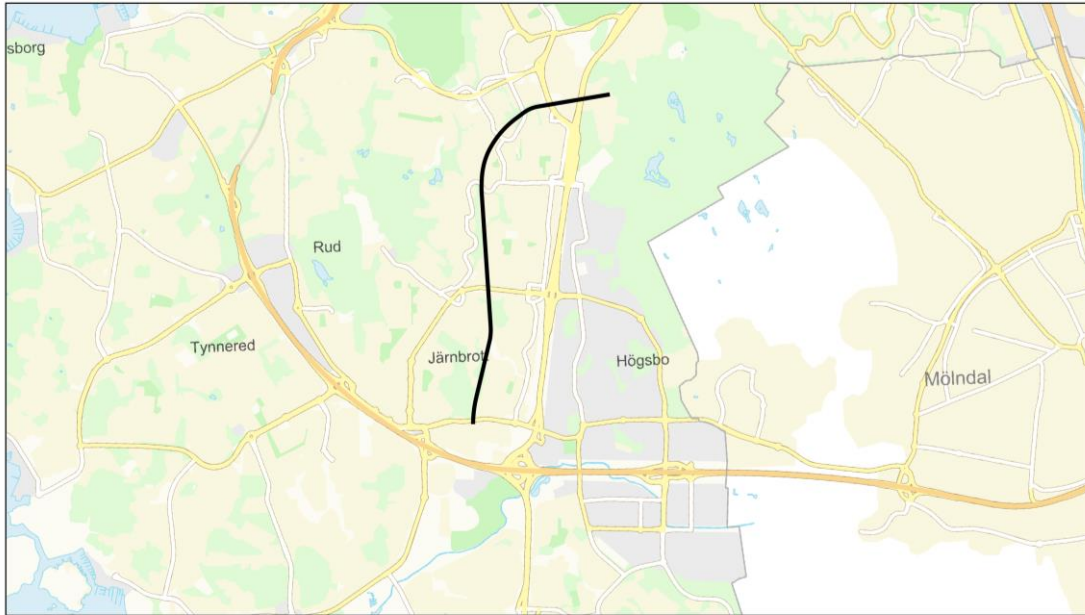




CHALMERS



Kartläggning av geosystemtjänster längs en möjlig framtida järnvägstunnel i Göteborg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

ERIK BERNDTSSON
STEVEN HE

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Kartläggning av geosystemtjänster längs en möjlig framtida järnvägstunnel i Göteborg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ERIK BERNDTSSON

STEVEN HE

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

Enheten teknisk geologi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2022

Kartläggning av geosystemtjänster längs en möjlig framtida järnvägstunnel i Göteborg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ERIK BERNDTSSON

STEVEN HE

© ERIK BERNDTSSON/STEVEN HE 2022

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2022

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Enheten teknisk geologi
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

GIS-karta över området med den eventuella tunneldragningen i skala 1:35 000. WMS data hämtad från Göteborgs Stad (Göteborgs Stad, 2019).

Tryckt av Chalmers Reproservice
Göteborg 2022

Kartläggning av geosystemtjänster längs en möjlig framtida järnvägstunnel i Göteborg

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

ERIK BERNDTSSON

STEVEN HE

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Enheten teknisk geologi
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Enligt Göteborgs stads översiktsplan föreslås en framtida järnväg i stadens södra del. Det finns tre möjliga sträckor för järnvägen som delvis går i tunnel. I denna rapport studeras en av dessa tunneldragningar med undermarkens resurser som huvudfokus. Detta görs genom att undersöka geosystemtjänsterna längs med tunnelkorridoren. Geosystemtjänster är ett nytt begrepp som beskriver vilka resurser och tjänster människan kan nyttja från undermarken. Geosystemtjänster kan delas in i fyra kategorier: stödjande, kulturella, reglerande och försörjande. Först undersöks kvaliteten på, och potentialen att utvinna, geosystemtjänsterna samt om det finns konflikter som försämrar dem i dagsläget. Detta görs med hjälp av insamlad kartmaterialdata som använts för att skapa GIS-kartor, och det är utifrån dessa kartor som undersökningen utförs. Sedan görs en bedömning av hur den eventuella tunneln kan komma att påverka geosystemtjänsternas förutsättningar och möjligheten att utnyttja dem.

Anläggandet av tunneln kommer leda till försämrade förutsättningar för flera geosystemtjänster. Geoenergibrunnar är en av de geosystemtjänsterna som påverkas mest, då det kommer vara nästintill omöjligt att utnyttja tjänsten efter tunneldragningen. Därpå riskeras grundvattennivån att sänkas, och föroreningar som klorerade kolväten att mobiliseras, då tunneln kan dränera bort vatten om den ej blir tillräckligt tät. Anläggandet av tunneln bidrar dock även med synergier, då bergmaterial kan utvinnas längs delar av korridoren. Vid fortsatt arbete föreslås det att alla möjliga tunnelsträckningar undersöks för att kunna göra en noggrannare bedömning av vilken korridor som är mest lämpad ur ett geosystemstjänstperspektiv.

Nyckelord: Geosystemtjänst, undermarksresurser, potential, kvalitet, GIS

Mapping of geosystem services along a possible future tunnel in the City of Gothenburg

*Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering*

ERIK BERNDTSSON

STEVEN HE

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Geology and Geotechnics
Unit Engineering Geology
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

According to the comprehensive plan of Gothenburg's municipality, a future railway is proposed in the southern parts of the city. There are three possible routes for the railway which partly goes through tunnel. One of these tunnel routes is examined in this report, regarding the resources of the subsurface. This is done by examining geosystem services along the tunnel corridor. Geosystem services is a new concept that describes which resources and services we humans can exploit from the subsurface. The concept geosystem services can be divided into four categories: supporting, cultural, regulating and provisioning. First the current quality of, and the potential to exploit, the geosystem services are assessed, as well as if there are any conflicts that might affect these attributes negatively. The assessment is carried out using GIS information. An evaluation is then made on how the possible railway tunnel might affect the quality of the geosystem services and the potential to exploit them in the future.

The excavation of the tunnel will lead to worsened conditions for multiple geosystem services. One of the geosystem services that is most affected is geothermal wells, since it will be near impossible to exploit it after the construction of the tunnel. Additionally, the groundwater level is at risk of lowering, and pollutants such as organochlorine compounds in danger of mobilizing, as the tunnel could drain the water if it isn't impermeable enough. However, the excavation of the tunnel also contributes to synergies, as it makes it possible to extract geomaterial along parts of the corridor. For future work it is suggested that all possible railway routes be assessed to be able to make a more detailed judgement as to which corridor is the most suitable, with geosystem services in mind.

Key words: Geosystem service, subsurface resource, potential, quality, GIS

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
FÖRORD	V
1 INTRODUKTION	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	1
1.3 Avgränsningar	2
2 UNDERMARKSRESURER OCH GEOSYSTEMTJÄNSTER	3
2.1 Stödjande geosystemtjänster	3
2.1.1 Bärförmåga och markens beständighet	3
2.1.2 Utrymme för horisontella och vertikala konstruktioner	3
2.1.3 Utrymme för ledningar, kablar och rör	3
2.1.4 Undermarkslagring	3
2.2 Kulturella geosystemtjänster	4
2.2.1 Kända och okända kulturarv	4
2.2.2 Geologiskt arv	4
2.3 Reglerande geosystemtjänster	4
2.3.1 Geoenergi: lagring av värme/kyla	4
2.3.2 Ren och säker jord	5
2.3.3 Vattenfördröjningsförmåga	5
2.3.4 Vattenfiltreringsförmåga	5
2.4 Försörjande geosystemtjänster	5
2.4.1 Geotermisk energi	5
2.4.2 Dricks- och processvattenresurs	6
2.4.3 Grundvattenresurs	6
2.4.4 Geomaterial och mineral	6
3 METOD	8
3.1 SUB-matrisen	8
3.2 Datainsamling	9
3.3 Bedömning och konfliktanalys av geosystemtjänster med GIS	10
4 FALLSTUDIE	13
5 RESULTAT – KARTLÄGGNING AV GEOSYSTEMTJÄNSTER OCH POTENTIELLA KONFLIKTER	16
5.1 Stödjande geosystemtjänster	16
5.1.1 Bärförmåga och markens beständighet	16
5.1.2 Utrymme för horisontella och vertikala konstruktioner	17
5.1.3 Utrymme för ledningar, kablar och rör	18
5.1.4 Undermarkslagring	18

5.2	Kulturella geosystemtjänster	18
5.2.1	Kända och okända kulturarv	18
5.2.2	Geologiskt arv	19
5.3	Reglerande geosystemtjänster	20
5.3.1	Geoenergi	21
5.3.2	Ren och säker jord	22
5.3.3	Vattenfördröjningsförmåga	24
5.3.4	Vattenfiltreringsförmåga	25
5.4	Försörjande geosystemtjänster	25
5.4.1	Geotermisk energi	25
5.4.2	Dricks- och processvattenresurs	26
5.4.3	Grundvattenresurs	26
5.4.4	Geomaterial och mineral	27
6	DISKUSSION	29
7	SLUTSATS	31
	REFERENSER	34
	BILAGA 1	38
	BILAGA 2	45

Förord

Vi som har skrivit detta examensarbete studerar till högskoleingenjörer inom samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och arbetet är utfört inom avdelningen geologi och geoteknik.

I detta examensarbete undersöks geosystemtjänster och hur dessa eventuellt kan påverkas av exploatering av området. Geosystemtjänster är ett nytt begrepp som innefattar tjänster och resurser som undermarken tillför oss människor.

Vi vill tacka våra handledare Jenny Norrman, Yevheniya Volchko och Victoria Svahn som har lagt ner mycket tid och stöttat oss med vårt examensarbete.

Göteborg juni 2022
Erik Berndtsson
Steven He

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Undermarken är en resurs som kan användas för flera olika syften i den urbana miljö vi lever i. Några exempel på användning är uttag av grundvatten och mineraler, lagring av värme, kyla och koldioxid och undermarksanläggningar som garage, tunnlar och säkerhetsanläggningar. Det kan även finnas viktiga föremål eller områden som underlättar människans tolkning av planetens historia och utveckling (geologiskt arv), arkeologiska fynd och förorenad jord eller grundvatten som behöver saneras (Sveriges geologiska undersökning, 2020a). Undermarken kan även skapa habitat för ekosystem. Geosystemtjänster är ett relativt nytt begrepp vars syfte är att uppmärksamma undermarkens resurser och hur de kan vara till nytta för oss människor (van Ree, o.a., 2017).

När undermarksanläggningar planeras är det oftast “först till kvarn” som gäller (Svahn, o.a., 2020). Om man sedan vill ta vara på undermarksresurserna genom att exempelvis bygga något annat eller utvinna geoenergi så måste man anpassa sig efter befintliga konstruktioner i undermarken. Detta kan leda till höga kostnader och ineffektiva lösningar ur ekonomiska, ekologiska samt sociala perspektiv. Undermarkens olika typer av resurser bör inkluderas i planeringen av nya anläggningar, både ovan som under marken (Norrman, o.a., 2020). Detta för att användningen av undermarkens resurser ska bli mer hållbar.

Inom ramen för Göteborgs nya översiktsplan föreslås tre framtida järnvägsreservat som redovisas i Figur 4–1. Det huvudsakliga syftet med järnvägen är att skapa ett stråk som ökar kollektivtrafikskapaciteten söder ut från centrum på ett snabbt och effektivt sätt (Göteborgs stad, u.d.). Dessa korridorer föreslås gå genom kommunens södra delar upp till centrum. Alla tre korridorer förutsätter att järnvägen delvis går i tunnel. Dessa korridorer har olika utmaningar vad gäller förhållanden ovan och under mark, befintliga konstruktioner och geologi. En del av kommunens fortsatta arbete efter att översiktsplanen vunnit laga kraft är att utifrån en lokaliseringsstudie förorda färre möjliga sträckningar än de som översiktsplanen redovisar.

Denna studie kartlägger geosystemtjänster längs den delen av sträckningen som avser tunneldragning för en av tre potentiella korridorer i Göteborgs stad. Eftersom korridoren avser tunneldragning är det därför viktigt att analysera om det kan finnas konflikter i användningen av undermarken i området nu och i framtiden. En sådan inventering och analys kan bli ett viktigt bidrag till beslutsunderlaget i en framtida lokaliseringsutredning gällande sträckningen för järnvägstunneln m.a.p. undermarksaspekter.

1.2 Syfte och mål

Det övergripande syftet med rapporten är att utveckla och tillämpa en metod för inventering och analys av geosystemtjänster längs en potentiell tunnelkorridor i Göteborgs stad.

För att nå det övergripande syftet skall följande mål uppfyllas:

- Att inventera dagens markanvändning längs tunnelkorridoren m.h.a. befintliga planer, kompletterat med platsbesök inklusive dokumentation.
- Att inventera befintliga geosystemtjänster längs tunnelkorridoren m.h.a. kartmaterial och databaser.
- Att bedöma dagens förutsättningar för nyttjande av geosystemtjänsterna i studieområdet.
- Att analysera hur en eventuell framtida tunnelkonstruktion skulle kunna påverka användningen av geosystemtjänster idag och i framtiden.
- Att visualisera bedömningen och analysen med hjälp av GIS.

1.3 Avgränsningar

De geosystemtjänster som avses utredas i denna studie är i första hand de som finns i den lista över geosystemtjänster som beskrivs i detta kapitel. Dessa baseras på rapporten "Att integrera undermarkens tjänster i planeringen" (Norrman, o.a., 2020) som också ligger till grund för verktyget SUB-matrisen. Dessa kan antas vara relevanta för undermarksplanering i Göteborgsregionen. SUB-matrisen har tagits fram av Chalmers i samarbete med Luleå Universitet och Göteborgs Stad (Norrman, o.a., 2020).

Studieområdet avgränsas till en korridor med bredden 100 meter längs den potentiella tunneln och påslaget för tunneln antas vara 200 meter långt. Ytterligare en avgränsning som har gjorts gällande studieområdet är att det bara är marknivån och nivån som tunneln antas anläggas på längs tunnelkorridoren som studeras, beroende på vilken geosystemtjänst som studeras.

2 Undermarksresurer och geosystemtjänster

De geologiska systemen under markytan bidrar till flera viktiga tjänster för människan och samhället. Undermarken är på så sätt en multifunktionell resurs som tillhandahåller så kallade geosystemtjänster. Geosystemtjänster är ett nytt begrepp som inte är entydigt definierat ännu men handlar om vad det geologiska systemet ger oss människor och bidrar till vår välfärd och livskvalitet (van Ree, o.a., 2017 cf. Gray, 2011). Geosystemtjänster kategoriseras in i fyra grupper: stödjande, kulturella, reglerande och försörjande. Listan över geosystemtjänster som beskrivs i detta kapitel grundar sig på rapporten ”Att integrera undermarkens tjänster i planeringen” (Norrman, o.a., 2020).

2.1 Stödjande geosystemtjänster

2.1.1 Bärförmåga och markens beständighet

Det finns många olika berg- och jordarter. De har alla olika egenskaper och ger olika förutsättningar för byggande på och under mark. Ett exempel på två väldigt olika geologiska material är lera och urberg. Lera är en väldigt mjuk och instabil jordart och urberg, som ofta består av exempelvis gnejs som är en väldigt hård och stabil bergart. Det finns flera olika bergarter i Sverige, bergen kan ha sprickzoner som kan leda till deformationer. Sprickzoner är delar av berget som är deformerande. Alla jord- och bergarter har olika bärförmåga och stabilitet och ger därmed olika förutsättningar för hur man kan bygga både över och under mark.

2.1.2 Utrymme för horisontella och vertikala konstruktioner

Horisontella konstruktioner kan vara till exempel tunnlar. Varför man väljer att bygga dem under mark är för att de inte ska ta plats på ytan och för att få en mer behaglig miljö samt minska resetider och miljöeffekter. I storstäder brukar man numera bygga infrastruktur i undermarken.

Vertikala konstruktioner kan vara byggnader, garage och lagringsutrymmen. Djupet på lagringsutrymmet beror på hur farliga ämnen man lagrar. Varför man bygger dem under mark är också för att skapa en säkrare miljö och för att de inte ska ta plats på markytan.

2.1.3 Utrymme för ledningar, kablar och rör

I undermarken finns det olika ledningar, kablar och rör. Dessa är till för infrastruktursystem för vatten och avlopp, el, internet, gas och fjärrvärme. De är oftast nedgrävda på ett djup mellan 1 till 7 meter och är där med relativt nära ytan. De är anlagda i undermarken för att de ska vara skyddade och inte gå sönder eller upptäcks av terrorister lika lätt som om de var ovan marken och för att de inte ska ta onödig plats på ytan.

2.1.4 Undermarkslagring

I marken kan man lagra fler resursen än bara värme, det kan till exempel vara koldioxid och naturgaser. Man lagrar naturgas och koldioxid i marken för att det är ett

energi- och materialeffektivt sätt att förvara dem på. Man lagrar koldioxid i undermarken för att minska mängden i atmosfären (Sveriges geologiska undersökning, 2022a). Naturgas kan lagras i marken i sådana länder som importerar stora mängder naturgas. Undermarkslagring brukar ske i kolbärande lager eller akviferer. För att kunna lagra gaser under mark behöver berget ha en hög porositet och vara på tillräckligt stort djup. Porositeten är viktigt för att ha utrymme att kunna lagra och djupet är viktigt för att få ett högre tryck så att koldioxiden ska byta aggregationstillstånd till flytande form. Sedimentära bergarter är vanliga för koldioxidlagring (Sveriges geologiska undersökning, 2021a).

2.2 Kulturella geosystemtjänster

2.2.1 Kända och okända kulturarv

Att bygga på ett område som har kulturarv kan vara omständligt eftersom det finns lagar som skyddar dessa områden. Det kan leda till att man behöver tillstånd för att kunna bygga och det kan ta lång tid innan man får påbörja sitt bygge i ett sådant område om det behövs göras en arkeologisk utgrävning. Kulturarv är platser eller föremål som har en kulturell betydelse för människan, det kan vara till exempel byggnader och fornlämningar (Riksantikvarieämbetet, u.d.).

Okända kulturarv kan exempelvis vara möjliga platser för fornlämningar som man inte har utfört en arkeologisk utredning av än. Det kan även vara kulturarv som man inte vet att de existerar alls då de till exempel kan ligga begravda under markytan. Möjliga fornlämningar kan man hitta med hjälp av hemsidan Fornsök (Riksantikvarieämbetet, u.d.).

2.2.2 Geologiskt arv

Geologiskt arv handlar om jordens historia och information om hur den har utvecklats och utgör värden av ekonomisk, kulturell, historisk eller estetisk karaktär. Det kan vara specifika geologiska bildningar såsom jord eller bergarter som bär viktig geologisk information. Geodiversiteten är något som behövs att ta vara på eftersom det är en viktig naturresurs som ger flera olika positiva funktioner, som till exempel det skapar habitat för djur. Det är viktigt hur man planerar att exploatera mark med närliggande geologiska arv, eftersom det är en begränsad resurs (Sveriges geologiska undersökning, 2020a). En geotop är ett begrepp för speciella platser som representerar väderfulla geovetenskapliga objekt (Sveriges geologiska undersökning, u.d.).

2.3 Reglerande geosystemtjänster

2.3.1 Geoenergi: lagring av värme/kyla

Man kan använda marken för att lagra energi från solen. Det kan lagras i berg, grundvatten och mark. Det kan lagras ned till ca. 400 meters djup. Geoenergi används genom att ta vara på den energi som redan finns i marken från uppvärmning av solen. Genom att använda geoenergi kan det ersätta el som används till uppvärmning, även om viss el fortfarande är nödvändig för att driva pumpning av kylmedium. Några vanliga geoenergianläggningar där man lagrar geoenergi är bergvärme, jordvärme och grundvattenvärme. I Sverige finns det cirka en halv miljon geoenergianläggningar och

det byggs mer av dem varje år eftersom de är miljövänligare än många andra alternativ när det kommer till uppvärmning (Sveriges geologiska undersökning, u.d.)

2.3.2 Ren och säker jord

För att människor ska kunna vistas på en plats utan att riskera att bli sjuka eller skadade så är det viktigt att föroreningar i marken inte medför risker för människors hälsa. Detta kan handla om allt från föroreningar som människan själv har utsatt marken för till ämnen som förekommer naturligt. Exempel på markförorening är tidigare mänskliga verksamheter som orsakat föroreningsproblematik. Ett till exempel på föroreningar som kan finnas i marken är sprängladdningar som lämnats eller glömts bort efter krig, det här är dock inte vanligt i svensk jord. Radon är ett exempel på ett naturligt ämne som är skadligt för oss människor. Det är viktigt att undersöka så att marken är ren och säker innan en byggnation i ett område där människor kommer att befinna sig dagligen eller under längre perioder. Det är också viktigt att säkerställa att markföroreningar inte medför risker för miljön.

