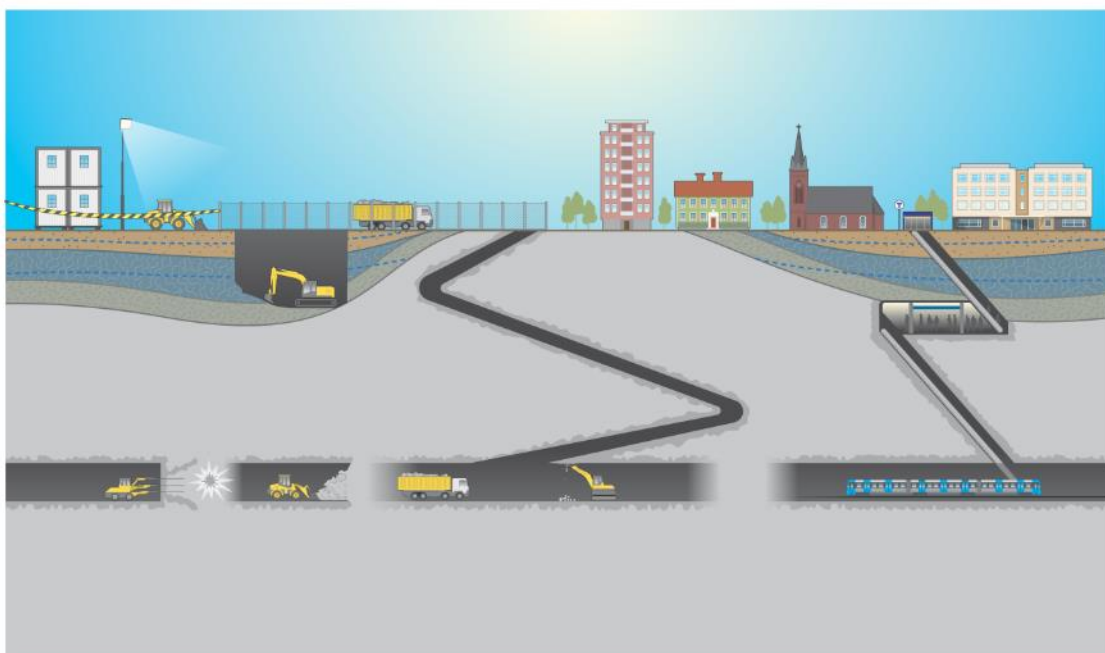


Byggskedets påverkan, effekter och konsekvenser

Bilaga 1 till MKB för järnvägsplan gällande
utbyggnad av tunnelbana till Arenastaden

Samrådshandling 2016-10-19



Titel: Byggskedets påverkan, effekter och konsekvenser

Konsult: WSP Sverige AB

Blockledare: Henric Sandborg, WSP Sverige AB

Bilder & illustrationer: FUT och WSP om inget annat anges.

Dokumentid: 3320-M31-22-03001_Bilaga1

Diarienummer: FUT 2016-0227

Utgivningsdatum: 2016-10-19

Distributör: Stockholms läns landsting, förvaltning för utbyggd tunnelbana

Box 225 50, 104 22 Stockholm. Tel: 08 737 25 00. E-post: nyatunnelbanan@sll.se

Sammanfattning

Stockholms snabba tillväxt medför ökat behov av fler bostäder och arbetsplatser. Tillväxten ökar trängseln i stadens infrastruktur. För att möta transportbehoven träffades en överenskommelse mellan regeringen, Stockholms stad, Nacka kommun, Solna stad, Järfälla kommun samt Stockholms läns landsting om en utbyggnad av tre tunnelbanelinjer. De tre tunnelbaneutbyggnaderna är:

- Utbyggnad av tunnelbana till Nacka och Gullmarsplan/Söderort
- Utbyggnad av tunnelbana till Arenastaden
- Utbyggnad av tunnelbana från Akalla till Barkarby station

Denna rapport beskriver byggskedets påverkan, effekter och konsekvenser av tunnelbaneutbyggnaden av en ny linje till Arenastaden. Rapporten är en bilaga till järnvägsplanens miljökonsekvensbeskrivning.

Byggskedet omfattar byggande av spårtunnlar, arbetstunnlar, servicetunnlar, stationer, ventilationstorn, utrymningsvägar, stationsuppgångar/entrébyggnader, brandgasschakt och tryckutjämningsschakt. Under byggskedet genomförs även spårläggning och installationer av exempelvis el- och telesystem. Byggskedet beräknas pågå under sex år, mellan 2018-2024.

Majoriteten av byggarbetena kommer att ske i berg under mark. Spårtunnlar och arbetstunnlar kommer till största del att drivas (tillskapas) genom konventionell borrhning och sprängning. Berget injekteras med tätningsmedel, vanligtvis cement, för att minska mängden inläckande grundvatten under bygg- och driftskedet. Vid byggande av konstruktioner upp till markytan krävs arbeten i jord. Det kommer behövas arbets- och etableringsytor i ytläge. Bergmassor kommer att lastas ut från tre arbetstunnlar.

Schaktarbeten i jord och bergtunnlarbeten medför en sänkning av grundvattennivån. Trots åtgärder som täta sponter i öppna schakt samt för- och efterinjektering för tätning av bergtunnlar kommer inläckage att äga rum. En temporär och lokal grundvattennivåsänkning under byggskedet är därför oundviklig. Detta kan, i sin tur, påverka grundvattennivåkänsliga objekt såsom byggnader med sättningssensitiv grundläggning, brunnar samt objekt med natur- eller kulturvärde. Förutom tätning av tunneln kan skyddsinfiltration för att upprätthålla grundvattennivåer inom vissa områden komma att behövas. Projektets påverkan på både grund- och ytvatten samt skyddsåtgärder för att undvika negativa konsekvenser kommer att beskrivas i tillståndsansökan för vattenverksamhet med tillhörande MKB. Villkor för att undvika negativ påverkan kommer att läggas fast i miljödomen för vattenverksamheten och förutsätts vara tillräckliga för att undvika permanenta skador till följd av påverkan på yt- och grundvatten.

Under byggskedet kommer det uppstå störningar till följd av bland annat stomljud från tunneldrivning. Många bostäder kommer få stomljud över 45 dB(A), vilket är Naturvårdsverkets riktvärde för stomljudsnivåer dagtid inomhus. Det är framför allt bebyggelse längs Karlbergsvägen som riskerar att få höga stomljudsnivåer, som högst till cirka 60 dB(A). Byggskedet bedöms även kunna medföra stora störningar i NKS. Delar av den västra sjukhusbyggnaden får stomljudsnivåer upp mot 55-60 dB(A).

De bostäder som finns i anslutning till arbetsområden kommer att påverkas av bygg- och trafikbuller, vissa under en längre tid. Byggmoment som spantning, pålning, schaktning och borrhning kan medföra både stomljud och luftburet buller. Arenastadens södra station byggs nära bostäder och bedöms kunna medföra störningar under en längre tid. Bullernivåer inomhus kan komma att uppgå till 50-65 dB(A) i rum som vetter mot byggplatsen. Även byggandet av den norra entrén kan medföra störningar i närliggande bebyggelse. Även för dessa bostäder kommer riktvärdet inomhus

att överskridas. Byggskedet kommer även att medföra störningar i skolor, förskolor, kontor och lokaler.

Buller från arbeten i markplan kan delvis begränsas genom åtgärder som exempelvis bullerskärmar och förstärkt fasadisolering. Det finns dock ingen möjlighet att dämpa stomljud utan den åtgärd som finns är att erbjuda tillfälligt vistelse/boende.

Vibrationer uppkommer framför allt vid sprängning, men även vid pålning och spontning. Vibrationer kan orsaka skador på byggnader men också uppfattas som störande. Berörda byggnader kommer att inventeras. Ett åtgärdsprogram för att minimera risken för skador på byggnader kommer att utarbetas innan byggstart.

Skademinskande åtgärder under byggskedet kommer att hanteras i det fortsatta projekteringsarbetet bland annat genom miljökrav i upphandling och kontrollprogram. Kontrollprogram för omgivningspåverkan under byggtiden kommer beskriva projektets miljöpåverkan under byggtiden, de skyddsåtgärder och försiktighetsmått som planeras samt hur landstinget avser att kontrollera ställda miljökrav under byggtiden. Dessa kontrollprogram ska godkännas av ansvarig miljömyndighet. Landstinget kommer att ha en omfattande miljöstyrning i syfte att säkerställa att dessa krav omhändertas av entreprenörerna. En del av åtgärderna kommer även styras av de villkor som kommer att fastställas i miljödomen.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund, syfte och planförslag.....	6
1.1	Bakgrund	6
1.2	Syftet med denna rapport	7
1.3	Gul linje - Planförslaget	7
2	Generell beskrivning av byggskedet.....	10
2.1	Förberedande arbeten	11
2.2	Arbetsstunnlar samt etableringsytor och arbetsområden.....	11
2.3	Tunneldrivningsmetod	12
2.4	Byggarbeten i jord.....	13
2.5	Byggande av bergschakt.....	13
2.6	Masshantering och byggtransporter.....	13
2.7	Trafik under byggskedet	14
2.8	Processvatten	14
2.9	Arbetstider	15
3	Byggandet av stationer och andra ovanmarksanläggningar	16
3.1	Vasastaden.....	16
3.2	Hagastaden	17
3.3	Hagalund	18
3.4	Arenastaden.....	20
4	Byggskedets påverkan, effekter och konsekvenser	21
4.1	Stomljud	21
4.2	Bygg- och trafikbuller	26
4.3	Vibrationer och luftstöt våg.....	28
4.4	Luftkvalitet.....	29
4.5	Mark och vatten	31
4.6	Naturmiljö och rekreation	38
4.7	Kulturmiljö och stadsbild	41
4.8	Olycksrisker	43
4.9	Klimatpåverkan	44
4.10	Sociala konsekvenser	45
5	Underlagsmaterial och källor.....	49

1.2 Syftet med denna rapport

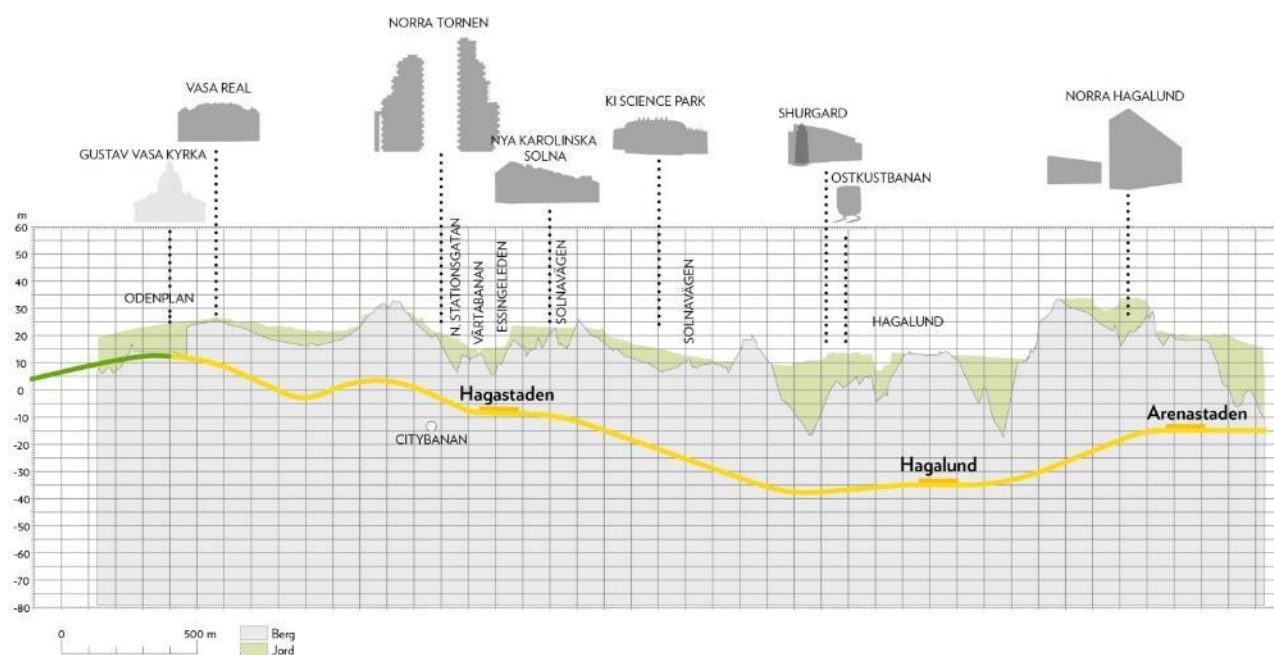
Denna rapport har tagits fram inom ramen för arbetet med tunnelbanelinjen till Arenastaden, den Gula linjen. Denna nya tunnelbana kommer ansluta till Gröna linjen väster om Odenplan. Den har två mellanliggande stationer, Hagastaden och Hagalunds industriområde samt slutstation i Arenastaden.

Syftet med denna rapport är att beskriva byggskedet för den Gula linjen samt den påverkan och de tillfälliga störningar byggverksamheten medför. Rapporten utgör en bilaga till miljökonsekvensbeskrivningen tillhörande järnvägsplanen för tunnelbana till Arenastaden.

1.3 Gul linje - Planförslaget

Den nya Gula tunnelbanelinjen utgörs av cirka fyra kilometer långa spårtunnlar under mark som sträcker sig mellan Grön tunnelbanelinje, väster om Odenplan, och Arenastaden. Längs sträckan planeras för tre nya underjordiska tunnelbanestationer: Hagastaden, Hagalunds industriområde och Arenastaden (se Figur 2 och Figur 3). Stationen vid Hagalunds industriområde har tillkommit sent i planeringen varför det ännu inte finns ett färdigt förslag på placering och utformning.

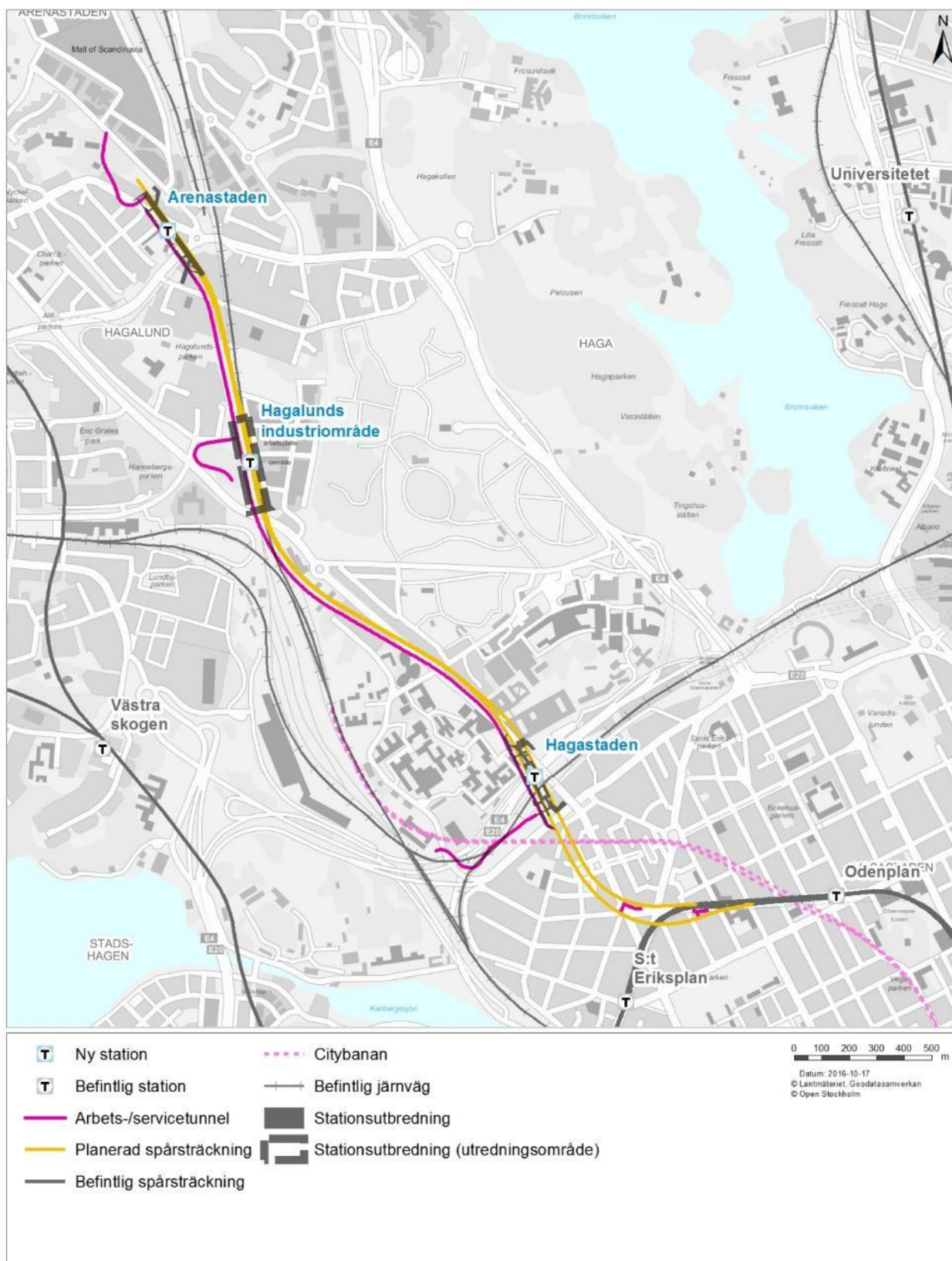
Vid Hagastaden kommer en ny station att byggas cirka 25 meter under markytan. Stationen kommer att ha en sydlig entré vid Torsplan och tre nordliga entréer; en entré i Nya Karolinska Solna (NKS), en entré vid Hagaplan söder om sjukhuset och en entré vid Karolinska Institutet.



Figur 2. Tunnelbanans sträckning mellan Odenplan och Arenastaden.

Vid Hagalunds industriområde kan en ny station komma byggas cirka 45 meter under markytan. Exakt placering av plattformsrum och entréer är i dagsläget under utredning. Inriktningen är att stationen kommer att ha en entré på vardera sidan om Ostkustbanan/Solnavägen.

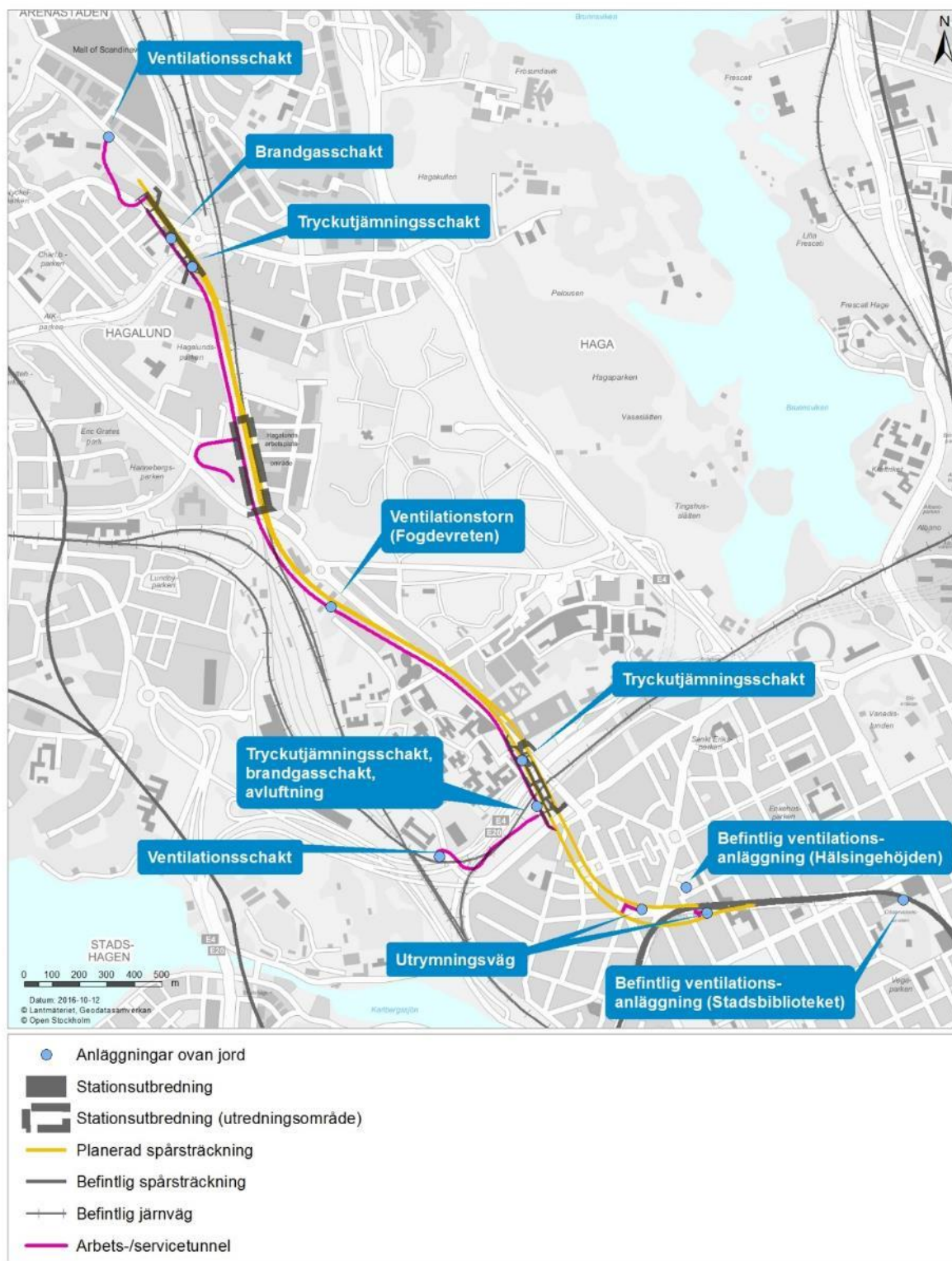
Vid Arenastaden kommer en ny station att byggas cirka 35 meter under markytan. Stationen kommer att ha en nordlig entré utmed Dalvägen och en sydlig entré söder om Frösundaleden, invid de blå lamellhusen i norra Hagalund.



