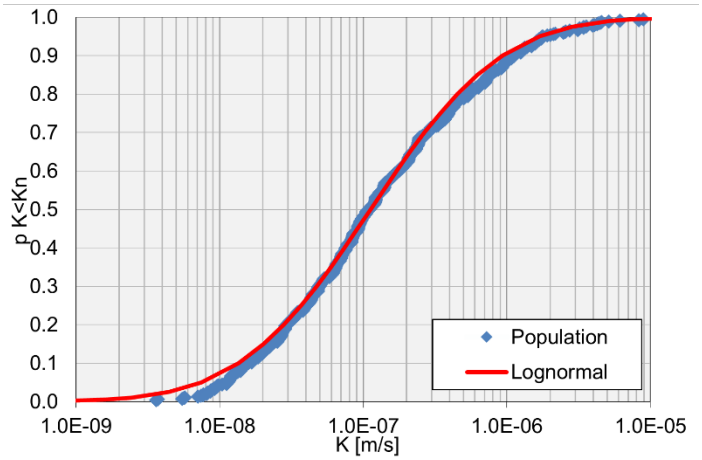
$$K = 0.076 * \text{Flöde}^{1.026} / Borrdjup\ i\ berg \qquad \text{(ekv 1)}^{8}$$

Den hydrauliska konduktiviteten anses normalt som lognormalfördelad, se Figur 9. Till populationen anpassas en fördelning med standardavvikelse och medelvärde. Passningen fokuserar på data mellan 0,3 och 0,7, då underlaget innehåller en del energibrunnar med angivet flöde på 0 l/h, där ett antagande om ett lägsta flöde på ca 10 l/h har antagits. Utifrån detta erhålls ett geometriskt medelvärde på K_g=1,3·10^{-7} m/s för samtliga brunnar. Från denna borrhålsskala kan en storskalig effektiv hydraulisk konduktivitet beräknas enligt Matherons förmodan, ekvation 2, till K_{3D}=1,9·10^{-7} m/s.

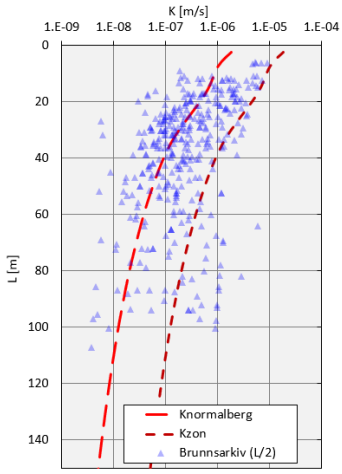
$$K_{3D} = K_g * e^{\sigma^2/6} \qquad \text{där } \sigma \text{ är logstandardavvikelsen} \qquad \text{(ekv 2)}^{9}$$

En ytterligare uppdelning av denna population görs sedan där lognormalfördelningar tas fram för brunnar med ett djup på <90 meter och <130 meter. K_{3D}-värden fås då för tre olika fördelningar och djupomfång vilka sedan används för att utvärdera K-värdets djupavtagande i berg. Djupavtagandet antas följa en modell enligt ekvation 3. Konstanterna C och L tas fram genom passning baserat på transmissivitets-summering i en experimentell modell enligt ekvation 3 mot K_{3D}-värden för olika djupomfång. Metoden ger en representativ bild av K-värdets djupavtagande i berget inom det studerade området, se figur 10, vilket sedan kan användas i grundvattenmodellen.

$$K = C \cdot djup^{L} \qquad \text{(ekv 3)}^{10}$$



Figur 9. Fördelning för de utvärderade brunnarna i området.



Figur 10. Fördelning av brunnar mot djupet.

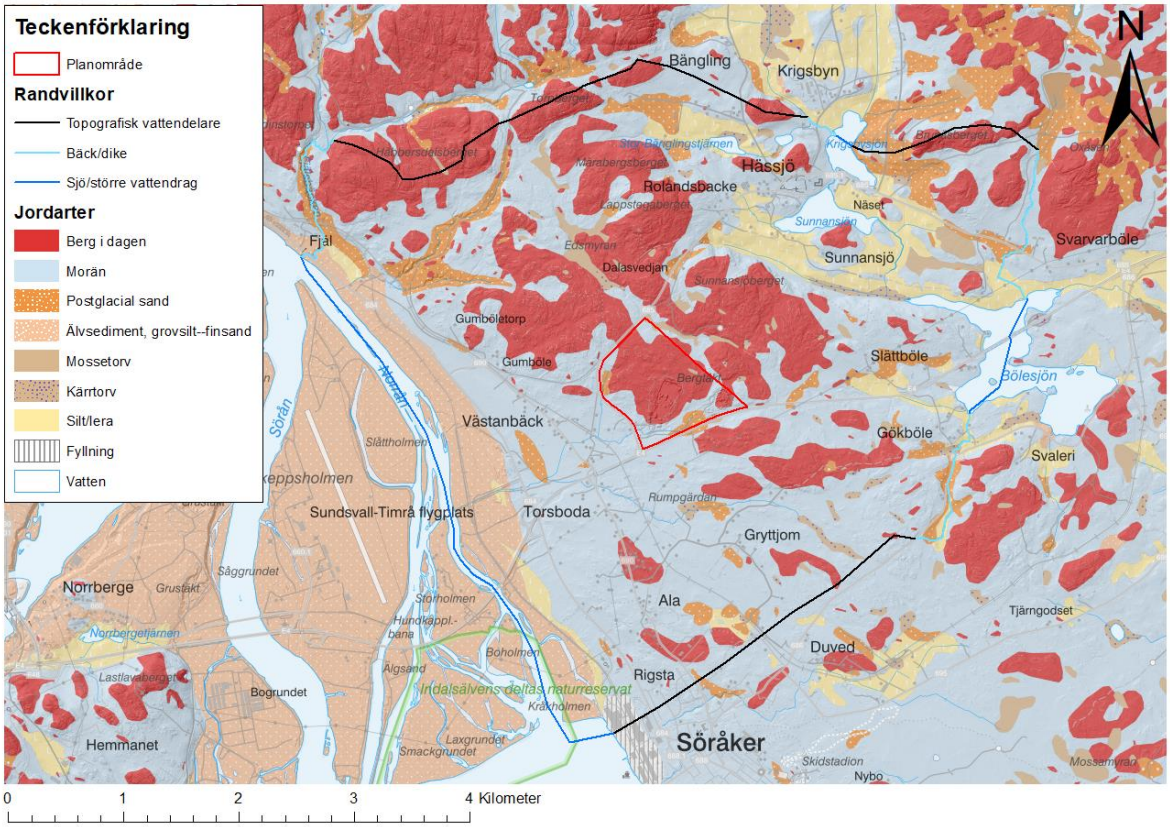
[8] Ryd, E. (2017). Samband mellan kapacitet vid borrning och transmissivitet i kristallint och sedimentärt berg