2.3.3 Vattenfördröjningsförmåga

Beroende på vad marken består av kan fördröjning av vatten vara möjligt, både jord och berg kan ha denna egenskap. En viktig egenskap som markmaterialet behöver för att kunna fördröja vatten är att materialet ska kunna lagra vattnet genom magasinering eller grundvattenbildning. Detta är möjligt om det finns mycket eller tillräckligt stora porer eller sprickor. Det är dessutom viktigt att nederbörd kan infiltrera materialet. En god vattenfördröjningsförmåga kan minska risken för översvämningar. Naturlig mark har dock ofta en relativt god förmåga att fördröja nederbörd. Även för geomaterial som inte har särskilt god fördröjningsförmåga, exempelvis har berg i dagen ofta ovanliggande tunna moränlager.

2.3.4 Vattenfiltreringsförmåga

För att en mark ska kunna ha en vattenfiltreringsförmåga måste vatten kunna infiltrera marken. Om jorden har en bra filtreringsförmåga kan det leda till att vattnet som infiltrerar blir renare då bland annat föroreningar kan filtreras bort. Vatten som filtrerats kan vara till nytta som dricksvatten för människor. Ett problem som kan uppstå vid en byggnation där ett tätskikt anläggs är att infiltrationsförmågan försämras vilket i sin tur minskar filtreringsförmågan. Ett annat problem som kan uppstå vid en byggnation är när material grävs bort, då kan det leda till att vattnet har en mindre mängd material att filtrera igenom och därmed filtreras mindre.

2.4 Försörjande geosystemtjänster

2.4.1 Geotermisk energi

I jordens inre vid jordkärnan är det runt 5000 grader Celsius (Sveriges geologiska undersökning, u.d.). Djupet till jordkärnan varierar runt om i världen men i Sverige är den mellan 5000–6000 kilometer ner i jorden. I Sverige är jordskorpan tjock och det gör det svårare att komma åt värmen från jordkärnan. Den värmen kallas för geotermisk energi och för att komma åt denna resurs krävs det mycket djupa borrhål där man kan utvinna geotermisk energi. Detta görs genom att pumpa upp varmt

grundvatten från hålen, vattnet förs genom en värmeväxlare som utvinner energin och efter det transporterar man tillbaka vattnet ner i hålet. En geotermisk energianläggning är ett väldigt kostsamt system, detta då dels ett djupt borrhål på drygt 1000 meter behövs. Ett sådant system är vanligtvis i funktion i 25 till 30 år. I dagsläget används dock geotermin mestadels genom att pumpa upp varmt vatten som sedan utnyttjas till fjärrvärme. I andra områden där jordskorpan inte är lika djup är det betydligt lättare att komma åt den geotermiska energin. Detta beror på att det inte behövs lika djupa borrhål för att kunna utvinna den. Island är ett exempel där jordskorpan är väldigt tunn och majoriteten av energin som generas där är just geotermisk (Allen, o.a., 2002).

2.4.2 Dricks- och processvattenresurs

För att vatten ska kunna användas som dricks- eller processvatten måste det först kunna magasineras som grundvatten i exempelvis sprickor eller porer. Jordarten som grundvatten lagras i är vanligtvis isälvssediment medan berg som magasineras stora mängder grundvatten oftast består av sedimentära bergarter. Kristallina bergarter kan också lagra grundvatten men inte i lika stor skala som sedimentära bergarter. Detta beror på att sedimentära berg består av sprickor och porer medan kristallina berg mesta dels har sprickor (Sveriges geologiska undersökning, 2019). Ibland innehåller grundvattnet föroreningar som försämrar kvaliteten på vattnet. Exempel på föroreningar som vattnet kan innehålla är för höga halter salt eller järn.

2.4.3 Grundvattenresurs

Grundvatten som resurs är inte bara till nytta som dricksvatten. En förändring av grundvattennivån kan öka risker för till exempel sättningar eller skred. En sänkning av grundvattennivån ökar risken för sättningar (Knappett & Craig, 2020). Släntstabiliteten minskar då portrycket ökar, vilket kan vara ett resultat av att exempelvis grundvattennivån höjs (Sällfors, 2013). Därpå är grundvattnet även viktigt för vattenberoende ekosystem och framför allt för våtmarker. Om grundvattennivån sänks kan det leda till att växter torkar ut som i sin tur kan leda till en ökad brandrisk. Detta är några funktioner och kvaliteter som grundvattnet bidrar med. För att säkerställa att det kan fortsätta med detta är det viktigt att grundvattennivån förblir densamma efter eventuell byggnation. Detta görs främst genom att exempelvis tunnlar byggs så täta som möjligt för att inte skapa nya vägar för vatten eller dränera bort det. Detta kan även göras genom påfyllning av grundvattensmagasinet. En viktig del för att det ska kunna fortsätta fyllas på naturligt är att vatten ska kunna infiltrera jorden.

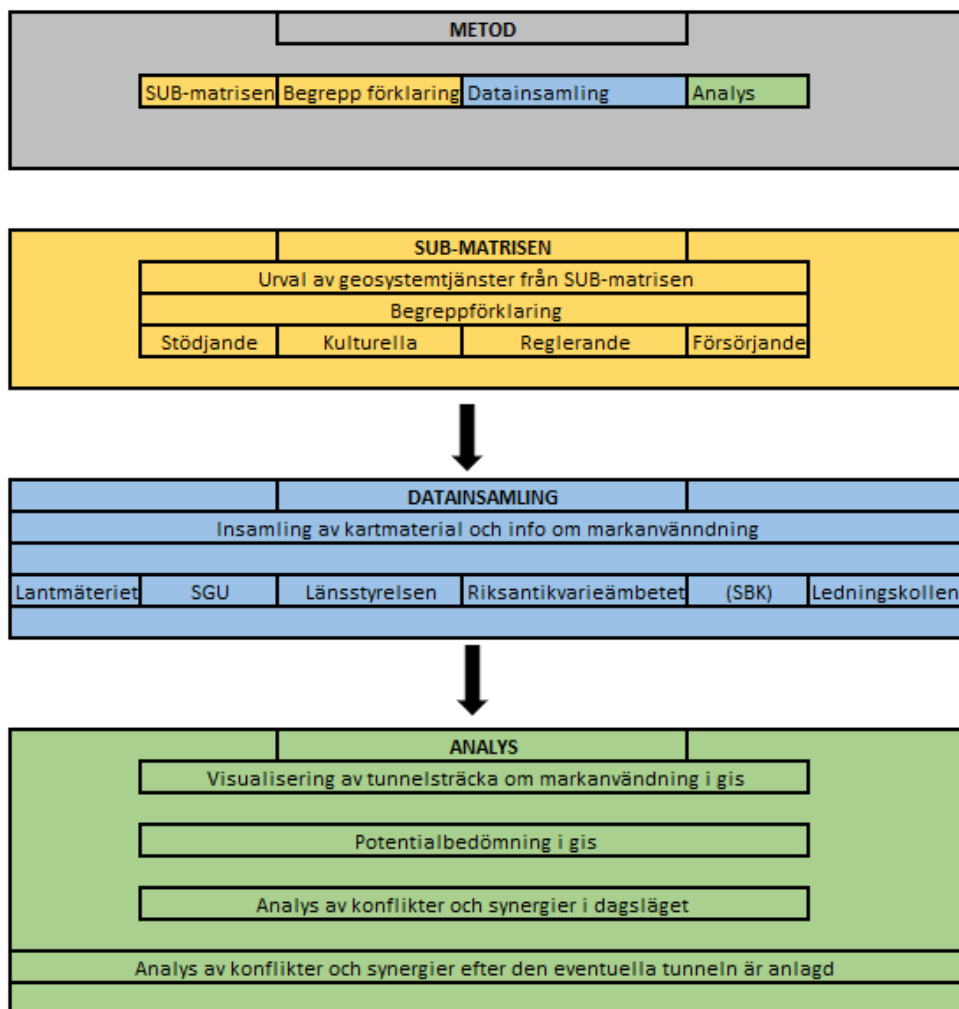
2.4.4 Geomaterial och mineral

Geomaterial är ett övergripande begrepp som innefattar många olika material som finns i marken. Detta är bland annat grus, sand och berg. De här materialen kan användas till exempelvis grundläggning eller fyllning. När geomaterial skall utvinnas finns det olika lagar som måste beaktas. Lagarna skiljer sig åt beroende på vilket material som ska utvinnas. För att kunna utvinna materialet behövs det ansökas om att få uppföra en täkt (Sveriges geologiska undersökning, 2020b). Däremot räknas inte sprängning för exempelvis en tunnelanläggning som en täkt och därmed behövs inte täktstillstånd, då sprängningen inte anses som materialutvinning i första hand (Naturvårdsverket, 2003).

Det som kallas mineral är vanligtvis flera ämnen som genomgått en kemisk bindning (Sveriges geologiska undersökning, u.d.). Detta är dock inte ett krav för att vara en mineral utan det finns mineraler som bara består av ett grundämne. Mineraler kan bildas genom ett antal olika geologiska processer, varav en är när magma stelnar. När det kommer till utvinning av mineraler finns det även här lagstiftningar beroende på vad det är för typ av mineral det handlar om. När det kommer till områden där det finns värdefulla ämnen eller material som är av riksintresse säger exempelvis miljöbalken att verksamheter som kan försvåra utvinning av dessa material inte får planeras (Sveriges geologiska undersökning, 2021b).

3 Metod

Figur 3–1 visar övergripande hur arbetets process har gått till. Först och främst studerades SUB-matrisen på vilken urvalet av geosystemtjänster som undersökts baseras. Dessa geosystemtjänster förklarades sedan. Därefter samlades kart data in för att sedan i GIS visualisera vad de olika geosystemtjänsterna har för potential längs tunnelkorridoren. Till sist gjordes analyser av konflikter och synergier mellan geosystemtjänster innan tunneln eventuellt anläggs och sedan gjordes analyser om hur tunneln kan påverka geosystemtjänster.



Figur 3–1. Arbetetsprocessen.

3.1 SUB-matrisen

I Figur 3–2 visas en översiktlig bild av SUB-matrisen. SUB-matrisen står för ”Sustainable Use of the suBsurface” (Norrman J. , o.a., 2020). SUB-matrisen är en interaktiv checklista som finns till som underlag för frågor som berör undermarken i planeringsskedet och bidra till ett mer hållbart användande av undermarken. Den nämner flera geosystemtjänster som har relevans i undermarksplanering och går igenom vad de innebär och eventuella konflikter som vanligtvis kan förekomma mellan olika geosystemtjänster.

	Geosystemtjänster																Kod	Förklaring		
	Dricks- och processattnessurs	Grundattnessurs	Vattenförörings-formåga	Vattenfilterings-formåga	Geoenergi	Geomaterial	Mineral	Bärförmåga och markens beständighet	Utrymme för horisontella konstruktioner	Utrymme för vertikala konstruktioner	Pipelines, ledningar, kablar och rör	Undermarkslagring	Ren och säker jord	Kända kulturarv	Okända kulturarv	Geologiskt arv				
Vanliga intressekonflikter:	B	F	B	F	F	F	F	B	F	B	F	F	B	F	B	F	B	F	B	Beskrivning av vanliga intressekonflikter
Planeringsnivåer:																			B	Befintliga anläggningar, reservat, skyddsområden, m.m.
Nationell																			F	Nyplanering eller resursinventering - förutsättningar för nyttjande
Regional																				Riksintresse/naturreservat/reservat
Väg- och järnvägsplanering																				Information om befintliga anläggningar, reservat, skyddsområden, m.m. skall finnas tillgängligt
Kommunal:																				Oversiktlig information om förutsättningar för nyttjande bör tas fram eller göras tillgänglig
Oversiktsplanering, inklusive sektorsutredningar och andra strategiska dokument																				Fördjupad information om förutsättningar för nyttjande bör tas fram
Fördjupad oversiktsplanering, inklusive tematiska tillägg, stadsdels(områdes)utveckling																				Information om befintliga anläggningar, reservat, skyddsområden, m.m. (eller förutsättningar för nyttjande), resultat av tidigare avvägningar skall flaggas upp
Detaljplanering, inklusive planbesked och planprogram																			X	Avvägning mellan vanliga intressekonflikter bör göras
Bygglövsprocessen (förhåndsbesked, bygg/marklovsbesked, startbesked, slutbesked)																			S, (S)	Sekretessbelagd, eller delvis sekretessbelagd information

Figur 3–2. Övergripande bild av SUB-matrisen, den finns att ladda ner på Stiftelsen Bergteknik Forskning (SUB-matrisen, 2020).

3.2 Datainsamling

Den data som använts vid framställning av kartmaterial: är hämtad från öppen data av Sveriges geologiska undersökning, Lantmäteriet, Länsstyrelsen, Riksantikvarieämbetet och tillhandahålls av Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs stad och redovisas i Tabell 3–1. Ledningskollen har underlättat tillgängligheten av information om el- och VA-ledningar.

Tabell 3–1: Källor för framställning av kartmaterial.

Geosystemtjänst:	Kartmaterialkälla:
Stödjande geosystemtjänster:	
Bärförmåga och markens beständighet	Bedömning utifrån kartor med berggrund och jordarter erhållen av SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/
Utrymme för horisontella och vertikala konstruktioner	Ingen data
Utrymme för ledningar, kablar och rör	Ledningskollen; https://www.ledningskollen.se/
Undermarkslagring	SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/
Kulturella geosystemtjänster:	
Kända och okända kulturarv	Fornsök; https://app.raa.se/open/fornsok/
Geologiskt arv	Erhållen av Göteborgs stadsbyggnadskontor
Reglerande geosystemtjänster:	
Geoenergi	SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/grundvattendata/brunnar/
Ren och säker jord	Uranhaltskarta erhållen från SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-














	<p>arnesomrade/geofysiska-data/geofysiska-flygmatningar-gammastralning-uran/</p> <p>Radonrisksområden erhållna av Göteborgs stadsbyggnadskontor;</p> <p>Potentiellt förorenade områden erhållna av Länsstyrelsens öppna data; https://ext-geodatakatalog.lansstyrelsen.se/GeodataKatalogen/GetMetaDataById?id=e5f8c5ca-62a9-41d6-900c-43f2837a8757</p>
Vattenfördröjningsför måga	Bedömning utifrån kartor med berggrund, jordart, jorddjup, jordlagerföljd och vattentillgång i små magasin erhållna från SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/oppna-data/
Vattenfiltreringsförmå ga	<p>Markanvändningskarta erhållen av Lantmäteriet; https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/oppna-data/</p> <p>Kartor med jordart och jorddjup erhållna från SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/oppna-data/jordarter-oppna-data/</p>
Försörjande geosystemtjänster:	
Geotermisk energi	SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-arnesomrade/grundvattendata/brunnar/
Dricks- och processvattenresurs	Bedömning utifrån kartor med berggrund, jordart, jorddjup och vattentillgång i små magasin erhållna från SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/oppna-data/
Grundvattenresurs	<p>Bedömning utifrån kartor med berggrund, jordart, jorddjup och vattentillgång i små magasin erhållna från SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/oppna-data/</p> <p>Grundvattensituationen erhållen från Vatten i Göteborg; https://www.vatteningoteborg.se/Groundwater/ShowObservations</p>
Geomaterial och mineral	<p>Bedömning utifrån kartor med berggrund och jordart från SGU:s öppna data; https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-arnesomrade/</p> <p>Bergkvalitetskarta av SGU; https://resource.sgu.se/dokument/publikation/ba/ba59karta/ba59-karta-bergkvalite.pdf</p>










3.3 Bedömning och konfliktanalys av geosystemtjänster med GIS

Bedömningen av potentialen att kunna nyttja geosystemtjänsten och eventuella konflikter för geosystemtjänsterna görs i form av egenskapade GIS-kartor. GIS-kartor görs endast för de geosystemtjänster vars förutsättning varierar längs sträckan eller förändras av en eventuell tunnel. Bedömningen av detta görs med ett färgkodsystem som redovisas i Tabell 3–2, färgkodningen är platsspecifik för det undersökta området.

Notera att färgkodningsförklaringen varierar mellan potential och risk för de olika geosystemtjänsterna, detta beror på vad som ansetts mest relevant för respektive geosystemtjänst.

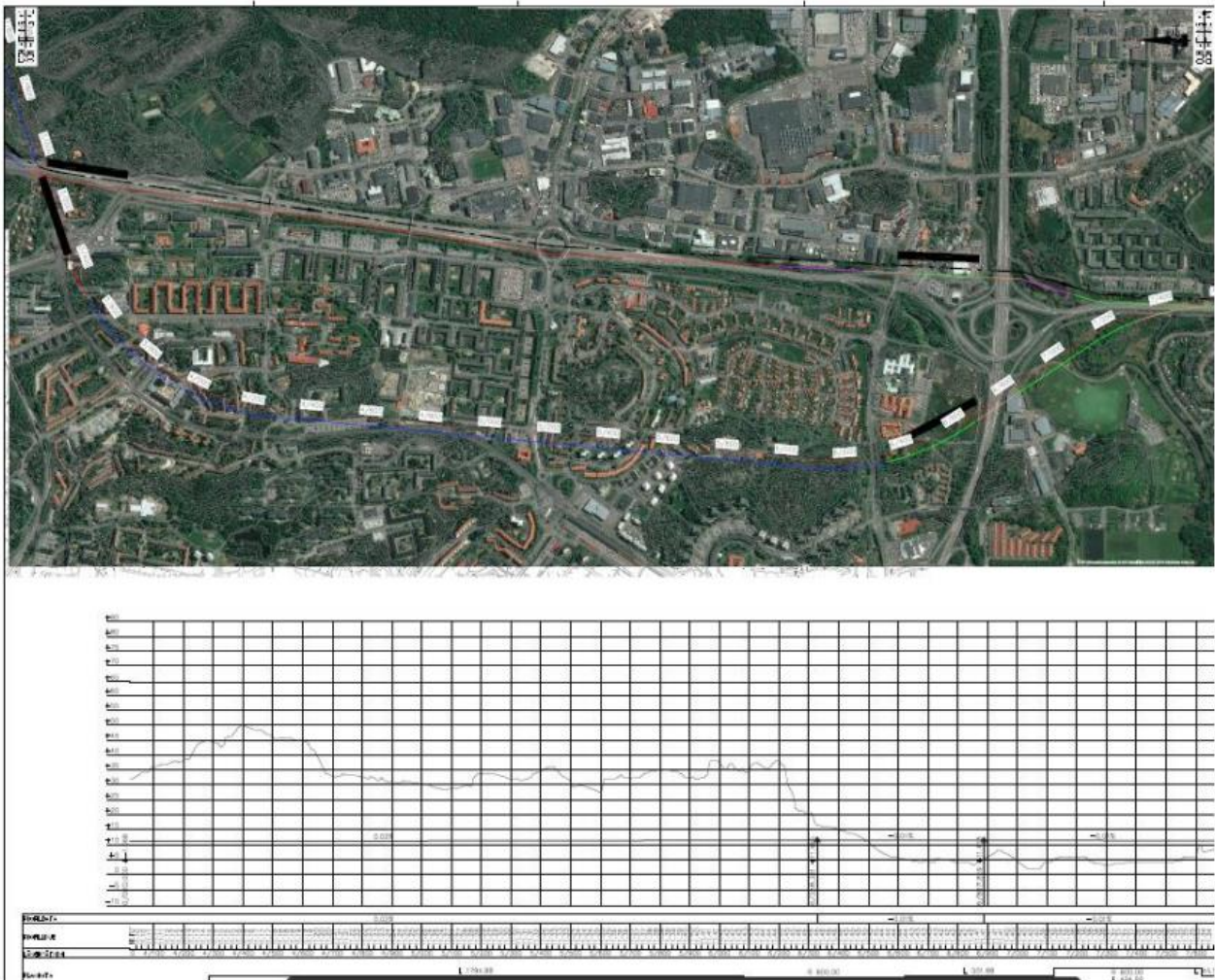
Tabell 3–2: Färgförklaring för olika geosystemtjänster.