Figur 3. Sträckning, stationslägen, etablerings- och arbetsområden samt arbets-/servicetunnlar för tunnelbanan mellan Odenplan och Arenastaden.

Tunnelbanan är till övervägande del en anläggning under mark. De anläggningar som kommer att byggas ovan mark visas i Figur 4. De är följande:

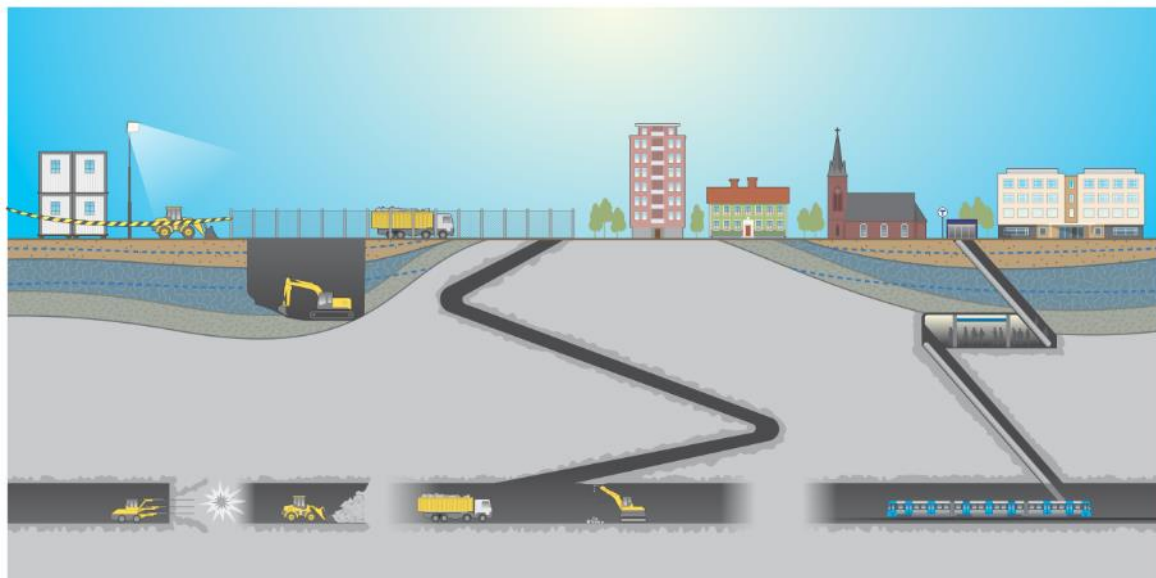
- Entrébyggnader
- Utrymningsvägar
- Tryckutjämnningsschakt
- Brandgasschakt
- Ventilationstorn- och schakt
- Tunnelöppningar för arbets-/servicetunnlar



Figur 4. Planerade lokaliseringar för byggande av ovanmarksanläggningar.

2 Generell beskrivning av byggskedet

Byggskedet omfattar byggande av spårtunnlar, servicetunnel, arbetstunnlar och utrymnings-tunnlar, se Figur 5. Det omfattar också byggnation av ett antal ovanmarksanläggningar, se kapitel 1. Under byggskedet genomförs också arbeten med spårläggning och installationer av exempelvis el- och telesystem, signalsystem, brandskydd, ventilation och vatten- och avloppsförsörjning. Slutligen genomförs driftsättningen.



Figur 5. Generell illustration av byggskedet.

Val av byggmetoder avgörs vanligtvis av den entreprenör som upphandlas. Undantag från detta kan förekomma om byggherren, i detta fall SLL, ställer krav på en viss byggmetod i upphandlingen. Detta kan komma att ske inom några av områdena för Gul linje. I detta skede är det dock inte möjligt att exakt beskriva vilka metoder som kommer att användas under byggskedet.

Förutom eventuella krav på byggmetod kommer SLL att ställa krav på entreprenörerna så att de använder skonsamma metoder, minimerar omgivningspåverkan och håller sig till de arbetstider som gäller för störande arbeten. Buller, vibrationer, grundvattennivåpåverkan med mera kommer att följas upp och kontrolleras. Det faktum att tunnelbanan bitvis byggs i mycket nära anslutning till befintliga anläggningar såväl under som ovan mark, gör att det kommer att krävas stor försiktighet och höga krav på byggnadstekniken.

Byggandet planeras att starta under 2018 och det bedöms sammantaget ta sex år. Gula linjen beräknas således vara klar för trafik år 2024.

I detta kapitel finns generell information om byggandet av den Gula linjen. I kapitel 3 följer sedan en detaljerad beskrivning av byggarbetena vid de tre nya stationerna samt av de ovanmarksanläggningar som redovisas i Figur 4. Eftersom det är upp till den enskilda entreprenören att välja byggmetoder baseras beskrivningarna på en rad antaganden om byggmetoder. De metoder som beskrivs bedöms vara de mest troliga. Det är beskrivningarna av byggskedet i kapitel 2 och 3 som ligger till grund för de konsekvensbedömningar för miljö och hälsa som redovisas i kapitel 4.

2.1 Förberedande arbeten

Innan byggandet av tunnelbanan kan påbörjas behöver vissa förberedande arbeten genomföras. I dessa arbeten ingår exempelvis ledningsomläggningar, det vill säga flytt av befintliga ledningar som kommer i konflikt med den planerade tunnelbanan. För sådana arbeten kan schakt av mark behöva göras. Marken återställs så fort det förberedande arbetet är klart. Förstärkningsarbeten av befintliga konstruktioner är en annan typ av förberedande arbete som kan behövas.

Etableringsytor kommer att iordningställas vid arbetstunnlarnas mynningar i anslutning till varje station, se avsnitt 2.2. Trafikomläggningar planeras och genomförs.

Vissa förberedande arbeten för framtida stationsuppgångar vid Torsplan, i NKS och vid Hagaplan utfördes redan under hösten 2015 som del i de byggnationer som pågår i området.

De förberedande arbetena är sådana som kan genomföras utan en gällande järnvägsplan. Däremot kan andra tillstånd krävas.

2.2 Arbetstunnlar samt etableringsytor och arbetsområden

Vid byggnationen av den nya tunnelbanan kommer det att behövas arbetstunnlar under mark. Tre arbetstunnlar föreslås, se Figur 3. Dessa är följande:

- En arbetstunnel med mynning i Tomtebodavägen. Den ansluter till servicetunneln vid station Hagastaden. Utredning om exakt utformning av denna tunnel pågår.
- En arbetstunnel med mynning sydost om korsningen Solnavägen/Sundbybergsvägen. Den ansluter till servicetunneln vid station Hagalund industriområde.
- En arbetstunnel som ansluter till servicetunneln vid station Arenastaden. Mynningen för denna arbetstunnel ligger vid Dalvägen.

Från arbetstunnlarna kommer bergmassor att lastas ut. Störningar beror först på sprängningsarbeten vid byggandet av tunnlar och därefter främst på ut- och intransport med tunga fordon. Arbetstunnlarna till station Hagastaden och station Arenastaden kommer att permanentas och blir då tillfartstunnlar till den färdiga anläggningens servicetunnel. Exakt lokalisering av arbetstunnlarna vid station Hagastaden och vid Hagalund är under utredning.

Etableringsytor och arbetsområden kommer att behövas vid områden för byggande av ovanmarksanläggningar och vid arbetstunnelmynningar. Inom arbetsområden genomförs byggarbeten, exempelvis spontning och schaktning. Etableringsytor är ytor för kontor och personalbodar, uppställning av byggkranar och arbetsfordon samt för att tillfälligt förvara byggmaterial, teknisk utrustning med mera. Eftersom tunnelbanan till övervägande del byggs som tunnel i berg kommer det generellt sett krävas få etableringsytor och arbetsområden i ytläge. Från arbets- och etableringsområden sker in- och utfart av transporter. De etableringsytor och arbetsområden som kommer att behövas redovisas i kapitel 3.

Störningar från etablerings- och arbetsområden kan bland annat uppstå till följd av motorljud från maskiner, från trafik till och från området och från byggarbeten som exempelvis spontning och borrhning. Där det är nödvändigt kommer etablerings- och arbetsområden att avskärmas mot omgivningen för att arbetena ska störa så lite som möjligt och för att minimera risken för olyckor.

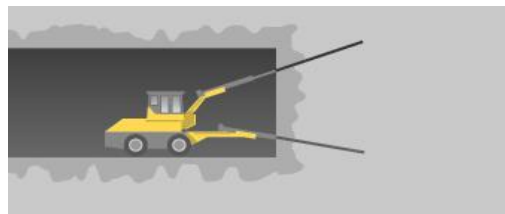
Målsättningen är att minimera ytanspråket under byggskedet för att på så vis minimera omgivningspåverkan. När byggskedet är över kommer marken inom arbets- och etableringsområden som tillfälligt tagits i anspråk under byggskedet att återställas. Där träd tagits ned kommer om möjligt nya träd att planteras, det är inte säkert att det i slutändan finns lika många träd som tidigare.

2.3 Tunneldrivningsmetod

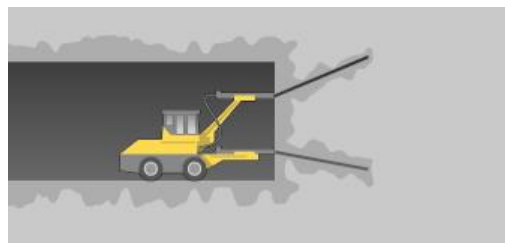
Majoriteten av byggarbetena kommer att ske i berg under mark. Spårtunnlarna och stationerna kommer till största del att drivas (tillskapas) med konventionell borrhning och sprängning. De huvudsakliga arbetsmomenten vid tunneldrivning är förinjektering, salvborrhning, laddning och sprängning, bergrensning samt bergförstärkning och eventuellt efterinjektering. Mer information om dessa arbetsmoment finns i faktarutan nedan.

Tunneldrivning i berg

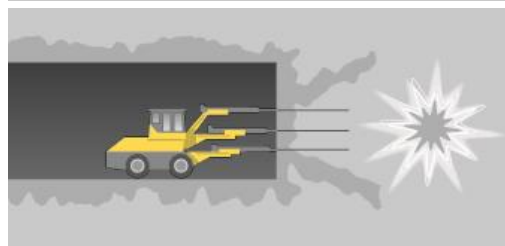
Borrhning för injektering: 15-25 meter långa hål borrar runt den blivande tunneln.



Förinjektering: Betong sprutas in i borrhålen och i bergsprickor. När betongen stelnat har det bildats en tät ring runt den blivande tunneln. Syftet med förinjektering är att minimera inläckage av vatten.



Salvborrhning, laddning och sprängning: 1-5 meter långa hål borrar i tunnelfronten och laddas med sprängämne. Sprängningsarbetena anpassas med hänsyn till risker för skador till följd av vibrationer. Utvärdring av spränggaser.



Bergrensning: Kvarsittande löst berg i väggar och tak knackas och bryts bort. Vid behov utförs bergförstärkning med sprutbetong och bultar. Bergytan spolas ren med vatten och de utsprängda massorna bevattnas för att reducera dammspridning. Slutligen lastas massorna ut och transporteras bort.



Under normala förhållanden genomförs ungefär en sprängning per dygn per front. Vissa sträckor kan kräva försiktigt berggutttag, vilket kan innebära fler mindre sprängningar per dygn. Ambitionen att få en kort byggtid och ett rationellt byggande innebär att tunnarna kommer att drivas från flera håll samtidigt vilket medför att det kommer finnas flera fronter där byggverksamhet pågår.

I övergångarna mellan jord och berg, det vill säga vid bergtunnelpåslag, kommer berget att sprängas i öppna schakter med konventionell ovanjordssprängning. Ovanjordssprängning följer i princip samma arbetsmoment som för sprängning under mark, med eventuella behov av tätning och förstärkning.

2.4 Byggarbeten i jord

Den metod för byggande i jord som är aktuell vid byggandet av Gul linje är öppet schakt. Denna metod inleds vanligtvis med att det byggs en stödkonstruktion, vilket innebär att man slår eller borrar ned spont. Därefter grävs jorden bort ned till grundläggningsnivån alternativt ned till bergnivån där sprängning, sågning, borrar eller bergskärning tar vid. I det öppna schaktet byggs sedan en betongkonstruktion. När arbetet är klart sker återfyllnad av jord runt anläggningen alternativt så däckas hela anläggningen över och marken återställs. Slutligt val av sponttyp kommer att baseras på geotekniska förhållanden och eventuellt restriktioner med avseende på buller, vibrationer i närliggande anläggningar och byggnader.

Vid övergångar mellan jord och berg kommer stödkonstruktionens väggar att installeras ned till berget. För att minska risken för påverkan på omgivningen till följd av grundvattennivåsänkning kommer det att genomföras tätande kontaktingjektering. Denna åtgärd begränsar vattenflödet in i schaktgropen.

2.5 Byggande av bergschakt

Vertikalschakter i berg, för exempelvis ventilationsschakt, kan byggas på olika sätt. Antingen borrar och sprängs schakten på konventionellt sätt, se avsnitt 2.3, eller så utförs sågning eller spräckning av berg eller så kallad raiseborring. Sågning eller spräckning av berg utförs när det finns vibrationskänsliga verksamheter eller bostäder mycket nära arbetsområdet. Raiseborring innebär att ett litet hål borrar från mark ned till tunneln. Därefter borrar hålet större genom att ett borraragregat dras upp genom berget och lämnar efter sig ett runt borrhål. Det berg som borrar loss faller ned till den lägre nivån.

2.6 Masshantering och byggtransporter

Byggandet av den Gula linjen kommer att kräva transporter av stora mängder berg- och jordmassor samt byggmaterial. Bergmassorna kommer att transporteras ut via de tre arbetstunnarna.

Bergmassorna transporteras med lastbil från arbetstunnarna och vidare till mottagningsanläggningar och/eller anläggningsverksamheter såsom väg- eller bostadsbyggen. Antalet fordon per dygn kommer att styras av vilken mängd som kan transporteras per fordon. Ju större lastbilar desto färre antal transporter. Större fordon ger samtidigt högre buller. Vilken mängd massor som kan transporteras per fordon beror på vilka bärighetsklasser som respektive väg har. Ju större bärighetsklass desto tyngre fordon kan köras på vägen (mer vikt per lastbil). Vilka fordon som väljs beror också på entreprenörernas tillgång till fordon.

En översiktlig bedömning visar på upp till 200 masstransporter per dygn från respektive arbetstunnelmyning. Varje lastbil kör fram och tillbaka vilket innebär som mest 400 fordonsrörelser

per dygn från respektive tunnelmynning för masstransporter under cirka två års tid. Utöver det tillkommer även vissa andra byggtransporter.

Utöver transporter från arbetstunnlarna kommer mindre mängder berg och jord transporteras bort från de platser där ovanmarksanläggningar byggs.

Under de första åren kommer masstransporter att dominera transportflödet, men under de sista åren kommer det att vara mer intransport av byggmaterial. Exakt vilka vägar som kommer att användas som transportvägar är inte möjligt att närmare ange i detta skede.

2.7 Trafik under byggskedet

Byggandet av de tre stationerna kommer att kräva trafikomläggningar under vissa perioder.

För gröna linjen måste norrgående spår stängas av under perioder, detta föreslås ske under sommarmånader. Förberedande arbeten kommer att ske nattetid, under trafikfri tid. Citybanan kommer att påverkas tillfälligt. Utredning om detta pågår.

Vissa gator med busstrafik exempelvis Solnavägen kommer att ha begränsad framkomlighet under vissa perioder av byggskedet.

2.8 Processvatten

Vatten kommer att användas vid borrhning, injektering samt vid renspolning av tunnarnas väggar och tak samt bergmassor. Detta vatten kan innehålla cementrester från injektering och förstärkning, sprängämnesrester, borrhax¹ samt oljespill från maskiner och hydraulsystem och kan vara skadligt för miljön. Exempelvis kan cementrester orsaka förhöjt pH-värde i vatten, vilket kan vara skadligt för fiskar och andra vattenlevande organismer. Vidare kan sprängämnesrester i vattnet orsaka höga kvävekoncentrationer. Vissa kväveformer är giftiga för fisk och bottenfauna redan i låga koncentrationer. Val av sprängämne samt hantering och laddning vid sprängarbeten kan minska andelen kvarvarande kväve i sprängstensmassorna. För att ytterligare minska mängden kväve i sprängstensmassorna kan dessa spolade av. Det vatten som bildas av alla dessa aktiviteter kallas *processvatten*.

Det grundvatten som tränger in i tunnlar och schakt i samband med byggskedet kommer att blandas med processvattnet. I öppna schakter blandas processvattnet även med dagvatten och nederbörd. Detta vatten, så kallat *länshållningsvatten*, kommer att tas om hand och renas innan det pumpas ut i det kommunala avloppssystemet för vidare behandling i kommunalt reningsverk. Om vattnet är tillräckligt rent kan det gå direkt till en recipient. Hur stor volym länshållningsvatten som behöver pumpas bort från tunnlar beror på mängden tillfört vatten samt inläckage från berget, vilket i sin tur beror på hur effektiva tätningsåtgärder som vidtagits.

Stockholm och Solna stad har riktlinjer för hur vatten från byggarbetsplatser ska hanteras. Vart vatten kan ledas beror på föroreningsinnehåll och förutsättningar på platsen. Olje- och slamavskiljning sker på plats. Eftersom vatten från till exempel sprängning och borrhning kan innehålla höga halter av kväve från sprängmedel kommer allt process- och länshållningsvatten behandlas i reningsverk. Det finns även vatten från byggarbetsplatser som inte är direkt kopplade till sprängning eller borrhning, opåverkat vatten kan därför även ledas till recipient.

¹ Borrhax utgörs av krossat berg – stenflisor och stenmjöl, och är ett naturmaterial man får efter borrhning i berg.

Processvatten och länshållningsvatten

Vid tunneldrivning i berg bildas stora mängder förorenat *processvatten*, exempelvis vatten som använts för att kyla borrarerna eller spola av bergmassor.

Länshållningsvatten är det vatten som uppkommer i arbetsschakt och tunnlar och som utgör en blandning av inläckande grundvatten, regnvatten samt processvatten.

2.9 Arbetstider

För att tunnelbanan så snart som möjligt ska komma i drift kommer byggarbeten att behöva ske dygnet runt. Eftersom tunnelbanan byggs i närheten av bostäder och känsliga verksamheter måste byggmetoder väljas och produktionen planeras så att störningar för omgivningen begränsas. Många arbetsmoment i tunnlar kommer inte att märkas för de som bor intill tunnlar eller vid något av arbetsområdena. Andra arbeten kommer att märkas.

Projektets arbetstider styrs av de riktvärden för byggbuller som kommer att ligga som villkor i kommande miljödom. Vilka riktvärden som blir gällande kommer att variera beroende på tid på dygnet och veckodag. Naturvårdsverket har tagit fram riktvärden för byggbuller som är en vägledning och utgångspunkt för den bedömning av tillåtna byggbullernivåer som görs i varje enskilt fall, se avsnitt 4.1.