[9] Gustafson, G. (2009). Hydrogeologi för bergbyggare

[10] Naturvårdsverket. (1997). Grundvattenströmning i kristallint berg. Rapport 4818. © Stockholm

6.2 GRUNDVATTENMODELL

En grundvattenmodell upprättades enligt den geologiska och hydrogeologiska beskrivningen i denna rapport. Som modellgränser användes topografiska lokala vattendelare samt sjöar och vattendrag som är naturliga avgränsningar för grundvattenflöde, se Figur 11. En generell dränering ansattes för hela området, 1 m under markytan, för att simulera avrinning av ytligt grundvatten till öppna diken, täckdikning, bäckar och vattendrag. Sjöarna och älven lades in i modellen genom att ge dem en konstant vattennivå baserad på deras nivå i höjdmodellen. Bölesjön, Sunnansjön och Krigsbysjön fick en vattennivå på +75, +77 respektive +77 och Norrån (Indalsälven) fick en nivå på +0,34. Nettonederbörden på 393 mm/år användes för att simulera grundvattenbildningen. Avsänkningen i modellen sker till 0,5 meter under planerad schaktbotten för att beakta att avledande diken och dagvattenanläggningar ska anläggas inom området.



Figur 11. Randvillkor runt modellen samt jordarter. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet. Jordarter 1:25 000 – 1:100 000, © SGU.

Jordlager representerades i modellens översta två beräkningslager med en sammantagen mäktighet baserad på SGU:s bedömda jorddjup, dock minst fem meter. Geologin i området ger möjlighet till ett undre grundvattenmagasin under de tätare jordarterna vilket implementerades i modellen genom att lägga in ett lager av morän i lager 2 (bortsett från områden med berg i dagen).

Konduktiviteten i jordlagren ansattes konservativt efter litteraturvärden[11] och efter resultat från slugtester som gjordes i de grundvattenrör som installerats på planområdet, se Tabell 3. Jordarternas areella fördelning har satts utefter SGU:s jordartskarta. För tunna moränlager på berg beräknas ett medelvärde av morän och ytligt berg för beräkningslager 1. Eftersom det inte fanns så mycket lera i området fick dessa områden samma K-värde som områdena med silt.

[11] Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, inc.

Tabell 3. Använda K-värden för jordarter i lager 1, K_h för horisontellt flöde och K_v för vertikalt flöde. Mäktigheten varierar för samtliga lager, dock är det totala jordlagret 5 m.

K_h [m/s]	K_v [m/s]	Typ
$2{,}0 \cdot 10^{-5}$	$1{,}6 \cdot 10^{-5}$	Sandig Morän
$1{,}0 \cdot 10^{-8}$	$4{,}0 \cdot 10^{-9}$	Lera/silt (mestadels silt)
$5{,}0 \cdot 10^{-6}$	$2{,}5 \cdot 10^{-7}$	Torv
$4{,}7 \cdot 10^{-6}$	$1{,}1 \cdot 10^{-6}$	Morän på berg
$8{,}0 \cdot 10^{-5}$	$8{,}0 \cdot 10^{-5}$	Isälvsmaterial/sand

Berget är i modellen indelat i sju beräkningslager för att kunna representera den djupavtagande konduktiviteten, se Tabell 4. Kända och förmodade sprickzoner implementerades i modellen med ett högre K-värde, generellt ca tio gånger högre än omgivande berg.

Tabell 4. I beräkningarna använda genomsläpplighet för berg, K_h för horisontellt flöde och K_v för vertikalt flöde.