Geosystemtjänst	Färgkodning	Förklaring
Stödjande geosystemtjänster:		
Bärförmåga och markens beständighet	 God bärförmåga	Berggrunden består av bergarter som är stabila med god bärförmåga
	 Måttlig bärförmåga	Berggrunden är stabil men det finns sprickzoner som försämrar bärförmågan
	 Dålig bärförmåga	Området består av lera
Kulturella geosystemtjänster:		
Kända och okända kulturarv	 Kända kulturarv	Riksantikvarieämbetet har identifierat att det finns kulturarv i området
	 Okända kulturarv	Riksantikvarieämbetet har identifierat att det möjligtvis finns kulturarv i området
	 Begränsade förutsättningar	Det finns mycket låg sannolikhet att det finns kulturarv i området utifrån rådande geologiska förhållanden, till exempel djupt ner i berg eller redan exploaterade områden med lera
Geologiskt arv	 Inget geologiskt arv i närheten av tunnelsträckningen	Det finns inget geologiskt arv i närheten av exploateringsområdet
	 Geologiskt arv i närheten av tunnelsträckningen	Det finns geotoper i närheten av exploateringsområdet
	 Geologiskt arv inom tunnelsträckningen	Det finns inget geologiskt arv inom exploateringsområdet
Reglerande geosystemtjänster:		
Geoenergi	 God potential	Det är nära till berggrunden utan djupa lerlager eller något som är i vägen
	 Måttlig potential	Det är relativt djupa lerlager mellan berggrunden och markytan
	 Dålig potential	Det är djupa lerlager mellan berggrunden och markytan
	 Ingen potential	Tunneln ligger emellan markytan och tillräckligt djup för energibrunnar

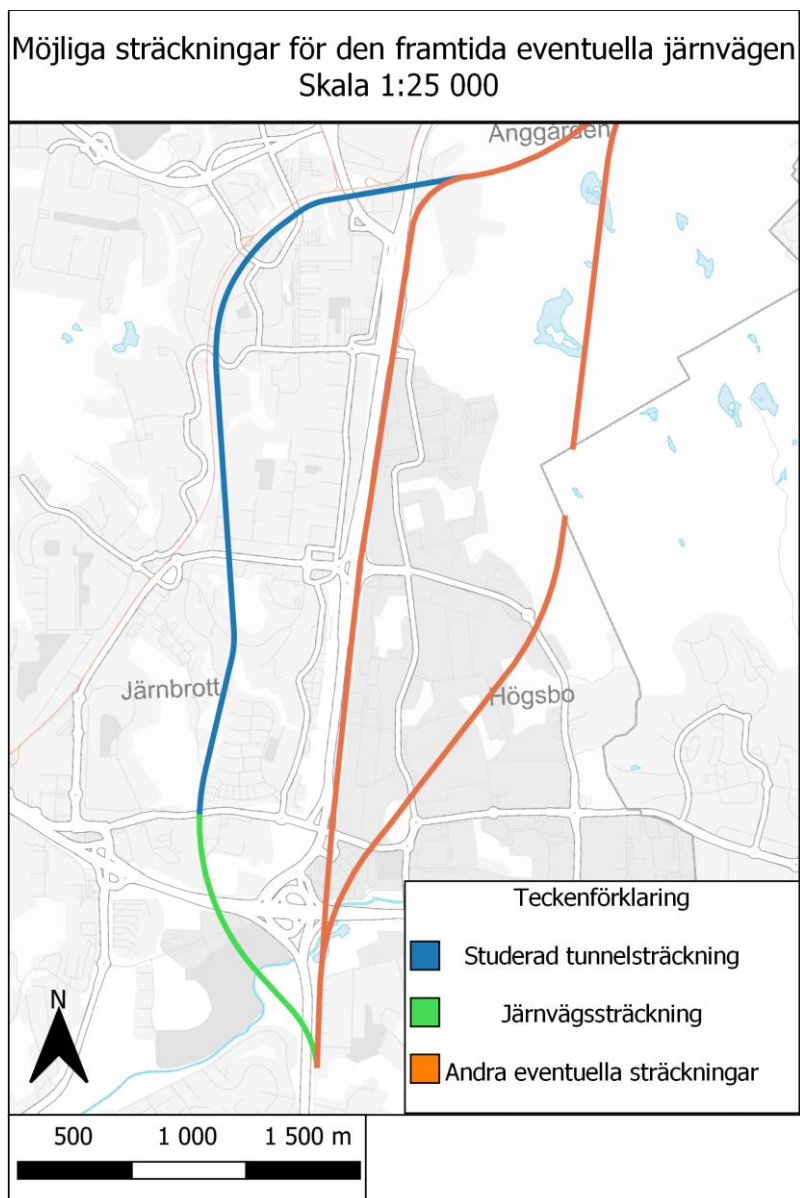
Ren och säker jord	 Låg risk	Inga uppmätta höga halter av uran eller radon, det finns inte heller några potentiellt förorenade områden
	 Måttlig risk	Måttlig radonhalt eller potentiellt förorenade områden
	 Hög risk	Hög radonhalt eller verksamheter som till exempel kemtvättar som kan förorena områden
Försörjande geosystemtjänster:		
Grundvattenresurs	 Stabila nivåer	Uppmätta grundvattennivåer är stabila över en viss tidsperiod
	 Instabila nivåer	Uppmätta grundvattennivåer är under normala nivåer över en viss tidsperiod
	 Mycket instabila nivåer	Uppmätta grundvattennivåer är mycket under normal nivåer över en viss tidsperiod
Geomaterial och mineral	 God kvalitet	Berget är enligt bergkvalitetskartan användbart
	 Måttlig kvalitet	Kan eventuellt vara förorenat material
	 Dålig kvalitet	Berget innehåller hög radonhalt eller är lera

4 Fallstudie

Projektet genomförs med hjälp av en fallstudie för att tillämpa och diskutera nyttan med att genomföra en kartläggning och analys av geosystemtjänster längs en tunnelsträckning. Fallstudien behandlar en tunnelsträcka för en av tre eventuella sträckningar för en möjlig järnväg mellan Järnbrott och Änggården. I Figur 4–1 redovisas längdsektionen för den möjliga järnvägssträckningen samt var tunneln avses gå. De möjliga sträckningarna redovisas i Figur 4–2, där den studerade tunneldragningen i blått utgör undersökningsområdet. Området befinner sig i Göteborg och sträcker sig från Radiovägen i söder till Änggården i norr. Enligt Bilaga B.2–1 består markanvändningen längs undersökningsområdet främst av bostadsområden men längs korridoren finns det dessutom industriområden och skog. Det är mycket skog i den södra delen, efter Marconigatan finns det en förskola och Flatåsskolan utöver detta är det främst bostadsområden längs korridoren. Under ett platsbesök av området togs det bilder längs med sträckan som visas i Bilaga 1.



Figur 4–1. Längdsektion för den studerade tunneldragningen (Bärhel, 2020).

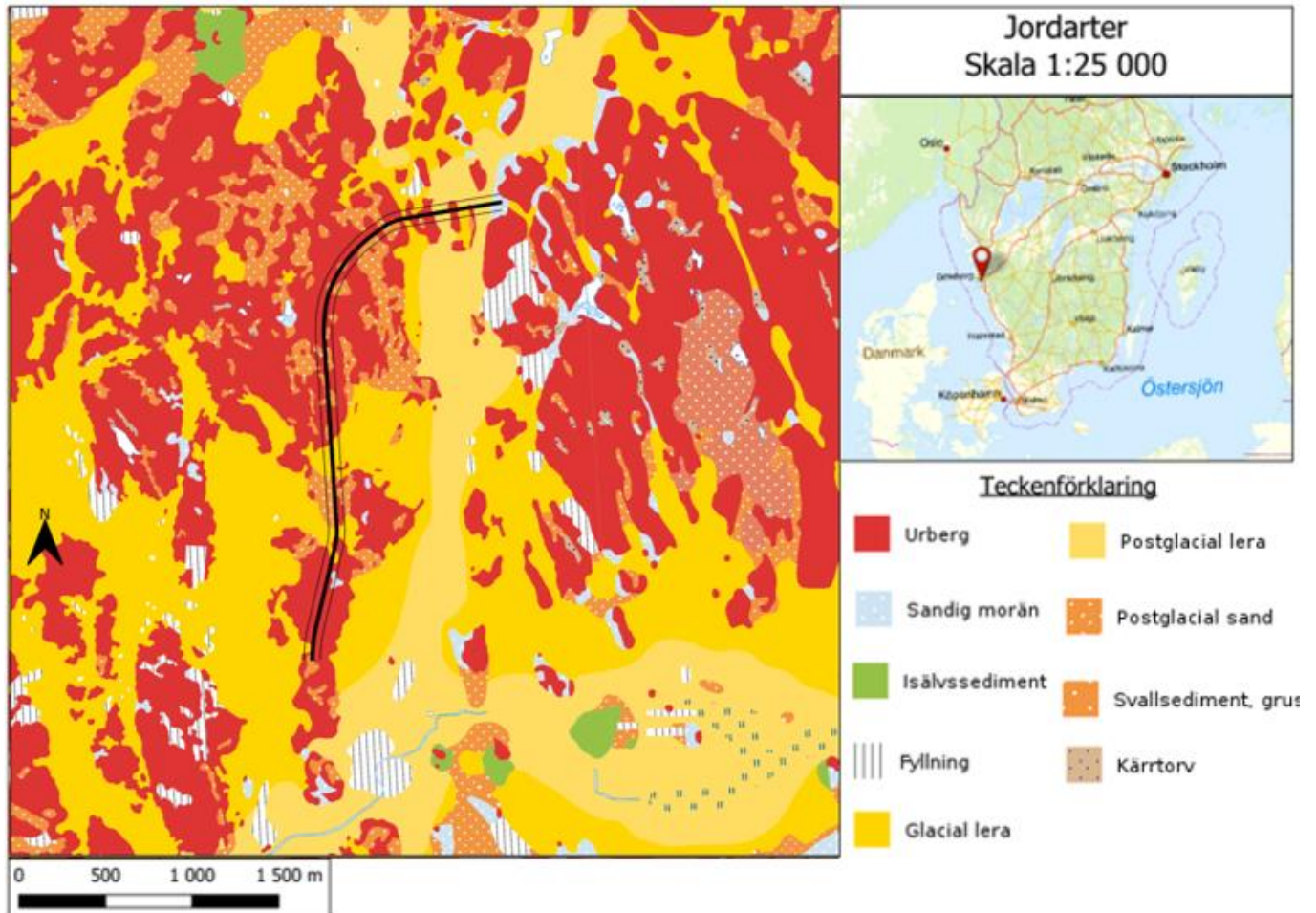


Figur 4–2. Karta över tre möjliga järnvägssträckor där den blåa är den sträcka som undersöks i detta arbete. Sträckningarna ingår i Göteborgs stads översiktsplan (Göteborgs Stad, 2022).

De allra flesta jordarter som finns i området har bildades under den så kallade kvartärtiden (Sveriges geologiska undersökning, 2020c). Kvartärtiden påbörjades för lite drygt 2,5 miljoner år sedan och pågår fortfarande. De flesta jordarterna har däremot bildats inom loppet av och efter den senaste istiden. Denna påbörjades för ungefär 115 000 år sedan och för ungefär 10 000 år sedan var Sverige nästintill isfritt. Under nedisningen låg hela området under ett tjockt istäcke som tryckte ner marken. Detta tryck ledde till att marknivån sjönk och när isen smälte påbörjades en landhöjning, landhöjningen i området är mellan 2–3 mm/år (Lantmäteriet, u.d.). Området som den studerade järnvägssträckan ligger i har en normal årsnederbörd på mellan 800–1000 mm (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, 2020).

Enligt Figur 4–3 är glacial lera, postglacial lera och postglacial sand de jordarter som dominerar ytlagret av marken i området. Det finns även en stor mängd berg i dagen.

De glaciala jordarterna är jordarter som bildats under istiden medan de postglaciala jordarterna bildats efteråt (Sveriges geologiska undersökning, 2020c). Enligt Bilaga B.2–3 varierar jorddjupet ner till berg längs med sträckan mycket, allt från 0 till 50 meters jorddjup. Berggrunden består mest av en sur metamorf yt- och intrusivbergart, granodiorit-granit, längs med sträckan enligt Bilaga B.2–4.



Figur 4–3. GIS-karta över de ytliga jordarterna längs den möjliga tunneln i skala 1:25 000 (Sveriges geologiska undersökning, 2021c).

5 Resultat – Kartläggning av geosystemtjänster och potentiella konflikter

Kartläggning om hur väl de olika geosystemtjänsterna nyttjas i området idag samt vilka förutsättningar för dess nyttjande i framtiden undersöks i detta kapitel.

5.1 Stödjande geosystemtjänster

De stödjande geosystemtjänsternas kvalitet och potential att nyttjas skiljer sig åt, där exempelvis bärförmågan och markens beständighet överlag är god, medan potentialen att utnyttja undermarkslagring i området är dålig.

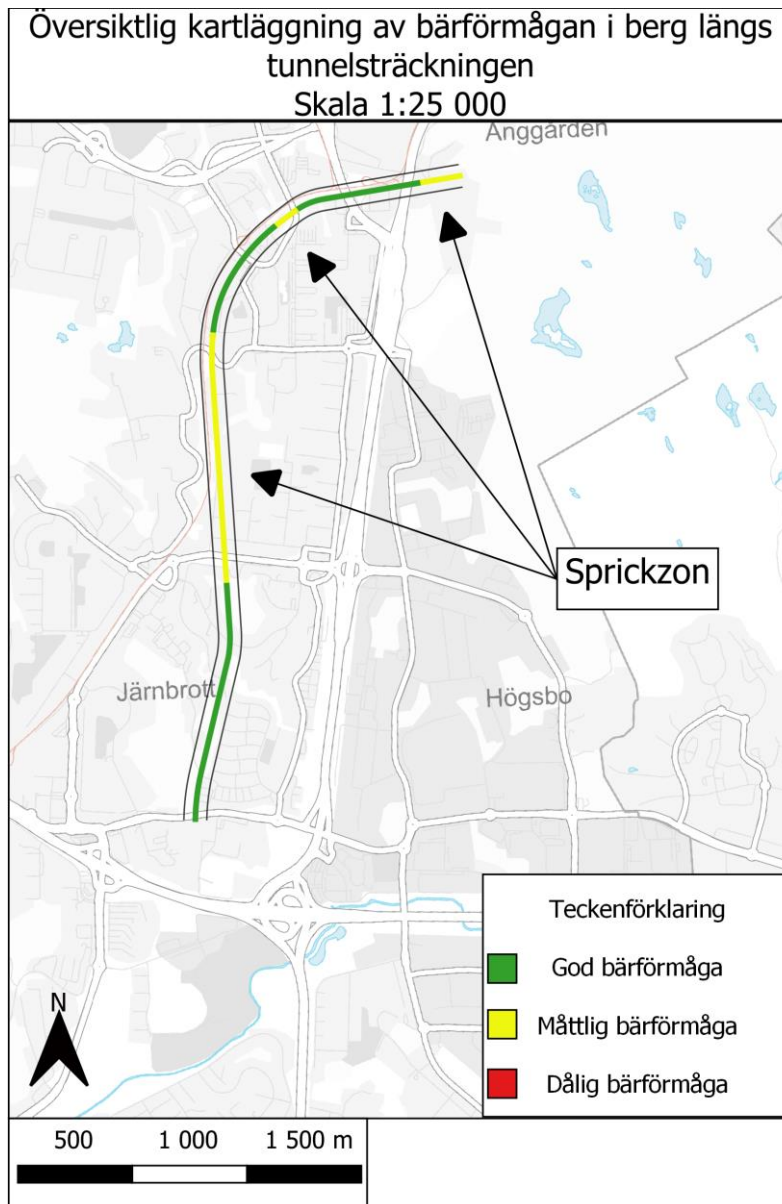
5.1.1 Bärförmåga och markens beständighet

Enligt Bilaga B.2–4 består bergarten av olika graniter som tonalit-granodiorit och granodiorit-granit. De här bergarterna är stabila och har en bra bärförmåga. Längs den möjliga järnvägssträckan finns det tre deformationzoner en spröd och två är plastiska. Vid spröda deformationzoner finns det sprickor och sprickzoner i berget medan i plastiska deformationzoner finns det till exempel skjuvzoner, veck och ådringar i berget (Strähle, 2001). Vid deformationzonerna vid mitten och den norra delen av sträckan kan utökad förstärkning av bergen behövas.

Enligt Bilaga B.2–2 består de ytliga geomaterialen längs tunnelsträckan främst av postglacial lera, glacial lera och urberg. Hela sträckningen går igenom berg enligt Figur 4–1 och har en relativ bra bärförmåga enligt Figur 5–1.

Bärförmågan anses inte påverkas av några andra geosystemtjänster. Enligt Figur 5–1 är den däremot sämre i områden med sprickzoner.

Tunneln kan behöva förstärkas extra mycket i områden där tunneln går genom sprickzoner eftersom bärförmågan är sämre där.



Figur 5-1. Figuren redovisar den översiktliga bärförmågan i berg och är baserad på Bilagor B.2-2, B.2-3 och B.2-4.

5.1.2 Utrymme för horisontella och vertikala konstruktioner

Eftersom tunnelsträckningen är belägen i ett storstadsområde så kan det finnas horisontella eller vertikala konstruktioner som är sekretessbelagd information. Därför har det varit svårt att hitta information om undermarkskonstruktioner. Det har inte funnits öppen information om några kända horisontella konstruktioner i form av exempelvis tunnlar. Det finns inte heller någon öppen information om några kända vertikala konstruktioner men pålning kan antas finnas i områden med djupa lerlager som stora byggnader står på. Pålningen antas som djupast gå ner till berggrunden.

Eftersom det inte har erhållits någon information om konstruktioner i undermarken så är det svårt att säga vilka konflikter som kan finnas mellan andra befintliga geosystemtjänster. Men utrymmeskonflikter mellan undermarkskonstruktioner och ledningar, kablar och rör skulle kunna vara ett problem.

Om tunneln anläggs kan det uppstå utrymmeskonflikter om man vill anlägga andra undermarkskonstruktioner på samma djup, eftersom tunneln ligger i vägen. Tillkommande horisontella och vertikala konstruktioner blir då tvungna att anpassa sig till befintlig tunnel och anläggas antingen över eller under tunneln.

5.1.3 Utrymme för ledningar, kablar och rör

Ledningar, kablar och rör ligger vanligtvis i lera och ytligt, på ett djup mellan 1–7 meter. Enligt Figur 4–1 går tunnelsträckningen djupare än 7 meter och i berg hela sträckan. Det antas därför inte finnas några ledningar, kablar eller rör där tunneln eventuellt ska anläggas.

Om grundvattennivån sänks efter att tunneln anläggs kan sättningar orsaka att ledningar, kablar och rör skadas.

5.1.4 Undermarkslagring

Det finns ingen potential för att utnyttja berggrunden till att lagra ämnen längs tunnelsträckningen. Enligt Bilaga B.2–4 berggrunden består av granit som är en metamorf bergart. För att kunna lagra ämnen i berggrunden krävs det att berget har en hög porositet, vanligtvis en sedimentär bergart (Sveriges geologiska undersökning, 2021d).

En eventuell tunneldragning kommer inte att påverka potentialen av undermarkslagringen i området eftersom förutsättningarna är väldigt dåliga.

5.2 Kulturella geosystemtjänster

I området för den möjliga järnvägstunneln finns det olika kulturarv. De som undersöktes var de kända och okända kulturarven och som låg relativt nära tunnelsträckan. Alla kulturarven låg på ytan och kommer därmed inte påverkas då tunneln kommer att byggas i berget. I det direkta området runt finns det inga kända geologiska arv som speciella jord- eller bergarter men det finns en närliggande sandstengång.