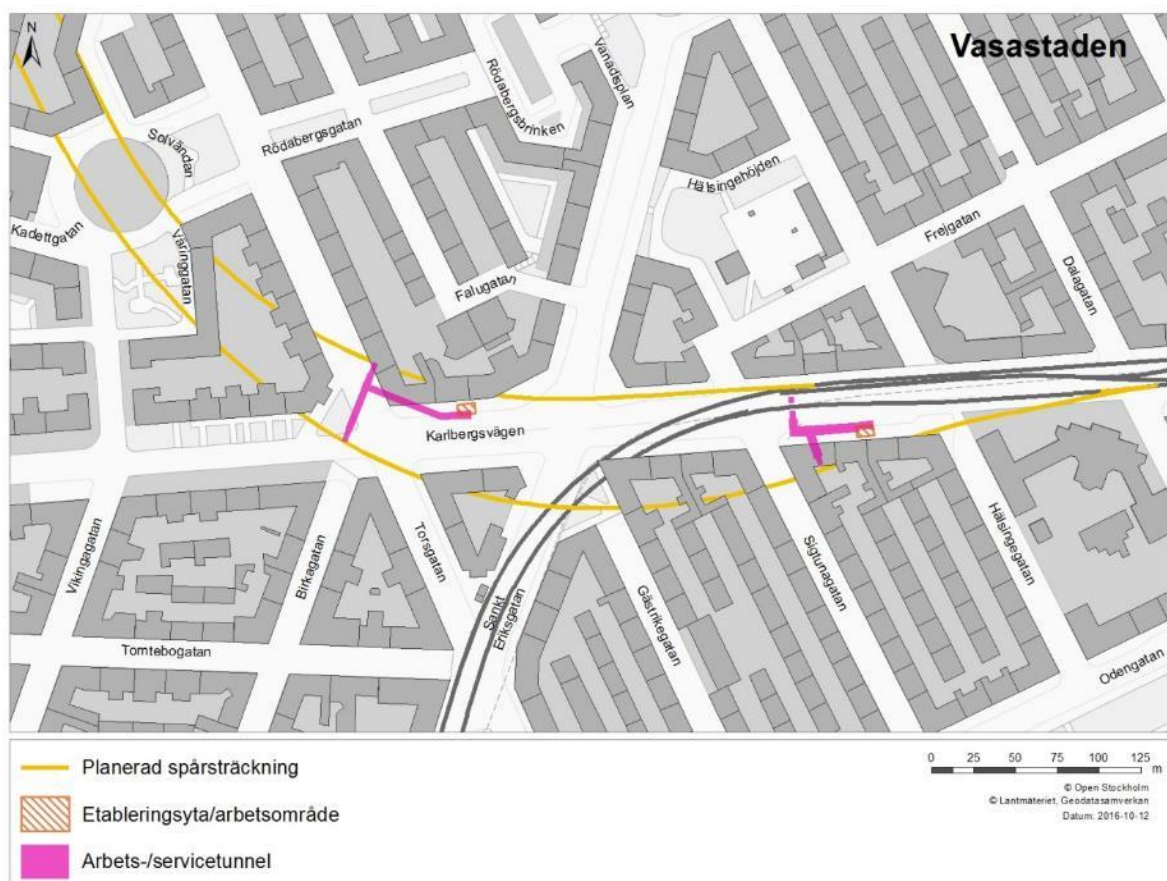
Ibland kan det bli aktuellt att frånga riktvärdena. I så fall görs det i samråd med tillsynsmyndigheten. Vid sådana tillfällen måste en avvägning göras mellan de vinster som uppnås i form av snabbare byggande och de följder i form av störningar som riskerar att uppstå. Restriktioner av arbetstiden kan förlänga byggskedet och därmed också tidsperioden för störningarna. En förlängning av byggskedet innebär oftast även att kostnaden för projektet ökar.

3 Byggandet av stationer och andra ovanmarksanläggningar

3.1 Vasastaden

Gula linjens spårtunnlar kommer att ansluta mot Gröna linjen väster om Odenplan. Under utförandet av denna anslutning kommer trafiken på Gröna linjen periodvis att påverkas. Inga förändringar genomförs i Odenplans station.

I Vasastaden planeras två utrymningsvägar vilka kommer medföra markarbeten ovan jord. Etableringsytor/arbetsområden som krävs för byggandet av utrymningsvägarna visas i de brunmarkerade områdena i Figur 6 nedan. Öppna schakt kommer krävas under byggskedet, schakten kommer ha en ungefärlig storlek på 30 m². För att bygga dessa krävs bland annat arbetsmoment såsom borrhning och spontning. Avstånd till närmsta bostadsbebyggelse för utrymningsvägarna vid Karlbergsvägen är cirka tre meter.



Figur 6. Etableringsyta/arbetsområde för de utrymningsvägar som planeras.

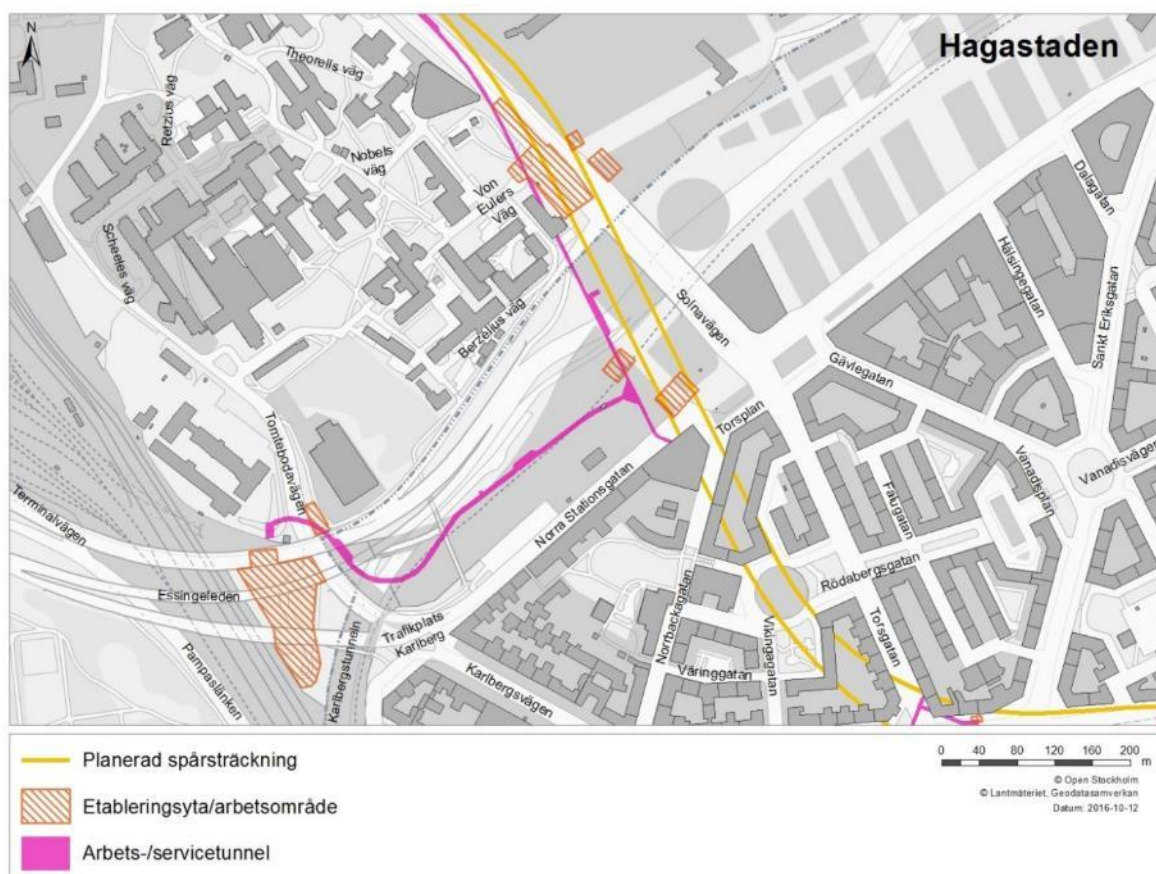
3.2 Hagastaden

Vid station Hagastaden kommer det att bedrivas arbete i öppet schakt inom tre områden, se Figur 7. Det är dels två mindre områden norr om Torsplan, dels ett större område beläget längre norrut för att bygga stationen och entréerna vid Hagaplan och Karolinska Institutet. De två övriga arbetsområden som visas i figuren, vid Torsplan, i NKS och vid Hagaplan, är en del av de förberedande arbetena. Genom att göra dessa förberedande arbeten redan nu kan störningarna för verksamheterna i den färdigställda byggnaden vid Torsplan och i NKS begränsas något.

Det stora arbets- och etableringsområdet behövs för byggande av station Hagastaden. Det kommer innebära vissa restriktioner för trafiken på Solnavägen. Byggarbetena kommer att planeras så att ett körfält i vardera körriktningen på Solnavägen alltid är öppet för trafik.

Schakten kommer att vara relativt djupa, eventuellt omkring tio meter. Restriktioner med avseende på buller och vibrationer i närliggande verksamheter kan komma att påverka val av spont. Vid Hagastaden är det framförallt vibrationskänsliga verksamheter i Karolinska sjukhuset och Karolinska Institutet som måste beaktas. I övrigt byggs station Hagastaden som en berganläggning under mark.

Etableringsytor-/arbetsområden kommer att krävas vid arbetstunnelns mynning vid Tomtebodan. Under Essingeleden planeras ett etablerings-/arbetsområde utanför arbetstunnelns mynning. Det kommer vara relativt stort men bedöms inte innebära några restriktioner eller störningar.



Figur 7. Mark kring station Hagastaden som tas i anspråk under byggskedet som arbetsområden och/eller etableringsytor. Vid arbetstunnelmynningen i Tomtebodavägen finns ett större etableringsområde under Essingeleden.

Byggarbetena vid station Hagastaden beräknas totalt sett pågå under fem till sex år, inklusive förberedande arbeten. Spontningen för öppet schakt, som kommer att medföra höga bullernivåer, beräknas pågå under cirka ett år i det stora arbetsområdet vid NKS/Karolinska Institutet.

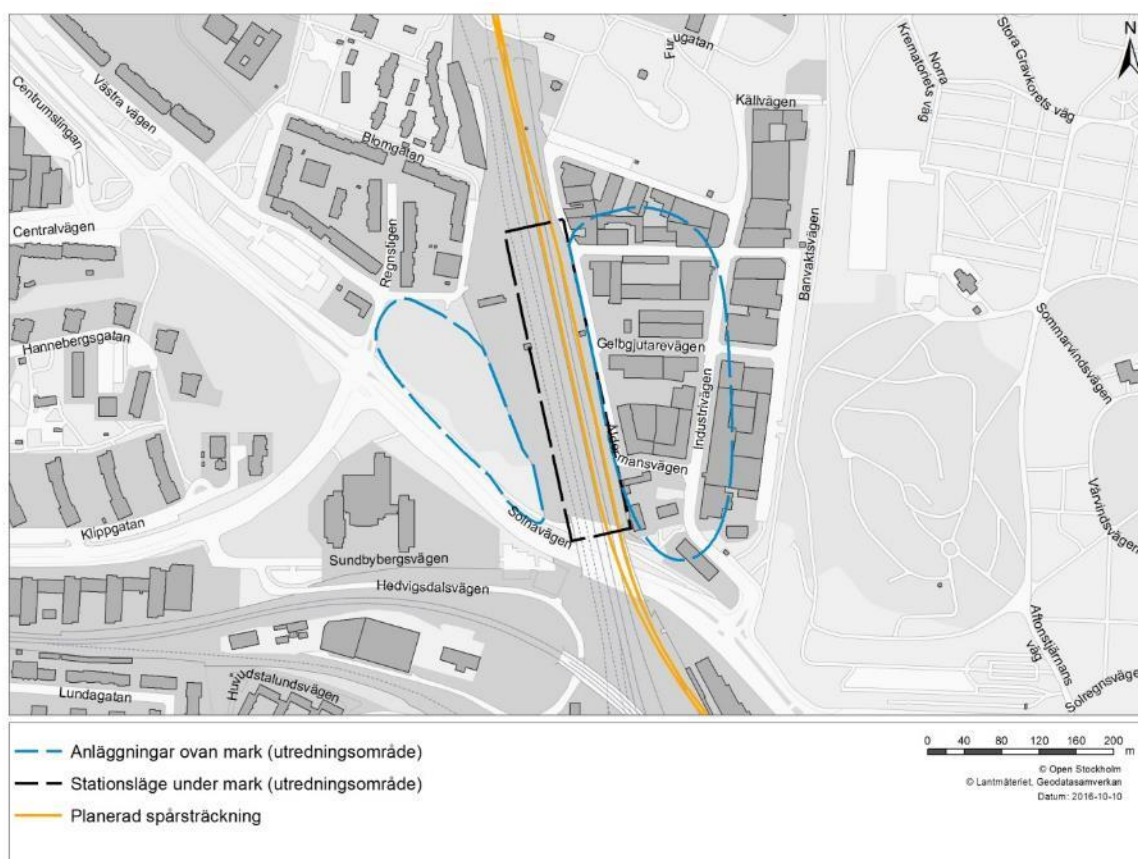
3.3 Hagalund

För station Hagalunds industriområde pågår det i nuläget utredningar gällande bland annat läge, djup och lokalisering av entréer. Utredningsområdet för station och entréer visas i Figur 8.

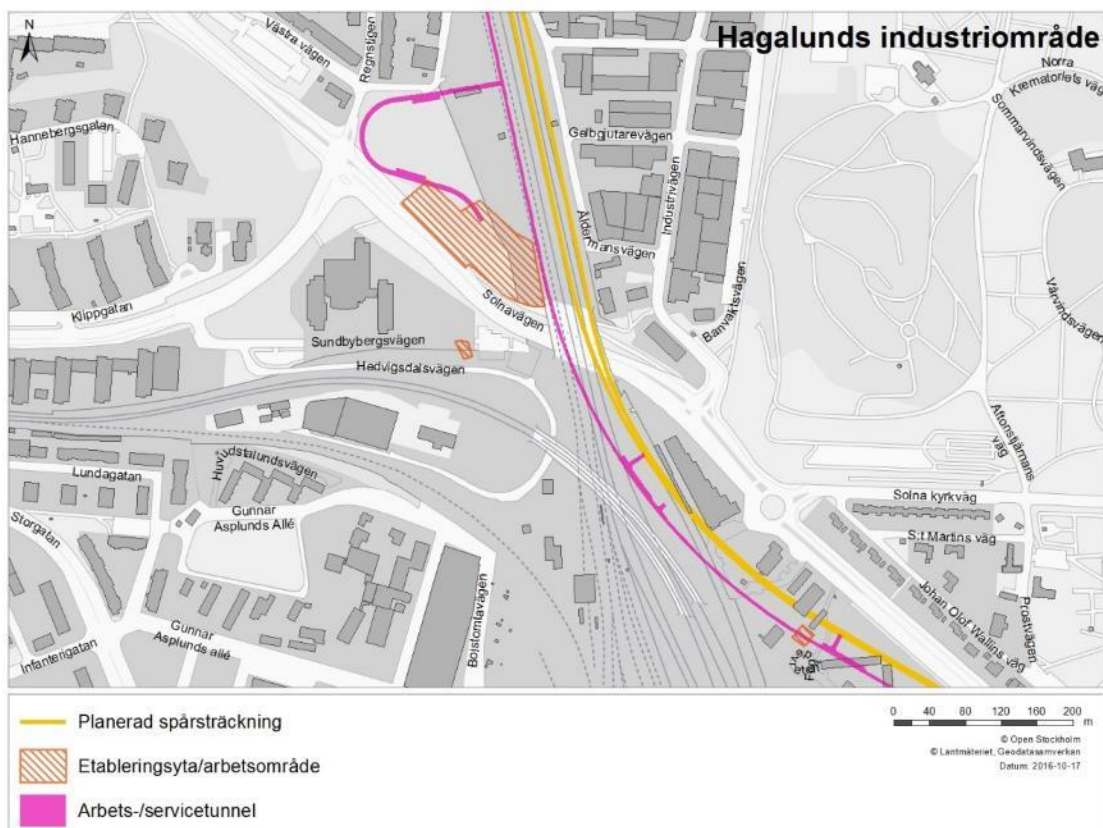
Oavsett om det blir en station i Hagalunds industriområde eller ej så kommer det behövas en arbets-/servicetunnel. I Figur 3 visas ett alternativ till lokalisering av denna tunnel. Transporterna från arbetstunneln kommer att köra ut på Solnavägen via korsningen Solnavägen/ Regnstigen/ Sundbybergsvägen. Vid denna arbetstunnel behövs ett etablerings-/arbetsområde, se Figur 9. Utredning om lokalisering av arbetstunnel pågår.

Vid en eventuell station i Hagalunds industriområde tillkommer ytterligare behov av arbets- och etableringsområden. Arbetsmoment kommer innefatta schaktning och sprängning.

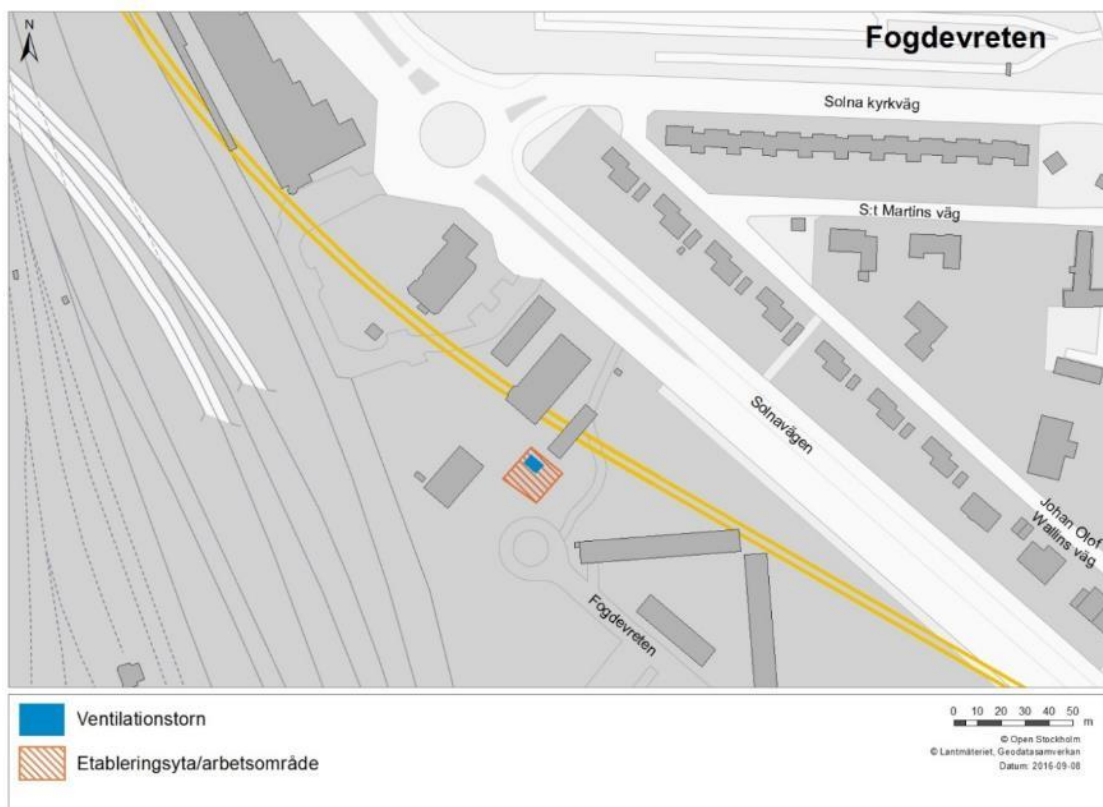
Ett ventilationstorn planeras att byggas i norra delen om Fogdevreten, väster om Solnavägen, se Figur 10. För att kunna bygga ventilationstornet krävs ett schakt, avståndet till närmsta bostadshus på Fogdevreten kommer vara cirka 25 meter.



Figur 8. Utredningsområde för läget av station och entréer vid station Hagalunds industriområde.



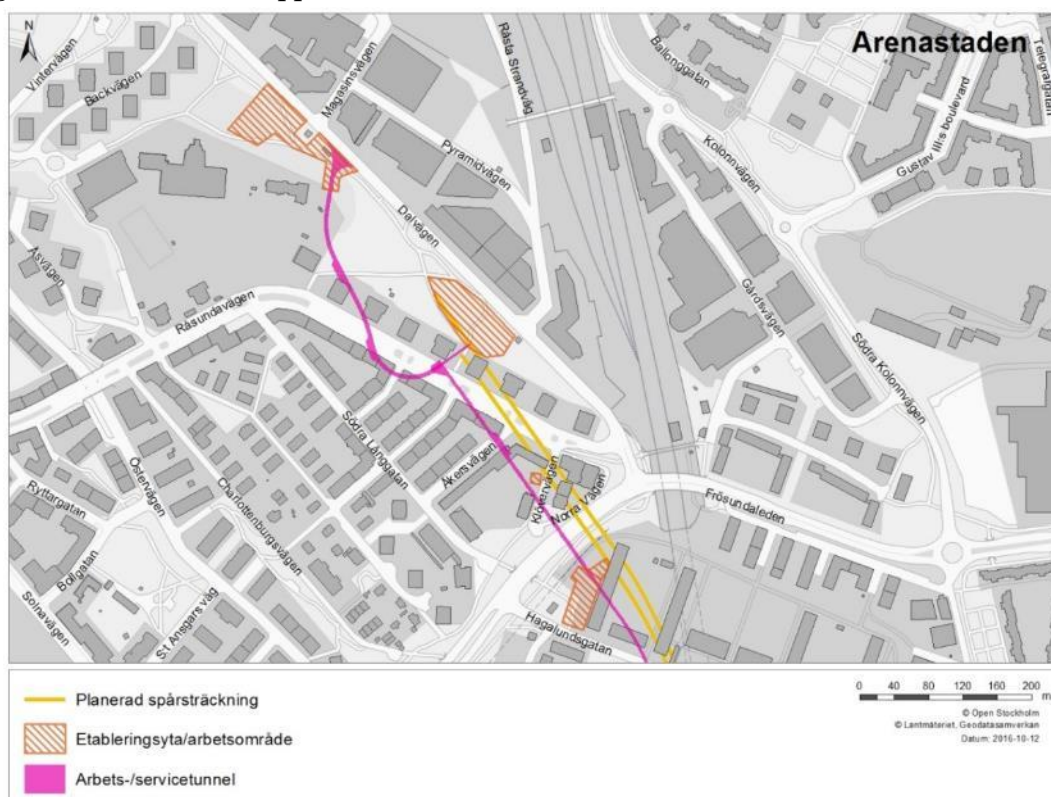
Figur 9. Mark kring station Hagalunds industriområde som tas i anspråk under byggskedet som arbetsområden och/eller etableringsytor.