Lager	K_h	K_v	Typ	Mäktighet
	[m/s]	[m/s]		[m]
2	$9{,}0 \cdot 10^{-7}$	$9{,}0 \cdot 10^{-7}$	Berg I	10
3	$5{,}0 \cdot 10^{-7}$	$5{,}0 \cdot 10^{-7}$	Berg II	10
4	$2{,}0 \cdot 10^{-7}$	$2{,}0 \cdot 10^{-7}$	Berg III	20
5	$4{,}2 \cdot 10^{-8}$	$4{,}2 \cdot 10^{-8}$	Berg IV	30
6	$1{,}9 \cdot 10^{-8}$	$1{,}9 \cdot 10^{-8}$	Berg V	30
7	$7{,}2 \cdot 10^{-9}$	$7{,}2 \cdot 10^{-9}$	Berg VI	50
8	$3{,}5 \cdot 10^{-9}$	$3{,}5 \cdot 10^{-9}$	Berg VII	50

Modellen används för att simulera tre olika fall.

1. En situation som representerar området utan en schakt (2022), ett så kallat *nollalternativ*. I detta alternativ är de befintliga bergtäkterna kvar i området.
2. En situation som representerar området med schakt enligt *alternativ 1* med en platå på +103, se kapitel 4.
3. En situation som representerar området med schakt enligt *alternativ 2* med en platå på +93 och en på +112, se kapitel 4.

I de områden innanför schaktgränserna där marknivån låg under den tänkta schaktnivån höjdes marknivån upp och fylldes med krossmaterial vilket gavs en konduktivitet på 10^{-3} m/s.

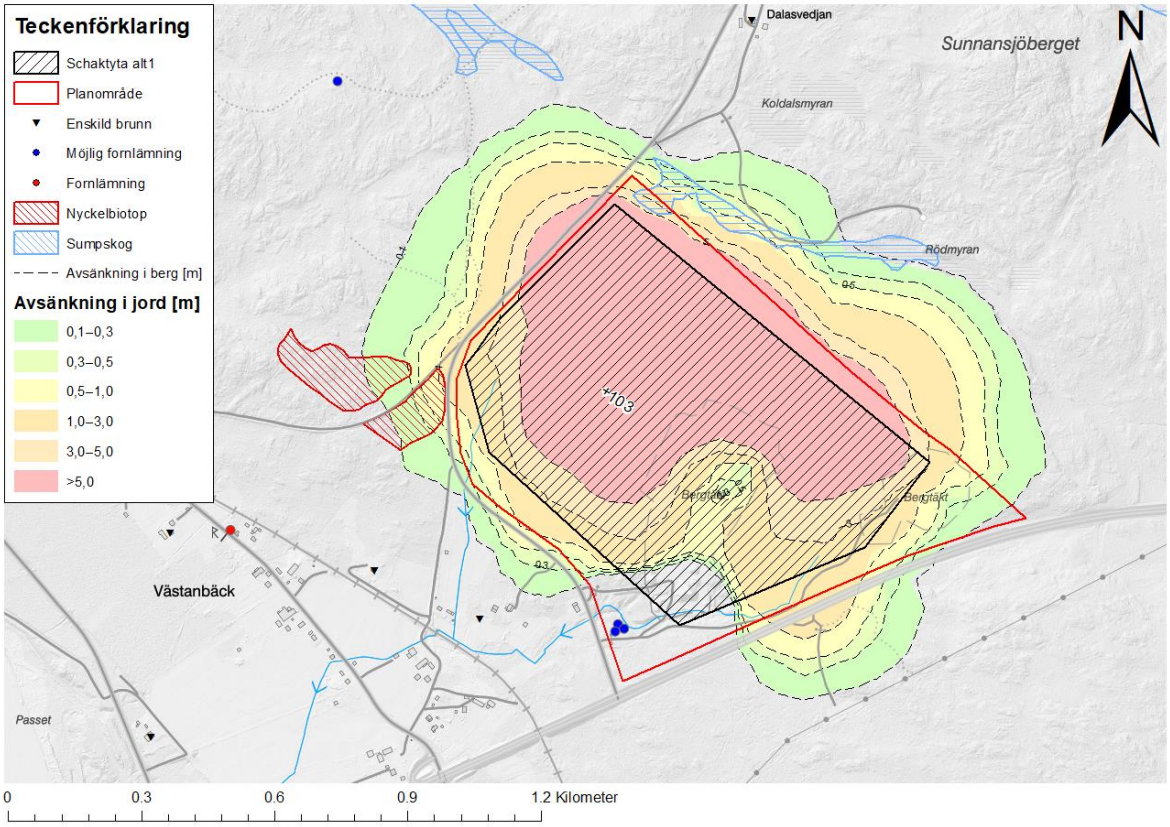
I modellen har hänsyn tagits till att ytorna kommer hårdgöras genom att grundvattenbildningen justerats på schaktytorna baserat på hur mycket av årsnederbörden som kan tänkas infiltrera samt försvinna genom evaporation. Denna uppskattades till 154 mm/år.

Det finns osäkerheter i den indata som använts i modellen. För att inte riskera underskatta påverkan på grundvattnet har konservativa värden på inparametrar valts.