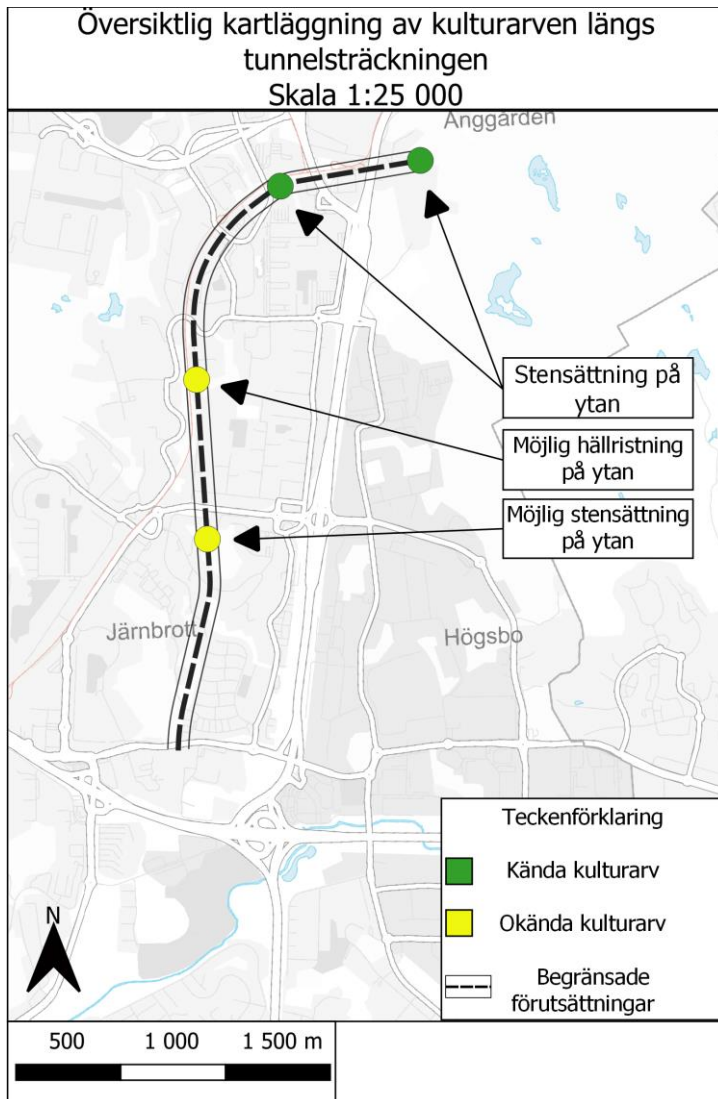
5.2.1 Kända och okända kulturarv

De kända kulturarven som fanns längs järnvägssträckan var två stensättningar (Riksantikvarieämbetet, u.d.). En stensättning är stenar från en förhistorisk tid som bidrar med kulturella aspekter till platsen. Stensättningarna som identifierades bestod av både stora och små stenar. I området längs den möjliga järnvägssträckans kan det finnas okända kulturarv enligt Figur 5–2. I databasen Fornsök står det att det finns två möjliga kulturarv som ligger längst järnvägssträckan, en möjlig fyndplats och en möjlig hällristning (Riksantikvarieämbetet, u.d.).

Konflikter som kan uppstå för kända kulturarv och okända kulturarv är om man ska bygga anläggningar, undermarkskonstruktioner, eller anlägga rör och kablar

(Riksantikvarieämbetet, u.d.). I Sverige finns det flera olika lagar för kulturarv som säkerställer skydd för dessa som kräver tillstånd att man ska bygga på dessa platser.

Om järnvägssträckan anläggs kommer det inte ske stora förändringar för kända kulturarv då kulturarven ligger på markytan. Det skulle kunna finnas okända kulturarv som inte upptäckts än, dessa förutsättningar är däremot begränsade och redovisas i Figur 5–2.



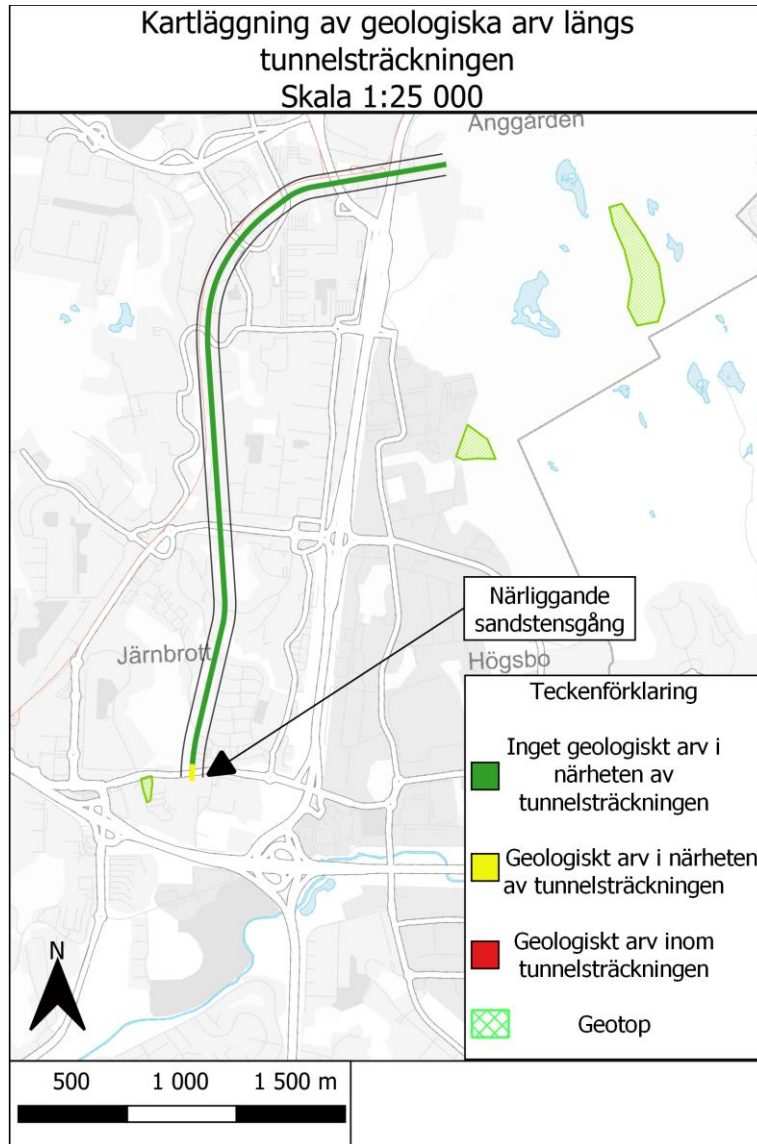
Figur 5–2. Figuren redovisar en översiktlig kartläggning av de kända och de okända kulturarven längs tunnelsträckningen och är baserad på Bilaga B.2–5.

5.2.2 Geologiskt arv

Runt området där järnvägen går finns det inga speciella jord- eller bergarter, enligt Bilaga B.2–2 och B.2–4. Bergarten består av olika typer av graniter som är en väldigt vanlig bergart i Sverige och jordarten består även av vanliga jordtyper som finns i Sverige. Det finns dock en geotop som är en sandstensgång som ligger relativt nära tunnelsträckningen enligt Figur 5–3. Sandsten anses vanligtvis inte vara en geotop men

i Västsverige finns det lite kambrisk sandsten, vilket är anledningen till att det anses vara en geotop.

Sandstensgången som ligger relativt nära tunneldragningen antas inte påverkas men risken finns fortfarande att den kan komma till skada på grund av sprängningen.



Figur 5-3. Figuren redovisar en översiktlig kartläggning av geologiska arv längs tunnelsträckningen och är baserad på Bilagor B.2-2 och B.2-4.

5.3 Reglerande geosystemtjänster

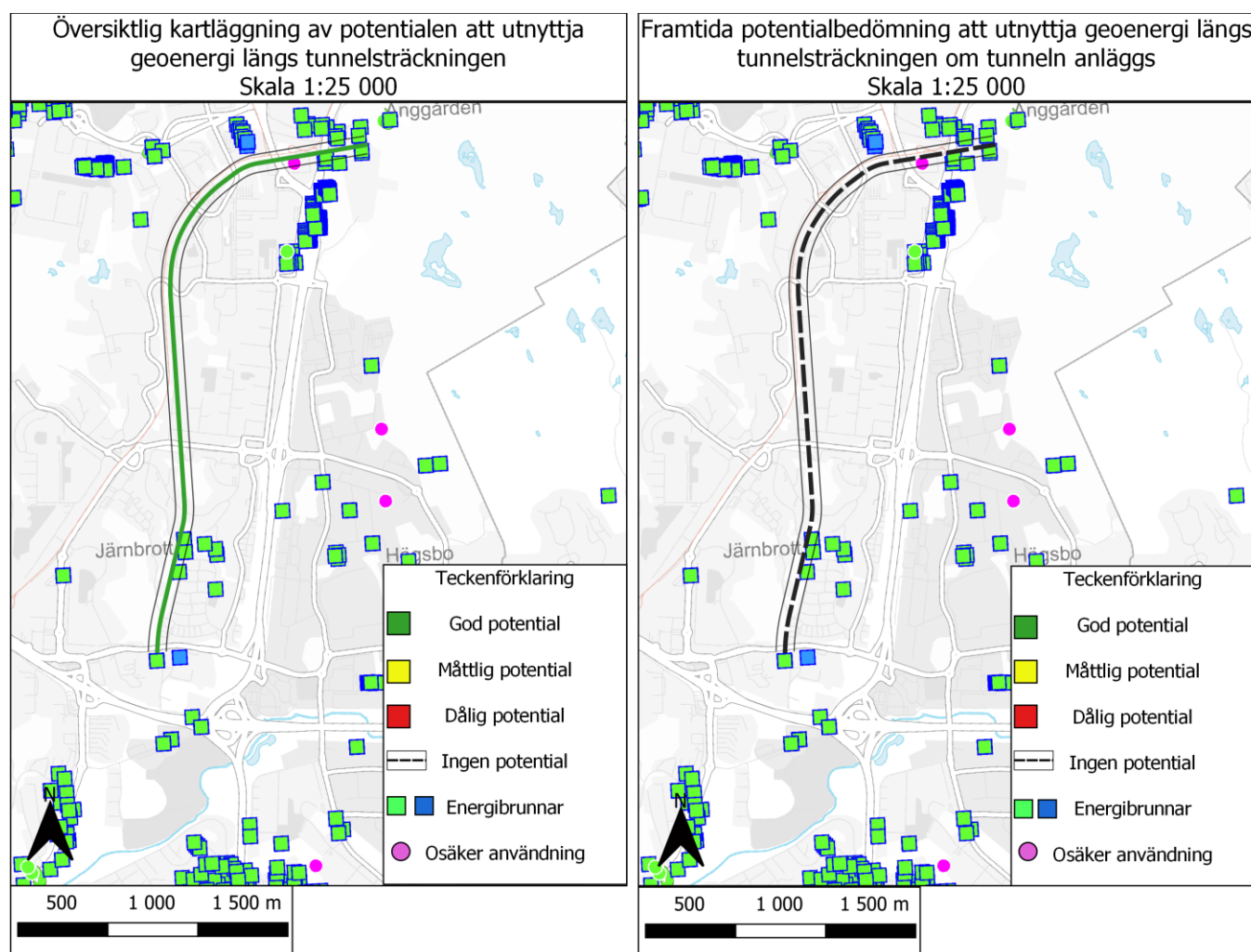
De reglerande geosystemtjänsterna i området nyttjas generellt lite och potentialen för att göra det är relativt låg. Det finns områden längs med sträckningen som har mer potential och även användas, som exempelvis energibrunnar.

5.3.1 Geoenergi

Enligt Figur 5–4 finns det relativt många energibrunnar i området. Potentialen för att kunna nyttja geoenergin anses vara god längs med hela tunnelsträckningen. Detta då det är relativt nära till berggrunden utan allt för djupa lerlager ovanpå.

Konflikter som kan uppstå är att energibrunnar ligger i vägen för undermarkskonstruktioner eller för ledningar, kablar och rör.

Om tunneln anläggs kommer de befintliga energibrunnarna som ligger där tunneln ska gå vara i vägen och troligen behöva lösas in. Eftersom det är svårt att borra 200 meter helt vertikalt finns risk för att även brunnar som ligger i närheten kan beröras. Enligt Figur 5–4 kommer det dessutom vara omöjligt att utnyttja geoenergi med brunnar ovanför tunneln. Eftersom det är svårt att borra brunnarna helt rakt ner i marken försvåras även möjligheten att utnyttja geoenergi nära tunneln.



Figur 5–4. Figuren redovisar kvaliteten för geoenergi samt vart befintliga energibrunnar finns. Kartan är baserad på Bilagor B.2–2, B.2–3 och B.2–6.

5.3.2 Ren och säker jord

Enligt Bilaga B.2–7 är inte uranhalten särskilt hög längs med tunnelstäckningen men berget i Änggården som ligger efter tunnelkorridoren har en förhöjd halt av uran. Berget är bland annat granit som är känt att innehålla just höga uranhalter (Sveriges geologiska undersökning, 2022b). Risken för radon varierar mellan låg och normal fram till slutet av sträckan där den övergår till hög vilket visas i Bilaga B.2–8. Radonrisken är generellt låg men vid Änggården så finns det ett högriskområde.

Bilaga B.2–9 är grunden för de potentiellt förorenade områdena. Riskklassningen är baserad utifrån metodiken för inventering av förorenade områden (MIFO-metoden) (Naturvårdsverket, u.d.). Här står riskklass 1 för mycket stor risk, riskklass 2 för stor risk, riskklass 3 för måttlig risk, riskklass 4 för liten risk och E för ej riskklassad. Bakgrunden för den här metodiken utgörs av bland annat historiska uppgifter, den verksamhet som har bedrivits, intervjuer och platsbesök. KM och MKM är två klassningar som används när modellen inte är tillämpbar för en plats där KM för känslig markanvändning och MKM för mindre känslig markanvändning (Naturvårdsverket, u.d.).

Jorden och berget i området kan anses ha en god potential när det kommer till att vara ren och säker, och är enligt Figur 5–5 enbart möjligtvis förorenad på tre ställen längs med tunnelsträckningen. De tre områdena som förmodas vara förorenade på grund av olika verksamheter längs med tunneldragningen: två kemtvättar och en före detta bensinstation.

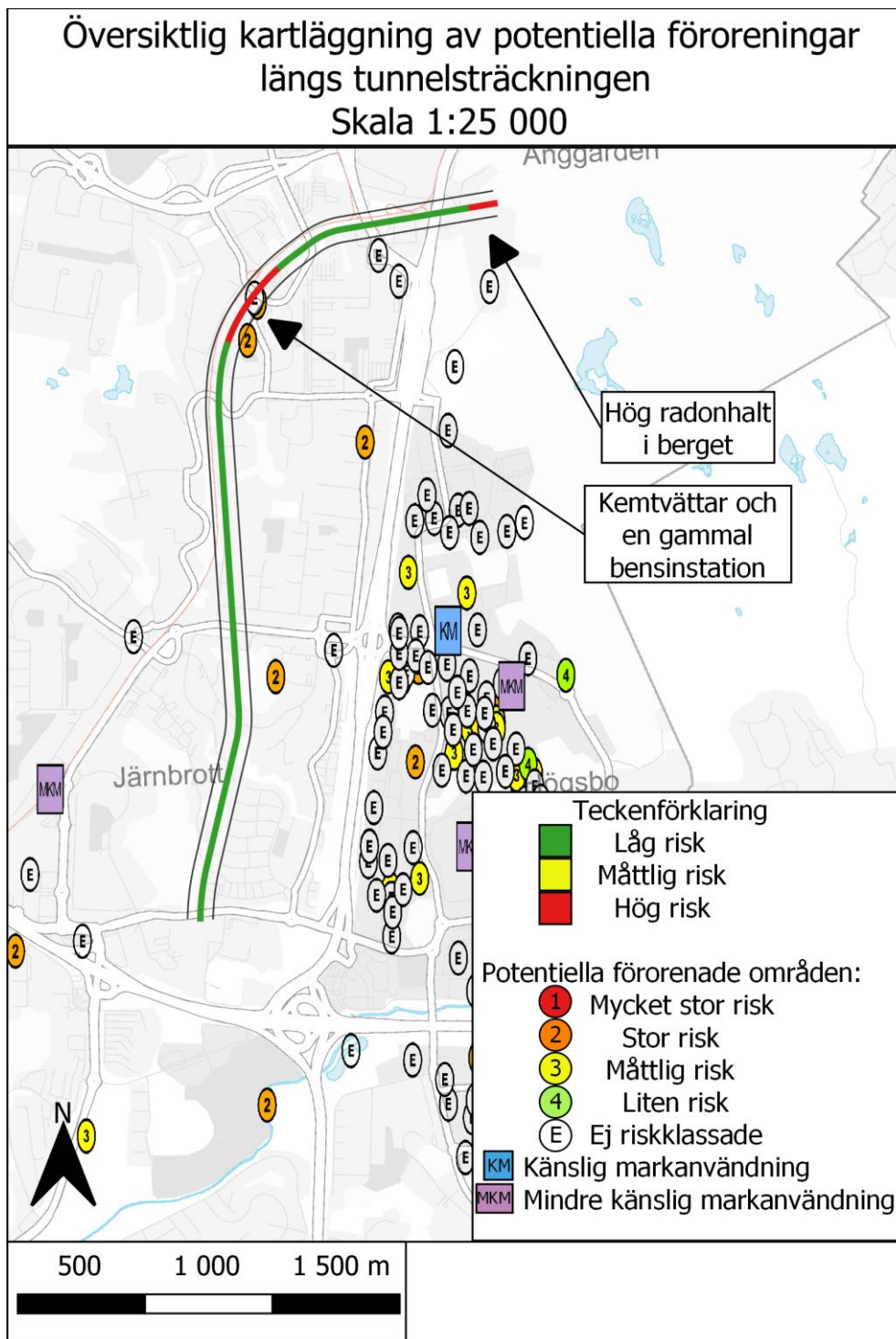
Nordväst om Högsbo finns en kemtvätt med lösningsmedel som är klassad som riskklass 2. Lite mer norr ut finns det en till kemtvätt med lösningsmedel som är riskklass 2 och en före detta bensinstation som SPIMFAB har hand om som är E-klassad. SPIMFAB är ett saneringsinitiativ som bedrivs av drivmedelsföretag där de sanerar marken vid före detta bensinstationer (SPI MILJÖSANERINGSFOND AB, 2014).

De föroreningar som har störst risk att spridas är klorerade kolväten som används som tvättmedel i kemtvättar och som är vätskor som inte löser sig med vatten (Eurofins, u.d.). Om utsläpp av föroreningar som är vattenlösliga sker på ett tjockt jordlager kan det agera som ett skydd mot att exempelvis grundvattensmagasinet blir förorenat. Sker föroreningarna däremot på ett tunt jordlager med berg direkt under så kan föroreningarna spridas vidare ner till grundvattnet genom sprickor i berget. Klorerade lösningsmedel har dock förmågan att sprida sig långt ned beroende på omfattningen av utsläppet, och även fortsätta ner i grundvattenytan eftersom det är tyngre än vatten. I detta fall står kemtvättarna på ett tunt jordlager. Enligt Bilaga B.2–3 är jorrdjupet som mest fem meter vilket kan resultera i att grundvattnet blir förorenat och att klorerade lösningsmedel kan spridas ner i berggrunden. Föroreningar kan spridas så djupt som hundra meter och i vissa fall ännu längre än så (Wahlgren, o.a., 2015). Föroreningar kan även mobiliseras och spridas i samband med tunnelbyggnation då grundvatten eller till och med klorerade kolväten kan dräneras ut i tunneln.

Möjliga konflikter som kan existera i dagsläget mellan föroreningar och andra geosystemtjänster handlar främst om spridning av dessa. Spridning av föroreningarna i området kan ske genom att man spränger i berg som har höga halter radon. Detta kan

vara en risk för människor som arbetar med tunneldragningen då de eventuellt exponeras för föroreningen. Geomaterial som är förorenat kan ha sämre potential återanvändas som exempelvis byggmaterial.

Om tunneln anläggs kan det medföra en del förändringar när det kommer till kvaliteten på berget. Först och främst riskerar föroreningar att spridas efter tunnelsprängning, exempelvis vid berget vid Änggården där radonhalten är hög. Dessutom kommer mängden berg som innehåller uran och radon att minska i området efter tunneldragningen på grund av transport och deponering av sprängda bergmassor. Det finns risk att tunneln mobiliserar och sprider klorerade kolväten under byggnationen eller om tunneln inte blir tillräckligt tät.



Figur 5-5. Figuren redovisar hur hög risken för potentiella föroreningar är längs med tunnelsträckningen och är baserad på Bilagor B.2-7, B.2-8 och B.2-9.

5.3.3 Vattenfördröjningsförmåga

Jordlagrens vattenfördröjningsförmåga antas vara måttlig längs med den tänkta järnvägssträckan. Enligt Bilaga B.2-1, B.2-2 och B.2-3 består området främst av hårdgjorda ytor, berg i dagen med anslutande postglacial sand eller morän och djupa lerlager. De områdena med naturlig mark, postglacial sand och morän antas ha tillräckligt god fördröjningsförmåga för att kunna fördröja måttliga mängder

nederbörd. Däremot är det låg fördröjningsförmåga där hårdgjorda ytor finns. De hårdgjorda ytorna är bland annat parkeringsplatser och gång- och cykelstråk. Enligt borrhål SES980081 och SES980142 finns det friktionsjordar under lerlagren (Sveriges geologiska undersökning, u.d.). Friktionsjordar har en betydligt bättre fördröjningsförmåga än lera och hårdgjorda ytor, men eftersom lera är ett material som har väldigt dålig genomsläpplighet innebär detta att friktionsjordens fördröjningsförmåga inte kan nyttjas.