Figur 10. Inzoomad bild av ventilationstornet som planeras vid Fogdevreten.

3.4 Arenastaden

Vid station Arenastaden kommer det att behövas arbets- och etableringsområden ovan mark, se Figur 11. Inom området vid Hagalundsgatan och inom södra området vid Dalvägen kommer det att genomföras arbeten i öppet schakt.



Figur 11. Mark kring station Arenastaden som tas i anspråk under byggskedet som arbetsområden och/eller etableringsytor.

Inom arbetsområdet för den södra stationsuppgången, mellan Frösundaleden och Hagalundsgatan, kommer arbetsmoment som spontning, schaktning och borrhning ske. Avståndet till närmsta bostadshus på Hagalundsgatan 1 är cirka fem meter och avståndet till närmsta bostadshus på Hagalundsgatan 4 är cirka 20 meter. I närheten av arbetsområdet vid södra stationsuppgången kommer ytterligare ett mindre arbetsområde krävas där ett tryckutjämningsschakt kommer att uppföras. Delar av schaktet kan komma ligga invid fasaden på fastigheten Hagalundsgatan 7.

Två områden längs med Dalvägen kommer att tas i anspråk under byggtiden, ett för byggande av den norra stationsuppgången och ett för arbetstunneln i höjd med Magasinvägen.

Inom arbetsområdet för den norra stationsuppgången mellan Dalvägen och Råsundavägen kommer spontning, schaktning och sprängning att ske. Närmsta avståndet till bostadshus är cirka 10 - 15 meter. Avståndet till närmsta bostadshus från arbetstunnelmynningen är cirka 90 meter.

Utmed Klövervägen byggs även ett brandgasschakt invid förskolan. I övrigt byggs station Arenastaden som en berganläggning, under mark.

Byggarbetena för station Arenastaden beräknas pågå under totalt fem till sex år. Spontning, schaktning och andra byggmoment som kommer att medföra buller beräknas pågå periodvis under cirka ett till ett och ett halvt år i det norra arbetsområdet och under totalt ett till två år i det södra området.

Bergmassor från tunneldrivningen kommer att transporteras ut via arbetstunneln vid Dalvägen och antingen vidare söderut mot Frösundaleden eller norrut mot Enköpingsvägen via Evenemangsgatan, Råsta Strandväg och Sjövägen.

4 Byggskedets påverkan, effekter och konsekvenser

I detta kapitel beskrivs den tillfälliga påverkan och de effekter och konsekvenser som byggskedet för den Gula tunnelbanelinjen kommer att medföra. Följande miljö- och hälsoaspekter har utretts och konsekvensbedömts:

- Stomljud
- Bygg- och trafikbuller
- Vibrationer och luftstöt våg
- Luftkvalitet
- Vatten
- Naturmiljö och rekreation
- Kulturmiljö och stadsbild
- Olycksrisker
- Klimatpåverkan
- Sociala konsekvenser

För varje aspekt som beskrivs i efterföljande avsnitt (4.1 - 4.10) föreslås åtgärder som kan genomföras för att minska byggskedets konsekvenser. Dessa åtgärder kan inte regleras med järnvägsplan eller detaljplan utan kommer att hanteras i det fortsatta projekteringsarbetet genom bland annat miljökrav i upphandling och kontrollprogram. Kontrollprogram för omgivningspåverkan under byggtiden kommer beskriva projektets miljöpåverkan under byggtiden, de skyddsåtgärder och försiktighetsmått som planeras samt hur landstinget avser att kontrollera ställda miljökrav under byggtiden. Dessa kontrollprogram ska godkännas av Stockholms respektive Solnas miljömyndigheter. Landstinget kommer att ha en omfattande miljöstyrning i syfte att säkerställa att dessa krav omhändertas av entreprenörerna. Projektets påverkan på grund- och ytvatten, vibrationer och andra risker under byggskedet samt åtgärder för att undvika skador redovisas mer i detalj i MKB:n till tillståndsansökan för vattenverksamhet. I nuläget refereras till generella riktvärden när det gäller stomljud och buller, i miljödomen kommer projektspecifika villkor att fastslås vilka sedan gäller för projektet.

4.1 Stomljud

Borrning, sprängning och spontning ger upphov till stomljud i närliggande byggnader. Stomljud avtar med stigande avstånd vilket innebär att störst risk för störning är när borrningen sker under den plats där bygganden står, se Figur 12. Naturvårdsverket har tagit fram riktvärden för byggbuller som är en vägledning och utgångspunkt för den bedömning av tillåtna byggbullernivåer som görs i varje enskilt fall, se Tabell 1. Vilka stomljuds nivåer som kommer att gälla i projektet anges som villkor i miljödomen, dessa villkor kan skilja sig åt från Naturvårdsverkets riktvärden.

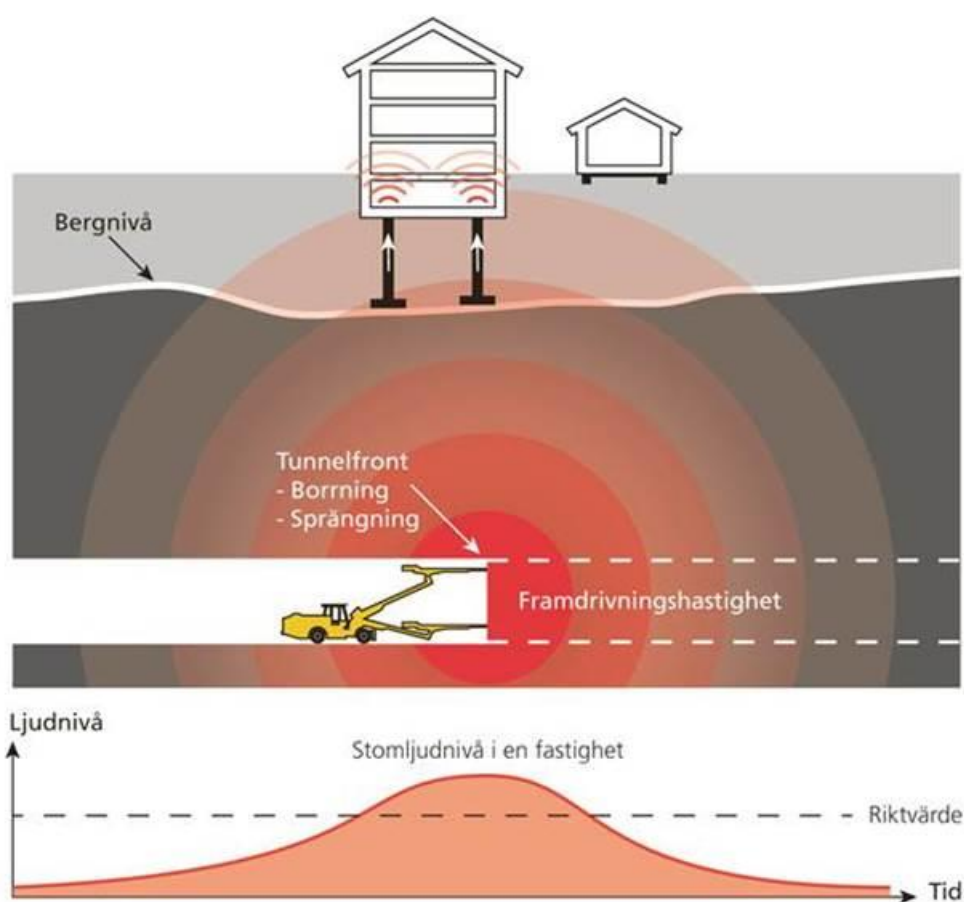
Enligt Naturvårdsverkets riktvärden bör stomljuds nivå dagtid inomhus i bostäder och vårdlokaler inte överstiga 45 dB(A). För att stomljuds nivå ska bli under 45 dB(A) behöver avståndet från tunneldrivningspunkten till byggnad vara större än 45 meter för byggnader som är grundlagda på berg. För att stomljuds nivå ska vara under 35 dB(A) ska avståndet vara större än 100 meter. Figur 13 redovisar stomljuds nivåer längs med sträckan för tunneldrivning med utpekade verksamheter som kan vara extra känsliga för höga stomljud.

Stomljud

Stomljud uppstår när vibrationer fortplantas från en källa, till exempel borrhning, via berget till en byggnad. När vibrationerna passerar väggen orsakar det ett luftljud i byggnaden, så kallat stomljud. Homogent berg leder stomljud effektivt, speciellt till hus grundlagda direkt på berg.

Styrkan på stomljudet beror på bergets egenskaper, men också på djupet till tunneln, avståndet till tunnelfronten, antal bormaskiner i drift samtidigt, byggnadens grundläggning och stomkonstruktion samt på bostadens/lokalens läge i byggnaden.

Erfarenheter från de senaste årens tunnelprojekt, till exempel Södra Länken, har visat att boende riskerar att störas av stomljud från borrhning i de fall stomljuden är högre än 40 dB(A) ekvivalent ljudnivå. Stomljud kan orsaka stressreaktioner, trötthet, irritation och sömnstörningar. Buller kan även orsaka ohälsa i form av exempelvis hjärt-kärlsjukdomar.



Figur 12. Illustration över hur stomljudsnivåer förändras över tiden vid tunnelbyggande.

Framdriften för spår- och arbetstunnlarna är ungefär 5-16 meter per vecka. Det innebär att de som bor eller arbetar rakt ovanför tunneln kan uppleva stomljud först ganska lågt i cirka fem veckor, därefter starkare i cirka tio veckor för att sedan avta igen under ytterligare fem veckor. Därefter kommer stomljuden att vara låga. Vid stationerna kommer det tas ut mer berg vilket kommer medföra stomljud under en längre tid.

Område	Helgfri måndag – fredag		Lördag, söndag och helgdag		Samtliga dagar	
	Dag 07 – 19 LAeq	Kväll 19 – 22 LAeq	Dag 07 – 19 LAeq	Kväll 19 – 22 LAeq	Natt 22 – 07 LAeq	Natt 22 – 07 L _{Amax}
Bostäder för permanent boende och fritidshus						
Utomhus (vid fasad)	60 dB(A)	50 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)	45 dB(A)	70 dB(A)
Inomhus (bostadsrum)	45 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)	30 dB(A)	45 dB(A)
Vårdlokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dB(A)	50 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)	45 dB(A)	-
Inomhus	45 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)	30 dB(A)	45 dB(A)
Undervisningslokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dB(A)	-	-	-	-	-
Inomhus	40 dB(A)	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet*						
Utomhus (vid fasad)	70 dB(A)	-	-	-	-	-
Inomhus	45 dB(A)	-	-	-	-	-

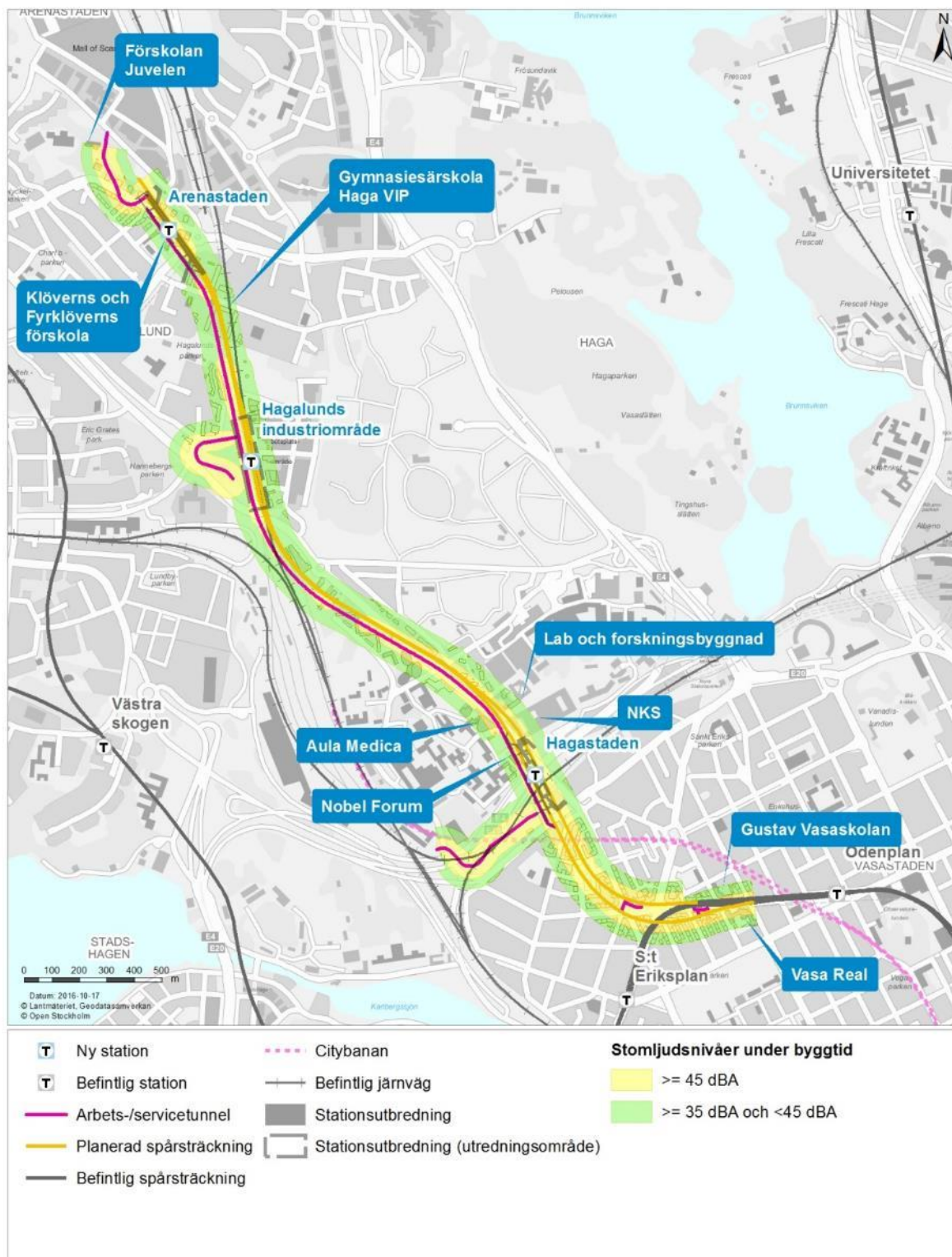
* Med arbetslokaler menas lokaler för ej bullrande verksamhet med krav på stadigvarande koncentration eller behov att kunna föra samtal obesvärat, exempelvis kontor.

I Naturvårdsverkets skrift framgår även följande:

- För verksamhet med begränsad varaktighet, högst två månader, till exempel spontning och pålning, bör 5 dB(A) högre värden kunna tillåtas.
- Vid enstaka kortvariga händelser, högst 5 minuter per timme, bör upp till 10 dB(A) högre nivåer kunna accepteras. Detta bör dock inte gälla kvälls- och nattetid.
- Om riktvärdena för buller utomhus inte kan innehållas med tekniskt möjliga och/eller ekonomiska rimliga åtgärder bör målsättningen vara att åtminstone riktvärdena för buller inomhus kan innehållas.
- I det fall riktvärden för buller utomhus kan innehållas behöver man normalt inte kontrollera riktvärdena för buller inomhus då normal fasadisolering bör innebära att dessa bullerriktvärden kan innehållas.
- Buller från trafik till och från byggplatsen bör bedömas efter de riktvärden som gäller för trafikbuller. Trafik inom byggplatsen bör bedömas som byggbuller.

4.1.1 Vasastaden

Många bostäder, och även kontor och lokaler som ofta ligger i markplan, kommer att få höga stömljudsnivåer. I byggnader nära spårtunneln, som är grundlagda direkt på berg, visar beräkningar på stömljudsnivåer från borrhning på upp till 60 dB(A) inomhus, se Figur 13.



Figur 13. Stömljudsnivåer från tunnelldrivning samt utpekade känsliga verksamheter som kommer få stömljudsnivåer under byggskedet.

Högst stomljudsnivåer kommer uppstå i byggnader längs Karlbergsvägen väster om korsningen med Dalagatan. På denna sträcka kan riktvärdet 45 dB(A) komma att överskridas upp till fyra månader.

Även några skolor och förskolor kommer att få stomljudsnivåer över 45 dB(A), bland annat Vasa Real. Riktvärdet beräknas komma att överskridas under cirka två månaders tid.

Byggskedet bedöms medföra stora störningar i bostäder, skolor, kontor och lokaler. För boende kan det uppstå behov av tillfälliga vistelser och tillfälliga boenden. Eftersom det inte finns någon möjlighet att dämpa stomljud kan det, beroende på vilken tid på året som byggskedet genomförs, bli nödvändigt med en tillfällig flytt av verksamheten i Vasa Real.

4.1.2 Hagastaden – Hagalund - Arenastaden

I den västra sjukhusbyggnaden i NKS beräknas samtliga 10 våningsplan, varav sex plan med vårdavdelningar, få stomljudsnivåer som överskrider 45 dB(A). De nedre vårdavdelningarna får nivåer upp mot 55-60 dB(A) i några veckor och riktvärdet 45 dB(A) beräknas komma att överskridas i cirka två månader.

Delar av Karolinska Institutet, bland annat Nobel Forum och nya aulan, Aula Medica, samt den forskningsbyggnad som byggs norr om NKS beräknas få stomljudsnivåer på upp mot 50-55 dB(A) vilket innebär att riktvärdet dagtid, 45 dB(A), överskrids. Även här under cirka två månaders tid.

Byggskedet bedöms medföra stora störningar i NKS. Eftersom det inte finns någon möjlighet att dämpa stomljud, och evakuering sannolikt inte är en realistisk åtgärd för sjukhuset, kan det komma att krävas begränsningar vad gäller arbetstiden för de bullrande arbetsmoment som går utöver vad som är normalt för den här typen av byggarbeten.

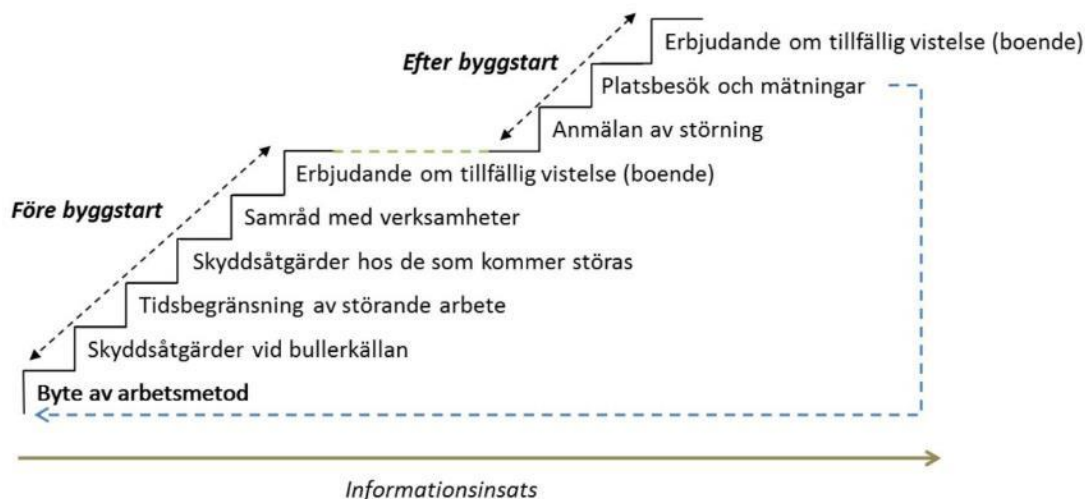
Avståndet mellan tunnel drivning och bebyggelse är större norr om Hagastaden än i Vasastaden, varför stomljuds nivåerna blir lägre. Den bostadsbebyggelse som berörs av stomljuds nivåer finns längs Solnavägen och Fogdevreten samt kring och söder om Råsundavägen. Stomljuds nivåerna beräknas som högst vara strax under 45 dB(A) vilket innebär att riktvärdet dagtid klaras. Undantag utgörs av byggnader intill arbetsområdet för den norra stationsentrén i Arenastaden där stomljudet beräknas bli upp emot 50 dB(A).

Förskolorna Klöver, Fyrklöver samt Juvelen beräknas få stomljuds nivåer runt 50 dB(A). Gymnasiesärskolan Haga VIP i Hagalund kommer få stomljuds nivåer nära riktvärdena.

Den tidsperiod under vilken stomljuds nivåerna är höga kommer även att vara kortare än i Vasastaden. Sammantaget bedöms därför störningar orsakade av stomljud vara mindre utmed sträckan Hagastaden – Arenastaden.

4.1.3 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- Landstinget har tagit fram en åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden. Den redovisar hur landstinget kommer att arbeta för att minska risken för bullerstörningar, se Figur 14.