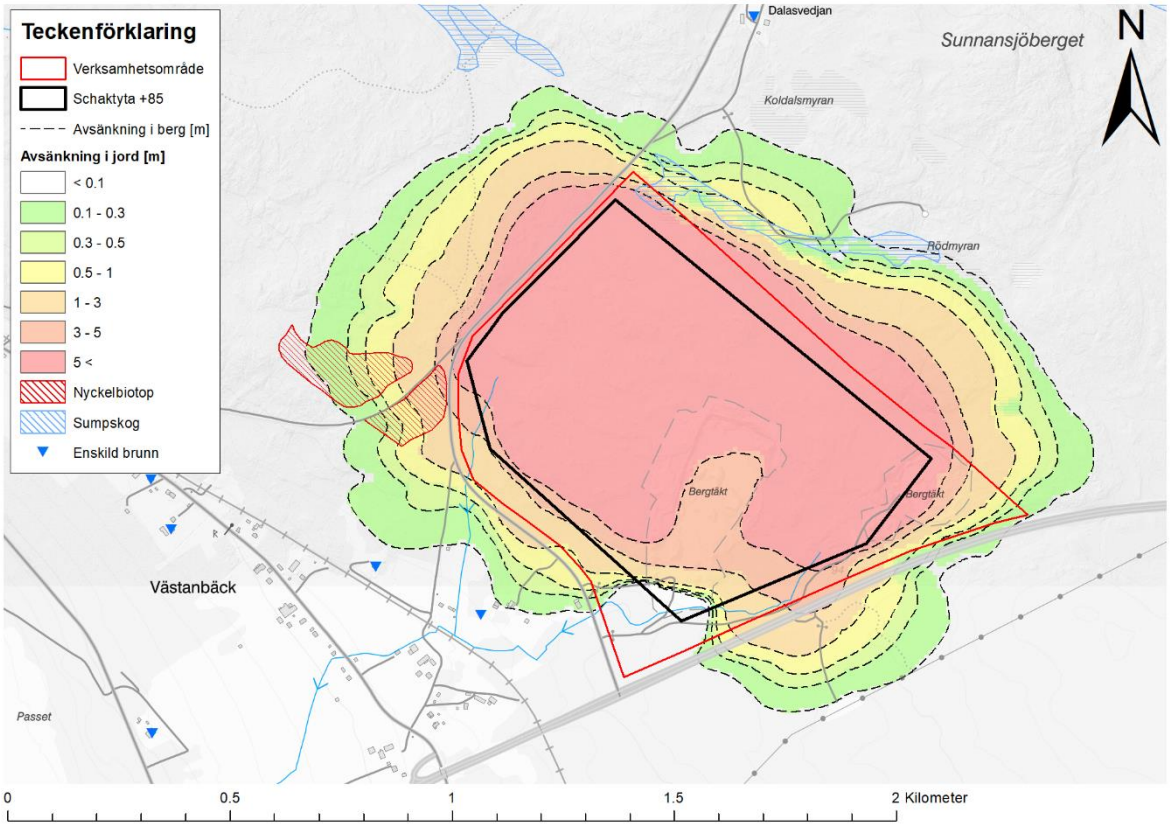
6.3 BERÄKNAD PÅVERKAN AV GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN

Förutsebar påverkan på grundvattenförhållandena från de två föreslagna alternativen har beräknats med hjälp av grundvattenmodellen. I denna utredning presenteras modellresultaten som ytor och linjer med angiven beräknad nivåsänkning. Värden under 0,1 meter visas inte även om modellen beräknar värden ner till 0.

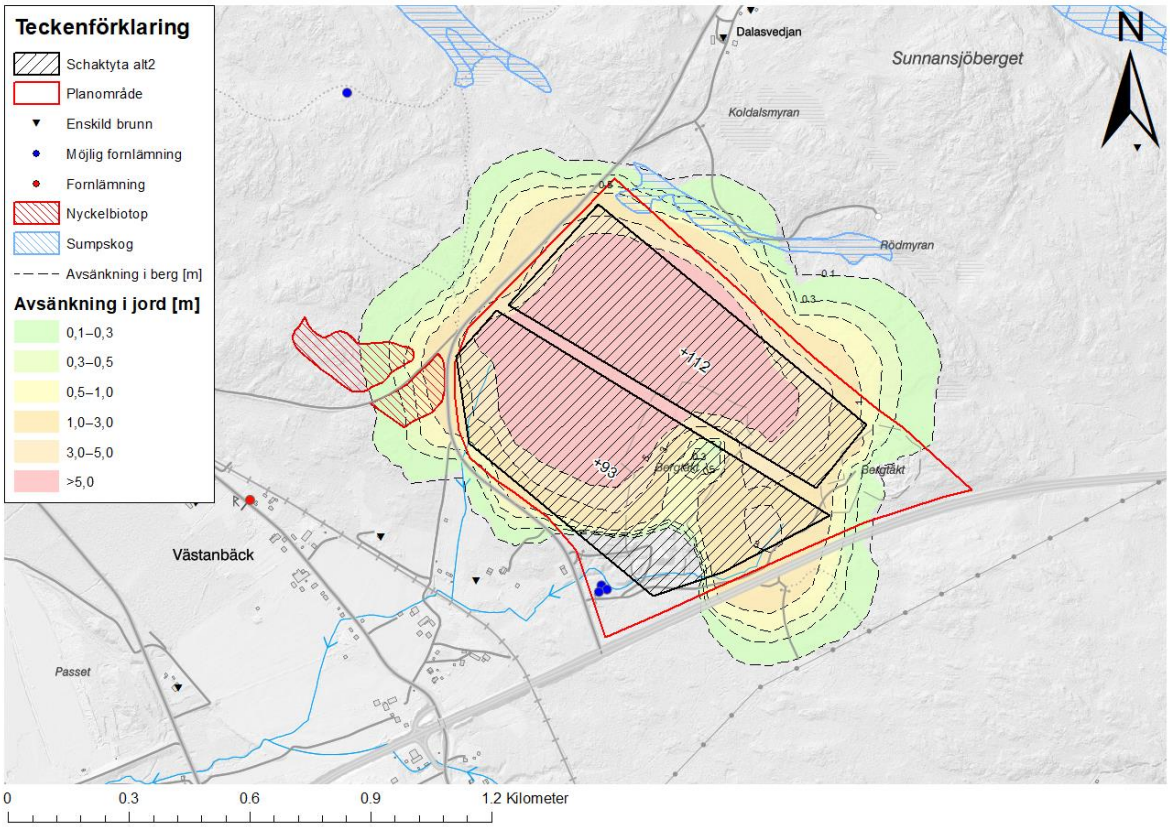
I Figur 12 och Figur och Figur 14 presenteras den simulerade grundvattensänkningen när hela schakten är färdigställd. Den färgade ytan visualiserar (*Avsänkning – Jord*) en avsänkning på grundvattenytans läge eller en trycksänkning i undre magasin. De svarta streckade linjerna (*Avsänkning – Berg*) visualiserar tryckförändringen i berg på ca 5–15 meters djup. Då det ytliga berget förväntas vara relativt uppspruckit blir utbredningen mellan de olika berglagren i modellen mycket likartat.