Nyttjandet av andra geosystemtjänster som eventuellt ökar potentialen av vattenfördröjningsförmågan i området är där pipelines, ledningar, kablar och rör har grävts ner. Om dessa anlagts med dränering runt om kan det öka infiltrationen och leda bort vatten.

Vattenfördröjningsförmågans potential bedöms vara måttlig i området och om tunneln anläggs i framtiden skulle detta antagligen inte förändra den. Tunneln skulle möjligtvis kunna dränera bort vatten då tunnlar aldrig är helt täta.

5.3.4 Vattenfiltreringsförmåga

Vattenfiltreringsförmågan är dålig längs den möjliga järnvägssträckan. Enligt Bilaga B.2–1 och B.2–2 utgörs området främst av hårdgjorda ytor, berg i dagen och lera. Dessa material har alla väldigt låg genomsläpplighet vilket gör att filtreringsförmågan blir dålig. Enligt Bilaga B.2–3 är dessutom lerlagren mäktiga vilket gör filtreringen ännu lägre.

Nyttjandet av en geosystemtjänst i området som kan verka som en konflikt är pipelines, kablar, ledningar och rör. Nedgrävda ledningar, kablar och rör kan eventuellt påverka den naturliga infiltrationen negativt vilket i sin tur försämrar vattenfiltreringsförmågan ytterligare.

Om tunneln anläggs kommer detta antagligen inte leda till att vattenfiltreringsförmåga förändras då den redan är så pass dålig.

5.4 Försörjande geosystemtjänster

De försörjande geosystemtjänster som finns i området används nästan inte alls. Den enda tjänsten som används indirekt är grundvatten som en resurs att upprätthålla porttryck och förhindra sättningar i lera. De andra tjänsterna används inte. Detta är på grund av att de antingen inte finns potential eller att det inte är ekonomiskt hållbart att genomföra grundarbetet för att kunna nyttja tjänsten.

5.4.1 Geotermisk energi

Potentialen för geotermisk energi är relativt dålig i området eftersom jordskorpan i Sverige är tjock och det krävs väldigt djupa borrhningar för att komma åt värmen. Det finns inga anläggningar som utvinnet geotermisk energi längs tunnelsträckningen i dagsläget. Därmed finns det inga konflikter som påverkar den geotermiska energin i området. I Göteborg planeras ett försök med ett geotermiskt energisystem och man undersöker hur långt ner man behöver borra för att komma åt geotermisk energi. Under

tiden för arbetet med den här rapporten utför Göteborgs Energi en provborrning i Högsbo som skall nå ungefär 1 kilometer djupt ner i marken (Energinyheter, 2021).

En tunnel längs den potentiella sträckningen kommer leda till att man inte kommer kunna anlägga geotermiska energibrunnar ovan för tunneln eller i närheten av tunneln eftersom det inte går att borra helt rakt ner. Därför behöver borrhålen borraras på en annan plats för att utnyttja denna geosystemtjänst.

5.4.2 Dricks- och processvattenresurs

Grundvattnet längs tunnelsträckningen används varken som dricksvatten eller processvatten. Det finns inte heller några grundvattenbrunnar i närheten av sträckningen. Enligt Bilaga B.2–10 existerar det inga stora grundvattenmagasin i området, endast grundvatten i mindre magasin. Potentialen för grundvatten som en dricks- och processvattenresurs för kommunala system är därför väldigt låg i området. Viss potential för enskilda brunnar finns men eftersom området är i en urban miljö är inte detta något som utnyttjas.

Geosystemtjänstens potential är som sagt väldigt låg och nyttjas inte alls längs sträckningen. Kvaliteten av grundvattnet skulle kunna vara försämrat i områden där det finns potentiella föroreningar.

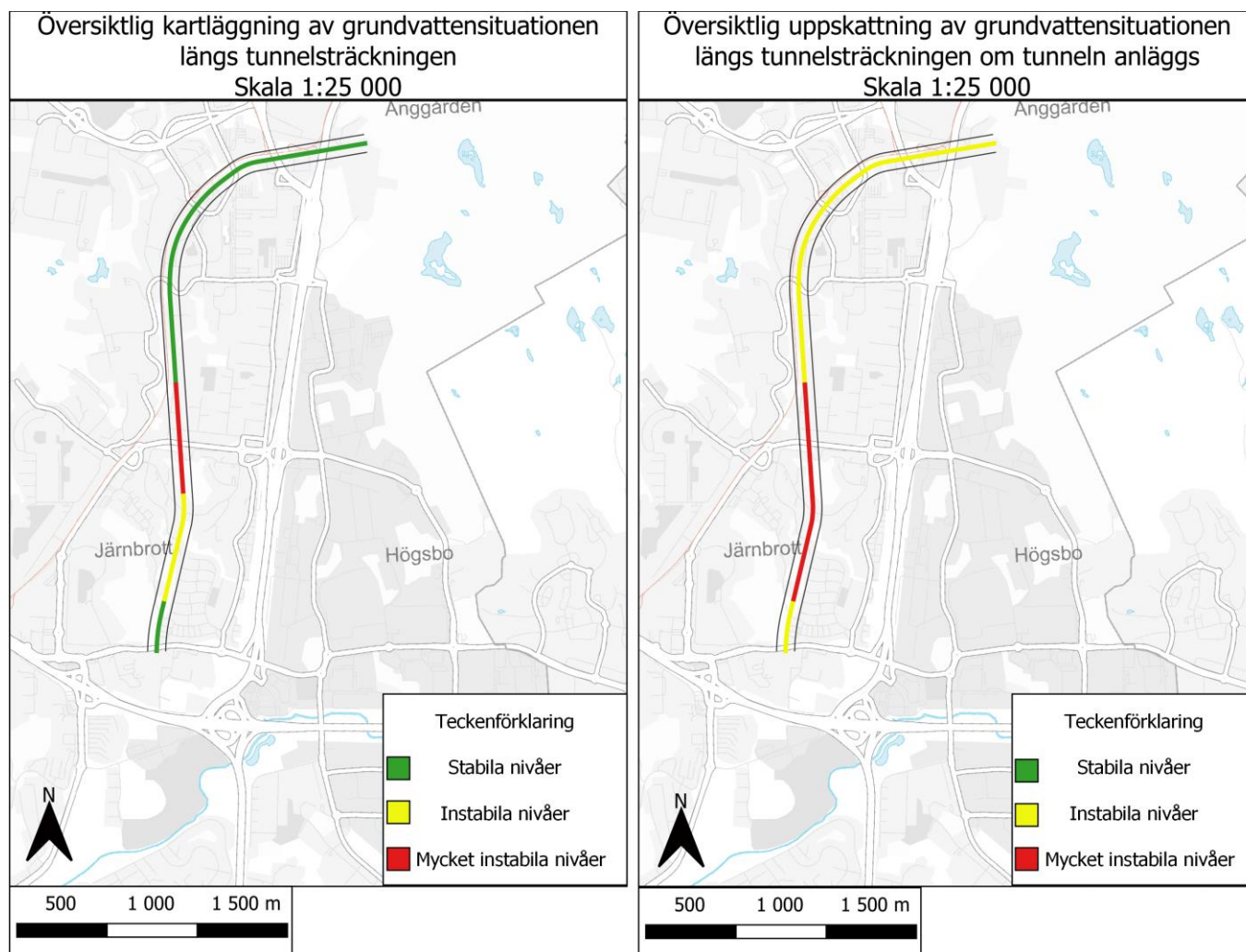
Möjliga förändringar som kan uppstå om tunneln anläggs är att möjligheten att nyttja grundvattnet som drick- eller processvatten antagligen försämras ytterligare. Detta då man hade behövt spränga bort berg där grundvatten möjligtvis tidigare samlats i spricksystem. Tunneln antas dessutom dränera bort vatten då det är svårt att få tunnlar helt täta.

5.4.3 Grundvattenresurs

Som nämnts i kapitlet 5.4.2 Dricks- och processvattenresurs så är varken grundvattenmagasinen särskilt stora eller använda av människan. Alltså nyttjas inte grundvattnet direkt som resurs utan mer indirekt då det bidrar med bland annat stabilitet med hjälp av portrycket (Tremblay, 1990). Växter och djur använder sig främst av ytligt markvatten i området, men en del av nederbörden perkolerar ned och magasineras som grundvatten. Grundvattensituationen redovisas enligt Figur 5–6 och är mätt i både jord och berg längs tunnelsträckningen (Hjerne, o.a., 2021). Den är normal i början och slutet men under det normal i mitten av sträckningen. Det är väsentligt att försöka upprätthålla grundvattennivåerna, inte minst för att minska risken och omfattningen av sättningar (Sveriges geologiska undersökning, u.d.).

Grundvattenresursen kan vara något försämrad där det finns nedgrävda ledningar, kablar och rör eftersom dessa kan dränera bort vatten.

Möjligheten finns att grundvattenresursen försämras efter att tunneln anlagts genom att grundvattennivåer sänks. Det är viktigt att se till att tunneln blir tillräckligt tät, annars kan den dränera bort vatten. Detta är något som måste beaktas och aktivt försöka förhindra då en försämrad grundvattenresurs kan skapa sättningsproblem speciellt i mitten av sträckningen där grundvattennivån redan är lägre än vanligt.



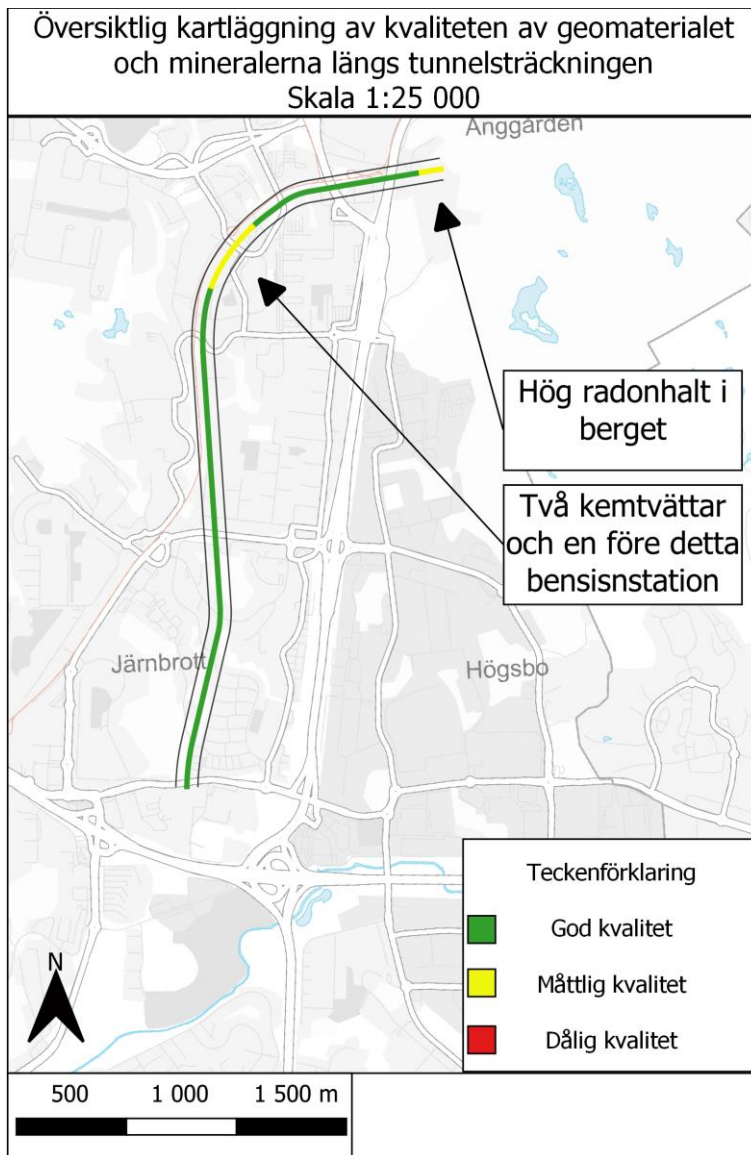
Figur 5–6. Figuren redovisar kvaliteten av grundvattenresursen och är baserad på Bilagor B.2–2, B.2–3, B.2–4, B.2–10 och B.2–11. Den vänstra kartan redovisar hur stabila grundvattennivåerna är just nu och den högra kartan redovisar hur nivåerna eventuellt kan komma att bli om tunneln anläggs.

5.4.4 Geomaterial och mineral

Enligt Bilaga B.2–2 och B.2–4 består materialet som den eventuella tunneln kommer gå igenom av berg. Berggrunden längs den möjliga tunnelsträckningen består av tonalit-granodiorit, granodiorit-granit. Dessa bergarter innehåller bland annat mineralen kvarts, plagioklas och kalifältspat (Naturhistoriska riksmuseet, 2021). Möjligheten finns att nyttja bergarten som ett värdefullt material. Det finns däremot inte något riksintresse av mineralerna i området (Sveriges geologiska undersökning, u.d.). Kvaliteten på berget varierar lite men det är främst lämpad för användning till kvalitetsklasserna väg 2, järnväg 1 & 2 och betong 1 (Sveriges geologiska undersökning, 2000). Möjligheten finns alltså att nyttja sprängt bergmaterialet vid en eventuell tunneldragning.

Med dagens användning av geosystemtjänsterna i området är bedömningen att den enda konflikten som försämrar kvaliteten av geomaterialet är de föroreningar som finns längs tunnelsträckan.

De områden där geomaterialet och mineralerna längs tunnelsträckningen kan ha en sämre kvalitet redovisas i Figur 5–7. De områden som består av geomaterial som inte kan nyttjas som en resurs, utan som måste tas omhand genom transport och deponi utgör en extra kostnad. Materialet som finns på den resterande delen av tunnelsträckningen anses däremot ha en god kvalitet och materialet efter sprängning av berget kan tas tillvara. Detta kan ses som en synergi, eller en fördel, eftersom man kan minska uttaget ur en annan befintlig eller nyanlagd täkt för att utvinna bergmaterial.



Figur 5–7. Figuren redovisar kvaliteten av geomaterialet och mineralerna och är baserad på bilagor B.2–2, B.2–3 och B.2–4 samt en bergkvalitetskarta som SGU har tagit fram (Sveriges geologiska undersökning, 2000).

6 Diskussion

Undermarkens resurser beaktas i dagsläget inte tillräckligt i planeringsskedet, det är ofta först i kvarn som gäller (Norrman J, o.a., 2020). För att skapa ett långsiktigt hållbart samhällsbyggande behöver undermarkens resurser beaktas mer i planeringsskedet. Vi människor blir fler och fler, vilket innebär att bristen på bostäder och trafikbelastningen på vägarna kommer öka. Det finns en förväntan om allt mer omfattande utmaningar för att förtäta våra städer anteciperas vilket är en av anledningarna till att undermarkens resurser bör belysas och beaktas i en tidig fas av planeringsskedet.

Om tunneln anläggs kommer det leda till en minskning av förutsättningen för en del geosystemtjänster. Både horisontella och vertikala undermarkskonstruktioner antas skapa en utrymmeskonflikt med tunneln då inga andra undermarkskonstruktioner kommer kunna anläggas på samma djup i korridoren för tunnelsträckningen.

Förutsättningen för att kunna nyttja geoenergi längs sträckningen skulle bli nästintill omöjlig eller i bästa fall mycket låg. Detta beror på att tunneln i praktiken hindrar möjligheten att använda energibrunnarna. De redan befintliga energibrunnarna som ligger inom korridoren måste lösas in för att möjliggöra tunneln. Detta gäller även för energibrunnar som ligger i närheten av det studerade området då dessa brunnar ibland är borrhade snett. Förutsättningen för geotermisk energi är dålig redan innan tunneln är anlagd och det kommer bli som för geoenergi, svårare eller omöjligt att borra hålen när tunneln är anlagd. En möjlighet för geoenergi är dock att borra hålen från tunnelns botten och utnyttja tunneln för multifunktionalitet.

Det finns en risk att föroreningar i grundvattnet mobiliseras i samband med tunneldragningen. Den största risken är om tunnelanläggandet har potential att mobilisera och dränera bort klorerade kolväten från kemtvättarna i området. Detta kan utgöra ett arbetsmiljöproblem men kan också innebära att dessa ämnen sprids i större utsträckning än tidigare.

Det finns geosystemtjänster som fortfarande kommer kunna nyttjas även efter tunneln är anlagd. Även om varken horisontella eller vertikala undermarkskonstruktioner kommer kunna utformas på samma djup och i samma sträckning som tunneln, kan detta möjligtvis göras antingen ovan eller under tunneln. Gällande kulturarven kommer dessa vara opåverkade av tunneln då de ligger ytligt. Grundvattennivåerna riskerar att sjunka vilket måste beaktas och förhindras, genom att exempelvis täta tunneln, annars riskerar det att kunna försämra bärförmågan genom sänkning av portrycket. Det kan dessutom leda till sättningar som i sin tur kan resultera i att byggnader och ledningar, kablar och rör skadas. En resurs som kan bli svår att nyttja när tunneln är på plats är geomaterialet och mineralerna. Detta beror främst på att området är i en urban miljö vilket försvårar möjligheten att utvinna geomaterialet, däremot kan detta göras under tiden tunneln byggs. Eftersom det inte krävs täktillstånd för att utvinna materialet när tunnelsprängning äger rum, underlättar detta utvinningen av geomaterialet och mineralerna. Detta kan därför ses som en resurs så länge man utvecklar en plan för masshanteringen annars blir det en extra kostnad då man istället behöver transportera bort överflödigt geomaterial.

Föreliggande arbete har gett många lärdomar, såväl positiva erfarenheter som utmaningar. En generell fördel är huvudsyftet med arbetet, att just beakta undermarkens resurser. Detta är oerhört viktigt, speciellt när förtätning blir mer och mer aktuellt. Om undermarkens resurser tas till vara på och utnyttjas på ett effektivt sätt kan detta leda till mer utrymme ovan markytan. En tidigare rapport som också redovisar undermarkens resurser för pilotstudien Flatås är ”Att integrera undermarkens tjänster i planeringen” (Norrman, Ericsson, & Sköld, 2020). En utveckling av redovisningen av geosystemtjänsternas potential i jämförelse med denna rapport är att redovisningen även presenteras i plan med ett färgkods-system, längs med hela sträckningen.

Begränsningar som har gjorts i detta arbete är att en korridor kring sträckningen i översiktsplanen sattes till bredden 100 meter. Detta skulle antagligen inte vara det optimala då avgränsningsområdet sannolikt skulle variera längs sträckningen beroende på geologiska förutsättningar och beroende på vilken geosystemtjänst som undersöks. Avgränsningsområdet antas vara mindre i verkligheten, både för att tunnelsträckningen mestadels går i berg och att avgränsningsområdet valdes med marginal för att inte vara för litet. När det kommer till analysen av utrymmeskonflikter mellan horisontella och vertikala undermarkskonstruktioner och tunneln, har det i detta arbete saknats information om eventuella sekretessbelagda konstruktioner, vilket leder till att bedömningen inte är slutgiltig utan behöver kompletteras med denna kontroll.

Nästa steg i arbetet med att fastställa vilken av järnvägskorridorerna som bör förordas är att undersöka de andra två järnvägssträckorna som föreslås som alternativ till en framtida tunnelsträckning. Dessutom bör man undersöka hela sträckan, inte bara den delen som går i tunnel. En kartläggning av undermarkens resurser längs samtliga järnvägskorridorer behövs för att göra en fullständig och komplett bedömning av vilken av sträckorna som är mest lämplig för tunneln ur ett geosystemtjänstperspektiv.

En annan sak som hade kunnat göras annorlunda för en mer noggrann analys är att borra nya undersökningsborrhål för att skapa sig en bättre bild av hur jord- och berglager ser ut i området. I denna rapport är jordlagerföljden och bergförhållanden antagna utifrån några få borrhål och kartmaterial, vilket kan vara missvisande. Om ett liknande arbete skulle göras i ett annat område skulle färgkodningsförklaringen i Tabell 3–2 behövs göras om då denna är specificerad för just det undersökta området. Något som var mer komplicerat än vad det hade behövt vara var just insamlingen av data för kartmaterialen, då data fanns på flera olika databaser och vissa var betydligt mer svårtillgängligt än andra. Om all data fanns samlad på ett och samma ställe hade detta underlättat för liknande studier så väl som eventuell implementering av beaktandet av undermarkens resurser i planeringsprocessen.