Figur 14. Modell för landstingets hantering av störningar.

- Boende och andra berörda kommer få kontinuerlig information om byggverksamheten. Det kommer även finnas en störningsjour dit de som upplever sig störda kan vända sig. Hanteringen av störningarna bör i första hand ske genom att vidta åtgärderna i trappans understa del. Som en sista åtgärd kommer boende erbjudas tillfällig vistelse/ boende.
- Det kommer att tas fram ett kontrollprogram för stomljud under byggskedet för godkännande av aktuell miljömyndighet.

4.2 Bygg- och trafikbuller

Byggmoment från ovanmarksarbeten, exempelvis spontning, schaktning och borrhning, medför luftburet byggbuller som kan medföra störningar. Vissa av dessa arbetsmoment medför samtidigt stomljud. Sprängning bedöms endast ge kortvariga störningar. Ett moment som kan skapa mycket höga ljudnivåer är då grävmaskinerna gräver upp sprängsten och lastar den på lastbilsflak.

Byggbuller

Med buller avses oönskat ljud. Upplevelsen av buller är subjektiv och människor upplever buller på olika sätt. Buller kan orsaka stressreaktioner, trötthet, irritation och sömnstörningar. Buller kan även orsaka ohälsa i form av exempelvis hjärt-kärlsjukdomar.

De byggmoment ovan mark som kommer ge de största bullerbidragen till omgivningarna är sprängning, spontning, bergborrning, schaktning, rivningsarbeten, lastning och lossning samt transporter till och från området. Även tillfälliga omläggningar av trafik kan medföra trafikstörningar i nya områden.

De riktvärden för byggbuller som Naturvårdsverket har tagit fram redovisas i föregående avsnitt, 4.1 *Stomljud*. Angivna bullernivåer är i ekvivalenta ljudnivåer.

Med en hög bullerskärm i arbetsområdenas ytterkanter kan en viss skärmande effekt för kringliggande byggnadernas bottenvåning erhållas. Hur stor den skärmande effekten är beror på var källan befinner sig. För arbetsmoment en bit in på området har skärmen i stort sett ingen

inverkan. När entreprenadmaskinerna är skärmade bakom spont, skärmar och dylikt blir ljudnivåerna cirka 5-10 dBA lägre. En skärm kan dämpa bullernivåerna för de nedre våningsplanen men inte i de övre våningsplanen i flerbostadshus.

Riktvärdena för utomhusmiljön kommer, trots åtgärder såsom bullerskärmar och ljuddämpande utrustning, inte kunna uppfyllas vid alla arbetsplatser. Därför kommer projektet rikta in sig på att klara de riktvärden som är gällande för inomhusmiljön. Det kommer att göras en inventering av berörda byggnaders fasadisolering. Resultatet av denna utredning kommer att användas som underlag för att utreda behovet av kompletterande ljudisolering.

4.2.1 Vasastaden

De bostadshus i Vasastaden som ligger i närheten av de två utrymningsschakt som planeras, se kapitel 3.1 *Vasastaden* samt Figur 6 kommer påverkas av byggbuller. Byggarbeten som exempelvis spontning och schaktning kommer medföra bullernivåer upp till 70-95 dB(A). Fasader på byggnader dämpar ljudnivåerna inomhus. Med ett antagande om en schablonmässig dämpning på 30 dB(A) uppskattas inomhusnivåer bli mellan 40-65 dB(A). Delar av byggarbetena kommer därmed medföra att riktvärdet inomhus överskrids. De höga bullernivåerna bedöms dock endast förekomma under en begränsad tid.

4.2.2 Hagastaden – Hagalund

I det direkta närområdet till Hagastadens station finns inga bostäder. Risken för att boende störs av de ovanmarksarbeten som sker vid denna station bedöms därför vara liten. Ovanmarksarbetena bedöms dock medföra störningar för de som arbetar eller befinner sig i de verksamhets- och kontorsbyggnader som finns i anslutning till stationen. Byggbullret kommer även påverka den närmsta byggnaden i NKS, vilket är samma byggnad som kommer beröras av stomljud från tunneldrivning. Även byggbullret bedöms medföra risk för störningar i sjukhusbyggnaden, framför allt om dessa två arbetsmoment genomförs samtidigt.

Byggandet av frånluftstornet vid Fogdevreten kommer generera byggbuller som sannolikt medför nivåer under riktvärdet under en begränsad tid.

Byggtransporter inom etableringsområden och från arbetstunnlarnas mynningar kommer att generera buller. Från Tomtebodan är det en kort väg innan transporterna når E4. Byggtransporter inom etableringsytorna samt till och från arbetstunnelns mynning i Hagalund kommer också att generera buller. Risken för bullerstörning från transporter bedöms som liten.

4.2.3 Arenastaden

Byggandet av den södra stationsentrén vid Arenastaden kommer att genomföras nära bostadsbebyggelsen på Hagalundsgatan. Den närmast liggande bebyggelsen beräknas få ljudnivåer upp mot 80-95 dB(A) vid fasad. Motsvarande inomhusnivåer beräknas bli 50-65 dB(A) i rum som vetter mot byggplatsen.

Byggandet av den nordliga stationsentrén vid Arenastaden kommer att genomföras relativt nära bostadsbebyggelse på Råsundavägen. Den närmast liggande bebyggelsen beräknas kunna få ljudnivåer upp mot 80 dB(A) vid fasad och motsvarande ljudnivå inomhus beräknas bli runt 50 dB(A). Även för dessa bostäder kommer riktvärdet inomhus att överskridas. Utan åtgärder finns det risk för att många boende kommer uppleva bullerstörning, framför allt i det närmast liggande bostadshuset på Hagalundsgatan. Denna byggnad kommer även att beröras av stomljud från tunneldrivning. Detta kan öka risken för störning även om stomljudsnivåerna ligger under riktvärdet 45 dB(A).

Byggandet av brandgasschaktet vid Klövervägen kommer generera byggbuller som sannolikt medför nivåer under riktvärdet under en begränsad tid.

Transporterna från arbetstunneln vid Dalvägen kommer att passera ett mindre antal bostäder längs med Dalvägen. Risken för bullerstörning från masstransporter bedöms vara liten.

4.2.4 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- För beskrivning av landstingets upplägg för att minska risken för störning se avsnitt 4.1.3. För byggbuller består åtgärderna bland annat av bullerskyddsskärmar runt byggarbetsplatser och lokala bullerskärmar vid de mest störande källorna. Vid behov kommer förstärkning av byggnaderna isolering mot buller, främst i form av fönsteråtgärder, att utredas. Dessa åtgärder kan minska risken för bullerstörning inomhus. Som en sista åtgärd kommer boende erbjudas tillfällig vistelse/ boende.
- Boende och andra berörda kommer få kontinuerlig information om byggverksamheten. Det kommer även finnas en störningsjour dit de som upplever sig störda kan vända sig.
- Det kommer att tas fram ett kontrollprogram för stomljud under byggskedet för godkännande av aktuell miljömyndighet.

4.3 Vibrationer och luftstötståg

Vibrationer uppkommer framförallt vid sprängning, men även vid pålning och spontning. Vibrationer kan upplevas som störande för människor, men eftersom vibrationen från en sprängning uppstår under så kort tid är de problem som kan uppkomma på grund av vibrationer istället främst kopplade till risk för skador på byggnader. Villkor för högsta vibrationsnivå för projektet kommer att fastställas i miljödomen eller av tillsynsmyndigheten.

Vibrationer och luftstötståg

Vibrationer är vågor som rör sig i marken, i byggnader och i andra fastare material. Vibrationer kan orsakas av sprängning och spontning och kan medföra skador på närliggande byggnader i form av sprickor och sättningar. Storleken på vibrationerna är framförallt beroende av markförhållandena samt avståndet mellan den vibrationsalstrande verksamheten och byggnaderna. Vibrationer kan även medföra störningseffekter (komfortstörningar) såsom irritation och minskad arbetskapacitet.

Vid tunnelsprängning uppstår en luftstötståg som utbreder sig i tunnelmynningens riktning och som kan bli mycket kraftig. Luftstötståg kan skada byggnader och är ohälsosamma för människor och djur.

Luftstötståg kan framför allt medföra obehagskänslor där avståndet mellan tunnelmynning och fastigheter bara är några 10-tals meter. Avstånd mellan arbetstunnlarnas mynningar och närliggande byggnader är längre än 10 meter och därför bedöms luftstötståg inte utgöra något problem.

Riktvärden för vibrationer kommer att räknas fram för varje enskild byggnad i enlighet med svensk standard SS 4604866:2011 *Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader* och svensk standard SS 25211 *Vibration och stöt – Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader*. Riktvärdena kommer att sättas så att byggnadsskador undviks. Vilket

riktvärde som sätts för en enskild byggnad beror på dess konstruktion, grundläggning, användning samt avstånd till byggarbetet.

Kulturhistoriska byggnader kommer att identifieras för att kunna bedöma om det finns behov av försiktig sprängning i närheten av dessa eller om det krävs andra åtgärder för att säkra de kulturhistoriska värdena. Mer om risker för påverkan på kulturhistoriska byggnader i samband med byggskedet finns i avsnitt 4.7 *Kulturmiljö och stadsbild*.

Förutom byggnader krävs det även försiktighet vad gäller vibrationsalstrande byggarbeten i närheten av andra underjordiska anläggningar, som den Gröna linjen och Citybanan. På hela sträckan mellan anslutning till Grön linje och Hagastaden krävs försiktig sprängning på grund av det korta avståndet till bebyggelse och Grön linje.

4.3.1 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

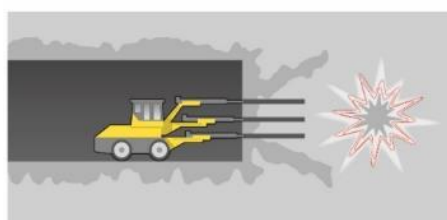
- Det kommer att genomföras en riskanalys för byggnader inom 150 meter från tunnlar och för byggnader som finns i anslutning till jord- och bergschakter. Syftet med riskanalysen är att identifiera de byggnader som kräver särskilda åtgärder för att undvika skador orsakade av vibrationer.
- Vibrationsmätare kommer att monteras på byggnader och anläggningar utmed tunnelfronten. Om en mätning visar att sprängningen orsakat vibrationer över det riktvärde som satts för den aktuella byggnaden, kommer sprängsalvorna att minskas så att de fortsatta sprängningarna sker varsammare.
- Vid behov kommer det att utföras för-, mellan- samt slutbesiktningar.
- Vid risk för skadliga vibrationer kommer det att genomföras så kallad försiktig sprängning, vilket innebär sprängning med mindre mängd sprängämnen och därav mindre vibrationer.

4.4 Luftkvalitet

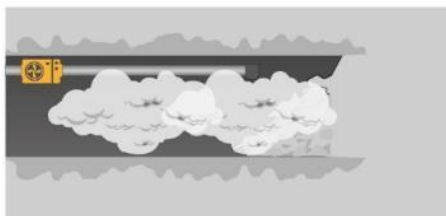
Miljökvalitetsnormer (MKN) för luft är gränsvärden för föroreningsnivåer som inte får överskridas i utomhusluften. I urban miljö är framförallt miljökvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar relevanta att undersöka. Miljökvalitetsnormerna gäller inte inom arbetsområden men ska klaras utanför dessa.

4.4.1 Tunneldrivning

Tunneldrivning ger upphov till spränggas (kolmonoxid och kväveoxider) samt kvävehaltigt damm. För att tunnelarbetena ska kunna utföras på ett för arbetsmiljön acceptabelt sätt krävs att tunnlar ventileras, se Figur 15. Radon kan avgå från berg till luft i samband med tunneldrivning. Även denna gas kommer att vädras ut med ventilationen. Utvädring av tunnelluften kommer att ske vid arbetstunnelmynningar och eventuella ventilationsschakt. Arbetstunnlarna kommer att förses med fläktar vid mynningarna som via ventilationstrummor leder ned friskluft samt trycker ut spränggas, avgaser från fordon och radon.



Sprängning



Spränggasventilering

Figur 15. Illustration av spränggasventilering.

Halterna av spränggaser varierar mellan olika sprängningstillfällen beroende på utsläppens storlek, avståndet till källan och väderlek. Skillnader i vindförhållanden har en avgörande betydelse för vilka halter som uppkommer. Högst halter uppkommer vid svag vind, medan spränggaserna sprids och blandas ut snabbt när det blåser. Även avståndet in i berget har betydelse, ju längre in i tunneln som sprängningen sker – desto högre halter av kvävedioxid utanför tunnelmynningen.

En lukt av spränggaser kommer troligtvis att kännas efter varje sprängning i närheten av de platser där spränggaserna ventileras ut. Förhöjda halter av kvävedioxid och andra luftföroreningar avklingar successivt och efter cirka 60 minuter är halterna tillbaka till normala värden. De halter av kvävedioxid som kan uppkomma utanför arbetsområdena bedöms klara miljö kvalitetsnormerna.

Utvädring av spränggaser kan upplevas som störande om ventilationen mynnar i direkt anslutning till bostadsområden eller annan bebyggelse. Området kring tunnelmynningen vid Tomtebodan bedöms ha relativt god utvädring. Det finns inga bostäder i anslutning till tunnelmynningen, dock finns kontor på cirka 50 meters avstånd. Från tunnelmynningen vid Dalvägen är avståndet till bostäder, skola och förskola cirka 60-100 meter. Höjdskillnaden mellan bebyggelsen och tunnelmynningen är stor och bebyggelsen ligger dessutom högre än tunnelmynningen. Ventilationsförhållandena på platsen är därför goda. Från tunnelmynningen i Hagalunds industriområde är det cirka 200 meter till bostäder och cirka 100 meter till närmast liggande bebyggelse som utgörs av kontor. Risken för luktstörning från sprängningsarbeten bedöms sammantaget som mycket liten.

4.4.2 Ovanmarksarbeten och transporter

Inom etableringsytorna och arbetsområdena uppkommer luftföroreningar från fordon och arbetsmaskiner. Detta kommer att bidra till försämrade luftkvalitet på lokal nivå. Påverkan på luftkvalitet och risken för störningar bedöms vara liten.

När byggtrafiken kommer ut på det allmänna vägnätet bedöms den vara liten i förhållande till trafiken på berörda gator och vägar. Byggtrafiken kommer därför endast att medföra en obetydlig ökning av luftföroreningshalterna. Byggtrafiken kommer dock att nyttja vägar och gator där halter av luftföroreningar redan är höga. Det är därför viktigt att planera byggtrafiken samt att ställa krav på de fordon, maskiner och bränslen som används under byggskedet.

Byggarbeten ger upphov till damning som kan vara störande för närliggande bostäder.

4.4.3 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- För att minimera utsläppen av luftföroreningar kommer det att ställas krav på de fordon, arbetsmaskiner och bränslen som används under byggskedet.
- Om det finns en risk för höga halter kvävedioxid i de områden där människor vistas, kommer det genomföras åtgärder. Exempelvis kan den förorenade luften släppas ut på högre höjd.
- För att minska dammbildning kommer arbetsområden, etableringsytor och massor bevattnas vid torr väderlek.

4.5 Mark och vatten

4.5.1 Påverkan på grundvatten

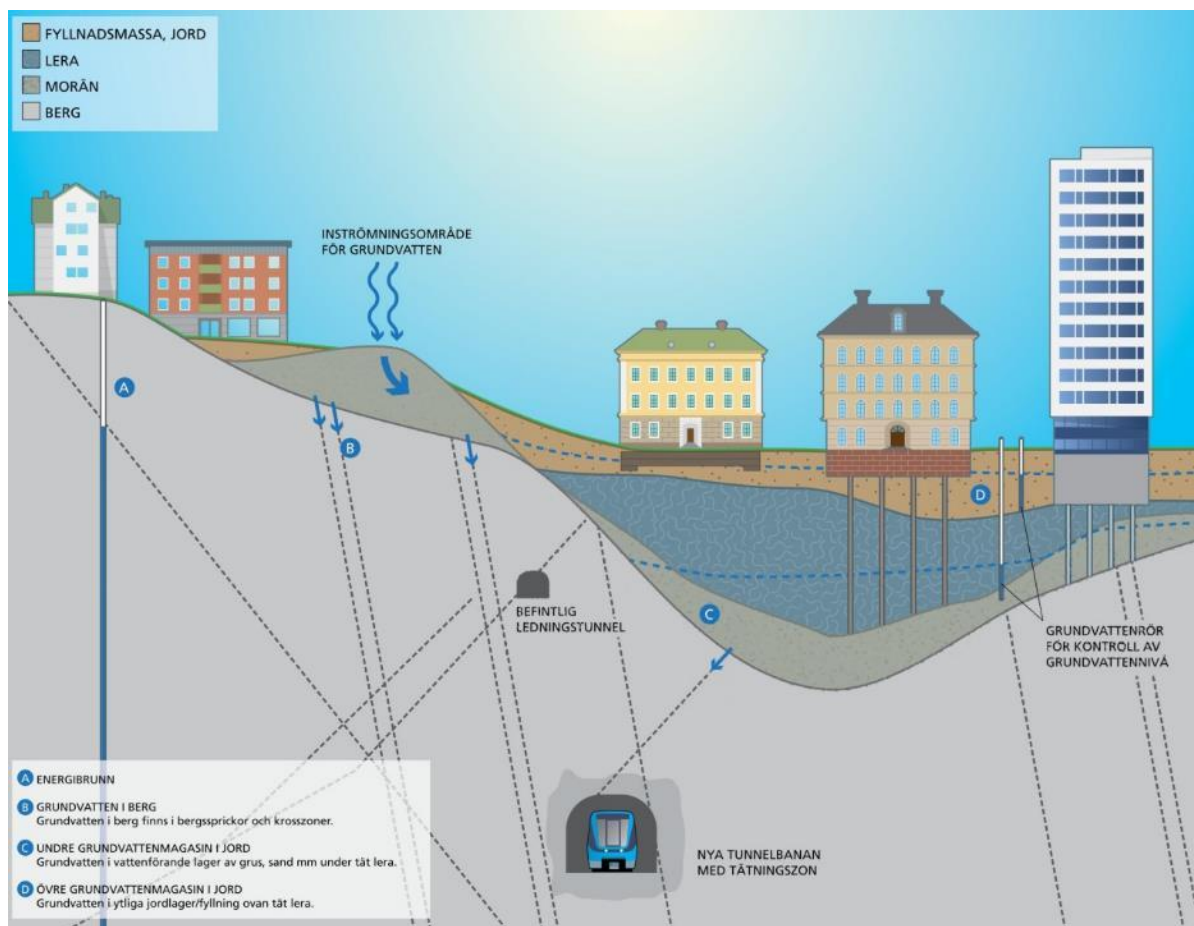
Vid byggnation av tunnlar i berg finns det en risk att grundvatten läcker in vilket kan påverka grundvattennivån, se Figur 16. För att undvika negativa konsekvenser till följd av tunnelbyggande behövs därför åtgärder. Projektets påverkan på grundvatten kommer att beskrivas mer detaljerat i tillståndsansökan för vattenverksamhet med tillhörande MKB. Villkor för att undvika negativ påverkan kommer att läggas fast i miljödomen för vattenverksamheten och förutsätts vara tillräckliga för att undvika permanenta skador till följd av påverkan på yt- och grundvatten.

För att begränsa volymen inläckande vatten till tunnelbanan kommer berget runt tunnelarna att tätas i samband med anläggandet. Tätningen kommer främst att utföras genom så kallad förinjektering med cementsuspension, vilket är en konventionell metod vid svenska tunnelbyggen. Förinjektering utförs i borrhål vid tunnelfronten och innebär att cementsuspension trycks in i bergets sprickor så att en tätande skärm bildas i berget innan sprängning, se faktaruta i avsnitt 2.3.

Förinjekteringen anpassas efter de geologiska och hydrogeologiska förhållandena på platsen. Vid behov kompletteras förinjekteringen med efterinjektering efter sprängning. Vid efterinjektering används cementsuspension, och i vissa fall godkända kemiska tätningsmedel. Tätningseffekten är emellertid begränsad vid efterinjektering och därför kommer projektet huvudsakligen koncentrera arbetet med tätning till förinjektering.

Trots att tunnlar tätas kommer ett visst inläckage att kvarstå. Detta inläckage kan variera längs med tunneln, beroende på hur tätt berget är och om sprick- eller krosszoner passeras. Inläckande grundvatten kan resultera i en grundvattensänkning om skyddsinfiltration inte används för att återställa grundvattennivån. Skyddsinfiltration innebär att vatten återförs till grundvattenmagasinet via infiltrationsbrunnar. Vid behov kommer det att utföras skyddsinfiltration för att upprätthålla grundvattennivåer i tunnelbanans omgivning och på så sätt motverkas risk för sättningar eller andra skador till följd av grundvattennivåsänkningen.

Utredningsområdet för grundvattenpåverkan för byggandet av Gul linje redovisas i Figur 17.



Figur 16. Tunnelbyggande och påverkan på grundvatten.