Figur 12. Beräknad grundvattenpåverkan för alternativ 1. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet.



Figur 13. Beräknad grundvattenpåverkan för alternativ 1 med en schaktyta + 85. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet.



Figur 14. Beräknad grundvattenpåverkan för alternativ 2. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet.

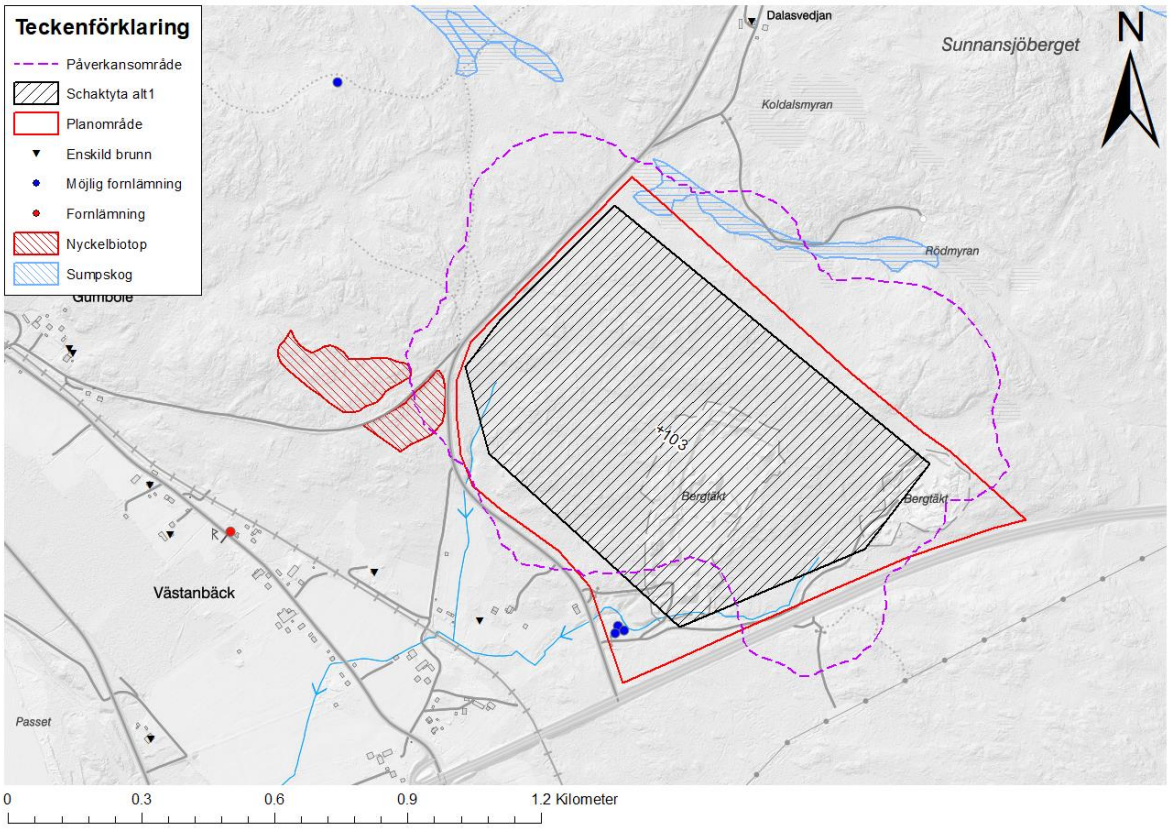
6.4 PÅVERKANSOMRÅDE

Från den beräknande avsänkningen har ett *påverkansområde* bedömts, utanför vilket påverkan på grundvattenförhållanden bedöms vara försumbar, vilket ligger i linje med SGU:s handledning[12]. Visualiserad yta ska tolkas som att det inom detta område förutses finnas risk för förändring av grundvattenförhållanden i sådan utsträckning att det *kan* påverka och skada motstående intressen såsom brunnar och grundvattenberoende ekosystem.

Påverkansområdet har definierats som den yttre gränsen av en beräknad nivåpåverkan i jord på 0,3 meter, se Figur 15 och Figur 16 och Figur 17.