7 Slutsats

I Tabell 7–1 redovisas en översiktlig bedömning av geosystemtjänsterna potential före och efter en eventuell tunneldragning. Om tunneln anläggs kommer det att leda till svårigheter för vissa geosystemtjänster. Först och främst skulle det inte gå att anlägga några horisontella eller vertikala undermarkskonstruktioner på samma djup som tunneln. De geoenergibrunnarna som finns både inom och precis utanför korridoren behöver lösas in. Det skulle dessutom vara mycket svårt att utvinna geoenergin i området, vilket även gäller för geotermisk energi. Grundvattenresursen riskeras att försämrats, den största risken för detta är om tunneln inte blir tillräckligt tät. Då kan tunneln ha en dränerande effekt och leda bort vattnet. Detta skulle kunna leda till såväl minskad vattenkvantitet i akvifären som efterföljande risk för sättningar på markytan som porvattentrycket i leran inte kan upprätthållas. Mobilisering och spridning av klorerade kolväten från kemtvättar kan förekomma om tunneln inte är tillräckligt tät. Till sist är transport geomaterial en extra kostnad, både monetärt och av miljöhänsyn. Detta gäller även vid deponering av oönskat geomaterial, som förorenat material och berg med hög radon- och uranhalt.

Om tunneln anläggs kan en resurs i form av utvunnet bergmaterial användas om en plan för masshanteringen har utformats. Detta material kommer troligtvis kunna användas som bergkross vid exempelvis vägbyggnad eller betongtillverkning.

Förslag på fortsatt arbete är att undersöka hela sträckan och de övriga möjliga sträckningarna som finns presenterade i Göteborgs översiktsplan. Då samtliga sträckningar är kartlagda med avseende på geosystemtjänster ges en helhetsbild av vilken sträcka som bäst använder undermarkens resurser för samhällets behov och utveckling, både idag och i framtiden.

Tabell 7–1: Översiktligt bedömning av geosystemtjänsternas potential före och efter eventuell tunnelanläggning.

Geosystemtjänster:	Översiktlig bedömning i dagsläget	Översiktlig bedömning efter eventuell tunneldragning
Stödjande geosystemtjänster:		
Bärförmåga och markens beständighet	God bärförmåga och beständighet.	Antas förbli god i berg men det finns risk för sättningar i ovanliggande jordlager om tunneln inte är tillräckligt tät.
Utrymme för horisontella och vertikala konstruktioner	Bedöms vara bra men det kan finnas undermarkskonstruktioner som är sekretessbelagda.	Tunneln kommer att göra det omöjligt att förlägga andra horisontell och vertikala konstruktioner i tunneldragningen inklusive en skyddszon.
Utrymme för ledningar, kablar och rör	Dåliga förutsättningar på grund av att området är i berg och att det befinner sig på en djupare nivå än vad ledningar, kablar och rör vanligtvis anläggs.	Oförändrade förutsättningar. Om tunneln dessutom inte blir tillräckligt tät finns risk för sättningar i ovanliggande jordlager och

		därmed skador på ledningar, kablar och rör.
Undermarkslagring	Dåliga förutsättningar, eftersom bergarten i området inte är lämplig för undermarkslagring.	Oförändrade förutsättningar.
Kulturella geosystemtjänster:		
Kända och okända kulturarv	Det finns både kända och okända kulturarv längs tunnelkorridoren.	Dessa antas ej påverkas då de ligger ytligt.
Geologiskt arv	Det finns en sandstensgång i närheten.	Den kända sandstensgången antas ej påverkas av tunneln, men det kan eventuellt finnas oupptäckta delar som kan påverkas eller förstöras.
Reglerande geosystemtjänster:		
Geoenergi: lagring av värme/kyla	Bra förutsättningar, då det är relativt nära berggrunden från markytan.	Minskad tillgång till tjänsten längs tunnelsträckan och i närområdet.
Ren och säker jord	Överlag bra, men det finns två riskområden med kemtvättar och en före detta bensinstation respektive berg med hög radonhalt.	Överlag bra men tunneldragning kan eventuellt mobilisera föroreningar från två kemtvättar och en före detta bensinstation.
Vattenfördröjningsförmåga	Måttliga förutsättningar, då området består både av hårdgjorda ytor och jordarter som kan fördröja nederbörd någorlunda.	Oförändrade förutsättningar.
Vattenfiltreringsförmåga	Dåliga förutsättningar, eftersom området består av ytor med låg infiltrationskapacitet.	Oförändrade förutsättningar.
Försörjande geosystemtjänster:		
Geotermisk energi	Dåliga förutsättningar på grund av att jordskorpan är väldigt tjock i området.	Oförändrade förutsättningar.
Dricks- och processvattenresurs	Dåliga förutsättningar, då grundvatten enbart finns i små magasin.	Oförändrade förutsättningar.
Grundvattenresurs	Över lag stabila grundvattennivåer i området men vissa platser i mitten av sträckan har starkt fluktuerande med eventuellt sjunkande grundvattennivåer.	Riskerar att försämrans genom grundvattensänkningar om en tunnel bidrar till att dränera grundvatten från området.

Geomaterial och mineral	God bergkvalitet, däremot finns det inget riksintresse för mineralerna i området.	Bergmaterial kan utvinnas i samband med tunnelsprängning, om masshantering planeras i god tid.
-------------------------	---	--

Referenser

- Allen, R. M., Nolet, G., Morgan, W. J., Vogfjord, K., Nettles, M., Ekstrom, G., . . . Stefansson, R. (2002). *Plume driven plumbing and crustal formation in Iceland*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH.
- Bärhel, F. (den 1 Oktober 2020). Pendeltåg i Kollektivtrafikreservatet. *Pendeltåg i Kollektivtrafikreservatet*. Väst: Trafikverket Region Väst.
- Energinyheter. (den 1 Mars 2021). *Geotermisk energi, kan bli ett nytt sätt att värma fjärrvärmevattnet i Göteborg*. Hämtat från Energinyheter: <https://www.energinyheter.se/20210301/23521/geotermisk-energi-kan-bli-ett-nytt-satt-att-varma-fjarrvarmevattnet-i-goteborg> den 13 April 2022
- Eurofins. (u.d.). *Klorerade Lösningssmedel*. Hämtat från Eurofins: https://www.eurofins.se/media/1230310/chlorinated_solvents_flyer_170209.pdf
- Gray, M. (September 2011). Other nature: Geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation* 38(03), 271-274. doi:10.1017/S0376892911000117
- Göteborgs Stad. (den 19 November 2019). *Stadskarta WMS*. Hämtat från Göteborgs Stad: https://goteborg.se/wps/myportal/start/kommun-och-politik/kommunfakta/digitalisering/oppna-data/oppna-data-sokside/oppna-data-datamangd#esc_entry=718&esc_context=6 den 3 April 2022
- Göteborgs Stad. (2022). *ÖVERSIKTSPLAN*. Hämtat från Göteborgs Stad: <https://oversiktsplan-forslag-antagande.goteborg.se/> den 18 Februari 2022
- Göteborgs stad. (u.d.). *Översiktsplan*. Hämtat från Göteborgs stad: <https://oversiktsplan-forslag-antagande.goteborg.se/> den 16 Februari 2022
- Hasselberg. (den 3 mars 2007). Namn. *Namntid*, ss. 50-65.
- Hjerne, C., Thorsbrink, M., Thunholm, B., Gustafsson, M., Lång, L.-O., Mikko, H., & Ising, J. (2021). *Grundvattentillgång i små magasin*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- Knappett, J., & Craig, R. (2020). *Craig's soil mechanics*. Boca Raton: CRC Press.
- Lantmäteriet. (u.d.). *Landhöjning*. Hämtat från Lantmäteriet: <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/gps-geodesi-och-swepos/Referenssystem/Landhojning/> den 22 Mars 2022
- Lantmäteriet. (u.d.). *Öppna data*. Hämtat från Lantmäteriet: <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/oppna-data/>
- Länsstyrelsen. (u.d.). *Öppna data*. Hämtat från Länsstyrelsen: <https://www.lansstyrelsen.se/vastra-gotaland/om-oss/om-lansstyrelsen-i-vastra-gotaland/oppna-data.html> den 25 April 2022
- Naturhistoriska riksmuseet. (den 6 December 2021). *Magmatiska bergarter*. Hämtat från Naturhistoriska riksmuseet: <https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/bergarterochmalmer/magmatiskabergarter.1605.html> den 2 Maj 2022
- Naturvårdsverket. (den 1 April 2003). *Prövning av täkter - Handbok med allmänna råd*. Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (u.d.). *Inventering av förorenade områden*. Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/fororenade-omraden/inventering-av-fororenade-omraden/> den 6 Maj 2022
- Naturvårdsverket. (u.d.). *Riktvärden för förorenad mark*. Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/fororenade-omraden/riktvarden-for-fororenad-mark/> den 6 Maj 2022

- Norrman, J., Ericsson, L. O., Markstedt, A., Volchko, Y., Nilsson, K. L., & Sjöholm, J. (2020). *NYA DIMENSIONER I SVENSK PLANERING - en utredning om undermarksplanering*. Stockholm: BeFo.
- Norrman, J., Ericsson, L., & Sköld, N.-P. (2020). *ATT INTEGRERA UNDERMARKENS TJÄNSTER I PLANERINGEN - Pilotstudie Flatåsmotet*. Göteborg.
- Riksantikvarieämbetet. (u.d.). Hämtat från Fornsök: <https://app.raa.se/open/fornsok/> den 19 April 2022
- Sjökvist, E., Mårtensson, J. A., ahné, J., Köplin, N., Björck, E., Nylén, L., . . . Clausem, B. C. (2015). *Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier*. SMHI.
- SPI MILJÖSANERINGSFOND AB. (2014). *Drivmedelsbolagens undersökning och sanering av förorenade bensinstationer*. Stockholm: SPI MILJÖSANERINGSFOND AB.
- Stråhle, A. (2001). *Definition och beskrivning av parametrar för geologisk, geofysisk och bergmekanisk kartering av berg*. Stockholm: Geosigma AB.
- SUB-matrisen. (2020). Hämtat från BeFo: https://www.befoonline.org/publikationer/r-214__2384#sub-matrisen
- Svahn, V., Norrman, J., Melgaco, L., Sandström, O. T., Volchko, Y., Mossmark, F., & Zurita, M. M. (2020). Societal values and consequences of integrating geosystem services into subsurface planning. Formas.
- Sveriges geologiska undersökning. (den 23 Maj 2019). *Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet (fördjupad kartläggning)*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/kartlaggning-och-paverkansbedomning-grundvatten/inledande-kartlaggning2/3.1/> den 30 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2020a). *Vårt geologiska arv*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/naturvarden/vart-geologiska-arv/> den 16 Maj 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2020b). *Vad säger lagen om täkter?* Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/bergmaterial-for-byggande/stod-vid-ansokan-om-grus-och-bergtakter/vad-sager-lagen-om-takter/> den 26 Februari 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2020c). *Från istid till nutid*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/> den 27 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2021a). *Geologiska förutsättningar för koldioxidlagring*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/geologiska-forutsattningar-for-koldioxidlagring/> den 27 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2021b). *Riksintresse för värdefulla ämnen eller material*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/mineralnaring/minerallagstiftning/riksintressen-for-vardefulla-amnen-eller-material/> den 17 Maj 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2021c). *Jordarter 1:25 000–1:100 000*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/jordartsdata/jordarter-125-0001100-000/> den 4 April 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2021d). *Geologiska förutsättningar för koldioxidlagring*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/geologiska-forutsattningar-for-koldioxidlagring/> den 28 April 2022

- Sveriges geologiska undersökning. (2021e). *Jorddjupsmodell*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/jordartsdata/jorddjupsmodell/> den 8 Maj 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2021f). *Berggrund 1:50 000-1:250 000*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/berggrundsgeologiska-data/berggrund-150-000-1250-000/> den 5 Maj 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2021g). *Brunnar*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/grundvattendata/brunnar/> den 7 Maj 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2021h). *Geofysiska flygmätningar, gammastrålning uran*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/geofysiska-data/geofysiska-flygmatningar-gammastralning-uran/> den 19 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2022a). *CCS – Koldioxidlagring*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/> den 17 April 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2022b). *Uran*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/uran/> den 4 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Geoenergi, geotermi och energilagring i marken*. Hämtat från <https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/Geoenergi-geotermi-och-energilagring/> den 18 Maj 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Geologiskt värdefulla platser*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/naturvarden/vart-geologiska-arv/geologiskt-vardefulla-platser/> den 29 April 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Geotermi*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/Geoenergi-geotermi-och-energilagring/geotermi/> den 16 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Grundvattenmagasin*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/grundvattendata/grundvattenmagasin/> den 24 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Jordlagerföljder*. Hämtat från SGU: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-lagerobservationer.html> den 9 Maj 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Malm och mineral*. Hämtat från SGU: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-malm-mineral.html> den 28 April 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Risker*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/risker/> den 28 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (u.d.). *Vad är mineral*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/om-geologi/mineral/vad-ar-mineral/> den 5 Mars 2022
- Sveriges geologiska undersökning. (2000). *BERGKVALITETSKARTA ÖVER GÖTEBORGS KOMMUN*. Göteborg: Sveriges geologiska undersökning.
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2020). *Månads-, årstids- och årskartor*. Hämtat från SMHI: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/normal/arsnederbord-normal> den 11 Mars 2022
- Sällfors, G. (2013). *Geoteknik*. Göteborg: Cremona Förlag.
- Tremblay, M. (1990). *Mätning av grundvattennivå och portryck*. Linköping: Vägverket-VBg statens geotekniska institut .
- van Ree, C., van Beukering, P., & Boekstijn, J. (2017). *Geosystem services: A hidden link in ecosystem management*. Elsevier.

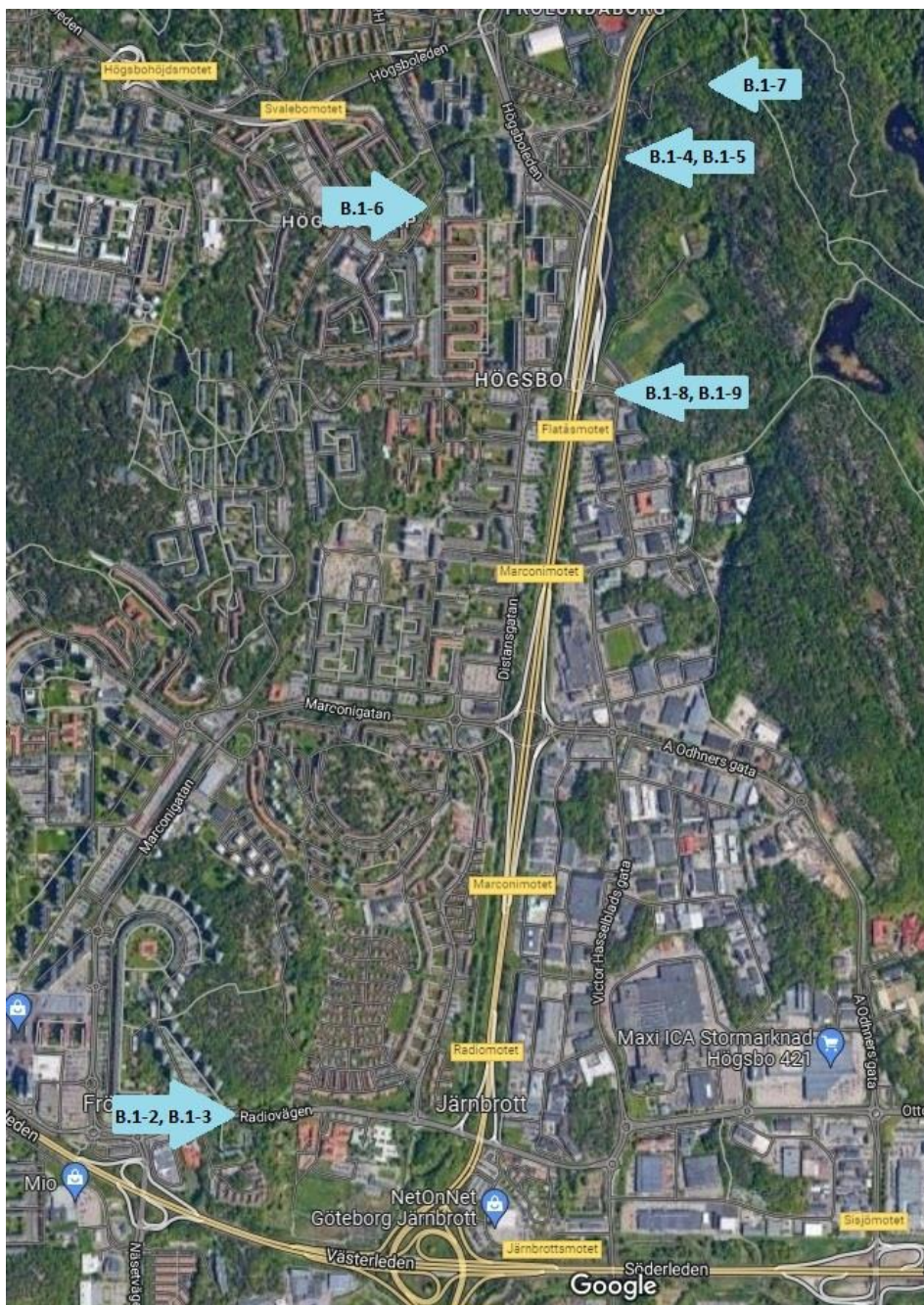
Vatten i Göteborg. (u.d.). Hämtat från Göteborgs stad:

<https://www.vattenigoteborg.se/Groundwater/ShowObservations> den 12 April 2022

Wahlgren, C.-H., Mellqvist, C., Bovin, K., Jelinek, C., Persson, L., Thunholm, B., & Wåhlén, H. (2015). *Grundvatten i kristallin berggrund, en pilotstudie baserad på SGUs data*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.

Bilaga 1

Under bilaga 1 redovisas egentagna bilder från platsbesöket vid påslagen i början och slutet på den möjliga sträckningen samt på platser där fornlämningar fanns.



Figur B.1–1. Redovisar ungefärligt var fotografierna från platsbesöket är tagna.



Figur B.1–2. Södra delen av sträckningsområdet vid Radiovägen. Väderstreck för fotot är söder.



Figur B.1–3. Södra delen av sträckningsområdet vid Radiovägen. Väderstreck för fotot är norr.



Figur B.1–4. Aktivitetscentrum Frölundaborg Dagcenter i Änggården. Väderstreck för fotot är öster.



Figur B.1–5. Norra delen av sträckningsområdet vid Bågskyttestigen. Väderstreck för fotot är norr.



Figur B.1–6. Fornlämningsplats med stensättning längs Högsbogatan (Riksantikvarieämbetet, u.d.).



Figur B.1–7. Fornlämningsplats med stensättning på Änggårdsbergen (Riksantikvarieämbetet, u.d.).