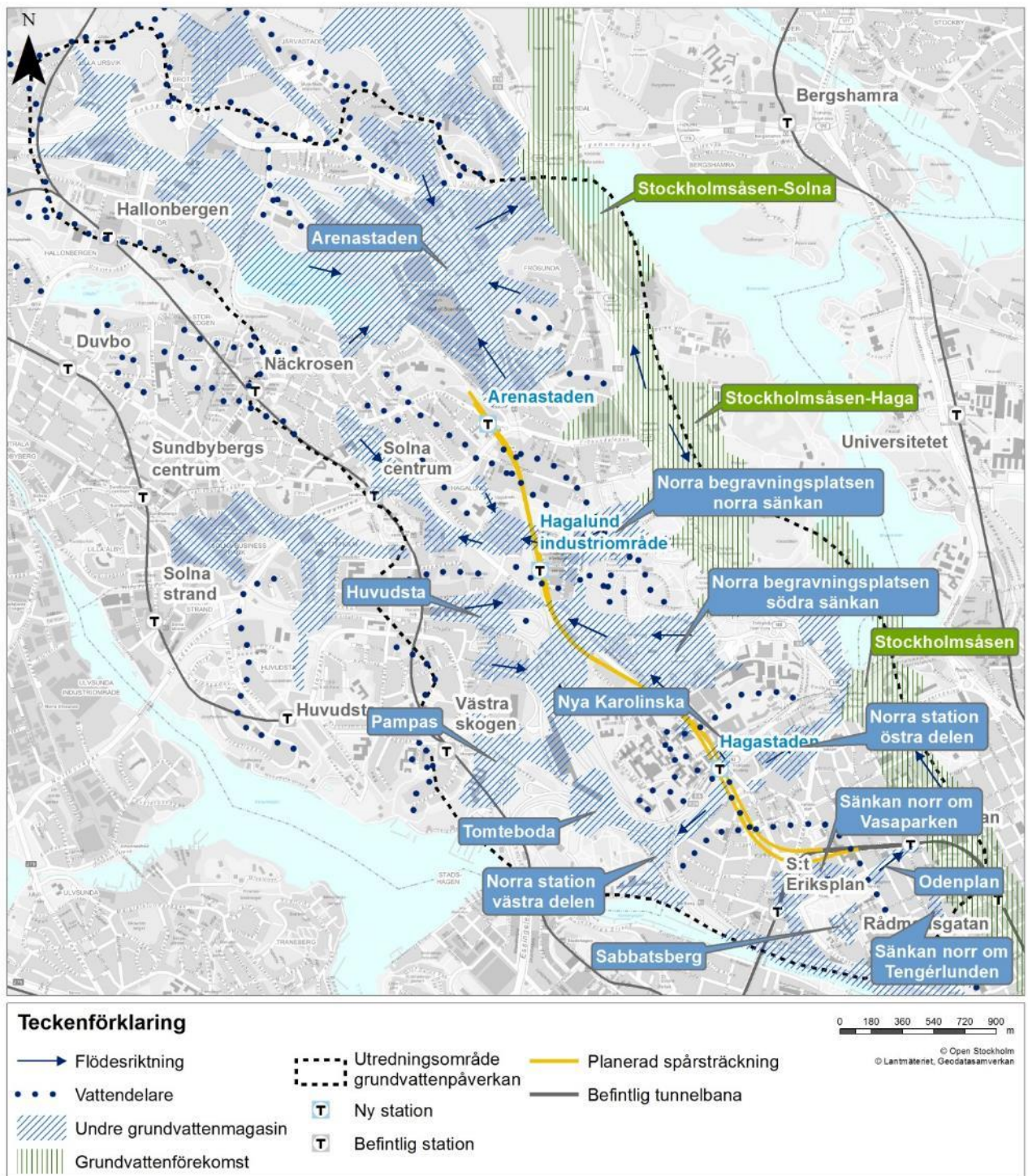
Det område som kan påverkas vid en grundvattennivåsänkning, förutsatt det inte genomförs några åtgärder, benämns influensområdet. Influensområdet för Gul linje kommer att identifieras i det fortsatta arbetet och redovisas i samband med kommande granskningsskede.

Utöver arbeten i berg kan även de schaktarbeten som görs i jord under byggskedet leda till en sänkning av grundvattennivån, främst i jordlagren. Tätning av schakter i jord kommer därför att utföras. Utgångspunkten är att tillfälliga stödkonstruktioner ska vara täta. Erfarenheter visar dock att det är svårt att få helt tätt om berget är uppsprucket i ytan. Särskild vikt kommer att läggas kring sådana områden. De färdiga anläggningar som byggs i jord är täta och kommer inte påverka grundvattnet under driftskedet.

Temporära och lokala grundvattensänkningar under byggskedet är oundvikliga. Grundvattensänkningar kan, i sin tur, påverka grundvattennivå känsliga objekt. De objekt som har bedömts kunna påverkas av förändringar i grundvattennivåer och andra förändringar är:

- Byggnader i sättningsskänsliga områden med grundvattenberoende grundläggning.
- Byggnader med trägrundläggning.
- Brunnar för vatten- och energiförsörjning.
- Naturobjekt, kulturobjekt och fornlämningar. Detta beskrivs i avsnitt 4.6 respektive 4.7.

Förutom påverkan på ovanstående objekt kan en förändring av grundvattennivån kunna medföra förändrad vattenkvalitet och spridning av föroreningar.

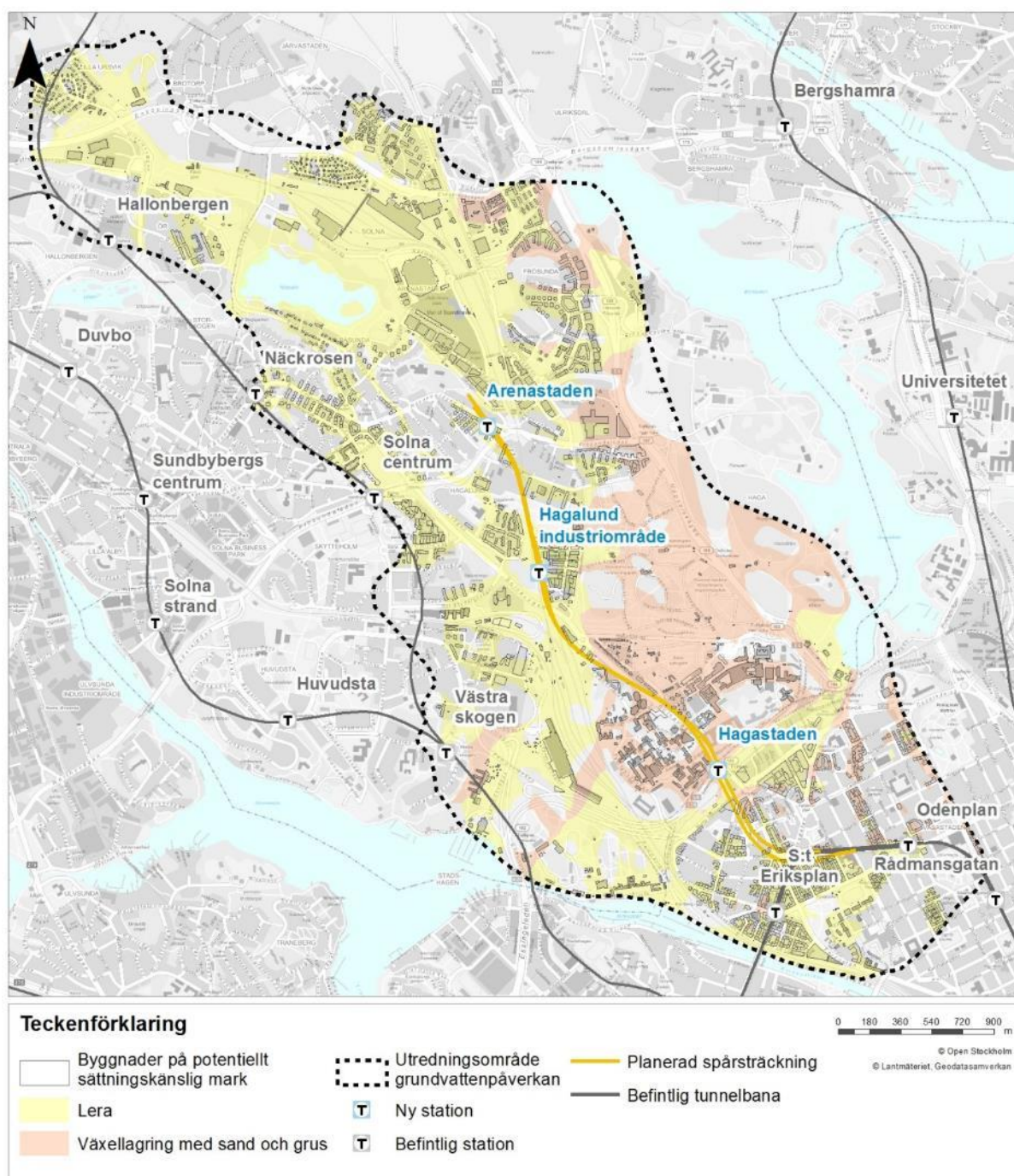


Figur 17. Undre magasin samt grundvattenförekomst inom utredningsområdet.

4.5.2 Sättningar

Inläckage av vatten i tunneln sänker grundvattennivån i bergets sprickor, vilket kan resultera i sänkt grundvattennivå i jordlagret ovanför berget. En sådan sänkning av grundvattennivån kan leda till att lera trycks ihop (konsolideras), vilket kan resultera i sättningar. Risk för sättningar finns främst inom sättningkänsliga lerområden inom influensområdet, men det är byggnadens grundläggning som avgör om en byggnad påverkas eller inte. Vid sättningar kan det exempelvis uppstå sprickor i byggnaders fasader och, i värre fall, skador i bärande konstruktioner. I Figur 18

nedan redovisas byggnader i sättningskänsliga områden inom utredningsområdet för vattenverksamhet. Det gula lagret redovisar lera och det röda redovisar växellagring med sand och grus. Under växellagringen kan det finnas lera vilket innebär att det även för byggnader inom detta område finns risk för sättningar.



Figur 18. Byggnader i sättningskänsliga områden inom utredningsområdet för Gul linje.

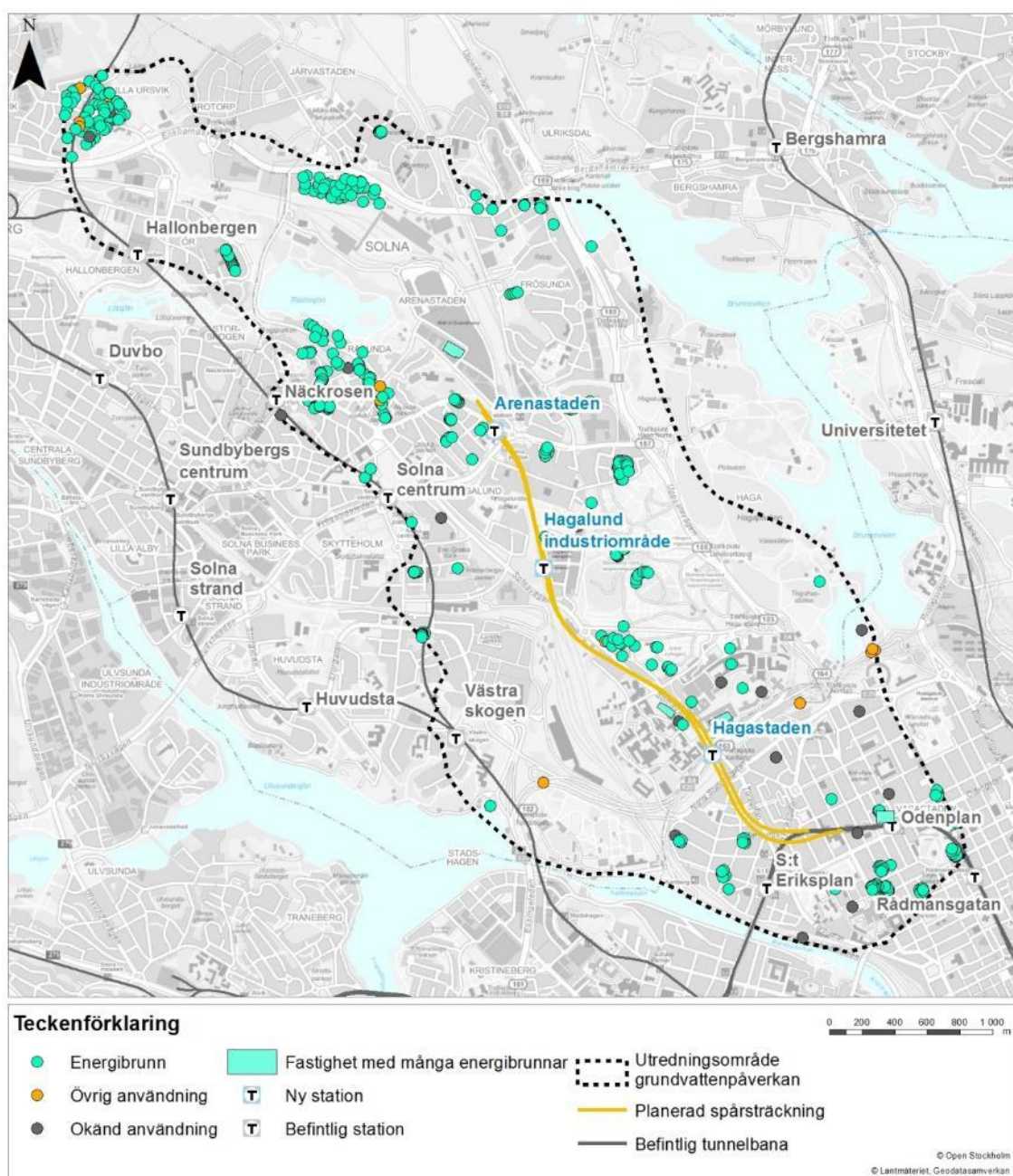
Större och tyngre bebyggelse är normalt grundlagd på ett sådant sätt att sättningar inte uppstår. Detta gäller även större och känsliga ledningar. Det är företrädesvis mindre och lättare bebyggelse samt klenare ledningar som har en grundläggning som kan vara känslig för grundvattenpåverkan. För byggnader som har grundläggning med träkonstruktioner, till exempel träpålar, kan en grundvattensänkning medföra att konstruktionerna ruttnar och förstörs då syre får tillträde. Som en konsekvens av detta kan det uppstå skador i byggnaders fasader såsom sprickor och, i värre fall, skador i bärande konstruktioner.

Ledningar för el- och tele/bredband bedöms inte vara känsliga för mindre sättningsrörelser. Större vatten- och fjärrvärmeledningar är så tunga att de behöver vara grundlagda ned till fast jordart eller berg när de är förlagda inom ett sättningkänsligt område för att inte riskera att skadas. Äldre ledningar är vanligtvis inte fast grundlagda och därför ofta sättningkänsliga.

Inom utredningsområdet för byggandet av Gul linje finns några byggnader med sättningkänslig grundläggning. I området nordväst om Vasaparken finns exempelvis flerbostadshus som är grundlagda på träpålar eller på lera. Dessa byggnader måste bevakas nog under byggskedet.

4.5.3 Brunnar

Cirka 650 brunnar har identifierats inom utredningsområdet, se Figur 19. De utgörs framförallt av energibrunnar, men privata brunnar och brunnar med okänd användning finns också.



Figur 19. Inventerade brunnar i utredningsområdet för utredningsområdet för Gul linje.

Sänkt grundvattennivå i berg eller jord kan medföra minskad uttagskapacitet i enskilda brunnar. För enskilda brunnar kan detta resultera i att vattenförsörjningen inte kan upprätthållas och för energibrunnar att effektuttaget minskar.

En bedömning av eventuell påverkan på varje enskild brunn kommer inte att kunna utföras i detta samrådshandlingsskede, eftersom varje brunn påverkas av enskilda vattenförande sprickor i berget. Eventuell påverkan på enskilda brunnar kommer att följas upp med mätningar.

4.5.4 Föroreningsspridning i mark och vatten

Grundvattennivåsänkning kan medföra att föroreningar sprids med grundvattnet. Dels kan redan förorenat grundvatten spridas till andra områden, dels kan en ändrad grundvattennivå och grundvattenströmning utlösa en föroreningssituation för grundvattnet. Detta eftersom en sänkt grundvattennivå påverkar markförhållandena och markprocesserna på ett sådant sätt att utlakningen av föroreningar kan öka. Vilka konsekvenser detta kan få beror på föroreningens typ och omfattning.

Ett område med förhöjda föroreningshalter i grundvattnet har hittills identifierats utmed sträckan. Det aktuella området ligger runt station Arenastaden och höga koncentrationer av klorerade lösningsmedel har påvisats. Kompletterande provtagning och särskilda åtgärder vid hanteringen av länshållningsvatten kommer därför krävas i detta område under byggskedet.

Utförd provtagning av jord vid planerade stationer visar generellt föroreningshalter under Naturvårdsverkets generella riktvärde för mindre känslig markanvändning (MKM), vilket motsvarar områdets markanvändning. Halter över MKM har endast påträffats i enstaka punkter. Förhöjda halter av metaller och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) har påvisats i fyllningsjord, vilket är normalt i storstadsmiljö. Hantering av uppschaktad jord i byggskedet beror av föroreningsinnehåll och eftersom förhöjda halter påvisats kan jorden inte hanteras fritt. Inför schakt kommer därför kompletterande provtagning och analyser behöva utföras för att säkerställa att massorna hanteras korrekt.

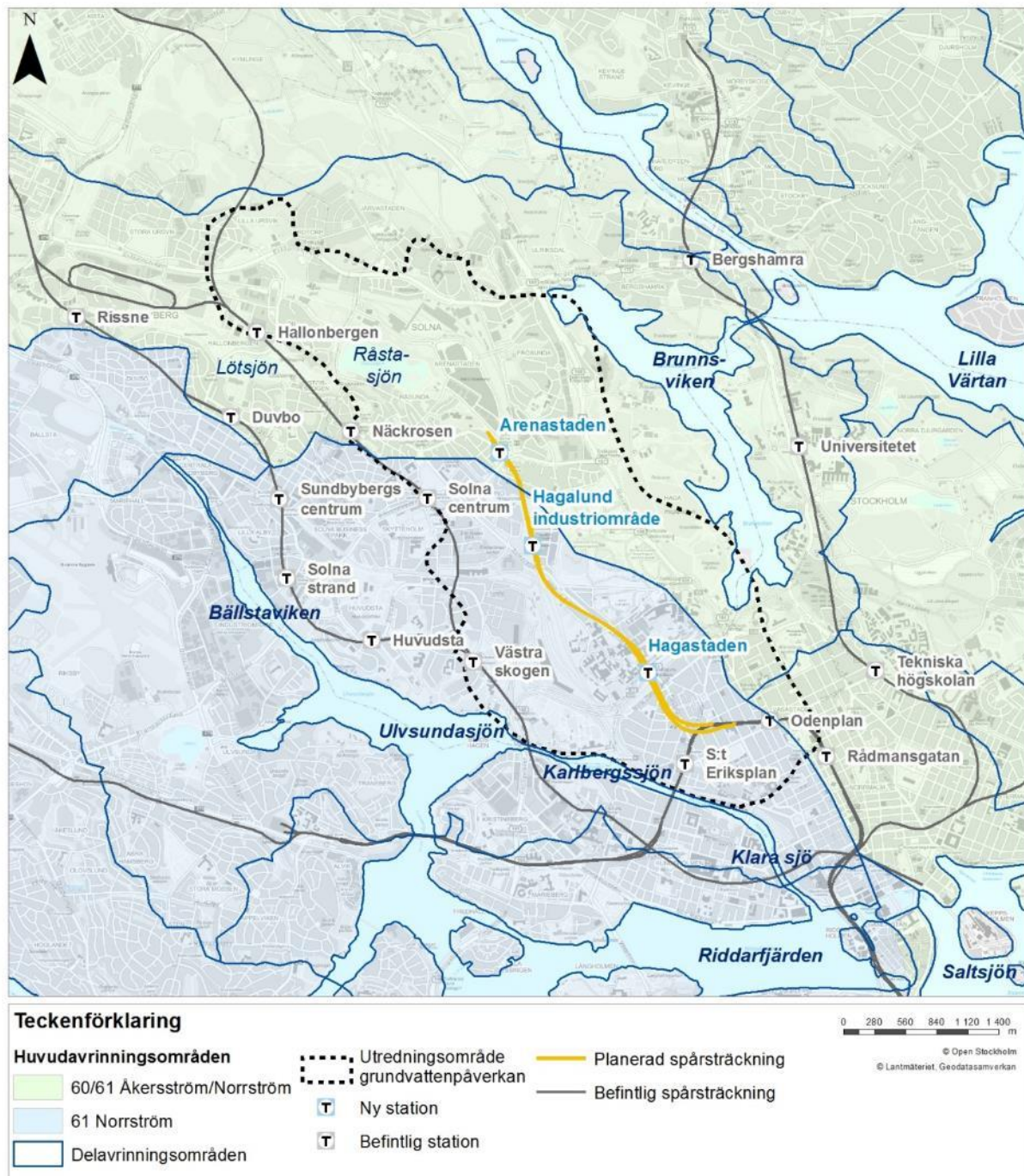
4.5.5 Länshållningsvatten

Det grundvatten som tränger in i tunnlar och schakt blandas med nederbörd och processvatten och bildar ett länshållningsvatten, se faktaruta i avsnitt 2.8 Processvatten. Detta vatten kan innehålla cementrester från injektering och förstärkning, sprängämnesrester, borrhax, samt oljespill från maskiner och hydraulsystem. Länshållningsvatten hanteras på arbetsplatsen genom att det samlas upp i tillfälliga pumpgropar där det genomgår sedimentation, oljeavskiljning och eventuell övrig rening.