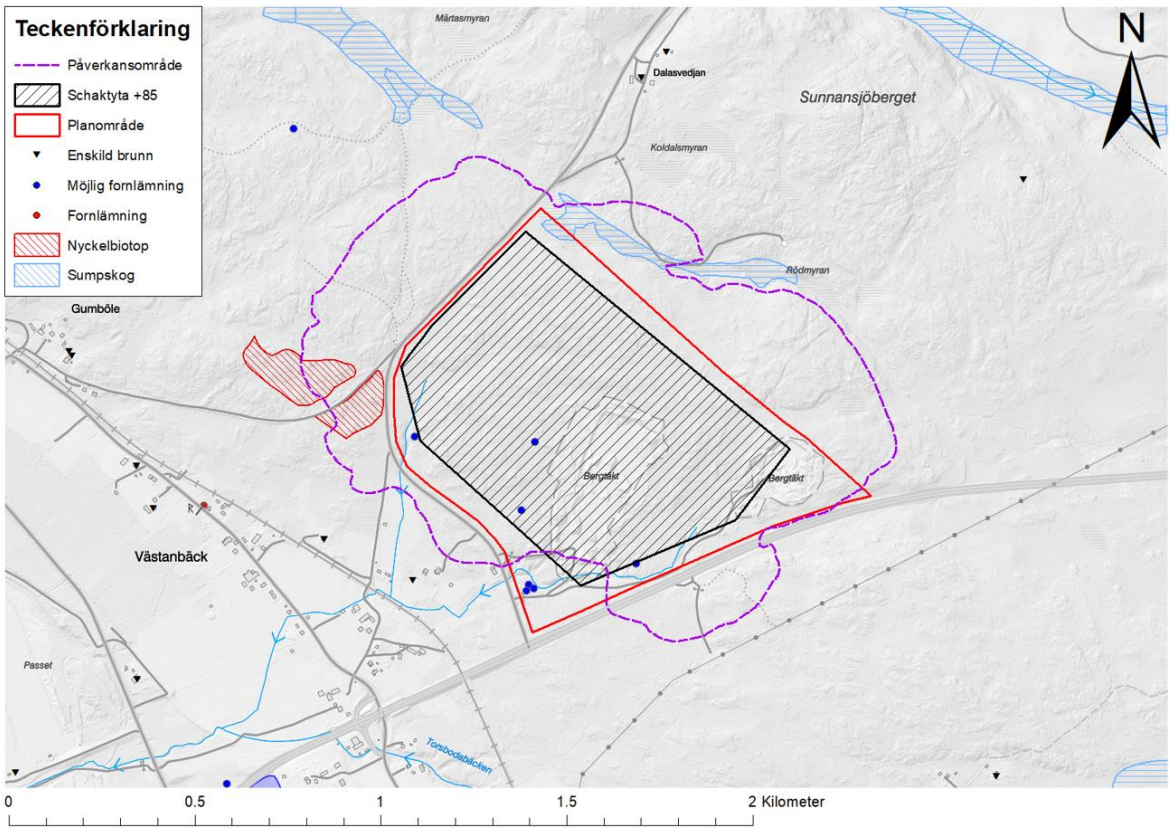
Anledningen till att använda en beräknad avsänkning om 0,3 meter i jord är de inventerade motstående intressen som kan kopplas till en avsänkning i jordlagren. I området förekommer inga kända eller förmodade grävda brunnar vilket i så fall hade motiverat att 0,1 meters avsänkning skulle vara av intresse. För grundvattenberoende naturvärden är en avsänkning på 0,3 meter en rimlig gräns för att definiera påverkan.

För en avsänkning i berg är det enbart bergborrade brunnar som skulle kunna påverkas. Ofta sker inte en signifikant skadlig påverkan i bergborrade brunnar förrän en större avsänkning uppkommer (>1 meter). Avsänkningen i berg är därmed inte styrande för påverkansområdets utbredning.