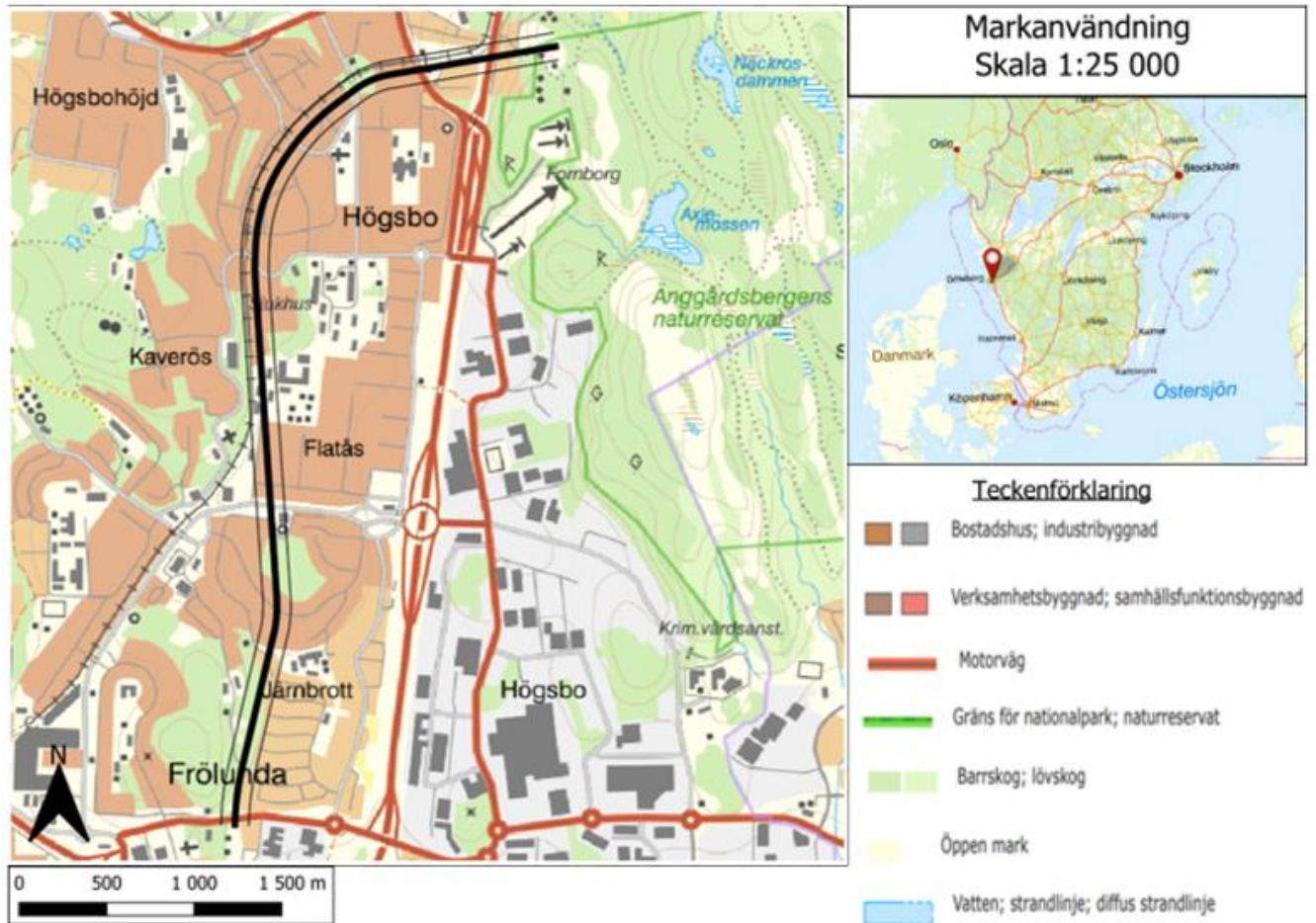
Figur B.1–8. Dag Hammarskjöldsleden. Väderstrecket är norr.

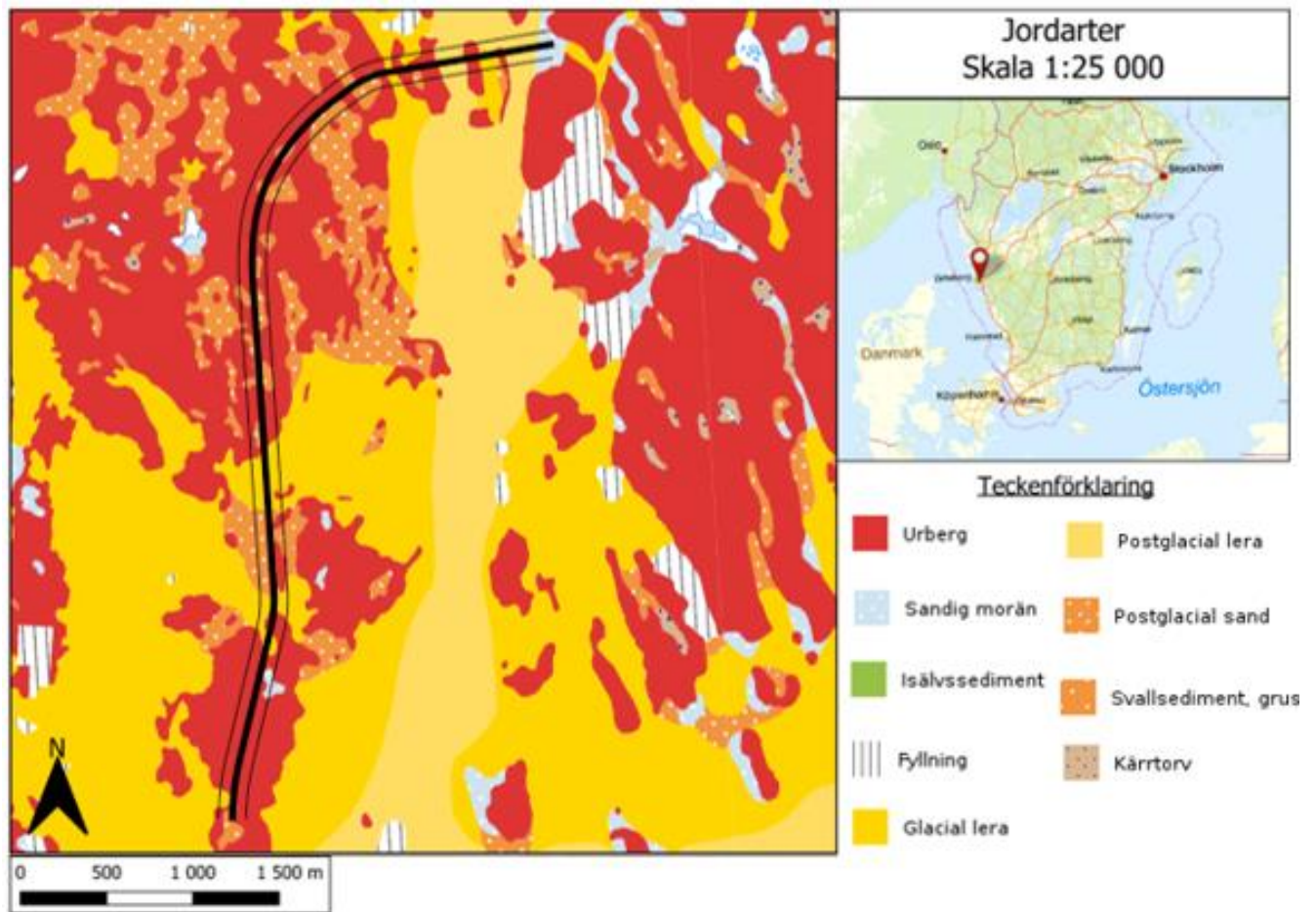


Figur B.1–9. Dag Hammarskjöldsleden. Väderstrecket är söder.

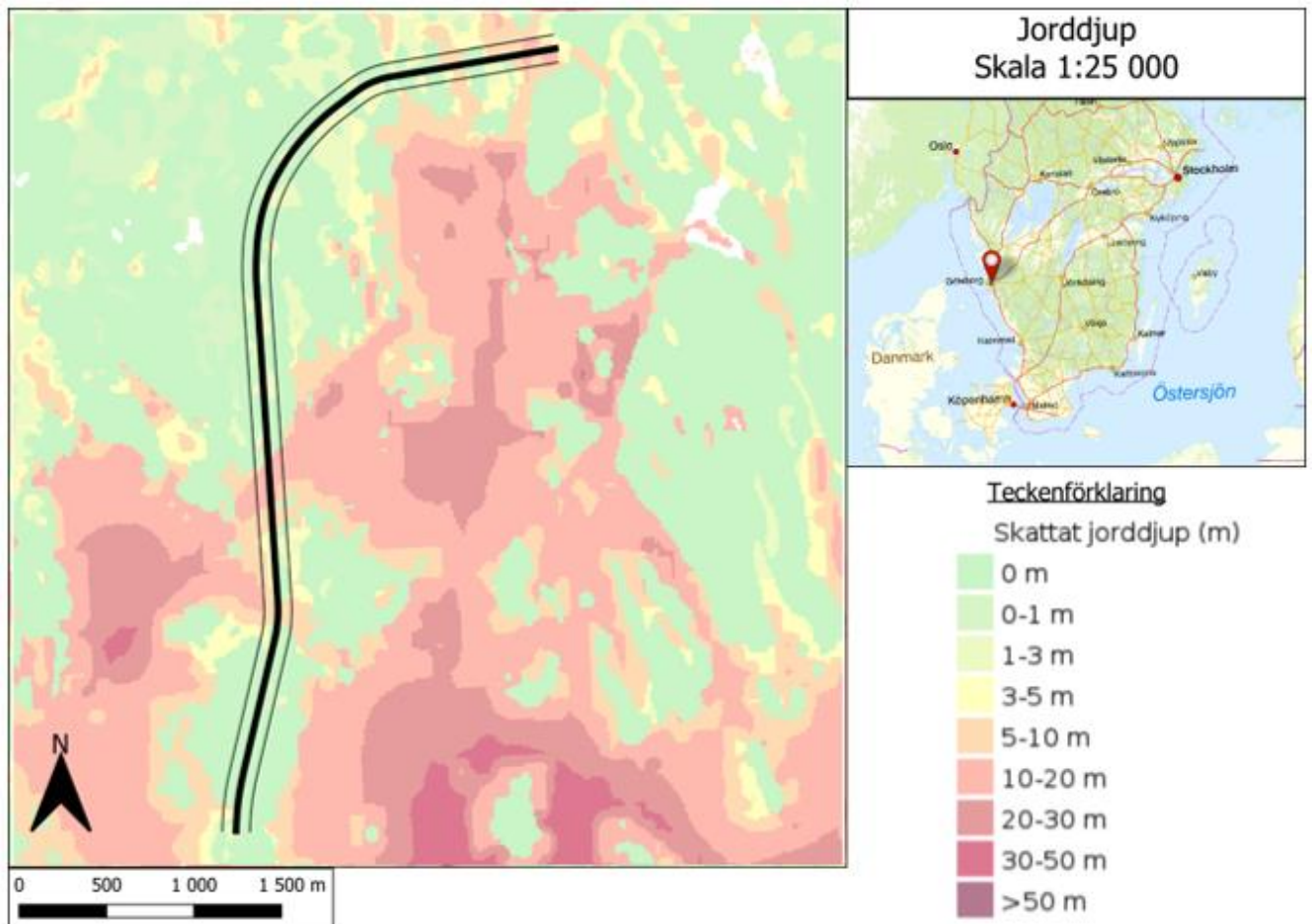
Bilaga 2

Kartor som är gjorda i QGIS som är till grund för bedömningen av potentialen av geosystemtjänsterna i området.

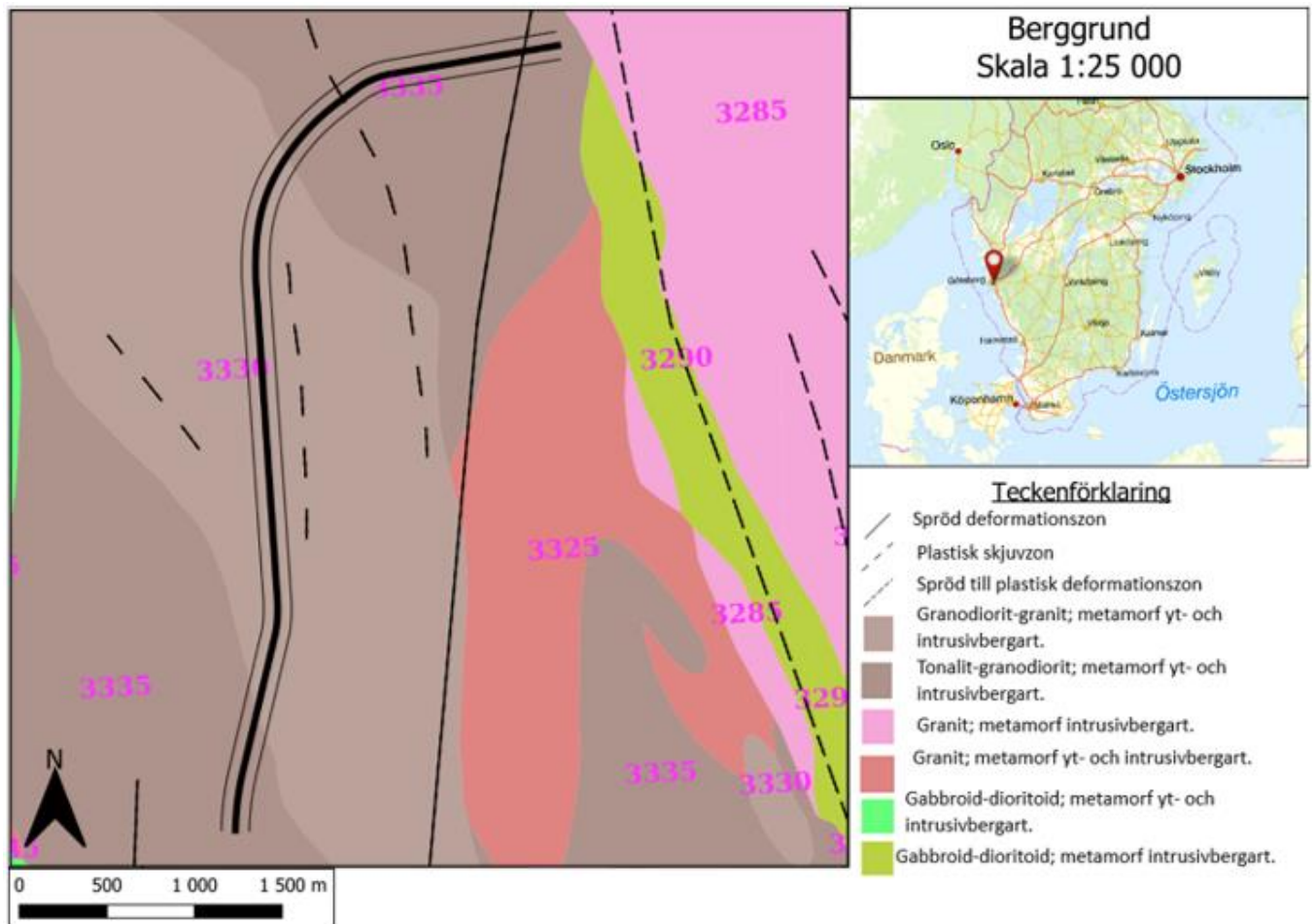




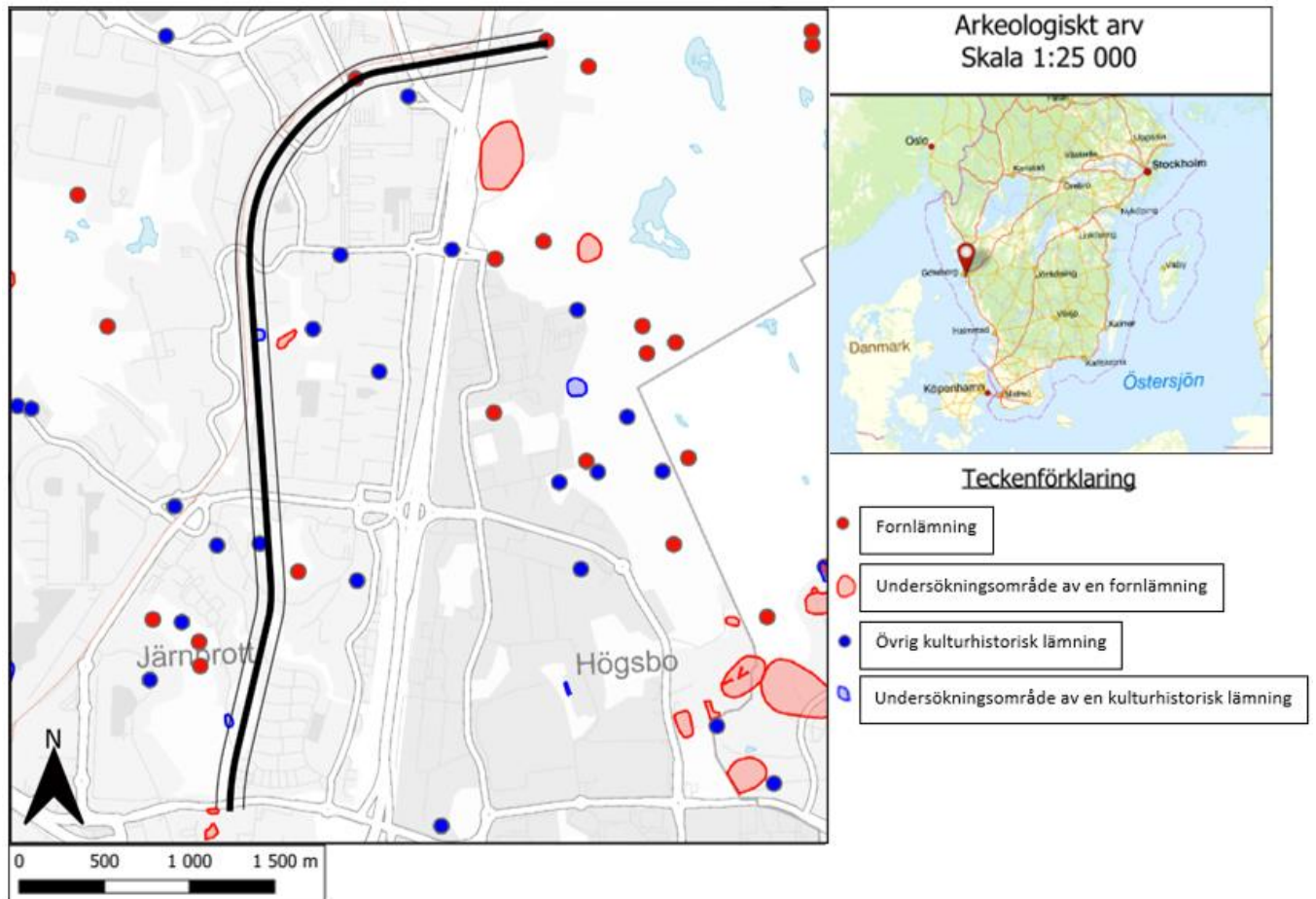
Figur B.2–2. GIS-karta över jordarterna längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Sveriges geologiska undersökning, 2021c).



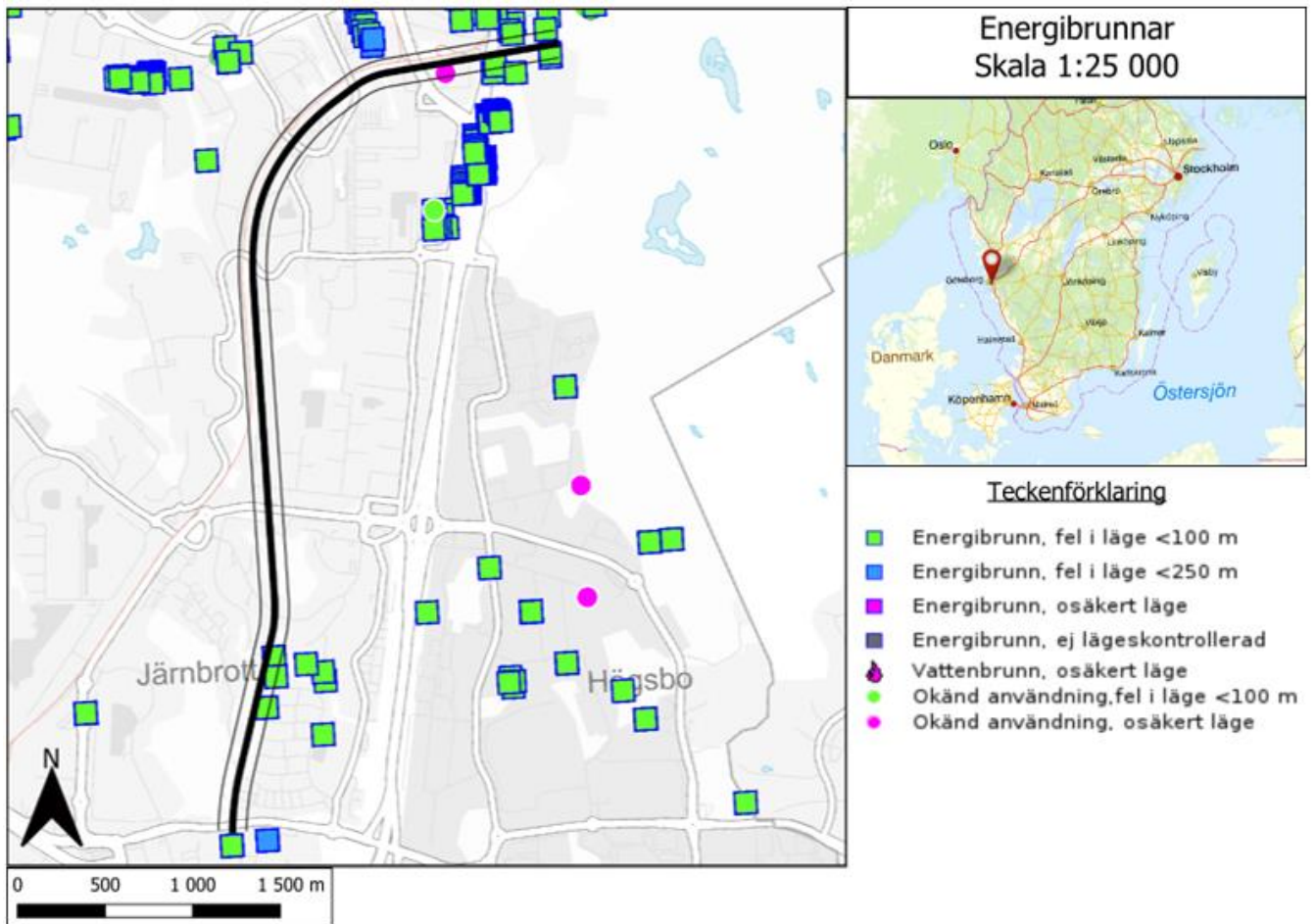
Figur B.2–3. GIS-karta över jorddjupet längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Sveriges geologiska undersökning, 2021e).