För att minska andelen kvävespill vid sprängning kan åtgärder bestå av val av sprängämne samt hantering och laddning. För att minska mängden kväve i sprängstensmassorna kan dessa spolav. Innan utlastning vattenbegjuts normalt sprängstenshögen med vatten för att binda dammet.

Länshållningsvattnet kommer under byggtiden i huvudsak att avledas till spillvattennätet och behandlas i reningsverk. Enbart om länshållningsvattnet är tillräckligt rent släpps det ut till recipient, vilket kan bli Ulvsundasjön eller Brunnsviken, se Figur 20.

För att säkerställa att vattnet hanteras rätt kommer kontroll av anläggningar samt provtagningar av vattnet att ske under hela byggtiden.



Figur 20. Avrinningsområden dit renat länshållningsvatten eventuellt kan släppas.

4.5.6 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- Det kommer att upprättas ett kontrollprogram för övervakning av grundvattennivåer och sättningar under byggskedet.
- För att begränsa volymen inläckande vatten i tunneln kommer berget runt tunnlarna att tätas i samband med anläggandet. Det samma gäller vid arbeten i jord.

- Vid behov kommer det att utföras skyddsinfiltration för att upprätthålla grundvattennivåer i tunnelbanans omgivning och på så sätt motverkas risk för sättningar eller andra skador till följd av grundvattennivåsänkningen.
- Det kan bli aktuellt med kompletterande åtgärder vid sidan av tätning och infiltration. De kan bestå i att mindre sättningar i gatumark eller i källargolv repareras istället för att det genomförs permanent infiltration.
- I de fall förändringar i grundvattennivåer resulterar i att bergvärmebrunnar får ett minskat effektuttag kommer det genomföras åtgärder. Exempelvis kan det borraras en ny brunn, den befintliga brunnen kan göras djupare eller så kan mediet för värmeöverföring bytas ut.
- Process- och länshållningsvatten kommer att pumpas till lokala reningsanläggningar och vidare till spillvattennätet. I reningsanläggningarna avskiljs sediment och olja och eventuellt genomförs pH-justering. Riktvärden för föroreningshalter bestäms tillsammans med aktuellt reningsverk.
- Länshållningsvattnet i det område av Arenastaden där det finns höga halter av klorerade lösningsmedel kommer troligtvis att hanteras separat i en filteranläggning.

4.6 Naturmiljö och rekreation

Träd och markvegetation på fast mark utnyttjar främst det markvatten som finns i jordlagren och som fylls på av nederbörd och snösmältning. Det finns dock växter som är grundvattenberoende och för dessa kan en sänkning av grundvattennivån i jordlager resultera i negativa konsekvenser. I dagsläget har inte något grundvattenberoende naturområde identifierats inom utredningsområdet. Träd och markvegetation utnyttjar främst markvatten, och det bedöms som osannolikt att några naturvärden skulle skadas av en grundvattenpåverkan. Inga negativa konsekvenser på natur- och friluftsområden bedöms därför ske till följd av grundvattenpåverkan.

Ett av de öppna schakt som krävs för byggandet av stationen i Hagastaden innebär att en del av de träd som finns invid Karolinska Institutets entré kommer behöva tas bort.

Arbetstunneln och en etableringsytan vid Dalvägen ligger i norra delen av den parkmiljö som löper längs med Dalvägen, se Figur 21 och Figur 22. Området hyser ett antal ekar och är en del av Solnas eklandskap. Parken har mestadels tät vegetation men det finns ett antal gräsytor i varierande storlek. I parken finns såväl promenadvägar som bänkar och lekplatser och i parkens mellersta del finns även en inhägnad grusplan avsedd för bollsporter. Parken bedöms i sig inneha rekreativa värden. Tillsammans med cykelvägen fungerar parken även som ett stråk mellan Solna station och området kring Råstasjön, som är ett välbesökt rekreativsområde.

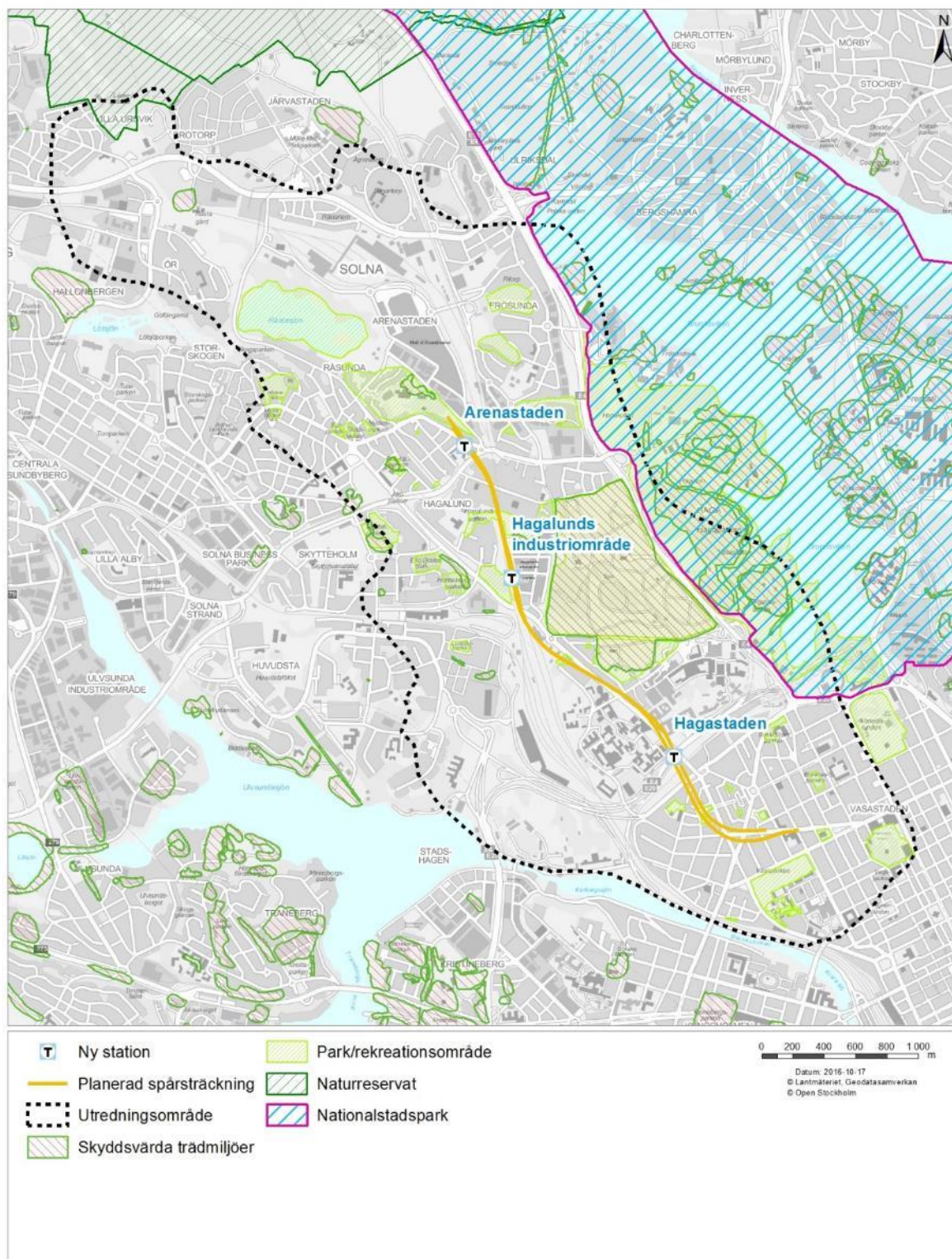
Byggandet av arbetstunneln och anläggandet av etableringsytan innebär att två till tre av parkens ekar måste avverkas i samband med byggskedet. Vidare finns det en risk för att närliggande träd skadas under byggskedet till följd av påkörning, kompaktering av jord, spill av kemikalier med mera. Åtgärder krävs för att undvika sådana skador.

Utöver påverkan på parkens naturvärden bedöms byggskedet även medföra negativa konsekvenser för parkens rekreativa värden. Dels kommer delar av parken att rent fysiskt tas i anspråk, dels kommer det rekreativa värdet på resterande ytor i parken att minska temporärt under byggskedet, framförallt på grund av buller från transporter.

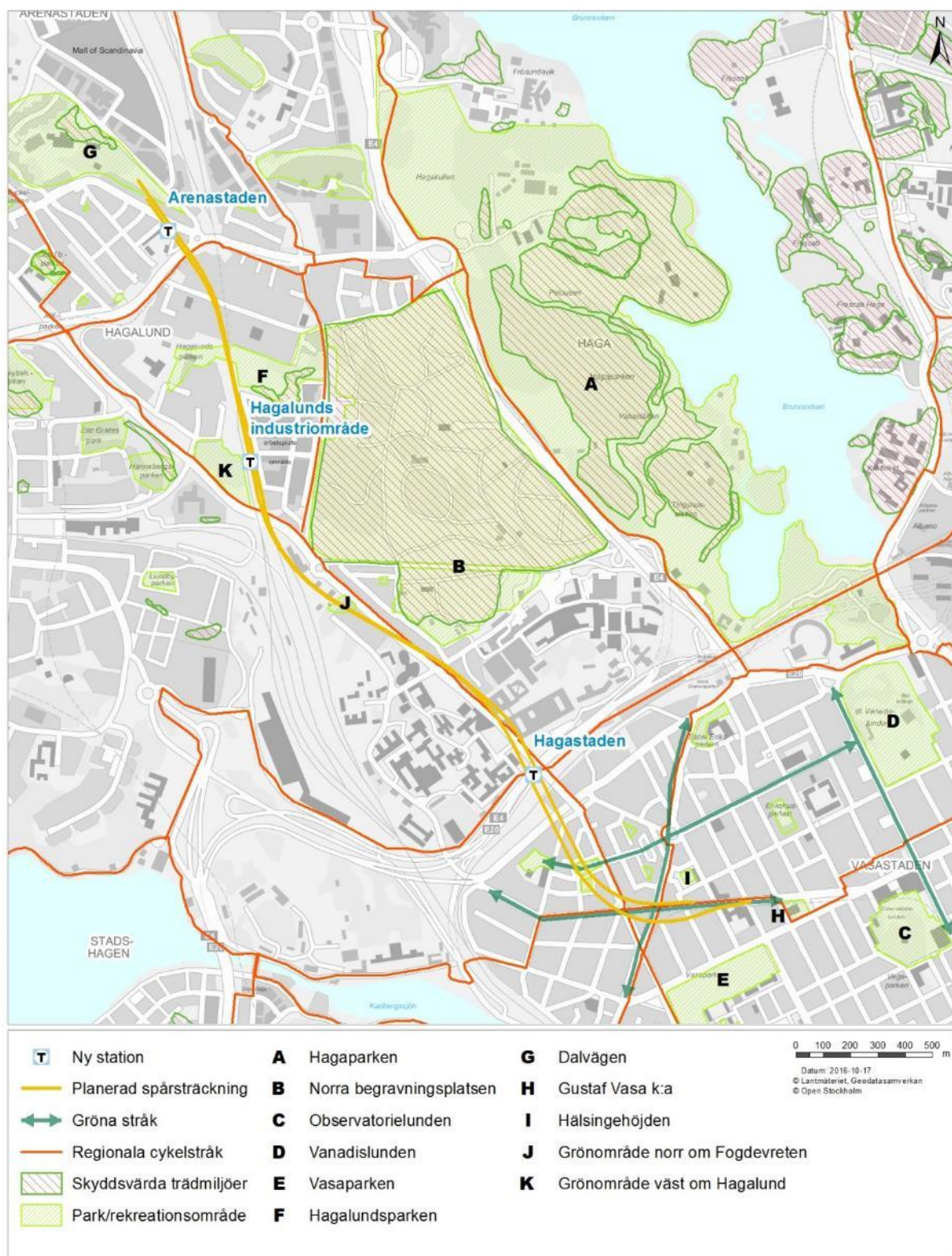
Byggandet av stationerna i Hagastaden och Hagalunds industriområde innebär att cykelstråket längs Solnavägen troligtvis kommer påverkas då byggtransporter sannolikt behöver korsa stråket för att köra ut på Solnavägen. Det innebär att det periodvis kan bli svårare att cykla längs med

cykelstråket. Även lokala cykelstråk kan påverkas periodvis under byggskedet, bland annat i Hagalund och längs med Dalvägen.

Eftersom station Hagalunds industriområde tillkommit sent i planeringen har dessa naturområden inte inventerats varför deras naturvärden inte är kända. Inför kommande granskningsskede kommer dessa områden att undersökas. Det etablerings- och arbetsområde som planeras vid arbetstunneln kommer sannolikt medföra att ett antal träd, cirka 10-15, kommer behöva tas bort.



Figur 21. Skyddsvärda trädmiljöer, park- och rekreatiomsområden, naturreservat samt nationalstadsparken.



Figur 22. Gröna stråk, regionala cykelstråk samt skyddsvärda trädmiljöer och park/rekreatiomsområden i närhet/anslutning till den planerade spårsträckningen för Gul linje.

4.6.1 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- Negativa effekter vad gäller tillgängligheten på cykelstråket längs med Solnavägen begränsas genom tydlig skyltning av tillfälliga omledningar och alternativa cykelvägar.
- Träd inom etableringsytor och träd i närheten av arbets- och etableringsområden ska skyddas med stängsel. Denna inhängning bör helst omfatta området en meter utanför trädkronans linje. Vid större skador under byggskedet ska de ersättas.
- De träd som avverkas eller får stora skador under byggskedet kommer ersättas genom återplantering av träd där det är möjligt.

4.7 Kulturmiljö och stadsbild

Det finns en risk för påverkan på kulturhistoriskt värdefulla byggnader till följd av vibrationer och grundvattennivåsänkningar under byggskedet. Det finns sammantaget ett mycket stort antal kulturhistoriskt värdefulla byggnader längs Gul linjes sträckning, se Figur 23.

Äldre byggnadskonstruktioner innehåller i många fall trä och murat tegel som kan agera mer elastiskt än senare tiders mer hårda konstruktioner. Trots detta kan spänningar med tiden byggas upp i äldre, såväl som yngre, konstruktioner. Dessa spänningar kan utlösas av vibrationer, utan att vibrationen normalt skulle orsaka motsvarande skador eller sprickbildningar.

Det finns en risk för att byggandet av tunnelbanan resulterar i grundvattennivåsänkningar. En del av de kulturhistoriskt värdefulla byggnaderna som finns utmed Gul linje har grundläggning som är känsliga för sådan grundvattenpåverkan. Bland annat kan byggnader med trägrundläggning skadas och kulturhistoriska värden kan därmed förstöras. Skador orsakade av sänkning av grundvattennivån uppkommer generellt långsamt. De flesta byggnader i området är dock grundlagda på berg vilket innebär en lägre risk för skador. Av de kända fornlämningarna inom utredningsområdet finns det en som skulle kunna påverkas av en grundvattennivåsänkning. Det finns därmed en risk för att kulturlager i denna fornlämning, exempelvis trä, ben och pollen, förstörs. Ingen annan känd kulturlämning inom utredningsområdet kommer att påverkas.

På relativt stort avstånd från Gul linje finns Solna kyrka med tillhörande kyrkomiljö. Miljön hyser stora kulturhistoriska värden och är belägen på sättningsbenägen mark vilket gör den känslig för vibrationer och eventuella sänkningar av grundvattennivån. Kyrkan och dess omgivning kommer därför övervakas under byggskedet.

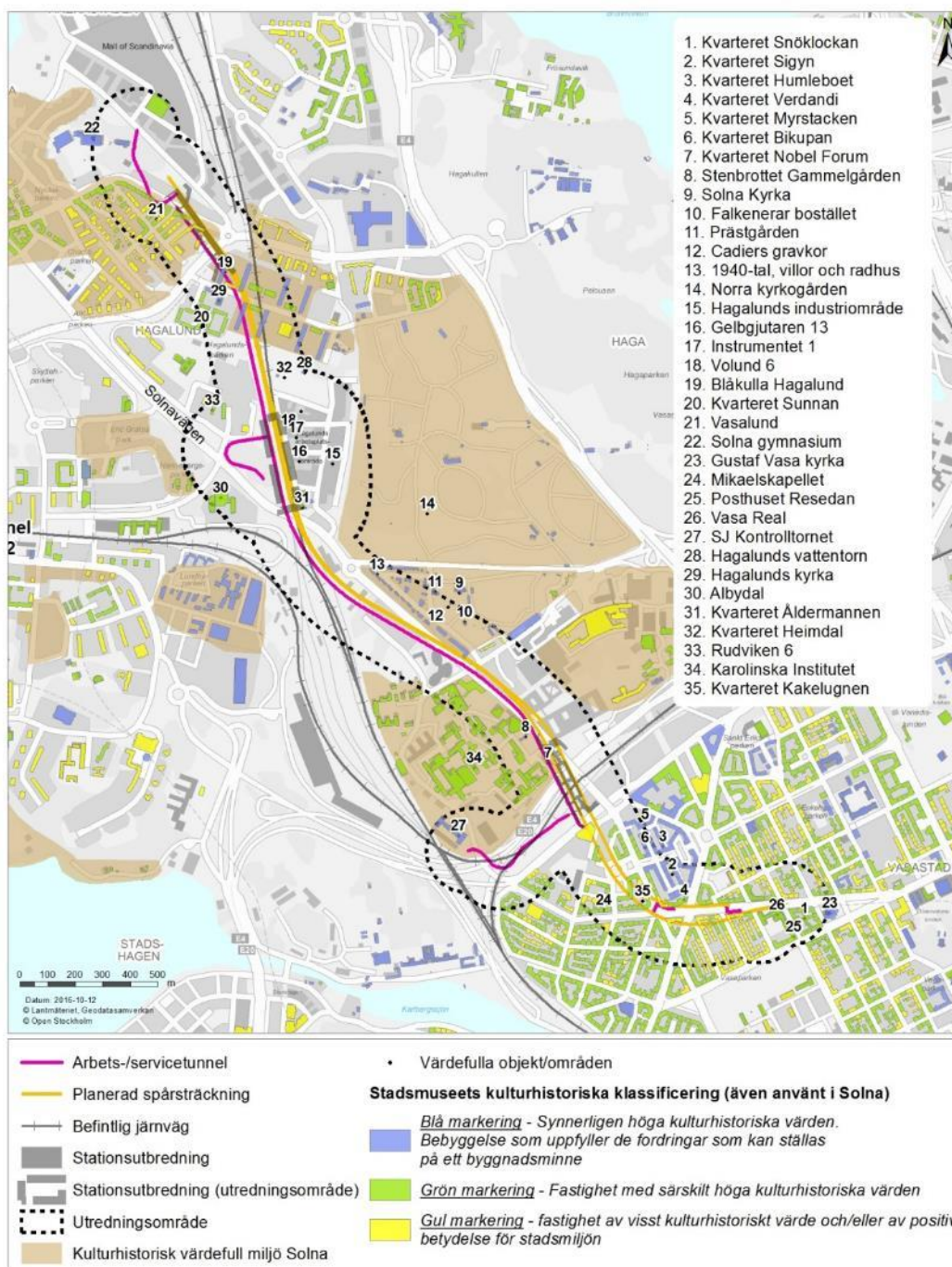
Risk för påverkan av vibrationer och grundvattennivåsänkningar under byggskedet gör att det inte kan uteslutas att kulturhistoriskt värdefull bebyggelse ovan och intill spårtunnlarna skadas i samband med byggskedet. Sänkning av grundvattnet kan även medföra negativa konsekvenser för en kulturhistorisk lämning.

De arbetsområden och etableringsytor som kommer att finnas kring de nya stationerna bedöms påverka stadsbilden under många år. Buller och vibrationer bedöms även medföra negativ påverkan på själva upplevelsen av kulturmiljön.

Det kommer att upprättas noggranna åtgärdsprogram för att minimera risken för skador. I de fall skador likväl uppstår på byggnader kommer dessa att så långt som möjligt begränsas och åtgärdas. Vissa kulturhistoriska värden går dock inte att återskapa varför bestående skador inte kan uteslutas.

4.7.1 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

En åtgärdsplan (*Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader*) med instruktioner för hur kulturmiljön ska övervakas och kontrolleras under byggskedet har upprättats. I ett åtgärdsprogram definieras åtgärder och löpande rutiner för kontroll anpassade till såväl enskilda byggnader som hela bebyggelsemiljöer. Inventering av kulturhistoriska byggnader genomförs enligt åtgärdsprogrammet i fyra steg och resulterar sedan i ett kontrollprogram. Inventeringsområdet för vibrationer är 150 meter på vardera sidan tunneln.



Figur 23. Karta över kulturhistoriskt värdefulla byggnader längs med Gul linjes sträckning, av Stadsmuseets kulturhistoriska klassificering.

4.8 Olycksrisker

I detta avsnitt beskrivs översiktligt de risker som är förknippade med Gul linjes byggskede. (För en utförligare beskrivning, se bilaga 2 till MKB:n, *Olycksrisker*.)

Vid bergarbeten finns det risk för att de samhällsviktiga verksamheter som finns utmed sträckan påverkas. För att känslig medicinsk utrustning i sjukhusområdet vid Hagastaden inte ska skadas av vibrationer kommer det att upprättas ett kontrollprogram för vibrationer. Vid passager av befintliga tunnlar såsom Citybanan och under Värtabanan och E4 kommer stor vikt att läggas vid planering av tunneldrivning förbi dessa känsliga snitt.

Vid byggandet av Gul linje krävs sprängningsarbeten vilket innebär att sprängämnen behöver transporteras till arbetsområdena. Transporten av dessa sprängämnen kommer till viss del att ske inom förbudszone för farligt gods i Stockholms innerstad. I de fall det sker en olycka kopplad till dessa transporter kan det medföra mycket stora konsekvenser. Hur stora konsekvenserna blir beror på vilken typ av sprängmedel som väljs samt vilka transportvägar som används.

Under byggskedet kommer risken för trafikolyckor att öka med anledning av byggtrafiken. Denna risk kommer att hanteras genom den trafikanordningsplan (TA-plan) som upprättas av entreprenören och genom att trafiken till viss del leds om.

Vid stationsentréerna för station Hagalunds industriområde kommer arbete eventuellt att ske nära befintliga spår för Ostkustbanan, beroende på hur nära spåren entréerna placeras. Arbete nära spår medför en påkörningsrisk för personal samt en risk för påverkan på befintliga spår.

Öppna schakt medför en risk för att trafikanter kör ner i dessa. Vid station Hagastaden kommer öppet schakt dessutom ligga intill Solnavägen, på vilken det transporteras farligt gods. Entreprenören måste därför genomföra åtgärder för att säkerställa att brandfarlig vätska inte kan nå schaktet, till exempel genom att anlägga ett temporärt avvattningssystem under byggskedet.

Under byggskedet är risken för brand förhöjd, eftersom alla tekniska brandåtgärder ännu inte är på plats och utrymningssituationen kan vara problematisk. Detta kommer att hanteras genom att en plan för brandskydd under byggskedet upprättas. Vid de öppna schakten finns det en risk för att räddningstjänstens möjlighet till insats försvåras. Detta hanteras genom att bygget kommer genomföras i olika etapper, där räddningstjänstens insatsmöjligheter beaktas i planeringen av varje etapp. Som en del i arbetet med riskfrågor i projektet hålls samråd med Räddningstjänsten.

4.8.1 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- Omfattande förstärkningsarbeten kommer att genomföras i de områden där bergtäckningen är bristfällig, samt i anslutning till befintliga anläggningar.
- De transporter som behövs under byggskedet kommer att planeras noggrant så att risken för trafikolyckor minimeras.
- Aktuell entreprenör kommer vid behov att upprätta en trafikanordningsplan (TA-plan).
- En plan för brandskydd under byggskedet kommer att upprättas.
- Bygget kommer att genomföras i etapper för att framkomligheten för till exempel räddningstjänsten inte ska påverkas under byggskedet.

4.9 Klimatpåverkan

I Sverige släpptes det år 2013 ut 55,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter² och transportsektorn står för cirka en tredjedel av utsläppen. År 2012 svarade järnvägen för cirka två procent av de totala utsläppen av växthusgaser.

Vad gäller järnvägsinfrastruktur bidrar trafikeringen till en mindre del av klimatbelastningen. Istället är det byggande, drift och underhåll som står för den största delen. Det material som används såsom cement, stål och beläggning är en viktig post, en annan är arbetsmaskiner som drivs med fossila drivmedel. För järnvägen bedöms infrastrukturen (byggande, drift och underhåll) stå för knappt två tredjedelar av järnvägens utsläpp av växthusgaser och drygt en tredjedel av järnvägens energianvändning.³

Energieffektivisering och begränsad klimatpåverkan

Det finns en stor utmaning i att bedöma energieffektivisering i infrastrukturhållningen, det vill säga byggskede, drift och underhåll. Förbättringspotentialen bedöms vara upp till några tiotal procent om bästa möjliga material och teknik väljs. Inte minst vad gäller spårbunden trafik där byggskedet står för en större andel av klimatpåverkan jämfört med vid byggande av väginfrastruktur.

En klimatkalkyl har tagits fram för de nya tunnelbanelinjerna, inklusive Gul linje. Klimatkalkylen har beräknat klimatpåverkan för en typisk station och för olika tunnelalternativ. Klimatkalkylen avser hela livscykelperspektivet med en livslängd på 120 år. Det innebär att klimatpåverkan från brytning och framställning av material, transporter, drift av anläggningsfordon samt underhåll är inkluderade. Baserat på beräkningar från klimatkalkylen bedöms byggandet av spårtunnlarna och de tre stationerna för Gul linje totalt sett ha en klimatbelastning motsvarande cirka 46 000 ton koldioxidekvivalenter.

4.9.1 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- Under fortsatt arbete med bygghandling och anläggningsarbete kommer klimatfrågan tas om hand kontinuerligt. Bland annat genom ett systematiskt arbete med val av material. Planering av masshantering och byggtrafikens transporter är exempel på åtgärder som kan begränsa utsläppen ytterligare.

² Koldioxidekvivalenter eller CO₂e är ett mått på utsläpp av växthusgaser som tar hänsyn till att olika sådana gaser har olika förmåga att bidra till växthuseffekten. När man uttrycker utsläppen av en viss växthusgas i koldioxidekvivalenter anger man hur mycket koldioxid som skulle behöva släppas ut för att ge samma verkan på klimatet.

³ Samlat planeringsunderlag för energieffektivisering och begränsad klimatpåverkan (Publikation 2012:152)

4.10 Sociala konsekvenser

Byggarbeten kan medföra en risk för olyckor. Etableringsytor och schakt kommer att avskärmas med plank eller stängsel vilket är positivt för säkerheten då risken för att en obehörig ska komma in och skada sig begränsas. Emellertid kan avskärmningar skapa otrygga miljöer då siktlinjer bryts vilket försämrar överblickbarheten. Avskärmningar kan också skapa otrygga miljöer i form av trånga passager och undanskymda hörn. Plank utsätts också ofta för klotter och annan skadegörelse och undanskymda hörn kan användas som toalett. Detta bidrar till en känsla av att platsen är övergiven vilket kan påverka känslan av otrygghet. Speciellt utsatta är gruppen kvinnor och unga vuxna som oftare än andra upplever rädsla för att utsättas för våld och övergrepp i den offentliga miljön.

Arbets- och etableringsområden kan innebära att tillgängligheten begränsas, exempelvis om trottoarer och gator tas i anspråk. För verksamheter kan detta innebära att besökare och kunder kan få svårare att nå fram. Det kan också bli svårare för leveranser av varor och annat att nå fram. Detta kan medföra minskade intäkter för berörda verksamheter.

Arbetet med en barnkonsekvensanalys (BKA) pågår. BKA:n kartlägger barn och ungas rörelsemönster samt viktiga platser för dessa. Syftet är att identifiera sådant som är viktigt att ta hänsyn till i planeringen av byggskedet för att undvika eller begränsa negativa effekter på barns och ungas möjlighet att röra sig och vistas i det som är deras vardagsmiljö.

4.10.1 Vasastaden

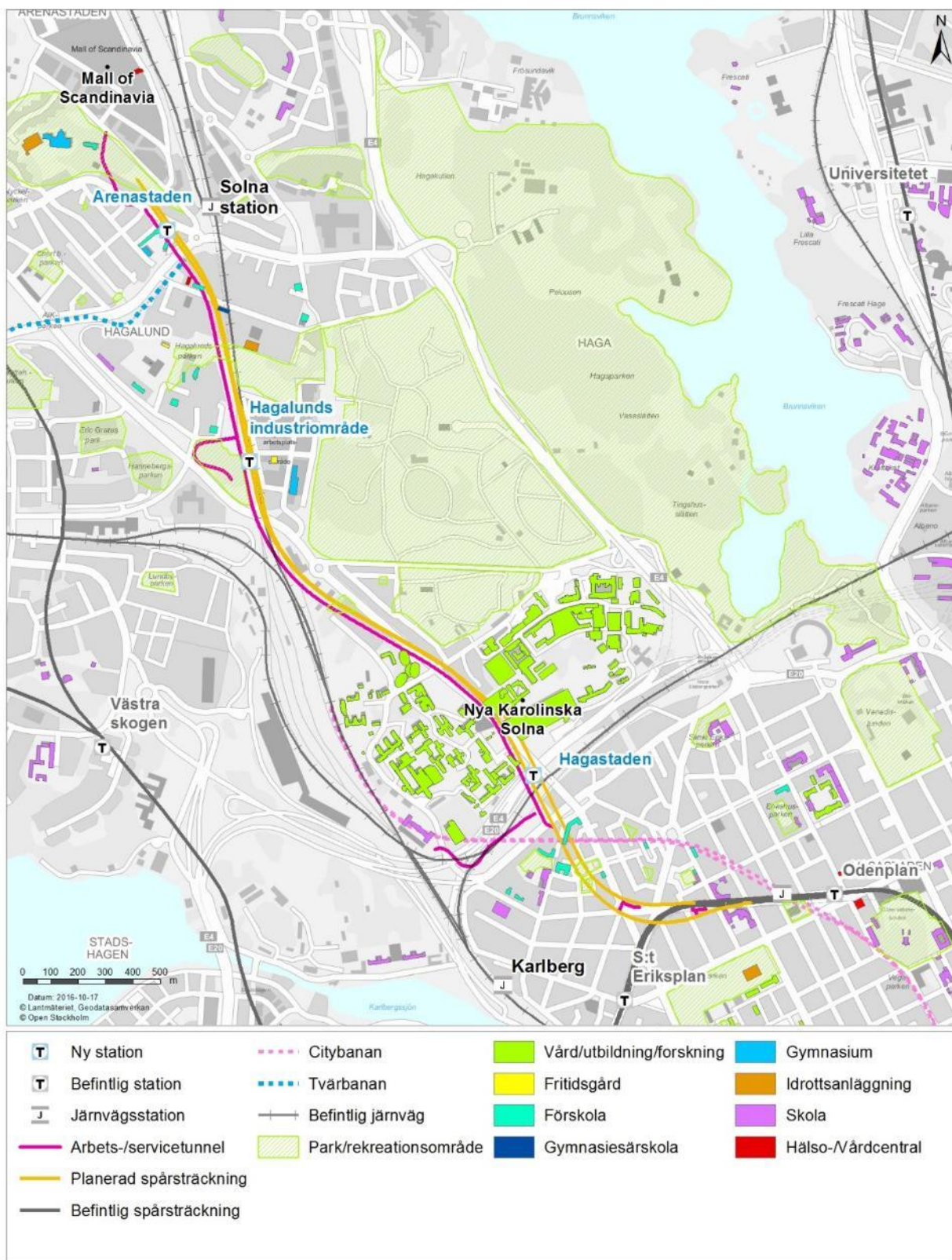
Vid Odenplan byggs ingen ny station och området påverkas därmed inte av ovanjordsarbeten. Emellertid planeras för två utrymningsvägar, se Figur 4. Arbetena med utrymningsvägarna innebär bland annat borrhning och spontning vilket alstrar höga bullernivåer. Tunnelldrivning medför spridning av vibrationer som kan medföra stomljud i byggnader. Blockering av gångvägar och cykelbanor kan påverka tillgängligheten i närområdet. Själva etableringsytan och schaktet samt arbetsfordon kan påverka säkerheten. Ett av de öppna schakten på Karlbergsvägen ligger nära grundskolan Vasa Real. Stomljud och byggbuller kan medföra försämrad studiemiljö. Byggskedet för utrymningsvägarna vid Karlbergsvägen bedöms kunna påverka tillgängligheten till och trivseln på ett mindre antal verksamheter.

4.10.2 Hagastaden

Byggskedet för station Hagastaden innefattar bland annat att gång-, cykel-, buss- och biltrafik behöver ledas om då det behövs ett öppet schakt på Solnavägen, se Figur 7.

Nya Karolinska Solna, NKS, utgör en mycket viktig social servicefunktion i området med ett stort upptagningsområde. Utöver det finns få servicefunktioner i området idag, men Karolinska Institutet utgör en betydelsefull målpunkt. En gymnasieskola, Johan Movers gymnasium, samt en skola för yrkesförberedande studier finns i områdets västra del och en anläggning för idrott i dess norra del. Troligtvis kommer det att finnas fler viktiga sociala servicefunktioner när tunnelbanan byggs eftersom vissa av de bostäder som ska byggas i Hagastaden planeras vara inflyttningsklara redan 2017.

Längs med Solnavägen går ett regionalt cykelstråk vilket kommer påverkas under byggskedet. Framkomligheten för buss- och biltrafik begränsas också. Hur detta påverkar tillgängligheten till Karolinska Institutet och NKS är inte möjligt att bedöma utifrån de underlag som i dagsläget finns tillgängliga.



Figur 24. Lokalisering av samhällsviktiga funktioner i området för den nya Gula linjen.

Den stomljudsberäkning som gjorts, se Figur 13, visar att byggskedet kan medföra störningar i NKS samt i bostäder, kontor och lokaler. Endast ett fåtal bostäder bedöms beröras.

Arbetstunnelns mynning ligger strax bredvid Johan Movingers gymnasium och byggtransporter kan komma att köra förbi skolan vilket skulle medföra störningar i form av buller och försämrad tillgänglighet i området. I Vasalund/Hagalund bedöms inte tillgängligheten till verksamheter att begränsas.

4.10.3 Hagalund

I Hagalunds industriområde, öster om den planerade stationen, ligger Psykologigymnasiet och fritidsgården Black Sheep. Väster om stationen, på Solgatan, ligger Sjötungans förskola. Längs med Solnavägen går ett regionalt cykelstråk.

Både gymnasiet och fritidsgården ligger inom gränsen för utredningsområdet i Hagalunds industriområde. Utredningsområdet på den västra sidan om befintliga spår ligger nära förskolan på Solgatan. Utredningsområdet och byggtrafik från arbetstunneln kan också påverka det regionala cykelstråket.

Stomljud, byggbuller, byggtrafik och markanspråk kan medföra försämrad studie- och boendemiljö samt medföra effekter på rörligheten i området. Lokaliseringen av stationerna och storleken på etableringsytor avgör vilken påverkan det slutligen blir.

4.10.4 Arenastaden

Arbetet med stationsuppgången vid Hagalundsgatan och vid Dalvägen kommer medföra höga bullernivåer. Tunneldrivningen medför stomljud i byggnader. Blockering av gångvägar och cykelbanor kan påverka tillgängligheten i närområdet. Själva etableringsytorna och schakten tar mark i anspråk och byggtransporter kan påverka säkerheten. Närhet till bostäder, undervisningslokaler, lekplatser, verksamheter etcetera innebär att konflikter kan uppstå.

Entrén mot Dalvägen ligger i anslutning till bostadsområdet Vasalund. I nära anslutning till etableringsytan och det öppna schaktet ligger bostadshus längs med Råsundavägen. Etableringsytan och det öppna schaktet för arbetstunneln ligger nära förskolan Juvelen. Arbetsmoment som spontning och schaktning kommer medföra höga bullernivåer. Tunneldrivning kommer ske under bostadshus vid Råsundavägen och förskolorna Klöver, Fyrklöver och Juvelen. Dessa bedöms få stomljudsnivåer runt 50 dB(A). Tryckutjämningschaktet på Klövervägen är placerat i närheten av förskolorna Klöverns och Fyrklöverns gård.

Entrén vid Hagalundsgatan ligger i bostadsområdet Hagalund. Etableringsytan tar i anspråk delar av den gång- och cykelväg som binder samman Hagalund med Vasalund, som leder till tvärbanan och Solna station samt den gång- och cykelväg som binder samman bostadshusen på norra sidan av Hagalundsgatan med Hagalundsgatan. Dessa gång- och cykelvägar bedöms som mycket betydelsefulla då de fyller viktiga funktioner vad gäller tillgängligheten till kommunikationer, mellan stadsdelar samt inom Hagalund. I nära anslutning ligger flerbostadshus samt en vårdcentral, denna finns utpekad i Figur 24. Dessa kan få byggbullernivåer upp mot 95 dB(A) vid fasad. kommer ske under Hagalund. Bostadshus samt gymnasiesärskolan Haga VIP som ligger vid Hagalundsgatan bedöms få stomljudsnivåer strax under riktvärdet 45 dB(A) till följd av tunneldrivning. Elever vid Haga VIP kan vara speciellt känsliga för störningar.

Förskolor och utpräglade bostadskvarter innebär att många barn kan förväntas röra sig och uppehålla sig i området. De mest betydande konsekvenserna bedöms vara att barn vardagsmiljöer, det vill säga förskolornas och skolornas inomhus och utomhusmiljöer, försämras på grund av buller men också försämrad luftkvalitet och säkerhet. Boendemiljön försämras också på grund av höga

stomljuds nivåer. Den försämrade tillgängligheten bedöms främst medföra begränsningar för barn, äldre och personer med funktionsnedsättning att röra sig dels mellan Vasalund och Hagalund dels inom Hagalund. Tillgängligheten till tvärbanan och Solna station kan försämrast för boende i Hagalund, på grund av byggtrafik.

4.10.5 Så kommer projektet att arbeta för att minska skador och störningar

- Eftersom det inte är möjligt att dämpa stomljud kommer det utredas vidare vilka åtgärder som bör vidtas vid berörda skolor, förskolor och sjukhus för att minska risken för störningar orsakade av stomljud. En lösning kan vara att förlägga störande arbeten under tidpunkter då verksamheten vid förskolorna och skolorna är som lägst. En annan möjlig lösning är att skolor och förskolor tillfälligt flyttas under den tid de störande arbetena pågår. Att erbjuda tillfällig vistelse är sannolikt inte en realistisk åtgärd för NKS varför begränsningar vad gäller arbetstiden för bullrande arbeten kan komma att krävas.
- För beskrivning av landstingets upplägg för att minska risken för störning se avsnitt 4.1.3.
- För att begränsa påverkan på tillgänglighet vid etableringsytor och öppna schakt kommer tydlig skyltning ordnas för gång- och cykeltrafik. Skyltningen ska fungera för olika grupper, speciellt viktigt är det att den fungerar för barn, personer med funktionsnedsättning (exempelvis syn men också kognitiva funktionshinder) samt personer som talar annat språk än svenska. Vid omflyttning av gång- och cykeltrafik bör långsiktiga lösningar eftersträvas.
- För att minska risken för att miljöerna kring etableringsytor och öppna schakt ska upplevas som otrygga, bör avskärmningar kring dessa ytor planeras så att mörka hörn och trånga passager så långt som möjligt undviks. Vidare bör plank hållas hela och klotterfria.
- I den barnkonsekvensanalys (BKA) som är under framtagande kan ytterligare åtgärder föreslås för att ta hänsyn till barn och unga.

5 **Underlagsmaterial och källor**

Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser. Naturvårdsverkets författningssamling, NFS 2004:15.

Citybanan i Stockholm. Pendeltågstunnel Tomtebodan. Stockholms södra. PM Barnkonsekvensanalys - Tillfartstunnel Odenplan. Banverket, 2005-10-07.

Trafikverkets kunskapsunderlag och klimatscenario för energieffektivisering och begränsad klimatpåverkan, publikation 2014:137.

Underlagsrapport olycksrisker. Tunnelbana till Arenastaden vid Hagastaden. Samrådshandling 2015-11-26.

Årsstatistik 2014 för Stockholms län och landsting.

Åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden. Stockholms läns landsting, 2015-11-20.

Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader. Stockholms läns landsting, 2015-12-07.

Digitala källor:

Riksintressen för kulturmiljövården:

<http://www.raa.se/kulturarvet/samhallsplanering/riksintressen/>

Statistik årsmedelvärden PM10 Stockholm. 2015-06-24. Naturvårdsverkets hemsida:

<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Partiklar-PM10-halter-i-luft-gaturum-arsmedelvarden/>

Stockholms stads bullerkartläggning: <http://www.stockholm.se/TrafikStadsplanering/Trafik-och-resor-/Trafik-och-miljo/Trafikbuller/Bullerkartor/>

Stockholms stadsmuseums byggnadsklassificering:

kartor.stockholm.se/bios/dpwebmap/cust_sth/kul/klassificering/DPWebMap.html

Solna stads bullerkartläggning:

<https://www.solna.se/sv/boende-miljo/inomhusmiljo/buller/buller-fran-trafik/>

Vårt uppdrag är att genomföra tunnelbanans utbyggnad och övriga åtgärder inom ramen för 2013 års Stockholmsförhandling. Det innebär planering, projektering och byggnation av ny tunnelbana och nya stationer på fyra olika sträckor. I vårt uppdrag ingår också planering och projektering av nya fordonsdepåer samt upphandling av signalsystem och vagnar.

Byggstarten för nya tunnelbanan till Arenastaden beräknas till år 2018 och byggtiden planeras till 6 år.