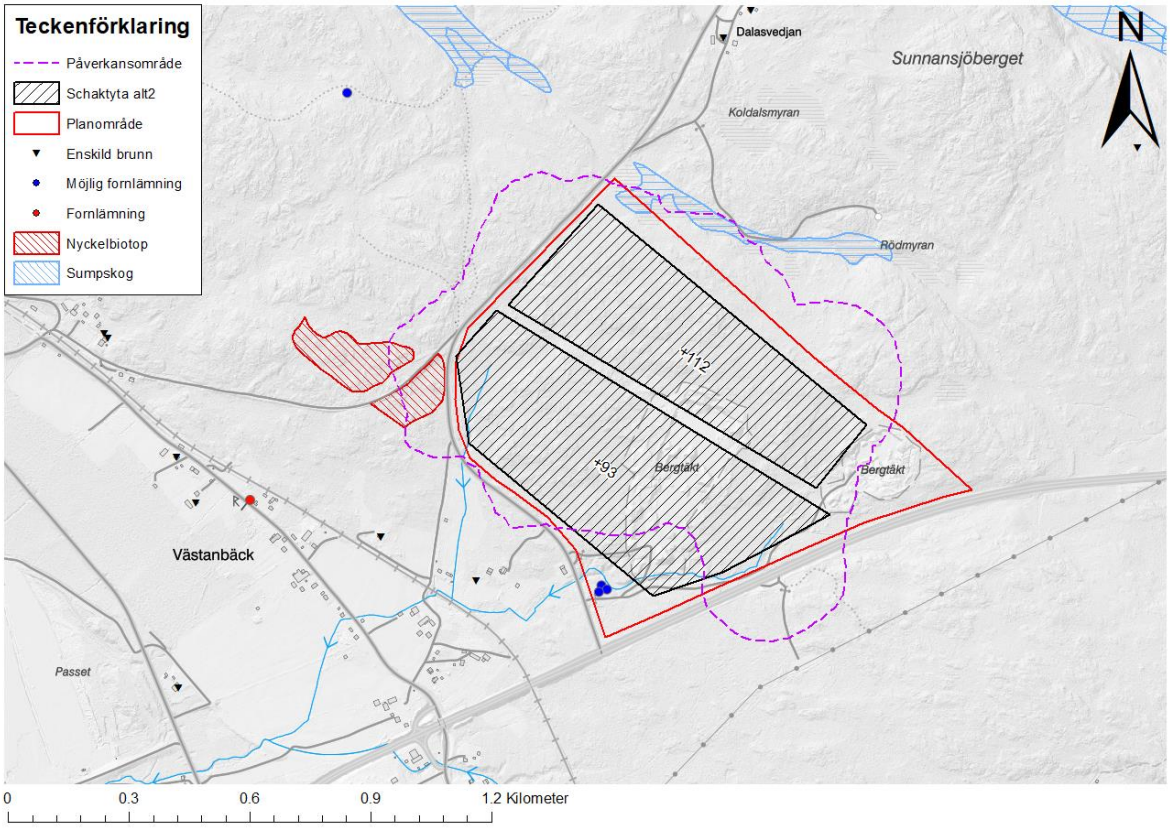


Figur 15. Bedömt påverkansområde för alternativ 1 tillsammans med potentiellt grundvattenkänsliga objekt. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet.

[12]https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomning-av-influensomrade-avseende-grundvatten/influensomrade-och-paverkansomrade/ (2022-11-24)



Figur 16 Bedömt påverkansområde för alternativ 1 med schakt om +85 tillsammans med potentiellt grundvattenkänsliga objekt. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet.



Figur 17 Bedömt påverkansområde för alternativ 2 tillsammans med potentiellt grundvattenkänsliga objekt. Bakgrundskarta: Topografiska Webbkartan, Markhöjdmodell Visning, © Lantmäteriet.

6.5 GRUNDVATTENBORTLEDNING

Inläckaget av grundvatten har beräknats till ca 1 l/s (ca 32 000 m^3/år) och ca 0,4 l/s (ca 13 000 m^3/år) för alternativ 1 respektive alternativ 2. Det tillkommer en nettonederbörd på ca 10 l/s (ca 320 000 m^3/år). Totalt blir detta ca 11 l/s (ca 350 000 m^3/år) som behöver hanteras för respektive alternativ. För alternativ 1 med schaktyta +85 har inläckaget av grundvatten beräknats till ca 4l/sek vilket totalt blir ca 15l/sek.

Grundvattenflödet in i schakten kommer öka succesivt allteftersom schakten fortskrider för att slutligen hamna på ovan nämnda värden. Stor del av nettonederbörden kommer kunna infiltrera innan ytorna har hårdgjorts.

De beräknade flödena ger ett medelvärde över längre tid. Variation i nederbörd och temperatur ger en fluktuation i omgivande grundvattennivåer vilket medför en viss variation i grundvatteninläckage till schakten.

För information kring vattenhanteringen inom planområdet hänvisas till en kommande dagvattenutredning.

6.6 FLÖDESFÖRÄNDRINGAR

Vid flödesberäkningarna har det antagits att ingen transpiration sker och endast en begränsad evaporation sker över de föreslagna schakterna eftersom dessa kommer hårdläggas.

I det lokala avrinningsområdet (se Figur 6), innan schakt, beräknades årsmedelflödet som når trumman under järnvägen uppgå till 16,5 l/s. Efter schakt och utan någon dagvattenhantering beräknas flödet som når trumman vara ca 21 l/s för båda alternativen. Detta motsvarar ett ökat medelflöde om ca 27 %. Huvuddelen av det ökade flödet beror på hårdgöring av ytor som leder till mer avrinning och mindre infiltration.

Förutom att medelflödet ökar så kommer flödestopparna i samband med extremnederbörd och snösmältning vara ännu högre till följd av de hårdgjorda ytorna.

7 MOTSTÅENDE INTRESSEN

7.1 POTENTIELLA MOTSTÅENDE INTRESSEN

Potentiella intressen som skulle kunna skadas av de förutsebara förändrade vattenförhållandena är normalt brunnar, grundvattenförekomster, grundvattenberoende ekosystem samt byggnader och anläggningar med känslig grundläggning inom sättningskänslig mark.

Inom och i närheten av påverkansområdena för båda alternativen har nedanstående objekt identifierats:

- Förändrade flöden av yt- och grundvatten
- Två av Skogsstyrelsen klassade nyckelbiotoper
    - Betad skog (N 2246-2003)
    - Barrnaturskog (N 14357-1996)
- Sumpskog
- Ett grundvattenmagasin (magasinidentitet: 250200038)
- Europaväg 4

Följande vanliga motstående intressen har kunnat avskrivas:

- Det förekommer inga troliga sättningskänsliga jordarter inom påverkansområdet
- Det förekommer inga markavvattningsföretag inom påverkansområdet
- Det finns inga kända eller troliga enskilda brunnar inom påverkansområdet
- Det finns inga kända källor i täktens närhet (SGU:s källarkiv[13])
- Det förekommer inget vattenskyddsområde inom eller i närheten av påverkansområdet

7.2 BEDÖMDA EFFEKTER

Nedan presenteras de motstående intressen som bedöms kunna påverkas av vattenverksamheten vid planerad verksamhet.

7.2.1 Flödesförändring

Till följd av de planerade alternativen sker det en ökad avrinning inom det lokala avrinningsområdet, se avsnitt 6.6. Det finns risk att nedströms trummors kapacitet inte är dimensionerade för det ökade flödet och detta kan leda till översvämningar och skador i form av underminering av väg och järnväg. För att undvika detta bör fördröjningsåtgärder för vatten tas fram inom planområdet.

7.2.2 Nyckelbiotoper

Väster om planområdet finns två nyckelbiotoper belägna. Den betade skogen (N 2246-2003) ligger inom båda alternativens påverkansområden. En liten del av Barrnaturskogen (N 14357-1996) ligger inom påverkansområdet för alternativ 2 och precis på gränsen till påverkansområdet för alternativ 1. Det bedöms inte finnas någon särskild risk för negativ påverkan på dessa skogstyper till följd av grundvattenavsänkning.

[13]SGU, 2022. SGUs Kartvisare. URL: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-grundvattenmagasin.html

7.2.3 Sumpskog

Strax norr om planområdet och inom den mest nordliga delen av planområdet har sumpskog inventerats. Denna har fått klass 3 och anses innehålla vissa naturvärden. Sumpskog är grundvattenkänslig och det kan inte uteslutas att en påverkan på delar av sumpskogen kommer uppstå. För att minska eller undvika en påverkan kan tätningsåtgärder sättas in vid schaktning i norra änden av planområdet.

7.2.4 Grundvattenmagasin

Ca 900 meter sydväst om gränsen till påverkansområdet finns ett grundvattenmagasin (magasinidentitet: 250200038) vilket huvudsakligen är en jordakvifär. En minimal förändrad tillströmning av grundvatten till magasinet kan förekomma till följd av verksamheten. Med hänsyn till magasinets avstånd till påverkansområdet och storleken på magasinets uttagsmöjligheter bedöms verksamheten inte utgöra någon risk.

7.2.5 Europaväg 4

En ca 400 meter lång sträcka av Europaväg 4 (E4) ligger inom påverkansområdena för båda alternativen. En sättning är vanligtvis följden av en grundvattenavsänkning i finkorniga och löst lagrade jordar. Enligt SGU:s jordartsbedömning (Figur 4) och de sonderingar inom projektet som utförts längs med vägen finns det inga sådana jordarter i området. Sättningsrisken är det enda som kan tänkas påverka E4 negativt till följd av en grundvattensänkning och den bedöms i det här fallet vara osannolik och kan därför avfärdas som ett motstående objekt.

8 SLUTSATS

Det finns motstående intressen (sumpskog) som bedöms kunna påverkas negativt till följd av de föreslagna alternativen inom planområdet. Det är därmed inte uppenbart att undantagsregeln i kap. 11 § 12 i MB kan tillämpas och behov av tillståndsansökan för vattenverksamhet kan inte uteslutas.

För uttalanden kring konsekvenser för naturvärden behöver en sakkunnig konsulteras.

Utifrån kunskapsläget rekommenderas verksamhetsutövaren söka tillstånd för vattenverksamhet då det inte är uppenbart att en negativ påverkan på motstående intressen kan undvikas. Dock ligger beslutet kring detta hos verksamhetsutövaren själv.

9 LITTERATURFÖRTECKNING

Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, inc.

Gustafson, G. (2009). Hydrogeologi för bergbyggare

Hvorslev, M.J., 1951. Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations, Bull. No. 36, Waterways Exper. Sta. Corps of Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, pp. 1-50

Vikström, M. Gustafsson, L. German, J. Svensson, G. Dagvattendammars avskiljningsförmåga – påverkande faktorer och metodik för bedömning, VA-Forsk rapport 2004:11

Magnusson, T. (2015). Skogsbruk – Mark och vatten. Skogsskötselserien nr 13, Skogsstyrelsen

Naturvårdsverket. (1997). Grundvattenströmning i kristallint berg. Rapport 4818. © Stockholm

Ryd, E. (2017). Samband mellan kapacitet vid borrning och transmissivitet i kristallint och sedimentärt berg

SBMI. (2015). Generella rekommendationer för bedömning av tillståndsplikt för vattenverksamhet vid bergtäkter

Scalgo AS, 2022. SCALGO Live. Hämtat från: https://scalgo.com/en-US/live-flood-risk

SMHI, 2022. Modelldata per område | SMHI – Vattenwebb. Hämtat från: https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/

SMHI. (u.d.). www.smhi.se. Hämtat från http://www.smhi.se

SGU, 2022. SGUs Kartvisare. Hämtat från: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-grundvattenmagasin.html

SGU. (u.d.). Checklista för bergtäkter, Hämtat från http://www.sgu.se

SGU. (u.d.). Bedömning av influensomrade avseende grundvatten/influensomrade och påverkansomrade, Hämtat från http://www.sgu.se

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB
Dragarbrunnsgatan 41
753 20 Uppsala
Besök: Dragarbrunnsgatan 41

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com