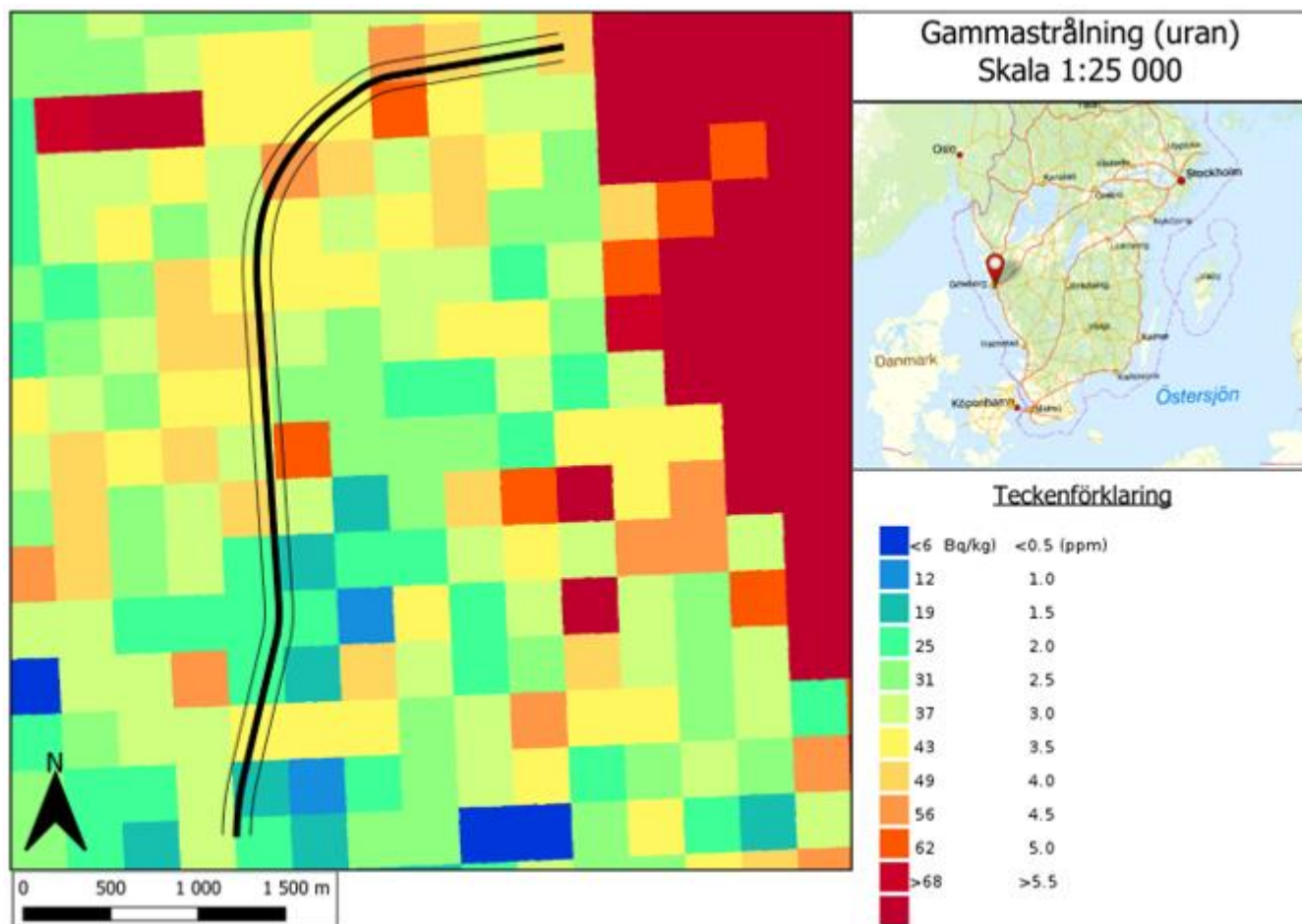
Figur B.2–4. GIS-karta över berggrunden längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Sveriges geologiska undersökning, 2021f).



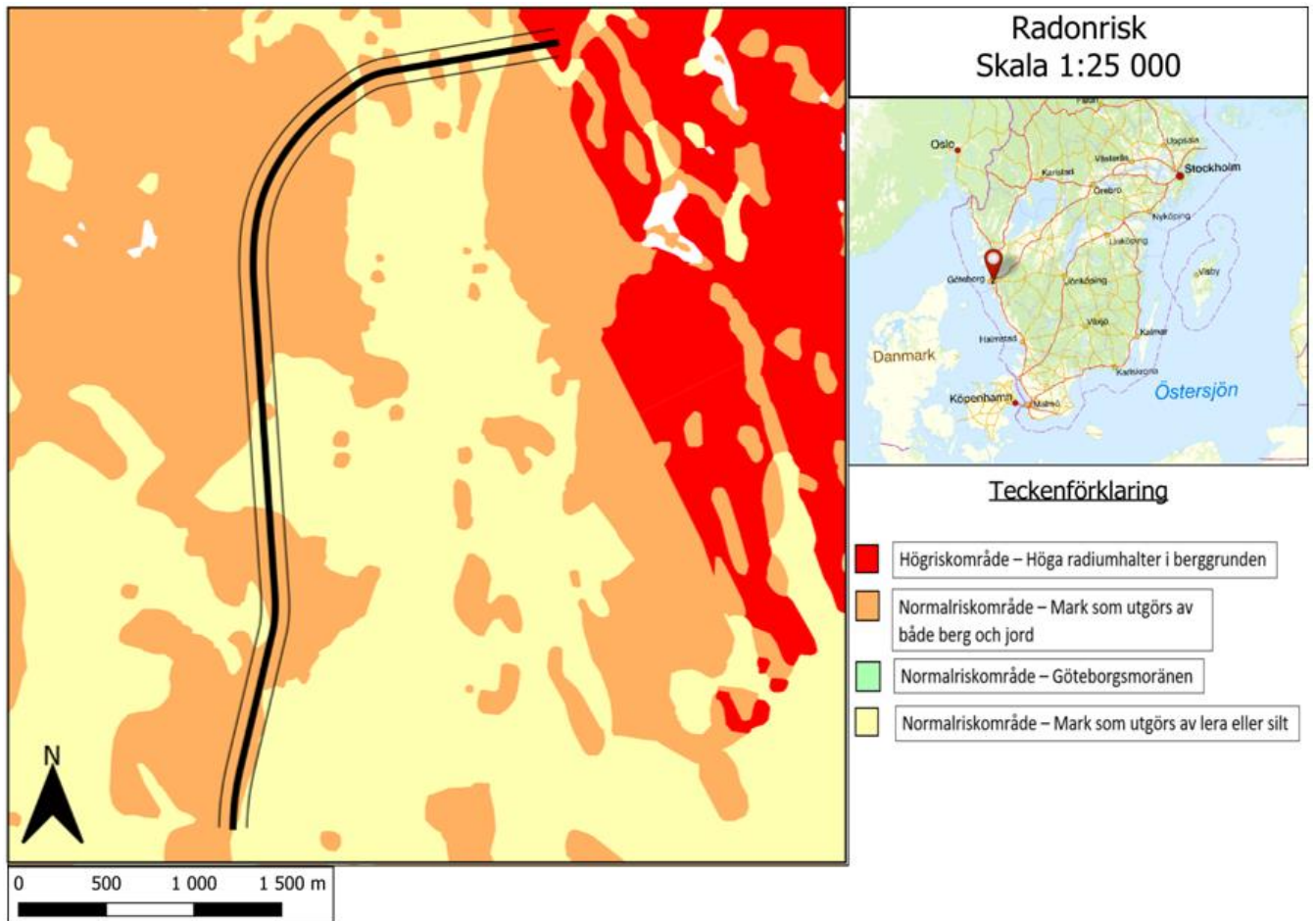
Figur B.2–5. GIS-karta över kända och okända kulturarv längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Riksantikvarieämbetet, u.d.).



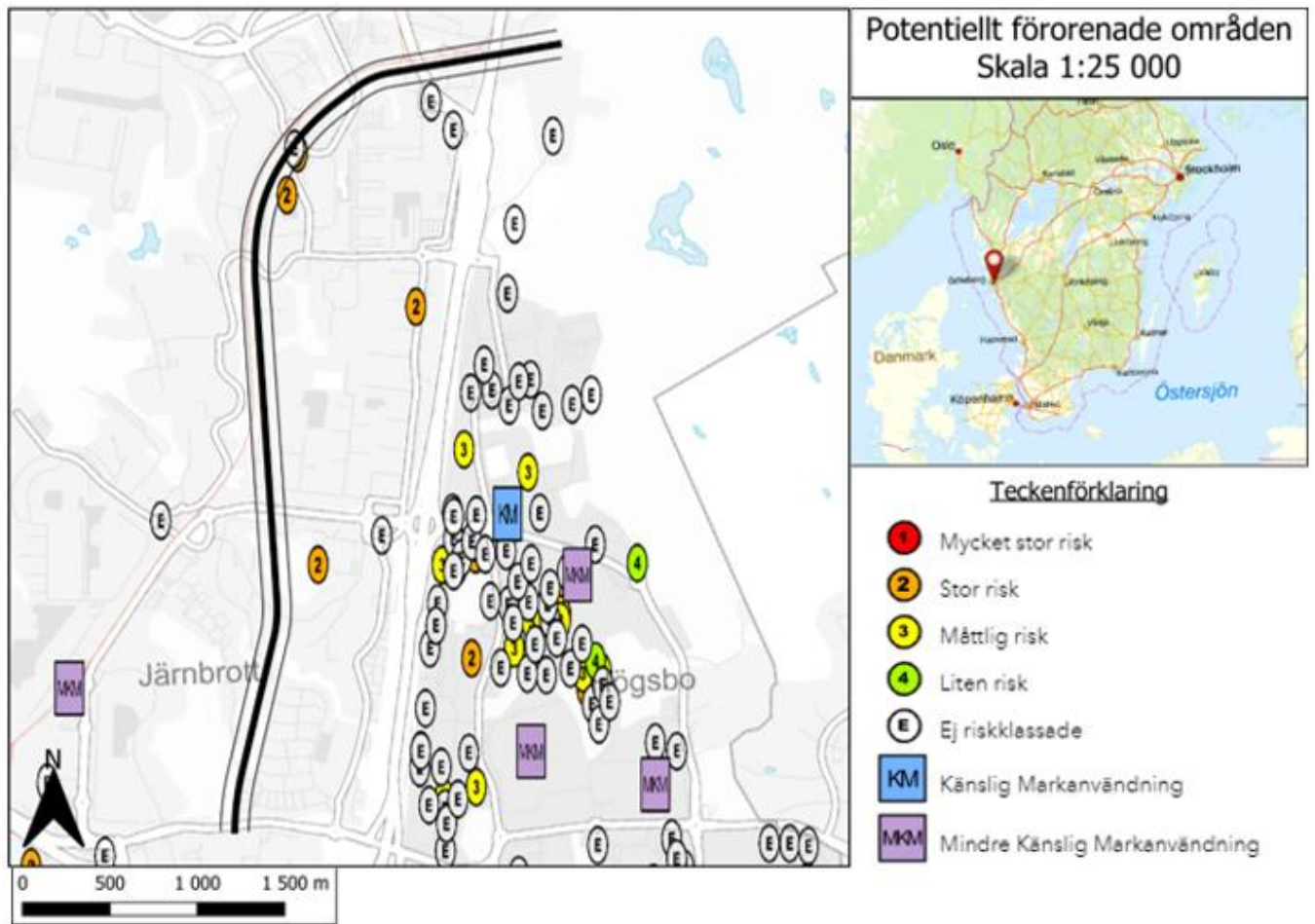
Figur B.2–6. GIS-karta över energibrunnar längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Sveriges geologiska undersökning, 2021g).



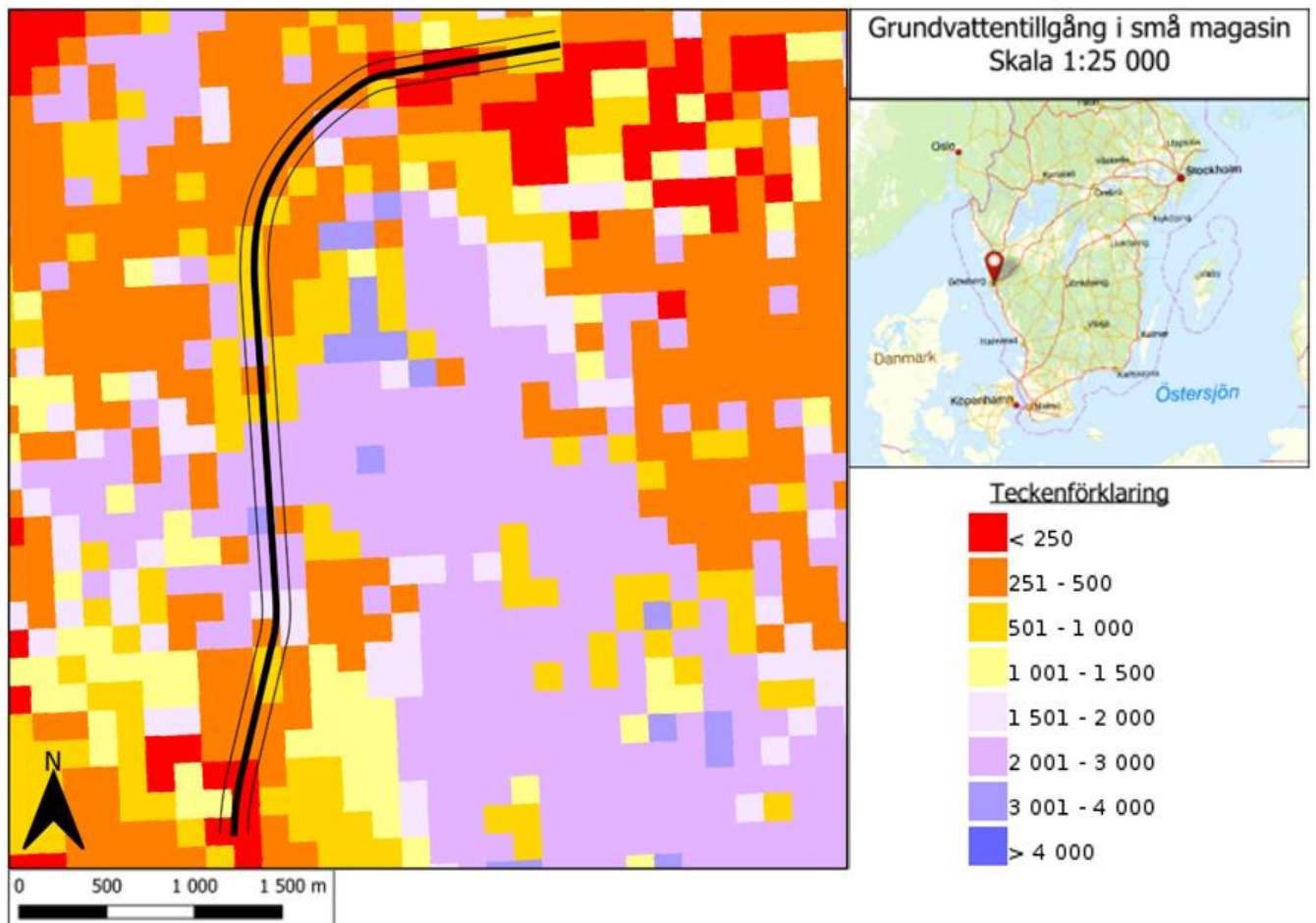
Figur B.2–7. GIS-karta över uranhalten längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Sveriges geologiska undersökning, 2021h).



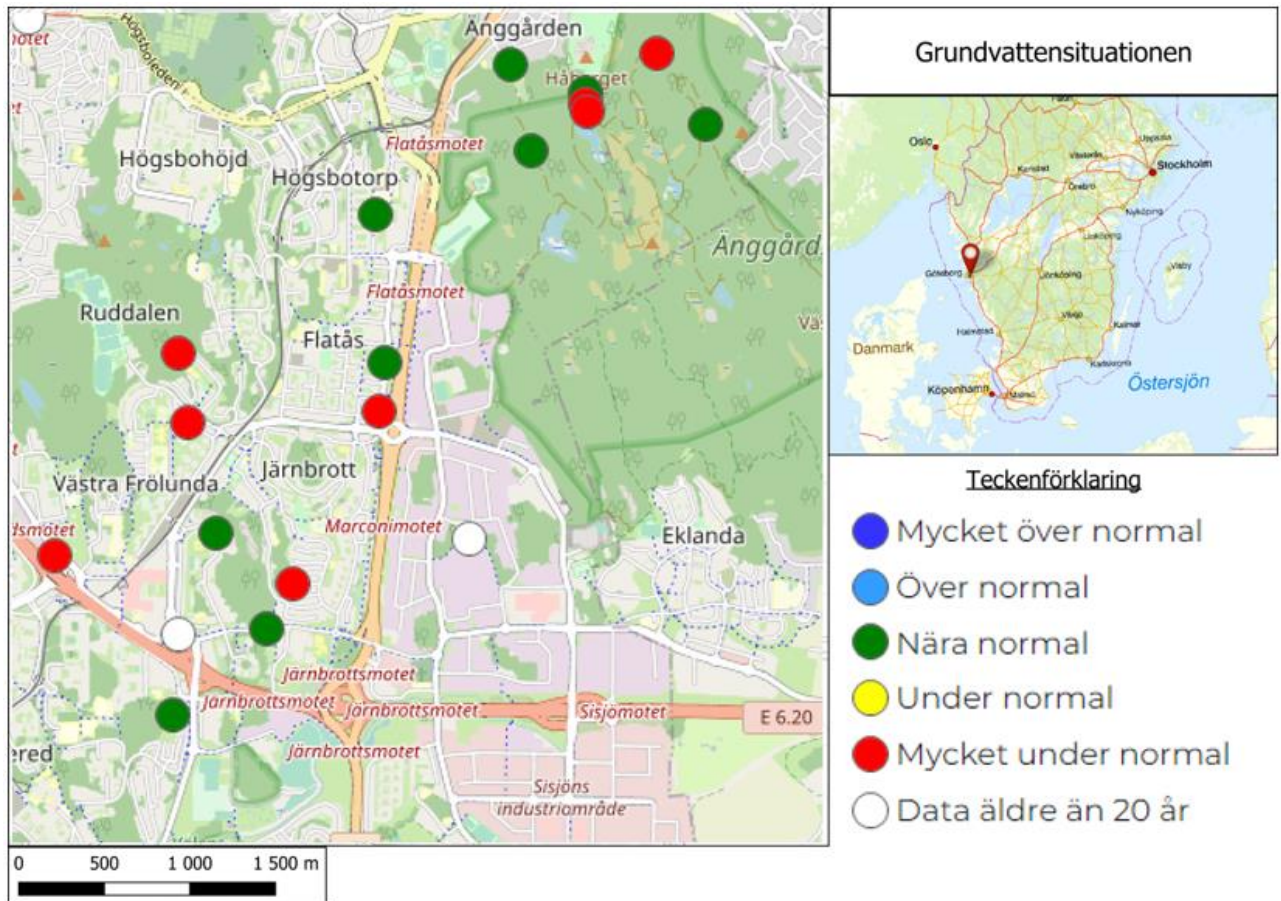
Figur B.2–8. GIS-karta över radonrisken längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Hur ska vi källhänvisa till denna, vi fick materialet av Victoria?).



Figur B.2–9. GIS-karta över potentiella föroreningar längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Länsstyrelsen, u.d.).



Figur B.2–10. GIS-karta över grundvattentillgången i små magasin, där enheten är i liter/dygn/hektar, längs den möjliga tunnelsträckan i skala 1:25 000 (Sveriges geologiska undersökning, u.d.).



Figur B.2–11. GIS-karta över situationen av grundvattnet i området (Vatten i Göteborg, u.d.).

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS