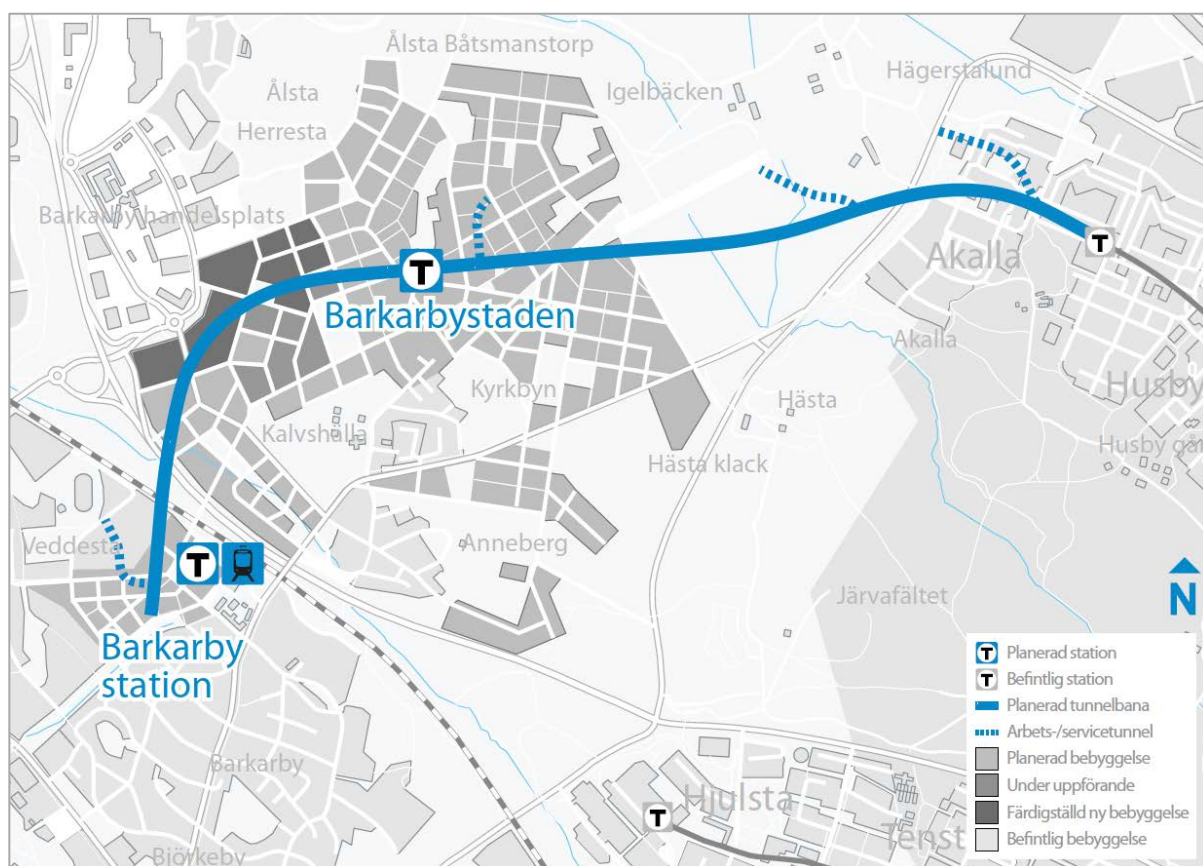


Tunnelbana Akalla – Barkarby Station. Underlagsrapport Akustik



Revideringsdatum: 2017-12-15

Titel: Tunnelbana Akalla –Barkarby Station. Underlagsrapport Akustik

Uppdragsledare: Per Skoglund

Projektledare: Anna Nylén

Bilder & illustrationer: Tyréns och Stockholms läns landsting, förvaltning för utbyggd tunnelbana

Dokumentid: 4320-Y41-23-02007

Diarienummer: Stockholms läns landsting, förvaltning för utbyggd tunnelbana 1511-0163

Utgivningsdatum: 2016-12-02

Tryck:

Distributör: Stockholms läns landsting, förvaltning för utbyggd tunnelbana

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

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
1 Planförslaget	5
1.1 Planerad anläggning	5
1.2 Omgivningen under byggtiden	6
2 Ljud och vibrationer	7
2.1 Luftljud	7
2.2 Stomljud och vibrationer	7
2.2.1 Stomljud	9
2.2.2 Vibrationer	9
2.3 Störningsmått och akustiska nyckeltal	10
3 Metod	12
3.1 Metod för konsekvensbedömning	12
3.1.1 Bedömning av värde och känslighet	12
3.1.2 Bedömning av påverkan och effekt	12
3.1.3 Konsekvensbedömning	12
3.1.4 Avgränsning	13
3.2 Översiktlig beräkning av riskavstånd för vibrationer och stomljud vid drift – metodbeskrivning	13
3.3 Beräkning av stomljud under byggprocessen	14
3.4 Beräkning av luftburet byggbuller	15
3.4.1 Beräkningsmodell	15
3.4.2 Programvara – CadnaA	15
3.4.3 Indata i modellen	15
3.4.3.1 Antagna byggbullerkällor	15
3.4.3.2 Transporter	17
4 Bedömningsgrunder	18
4.1 Komfortvibrationer i byggnader - drifttid	18
4.2 Stomljud i byggnader – drifttid	19
4.3 Industribuller - drifttid	19
4.4 Buller från byggplatser	20
4.4.1 Naturvårdsverkets allmänna råd	20
4.4.2 Projektspecifika mål	21
4.5 Bedömningsskalor vid konsekvensbeskrivning	21
5 Nuläge och framtida stadsutveckling	23
5.1 Nuläge	23
5.1.1 Akalla	24
5.1.2 Järfälla kyrkby och Barkarbystaden	25
5.1.3 Barkarby och Veddesta	26
5.2 Framtida stadsutveckling	26
6 Projektets påverkan	27
6.1 Drifttid	27

6.1.1	Beräkningsresultat för stomljud och vibrationer för drifttiden.....	27
6.1.2	Stomljudsreducerande åtgärder under spår.....	29
6.1.3	Luftburet trafikbuller från tunnelbanan.....	31
6.1.4	Industri- och annat verksamhetsbuller	31
6.2	Byggtid.....	31
6.2.1	Luftburet buller	32
6.2.1.1	Ljudnivå inomhus.....	33
6.2.1.2	Skyddsåtgärder	33
6.2.1.3	Områdesvis illustration av byggbullernivåer för luftburet buller.....	34
6.2.2	Stomljud och vibrationer	39
6.2.2.1	Beskrivning av arbetsmoment som orsakar stomljud och vibrationer.....	39
6.2.2.2	Omfattning och påverkan vid tunneldrivning	41
7	Åtgärder	44
7.1	Åtgärder som inarbetats i järnvägsplanen.....	44
7.2	Ytterligare föreslagna åtgärder	44
7.2.1	Hantering av risker för bullerstörningar under byggtiden	44
8	Miljökonsekvenser	46
8.1	Miljökonsekvenser under drifttiden	46
8.2	Miljökonsekvenser under byggtiden.....	46
8.3	Kumulativa konsekvenser av buller.....	48
8.3.1	Förbifart Stockholm byggs före tunnelbanan.....	49
8.3.2	Förbifart Stockholm byggs samtidigt med tunnelbanan	49
9	Rekommendationer för fortsatt hantering	50
9.1	Åtgärder med avseende på störningar vid drift	50
10	Underlag/Referenser	51

Sammanfattning

I denna underlagsrapport behandlas luftljud, vibrationer och stomljud som alstras vid drift och under byggtiden. Vibrationer från sprängning behandlas inte.

Mellan Akalla och Barkarby station planeras en förlängning av tunnelbanan. Hela sträckningen kommer att gå i tunnel. Det innebär att en anläggning utan vidtagna åtgärder kan ge upphov till stomljud och vibrationer som påverkar byggnader utmed banans sträckning vid drift. Med föreslagna åtgärder kommer riktvärden med avseende på stomljud och vibrationer att innehållas i omkringliggande byggnader. Den färdiga anläggningen kommer inte att medföra någon ökning av luftburet trafikbuller i området. Någon prognos för eventuell påverkan av förändrade trafikmönster föreligger inte, så effekten på den totala ljudmiljön har inte analyserats i denna rapport.

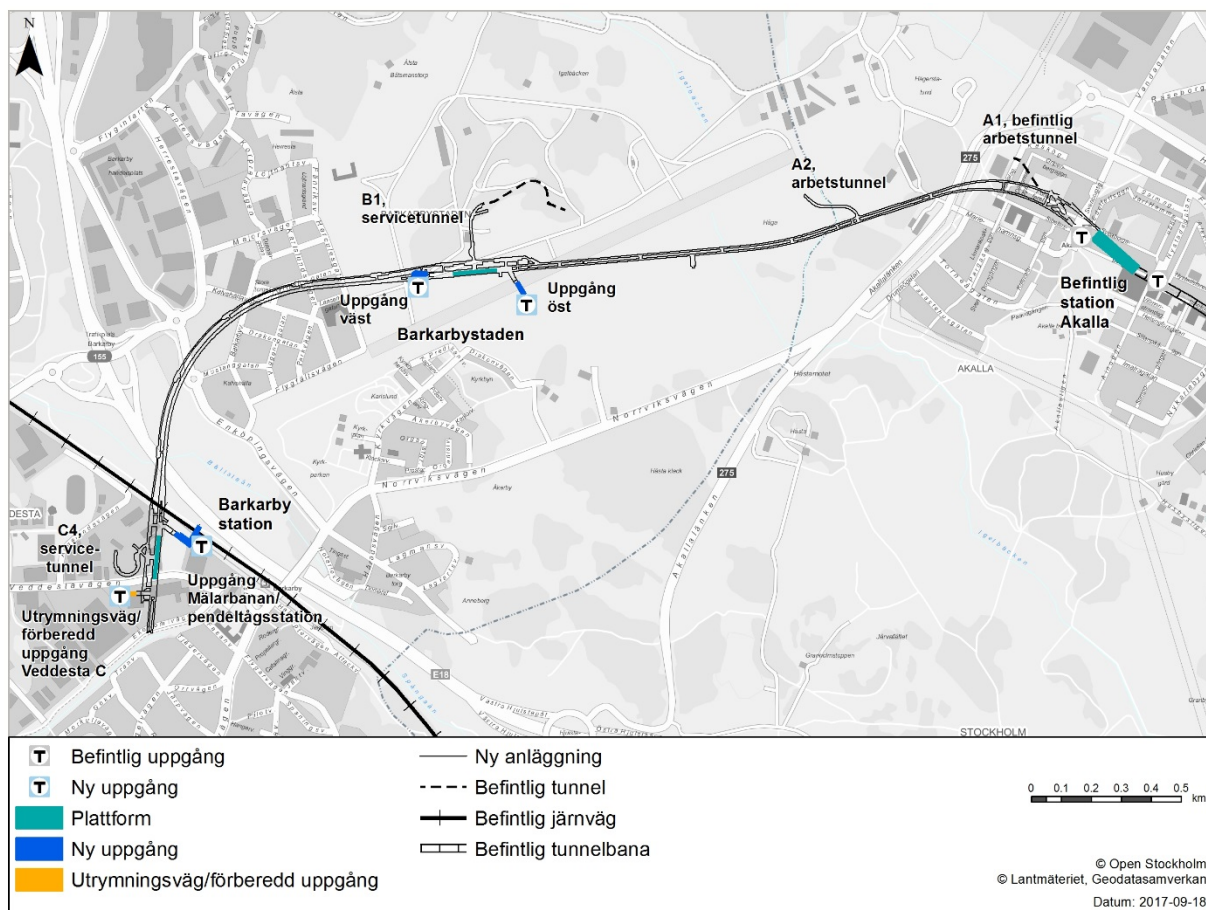
Under byggtiden kommer anläggandet av den nya tunnelbanesträckningen att ge upphov till byggbuller, framför allt i form av stomljud och vibrationer vid tunneldrivningen, men även luftburet buller från aktiviteter ovan mark. Det kan vara exempelvis spontning, pålning, bergbörning, krossning av berg samt transporter. En rad försiktighetsmått kommer att vidtas för att minimera risken för störande buller och stomljud under byggtiden.

1 Planförslaget

1.1 Planerad anläggning

Planerad utbyggnad av tunnelbanan avser en förlängning av Blå linje, från den befintliga tunnelbanestationen i Akalla mot Barkarby station (se Figur 1). Detta medför två nya tunnelbanestationer, en vid Barkarbystaden och en vid Barkarby station. Vid Barkarby station ska omstigning från tunnelbanan till pendeltåg och bussar bli så smidig som möjligt.

Tunnelbanan planeras att utgöra cirka 4 km spår som löper helt under mark. På några platser kommer anläggningen att synas ovan markytan, i form av tunnelbaneentréer, tunneldrivningar för servicetunnlar och avluftstorn samt ventilationsschakt. Den planerade tunnelbanan går till stora delar under områden som idag är obebyggda. Befintliga bostäder, i större omfattning, finns framför allt i anslutningen till den nuvarande tunnelbanestationen i Akalla. Genomförandet av Järfälla kommuns planer i och med Stockholmsöverenskommelsen innebär att den miljö som den färdiga tunnelbanan omgärdas av i framtiden kommer att se mycket annorlunda ut än i dagsläget. Från Akalla går spåren i två enkelspårstunnlar fram till Barkarbystaden. Efter Barkarbystaden och fram till Barkarby station, löper spåren istället i en dubbelspårstunnel med en parallellt gående servicetunnel. För mer utförlig beskrivning av anläggningen och bakgrund till projektet hänvisas till miljökonsekvensbeskrivningen för järnvägsplanen.



Figur 1. Planerad anläggning.

1.2 Omgivningen under byggtiden

De utbyggnadsprojekt som planeras i tunnelbanans närhet kommer under byggtiden att ge upphov till störningar i form av buller, damning etcetera. Även antalet människor och den naturmiljö som kan påverkas av byggnationen av tunnelbanan förändras över tid.

Konsekvensbedömningarna av byggtiden utgår från att Veddesta 1, Barkarbystaden II och hela Barkarbystaden I är utbyggda.

Förbifart Stockholm, breddning av Mälarbanan och Veddestabron är planerade att anläggas parallellt med utbyggnaden av tunnelbana.

2 Ljud och vibrationer

I denna underlagsrapport behandlas luftljud, vibrationer och stomljud som alstras vid drift och under byggtiden. Vibrationer från sprängning behandlas inte.

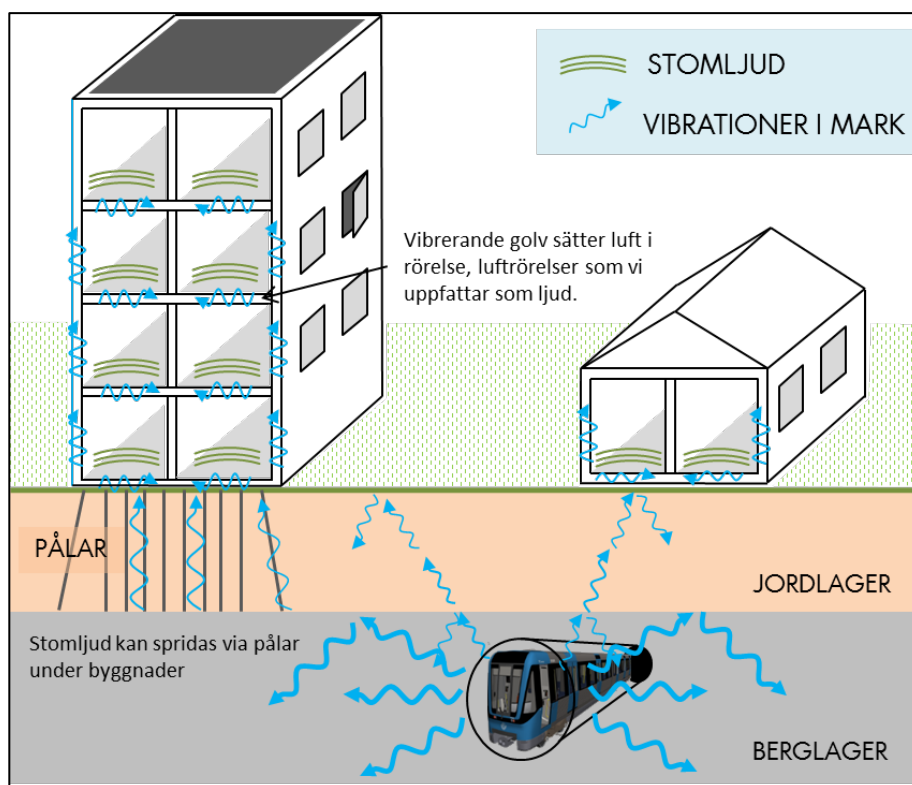
2.1 Luftljud

Med luftburet ljud avses ljud från exempelvis vägtrafik eller en byggarbetsplats som sprids via luften till omgivningen, och även in i närliggande byggnader. Ljud mäts i decibel. Vanligen används enheten dBA. Decibelbegreppet är ett logaritmiskt begrepp. Detta innebär bland annat att då två lika starka bullerkällor summeras så ökar ljudnivån med 3 dB. En fördubbling eller halvering av trafikmängden på en väg ger således 3 dBA högre respektive lägre ljudnivå. För att erhålla en upplevd dubbling av ljudnivån behöver ljudnivåskillnaden vara i storleksordningen 8-10 dBA.

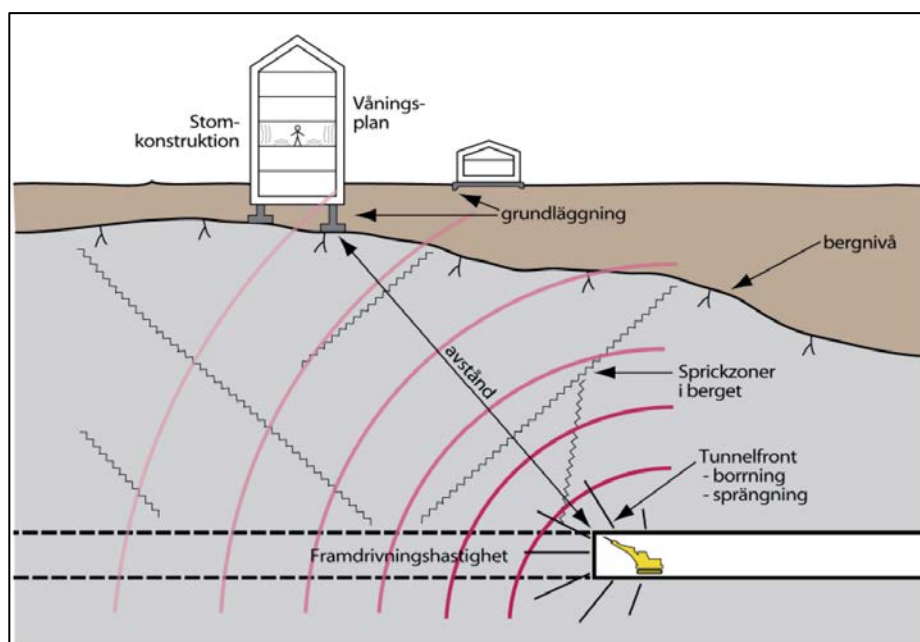
När det gäller byggbuller bör den ekvivalenta ljudnivån beräknas för den tid under vilken verksamheten pågår, till exempel under en sekvens/cykel för byggaktiviteter med intermitterent buller, som pålning, spontning eller borrar. Åtgärder för att dämpa luftburet buller har bäst effekt om de görs vid källan. Det kan exempelvis vara att byta ut en bullrande maskin mot en annan som bullrar mindre eller sätta på en ljuddämpare. Ljudkällan kan byggas in eller skärmas med en bullerskyddsskärm. Det kan också vara att välja en tystare arbetsmetod. Vibrerad spont kan till exempel ge cirka 10 dBA lägre ljudnivåer än slagen spont.

2.2 Stomljud och vibrationer

Med vibrationer avses vågor alstrade av exempelvis spårtrafik eller tunneldrivning och som via fasta material, exempelvis räl och mark, fortplantas till närliggande byggnader, se Figur 2 och Figur 3. Vibrationer från spårtrafik kan upplevas oavsett om tågen trafikerar spår i markplan eller i tunnel. Lågfrekventa vibrationer uppfattas som skakningar och benämns komfortvibrationer medan vibrationer med höga frekvenser inte känns. Högfrekventa vibrationer, 50-200 Hz, kan dock omvandlas till ljud, så kallat stomljud.



Figur 2. Vibrationers spridning från tunnelbana.



Figur 3. Vibrationers spridning vid tunneldrivning.

Känsligheten för vibrationer och stomljud varierar från person till person och från byggnad till byggnad. Det är framförallt inomhus nattetid som stomljud och vibrationer kan upplevas som störande. De är inte direkt fysiskt skadliga, men kan vara irriterande, obehagliga, tröttnande och störa sömnen vilket i förlängningen kan leda till sjukdomar och stress.

2.2.1 Stomljud

Inne i rum kan väggar och bjälklag sättas i svängning av vibrationerna som uppstår då tågen trafikerar spåren eller vid borrhning i berg. Detta orsakar ett hörbart mullrande ljud, så kallat stomljud. Stomljud måste främst beaktas då byggnaderna är grundlagda på berg, antingen direkt eller via pålar. Om spåren ligger i markplan dominerar normalt det luftburna bullret över det stomburna bullret vilket innebär att stomljud endast i undantagsfall uppfattas i närbelägna byggnader. Ett exempel på detta är byggnader med mycket god fasaddämpning, då det luftburna bullret via fasad dämpats så mycket att ljudnivån blir lägre än ljudnivån från det stomburna bullret. Det är inte aktuellt i detta projekt eftersom hela sträckningen ligger under mark. Vanligtvis avtar stomljudsnivån högre upp i huset.

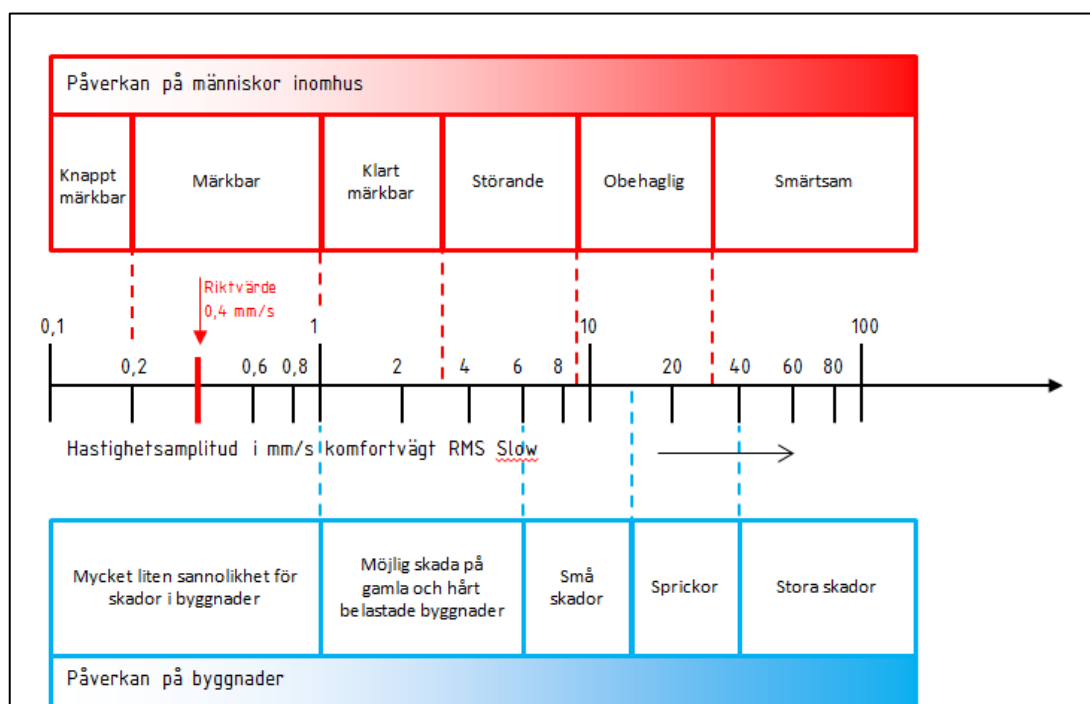
2.2.2 Vibrationer

Utomhus anses vibrationer från spårtrafik varken vara störande eller skadliga för människor.

Vid bedömningen av komfortstörande vibrationer från spårtrafik avses de momentana vibrationernas högsta värde mätt med tidsvägningsfilter "slow" och med komfortvägningsfilter (se faktaruta, avsnitt 2.3).

Allmänt kan sägas att risken för skador på byggnader från vibrationer går långt över gränsen för när vibrationerna kan kännas av människor. När det gäller risk för skador på byggnader används inte komfortvägningsfilter eller tidsvägningsfilter "slow".

Ungefärliga värden för när människor respektive byggnader påverkas av vibrationer redovisas i Figur 4. För gällande riktvärden för komfortvibrationer se avsnitt 4.1.



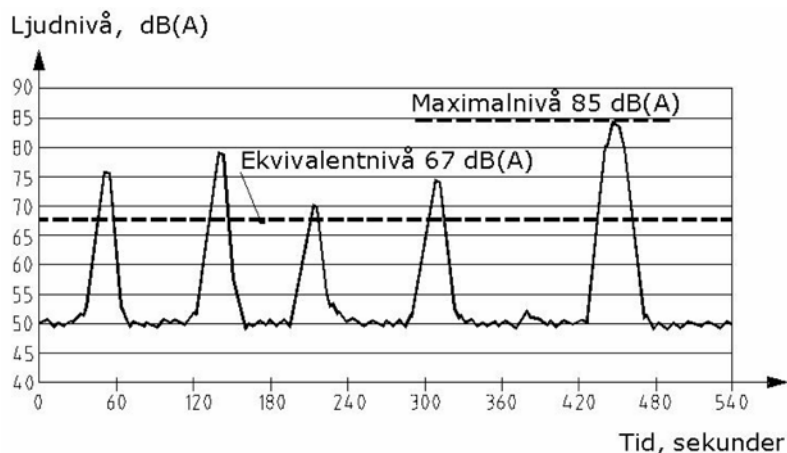
Figur 4. Vibrationers påverkan på människor och byggnader. Ungefärliga gränsvärden för upplevelsen respektive skaderisk. Riktvärdet 0,4 mm/s för komfortvibrationer i byggnader, se vidare Tabell 3.

2.3 Störningsmått och akustiska nyckeltal

I Sverige används två olika störningsmått för byggbuller och trafikbuller; ekvivalent respektive maximal ljudnivå, se Figur 5.

- Med **ekvivalent ljudnivå**, L_{eq} , avses en medelljudnivå under en angiven tidsperiod, till exempel fem minuter, en natt eller ett dygn. Ekvivalent ljudnivå mäts i dBA.
- **Maximal ljudnivå**, L_{max} , är den högsta ljudnivå som uppkommer under en period, till exempel under ett arbete. Även maximal ljudnivå mäts i dBA.

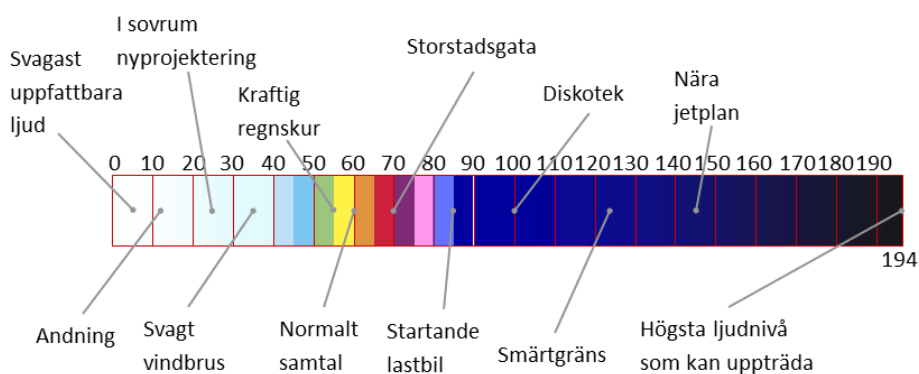
Indexet "A" anger att ljudets olika frekvenser har viktats för att motsvara hur människans öra uppfattar ljud.



Figur 5. Grafisk framställning av ekvivalent och maximal ljudnivå.

Även om det direkt upplevelsemässigt är svårt att notera små skillnader i ljudnivå, så ger varje decibel sänkning av ljudnivån en minskad störning. För att ge en viss uppfattning om vad olika ljudnivåer innebär ges i Figur 6 exempel på ljudnivåer i olika miljöer och verksamheter.

Vad motsvarar olika ljudnivåer



Figur 6. Exempel på ljudnivåer från olika typer av ljudkällor [dBA].

Se vidare i faktaruta och akustisk ordlista nedan.

Vad är ljud?

Ljud skapas av tryckförändringar i luft. När trycket förändras i förhållande till atmosfärstrycket uppstår ljud. Ljudets hastighet i luft är 340 m/s.

Man brukar likna ljudet med en vågrörelse. Hur stor tryckskillnaden är, det vill säga hur höga vågorna är, kallas amplitud och påverkar ljudstyrkan. Stor amplitud ger hög ljudnivå. Amplituden mäts i decibel (dB).

Hur tätt det är mellan vågorna (våglängden) påverkar ljudets karaktär. Kort våglängd ger höga toner, lång våglängd ger låga toner. Våglängden anges i frekvens. När det är kort våglängd kommer vågtopparna ofta, och frekvensen blir hög. Vid lång våglängd är frekvensen låg. Frekvensen mäts i Herz (Hz).

Människans hörbarhetsområde ligger mellan 20 och 20 000 Hz, och vårt tal ligger mellan 100 och 8000 Hz. Ljud upplevs som svagare ju högre frekvensen är. Normal röstnivå är cirka 60 dBA på 1 meters avstånd från talaren.

Akustisk ordlista

- Amplitud – Skillnad i ljudtryck, ljudstyrka. Det är ett mått på energiinnehållet och anges i decibel.
- A-vägning – är ett försök att efterlikna örats uppfattning av ljudets olika frekvenser. Låga frekvenser uppfattas inte lika bra som höga och genom A-vägning minskas dessas betydelse när ljudet anges som ett entalsvärde. Anges i dBA eller dB(A). A-vägd ekvivalent ljudnivå betecknas L_{Aeq} och A-vägd maximal ljudnivå betecknas L_{Amax} .
- Bakgrundsnivå – Ljudnivå utan bidrag från en specifik bullerkälla.
- Fasadisolering – ett mått på hur mycket en byggnads fasadkonstruktioner (fasadvägg, fönster och tak) hindrar ljud utifrån att fortplantas in i huset.
- Frekvens – Svängningar per sekund. Anges i Herz (Hz).
- Frekvensband – för att beskriva ljudets frekvensinnehåll brukar man använda sig av spektrum, det vill säga ljudtrycksnivå uppmätt eller beräknat per frekvensband, vanligen oktavband eller tersband. Frekvensband benämns med sin mittfrekvens.
- Intermittent ljud – ljud som varierar periodiskt eller slumpmässigt
- Impulsljud – ljud med mycket kort varaktighet, mindre än 1 sekund.
- Ljudeffekt – L_w anger hur mycket ljud en ljudkälla avger, oberoende av omgivning och avstånd.
- Ljudtrycksnivå – L_p anger ljudet i en viss punkt, och påverkas av avstånd till ljudkällan och omgivningens ljudegenskaper.
- Maskering – innebär att ljud från en ljudkälla inte uppfattas på grund av andra bullerkällor, exempelvis kan vägtrafikbuller helt eller delvis maskera andra ljudkällor som tal, varningssignaler eller byggbuller.
- Momentan ljudnivå – ljudnivå vid en specifik tidpunkt.
- Komfortvägning – Uppmätta vibrationsnivåer vägs för varje tersband mot ett komfortfilter för att likna människans känslighet för vibrationer inom olika frekvenser.
- Oktavband – En grov beskrivning av ett ljuds frekvenssammansättning.
- RMS – Kvadratisk medelvärde (Root Mean Square), används för effektberäkningar av svängande system, exempelvis akustiska vågor.
- Tersband – en tredjedels oktavband, som ger en mer detaljerad beskrivning av ett ljuds frekvenssammansättning än uppdelningen av oktavband.
- Tidsvägning – vid mätning används tidsvägning Slow eller Fast som bestämmer över vilken tid ljudet mäts. Tidsvägning Fast (tidsintegration en åttondels sekund) ger en högre ljudnivå (L_{Amax}) än tidsvägning Slow (tidsintegration en sekund). Beroende på vilken tidsvägning som använts betecknas dessa L_{AFmax} respektive L_{ASmax} .

3 Metod

3.1 Metod för konsekvensbedömning

Bedömning av miljökonsekvenser utgår från den berörda platsens förutsättningar och värden i nuläget samt störningens eller ingreppets omfattning. För att förklara vilken påverkan som sker av planförslaget satt i sitt sammanhang vid mållåret 2030 så relateras konsekvenserna av planförslaget till hur de förhåller sig till den framtida stadsutvecklingen. Av den framtida stadsutvecklingen framgår det översiktligt hur det kan komma att se ut i området vid mållåret. Här inkluderas Stockholmsöverenskommelsen (inklusive nya tunnelbanan), översiktsplaner, fördjupade översiktsplaner och annan trolig planerad stads- och infrastruktur i planområdet och dess närområde. För buller i driftskedet görs bedömningen mot de riktvärden som finns.

3.1.1 Bedömning av värde och känslighet

De områden eller typer av objekt som kan komma att påverkas delas in i delområden eller objektstyper. Värde eller känslighet hos respektive delområde eller typ bedöms utifrån bedömningsgrunder och skalor som är specifika för respektive miljöaspekt. Skalan som används är små – måttliga – höga värden och bedömningsgrunder för miljöaspekten buller och vibrationer presenteras i faktarutan under avsnitt 4.5. För aspekterna buller och vibrationer används begreppet känslighet i stället för värde.

3.1.2 Bedömning av påverkan och effekt

En bedömning görs av vilken påverkan eller störning som projektet antas medföra för respektive delområde eller objektstyp och hur stor omfattningen av denna påverkan bedöms bli, det vill säga vilken effekt som bedöms uppstå. Skalan som används är stora negativa effekter - måttliga negativa effekter - små negativa effekter - ingen störning - små positiva effekter - måttliga positiva effekter - stora positiva effekter.

3.1.3 Konsekvensbedömning

Om ett område med högt värde störs i stor omfattning innebär det stora negativa konsekvenser medan små störningar på ett område med lågt värde innebär små negativa konsekvenser. Positiva konsekvenser kan uppstå om påverkan på ett område är positiv.

Storleken på konsekvensen bedöms genom en sammanvägning av värdet/känsligheten och omfattningen av ingreppet/störningen, enligt matrisen i Figur 7.

Intressets värden/ känslighet			
	Låga	Måttliga	Höga
Ingreppets/ störningens omfattning (storlek på effekter)	Stora positiva	Stora positiva konsekvenser	
	Måttliga positiva		
	Små positiva		
	Ingen störning	Ingen konsekvens	
	Små negativa	Små negativa konsekvenser	
	Måttliga negativa		
	Stora negativa		

Figur 7. Matris för konsekvensbedömning.

3.1.4 Avgränsning

Konsekvensbedömningarna av byggtiden utgår från att Veddesta 1, Barkarbystaden II och hela Barkarbystaden I är utbyggda. På grund av osäkerheter i hur långt utbyggnaderna kommit när byggtiden startar för tunnelbanan så görs även en bedömning över hur det skulle vara om dessa detaljplaner inte var utbyggda under byggtiden.

3.2 Översiktlig beräkning av riskavstånd för vibrationer och stömljud vid drift – metodbeskrivning

Beräkning av riskavstånden för vibrationer från spårtrafik har gjorts med Bornitz formel för markvibrationer (Dong-Soo Kim, 2000)[10]. För att på bästa sätt matematiskt beskriva materialförluster i marken har Bornitz formel tillämpats i tersband från 2 – 1000 Hz.

$$w_2 = w_1 \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^n e^{-\alpha(r_2 - r_1)}$$

Där betecknar w_1 och w_2 amplituderna på vibrationshastighetsnivån i (m/s) vid olika avstånd r_1 och r_2 från spårmit i (m). Variabeln n är den dimensionslösa geometriska dämpningskoefficienten.

Variabeln α är förlustfaktorn för marken och är frekvensberoende enligt följande:

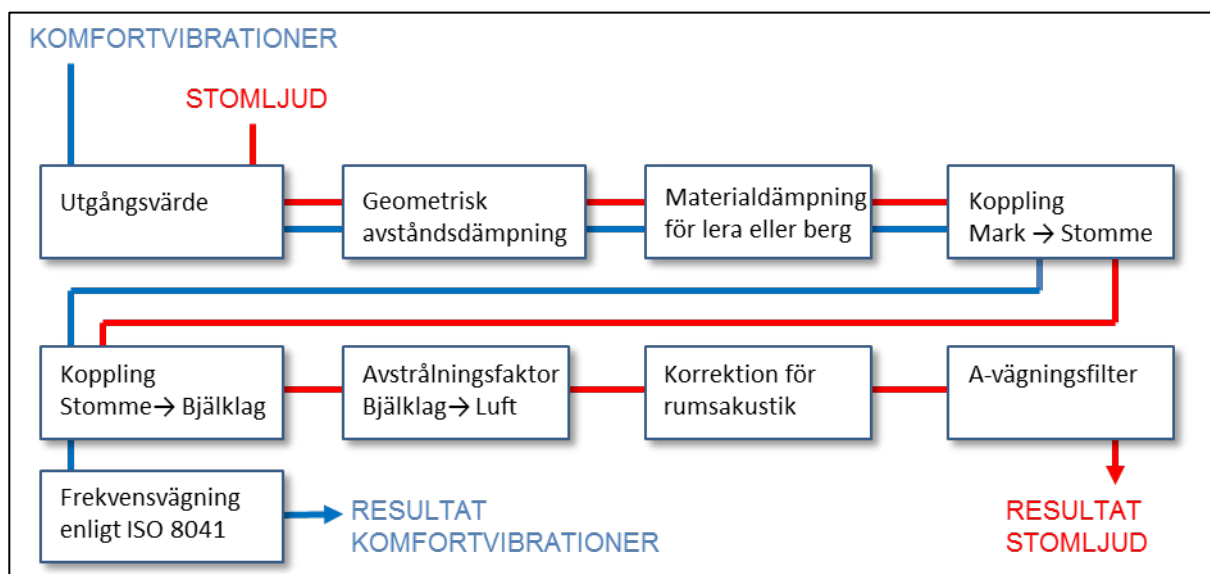
$$\alpha = \frac{2\pi f\eta}{c} = \frac{\omega\eta}{c}$$

Där f är frekvensen i (Hz), c är våghastigheten för respektive vågtyp i (m/s). Koefficienten η fås från materialtabeller i olika handböcker i geodynamik.

Källstyrkan (modellens utgångsvärde för vibrationer) för tunnelbanetåg är hämtad från en vibrationsutredning av WSP akustik daterad 2015-10-16 [12].

Noggrannheten på beräkningen i detta skede är låg. För att göra bättre analyser krävs detaljerade mätningar av markens och banvallens dynamiska egenskaper, något som eventuellt kommer göras längre fram i projektet.

I beräkningarna har bjälklagens strålningsfaktorer samt överföringsfunktioner mellan mark och byggnad satts till 1. Redovisade värden motsvarar vad som skulle kunna mätas på ett källargolv i en betongbyggnad grundlagd med fast förankring till underliggande berg. Detta kan betraktas som ett *värsta fall* för stomljuds-spridning. Beräkningsmodellen är inkodad och sammanställd i programmet SciLab, se <http://www.scilab.org/>. Beräkningsmodellens uppbyggnad framgår i Figur 8.



Figur 8. Flödesdiagram som visar alla steg i beräkningsmodellen för vibrationernas utbredning i marken och in i byggnaden. Modellen räknar i tersband och beaktar frekvenser mellan 2 och 1000 Hz.

Simuleringen utgår från att all mark består av berg. Berg sprider stomljud väl och genom att utgå från att allt är berg så är det ingen risk för att stomljuds-nivåerna underskattas.

3.3 Beräkning av stomljud under byggprocessen

Beräkningsmetoden som används för att beräkna stomljud under byggprocessen är baserad på mätdata. Modellen som används är ett resultat av en samordning mellan akustikkonsulterna i konsultgruppen som arbetet med utbyggnaden av tunnelbanan i Stockholm.

Resultatet presenteras i *PM Akustik- Samordning av indata till byggbullerberäkningar* [13].

3.4 Beräkning av luftburet byggbuller

3.4.1 Beräkningsmodell

Byggbuller hör beräkningsmässigt till kategorin externt industribuller och svensk standard ISO 9613 har använts för ljudutbredningsberäkningarna.

3.4.2 Programvara – CadnaA

Beräkningarna har genomförts med programmet CadnaA (version 4) från DataKustik. Programmet utnyttjar tredimensionella digitalkartor över området, även inkluderande byggnader. Utbredningsdämpning, markabsorption, skärmning, reflektioner med mera hanteras automatiskt av programmet.

3.4.3 Indata i modellen

Följande underlag enligt referenslistan har använts vid beräkningarna av luftburet byggbuller, nummer 12, 19, 20, 21, 22, 23 och 24.

3.4.3.1 Antagna byggbullerkällor

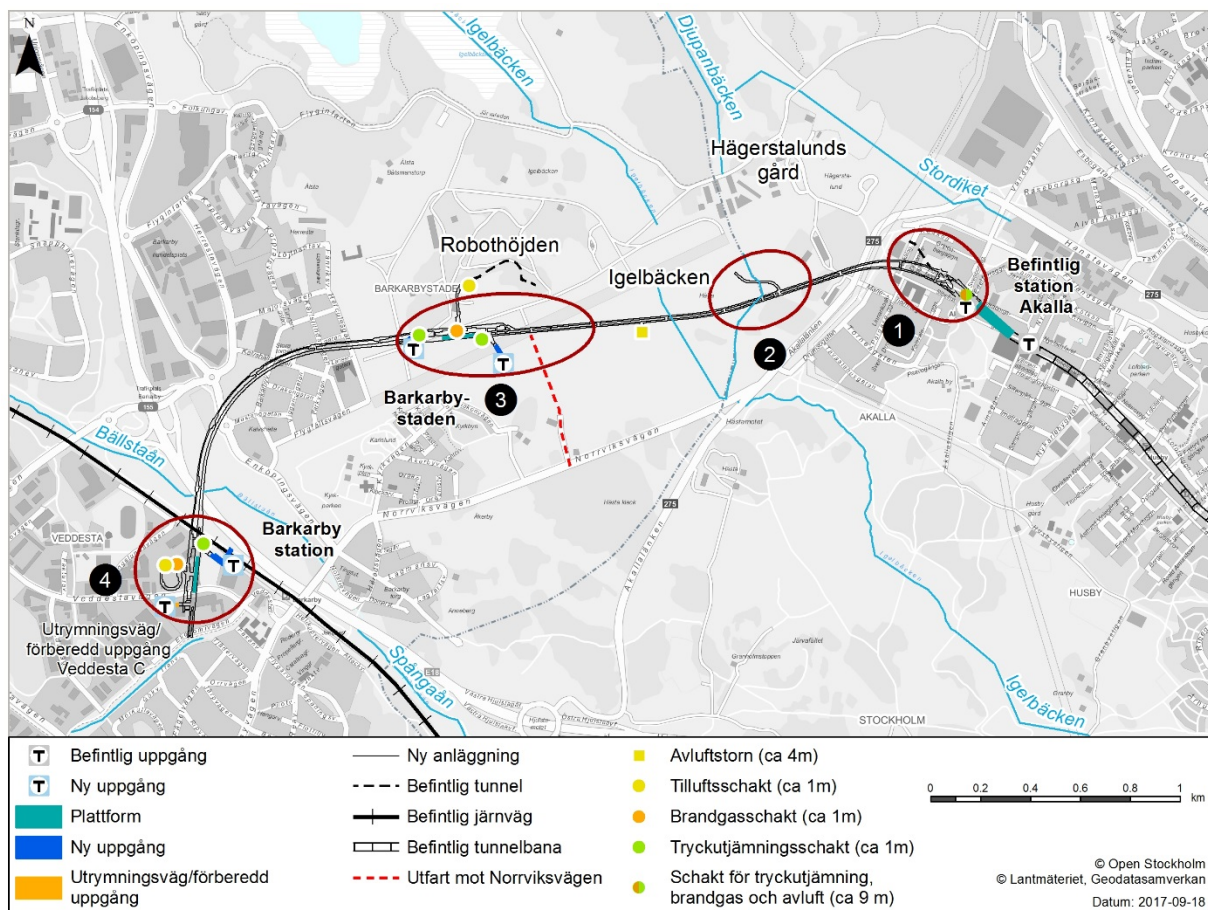
Under arbetets gång kommer flera bullrande aktiviteter att ske i samband med anläggandet av stationer och stationsuppgångar. Efter tunnelbanans sträckning ska även ett antal olika typer av schakt till markytan anläggas. Strax norr om Akalla station utvidgas ett befintligt tryckutjämningsschakt till att kombineras med ett brandgasschakt. Mellan Akalla och Barkarby-staden anläggs en arbetstunnel och transportväg.

Kring station Barkarbystaden kommer två stationsentréer och fyra stycken schakt att anläggas. Två av schakten är tryckutjämningsschakt som kommer att placeras i varsin spårtunnel vid infarten till stationen. I anslutning till en servicetunnel som börjar vid station Barkarbystaden kommer ett brandgasschakt att anläggas.

Vid Barkarby station byggs en ny uppgång med anslutning mot pendeltågsstationen/Mälarbanan. Ett brandgasschakt anläggs i anslutning till servicetunneln och ett tryckutjämningsschakt vid stationens södra uppgång. Dessutom anläggs en utrymningsväg mot Veddesta.

Exempel på byggaktiviteter i de olika områdena kan vara jordschakt, spontning, pålning, bergbörning, lastning, transporter etcetera.

I de flesta punkterna kommer arbetet att ske i djupled, vilket innebär att när arbetet fortskrider så kommer marken runt omkring schakten att fungera som bullerskydd, och ljudnivån kommer gradvis att minska. En relevant produktionsplanering som gör det möjligt att redovisa hur bullernivåerna förändras över tid kommer att föreligga först i ett senare skede. Beräkningarna har utgått ifrån den mest bullrande aktiviteten i aktuellt område, vilket i Tabell 1 benämns dimensionerande arbetsmoment, för att en bedömning av störningsgraden ska kunna göras. Detta måste dock kopplas ihop med störningens varaktighet. I kartan i Figur 9 framgår i vilka områden som bullrande aktiviteter framför allt kommer att äga rum.



Figur 9. Huvudsakliga arbetsområden vid utbyggnaden av tunnelbana mellan Akalla och Barkarby.

I Tabell 1 redovisas byggbullerkällor som förväntas i respektive område och som har legat till grund för beräkningarna. I de flesta fall har spontning bedömts vara den dimensionerande byggbulleraktiviteten, det vill säga den aktivitet som ger de högsta byggbullernivåerna. Spontner kommer att installeras för att säkra schakter. För förskärningar till arbetstunnlarna A2 och C4 samt för schakter till entréer och rulltrappsschakt kommer omfattande spontner att installeras. Andra typer av aktiviteter och bullrande utrustning kommer att förekomma som kan upplevas som störande, och som kan pågå under betydligt längre tider, exempelvis betongarbeten, schakt etcetera. De nedan redovisade bullerkällorna är de mest bullrande och utgör representativa exempel.

Tabell 1. Antagna byggbullerkällor [24].

Läge (Figur 9)	Beskrivning	Dimensionerande arbetsmoment	Käll- höjd (m)	Ljudeffekt L_{WA} (dBA)
1	Akalla Utvidgning av befintligt schakt, tillfartsväg arbetstunnel A1	Spontning	4	122
2	Flygfältet, mellan Akalla och Barkarbystaden Tillfartsväg arbetstunnel A2	Spontning	4	122
3	Barkarbystaden Ventilationsschakt, stations- uppgångar	Spontning Pålning Bergborrning	4 4 1	122 124 122
4	Barkarby station Ventilationsschakt, stations- uppgångar, arbetstunnel C4	Spontning Pålning Bergborrning	4 4 1	122 124 122

Vid bedömning av störningen från byggbuller ingår förutom byggbullernivån även under hur lång tid som störningen kommer att pågå. Bullrande arbetsmoment kommer att utföras utspridda under längre tidsperioder. En bedömning av störningsrisken med avseende på störningens varaktighet ska göras i samband med planeringen av entreprenaden.

3.4.3.2 Transporter

Hur transporten av massor kommer att ske är ännu inte bestämt. Byggbuller från transporterna har beräknats utifrån en preliminär bedömning av masshantering från bergguttaget, vilket enligt produktionstidplanen beräknas pågå under cirka två år.

Fyra arbetstunnlar är planerade att användas under byggtiden, varav två kommer att bli en del av den permanenta servicetunneln, se Figur 1. Arbetstunnel A1 är en befintlig arbetstunnel som idag endast används för ventilation, men som användes då befintlig blå linje byggdes under 1970-talet. För att möjliggöra användandet kommer tunneln att behöva schaktas fram och rustas. Det innebär att bergförstärkande åtgärder kommer att vidtas i den befintliga tunneln och även att strossning (utvidgning) och borrhning utförs lokalt. Dessutom behöver en ny anslutning till markytan anläggas. Efter byggtiden kan tunneln A1 komma att pluggas igen och en slänt anläggas mot pluggen.

Mellan Akalla och Barkarbystaden anläggs arbetstunnel, A2. Det är en temporär arbetstunnel, vilket innebär att den inte är avsedd att användas för trafik efter att tunnelbanan tagits i drift.

I anslutning till station Barkarbystaden anläggs en servicetunnel, B1. B1 kommer att användas under byggtiden samt under drifttiden för tilluft och som permanent tillfartstunnel för service, underhåll och vid en eventuell räddningsinsats.

Servicetunneln C4 utgår från nuvarande industritomt vid Äggelundavägen i Veddesta och ansluter till tunnelbaneanläggningen vid Barkarby station. Arbetstunneln C4 kommer att användas under byggtiden samt under drifttiden som permanent tillfartstunnel för service, underhåll och vid en eventuell räddningsinsats. Vid anläggandet av C4 kommer bullrande arbetsmoment som spontning och bergborrning att vara aktuella.

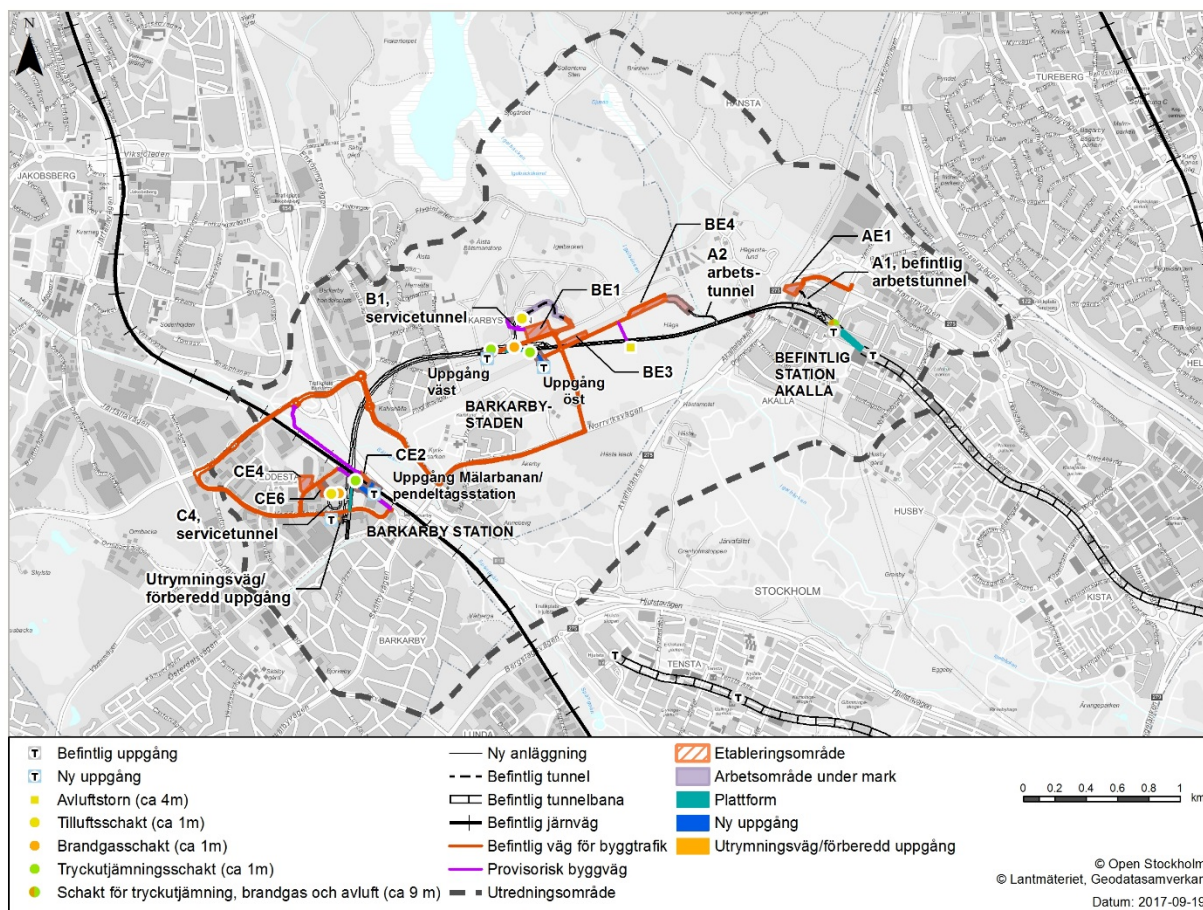
I Tabell 2 redovisas en uppskattning av antalet transporter per dygn utifrån antagen mängd bergguttag. Bedömningen av antalet transporter bygger på att allt berg mellanlagras på området för eventuell krossanläggning.

Tabell 2. Uppskattning av antalet transporter per dygn utifrån antagen mängd bergguttag [23].

Arbetstunnel/transportväg	Tidsperiod (antal månader)	Transport per dygn ¹⁾	Antagen biltyp
A2, Flygfältet tillsammans med A1, Akalla	24	50 passager	Dumper
B1, Station Barkarbystaden	28	70 passager	Dumper
C4, Station Barkarby	27	50 passager	Trailer/boggi 50/50
Utfart mot Norrviksvägen	25	250 passager	Trailer/boggi

1) I antalet transporter ingår även returtransporter till tunnel med tom bil.

Utöver de transporter av bergmassor som redovisas i Tabell 2 för respektive arbetstunnel kommer även transporter av byggmaterial in till arbetsplatsen att ske. Dessa transporter kommer att vara delvis förskjutna i tid och beräknas pågå fram till juni 2021. Antalet transporter per dygn beräknas inte bli större än vad som anges ovan.



Figur 10. Arbetsområdet med lägen för transportvägar och utfart mot Norrviksvägen.

4 Bedömningsgrunder

4.1 Komfortvibrationer i byggnader - drifttid

Det finns idag inga nationella riktvärden gällande vibrationer från spårtrafik. Stockholms läns landstings förvaltning för utbyggd tunnelbana har valt att följa Trafikförvaltningens riktlinjer för komfortvibrationer från spårtrafik [2] eftersom Trafikförvaltningen kommer att överta ansvaret för anläggningen i drift. I Tabell 3 redovisas dessa riktlinjer för komfortvibrationer från spårtrafik vid nyprojektering av spår.

Tabell 3. Vibrationsnivå för övervägande av åtgärd vid väsentlig ombyggnad eller nyanläggning av spår, Trafikförvaltningen, 2015 [2].

Lokaltyp	Vibrationshastighet mm/s RMS (1-80 Hz)	Typ av värde
Bostäder	0,4	Krav
Kontor för tyst verksamhet	0,4	Rekommendation
Undervisningslokal för tyst verksamhet	0,4	Krav
Affärslokal	0,4	Rekommendation

Angivna värden tas fram med hjälp av svensk standard SS 460 48 61, dvs max RMS-värden, tidsvägning ”slow” och frekvensvägning enligt ISO 8041 inom frekvensområdet 1-80 Hz.

Anläggningen ska utformas så att vibrationer som påverkar omgivningen och/eller anläggningen minimeras.

4.2 Stomljud i byggnader – drifttid

Det finns idag inga nationella riktvärden gällande stomljud från spårtrafik. Stockholms läns landstings förvaltning för utbyggd tunnelbana har valt att följa Trafikförvaltningens riktlinjer för buller och vibrationer [2] avseende stomljud från spårtrafik. I Tabell 4 anges dessa krav, som baseras på Stockholms stads *Hjälprea för miljöfrågor i stadens planering*, Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus (FoHMFS 2014:13) [5] och Ljudklassning av utrymmen i byggnader svensk standard SS 25268 [4]. Dessa mål gäller såväl stomljud som alstras av trafiken på banan som de som orsakas av installationer.

Tabell 4. Mål för högsta ljudnivå inomhus i dB(A) vid nybyggnation av spårinfrastruktur gällande utrymmen för sömn och vila samt för undervisning och vård, Trafikförvaltningen, 2015 [2].

Lokaltyp	Maximal ljudnivå dBA SLOW	Maximal ljudnivå dBA FAST
Bostadsrum	30	-
Lokaler med utrymme för sömn och vila	30	-
Undervisningslokaler	-	45
Vårdlokaler	-	45

Vid nyanläggning ska utformning ske så att stomljud till intilliggande byggnader minimeras. Vid projektering av ny anläggning bör en marginal på 3 till 5 dBA till värdena i Tabell 4 eftersträvas.

I övriga typer av lokaler bör högsta sammanvägda ljudnivå, från flera olika ljudkällor alternativt från en kombination av stom- och luftljud från samma ljudkälla, uppfylla kraven i svensk standard SS 25268 [4]. Med detta avses att uppfylla ljudklass C enligt tabeller i standarden för dimensionerande ljudnivå från trafik och andra yttre ljudkällor för respektive lokaltyp. Butiker bör bedömas som *Övriga utrymmen där människor vistas mer än tillfälligt* i avsnittet som gäller hotell och restauranger i SS 25268. För de fall värde saknas i tabell avseende ljudklass C hänvisas till närmast högre ljudklass som har ett värde, det innebär att i vissa fall kommer ljudklass A att gälla. Motivet till detta är att eventuellt åtgärdsbehov med avseende på spårtrafik vanligen dimensioneras utifrån maximal ljudnivå.

I Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus (FoHMFS 2014:13) [5] anges även riktvärden för lågfrekvent buller. Dessa riktvärden bör tillämpas vid bedömningen om olägenhet för människors hälsa föreligger.

Tabell 5. Riktvärden för lågfrekvent buller, FOHMFS 2014:13 [5].

Tersband [Hz]	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Ljudtrycksnivå, L_{eq} [dB]	56	49	43	42	40	38	36	34	32

4.3 Industribuller - drifttid

Ljud från näraliggande fläktar, likriktarstationer och andra fasta installationer faller under kategorin industribuller.

Naturvårdsverket och Boverket har tillsammans tagit fram riktvärden för industribuller vilka publicerats i Naturvårdsverkets rapport 6538 Vägledning om industri- och annat verksamhetsbuller [6] respektive Boverkets rapport 2015:21 Industri- och annat verksamhetsbuller vid planläggning och bygglovsprövning av bostäder – en vägledning [7].

I Tabell 6 redovisas de utomhusriktvärden som ska användas som utgångspunkt för olägenhetsbedömning vid olika typer av verksamhet i enlighet med Naturvårdsverkets vägledning.

Tabell 6. Utomhusriktvärden för industribuller. Värden avser frifältsvärden eller till frifält korrigerade värden, angivna som ekvivalent ljudtrycksnivå utomhus, Naturvårdsverkets Rapport 6538 [6] [dBA].

Områdesanvändning	Ekvivalent ljudtrycksnivå L_{pAeq}			Maximal ljudtrycksnivå L_{pAFmax}
	Dag kl 06-18	Kväll kl 18-22, samt lör-, sön- och helgdag kl 06-18	Natt kl 22-06	Momentana ljud nattetid kl 22-06
Bostäder, skolor, förskolor och vårdlokaler	50	45	40	>55
Friluftsområden	40	35	35	≤50

Om ljudet innehåller ofta förekommande impulser eller innehåller hörbara tonkomponenter eller bådadåra ska man använda ett värde som är 5 dBA-enheter lägre än vad som anges i tabellen.

Även Folkhälsomyndighetens riktvärden (F0HMF5 2014:13), se Tabell 5 ska användas för bedömning om störning av närboende föreligger.

4.4 Buller från byggplatser

4.4.1 Naturvårdsverkets allmänna råd

Naturvårdsverket har utarbetat allmänna råd för buller från byggplatser, NFS 2004:15 [8]. En sammanställning av dessa redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Naturvårdsverkets riktvärden för buller från byggplatser, NFS 2004:15 [8] [dBA]

Område	Helgfri mån-fre		Lör-, sön- och helgdag		Samtliga dagar	
	Dag 07-19	Kväll 19-22	Dag 07-19	Kväll 19-22	Natt 22-07	
	L _{Aeq}	L _{Aeq}	L _{Aeq}	L _{Aeq}	L _{Aeq}	L _{AFmax}
Bostäder						
Utomhus (vid fasad)	60	50	50	45	45	70
Inomhus (bostadsrum)	45	35	35	30	30	45
Vårdlokaler						
Utomhus (vid fasad)	60	50	50	45	45	-
Inomhus	45	35	35	30	30	45
Undervisningslokaler						
Utomhus (vid fasad)	60	-	-	-	-	-
Inomhus	40	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet¹⁾						
Utomhus (vid fasad)	60	-	-	-	-	-
Inomhus	45	-	-	-	-	-
1) Med arbetslokaler menas lokaler för ej bullrande verksamhet med krav på stadigvarande koncentration eller behov att kunna föra samtal obesvärat, exempelvis kontor. - Ljudnivåer avser frifältsvärden. - Riktvärden avser den ekvivalenta ljudnivån under den tid det bullrande arbetet pågår. - Om byggverksamheten har begränsad varaktighet, högst två månader, t.ex. spontning och pålning, kan 5 dBA högre värden tillåtas. - Vid enstaka kortvariga händelser, högst 5 minuter per timme, kan 10 dBA högre nivåer accepteras. Detta bör då inte gälla kvälls- och nattetid. - Riktvärdena är en utgångspunkt och vägledning för den bedömning, som görs i varje enskilt fall. Särskilda skäl kan medföra att avsteg kan behöva göras, såväl uppåt som nedåt, från de angivna riktvärdena. - 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. - Buller från trafik till och från byggplatsen bör bedömas efter de riktvärden som gäller för vägtrafikbuller. Trafik inom byggplatsen bör bedömas som byggbuller. - Det har i olika undersökningar konstaterats att information till de kringboende om den störande verksamheten och dess tidsmässiga omfattning medfört att olägenheterna lättare kunnat tolereras. En sådan information får anses vara av särskilt värde i de fall man överskridit angivna riktvärden.						

4.4.2 Projektspecifika mål

Särskilda villkor, bland annat med krav på kontrollprogram och villkor med begränsningsvärden för byggbuller, kommer att regleras i tillståndsprövningen. Projektets förslag till villkor och begränsningsvärden redovisas i sin helhet i tillståndsansökan för Miljöprövning för tunnelbana från Akalla till Barkarby station (SLL, 161205). I stort sett följer villkoren Naturvårdsverkets riktvärden (se Tabell 7). Projektet har gjort en avvägning mellan ljudnivån och störningen i tid. Med ett strängare krav blir byggtiden längre vilket ger störningar under en längre tid.

4.5 Bedömningsskalor vid konsekvensbeskrivning

Stockholms läns landstings förvaltning för utbyggd tunnelbana har följande bedömningsskalor för bullerstörningar:

Bedömningsskala känslighet

- **Låg känslighet:** Områden med få bosatta. Vårdlokaler, skolor och förskolor och annan känslig verksamhet förekommer inte.
- **Måttlig känslighet:** Områden med bostadsbebyggelse med en medelstor mängd bosatta. Vårdlokaler, skolor och förskolor och annan känslig verksamhet förekommer i begränsad utsträckning.
- **Hög känslighet:** Områden med tät bostadsbebyggelse med en stor mängd bosatta. Vårdlokaler, skolor och förskolor och annan känslig verksamhet förekommer i hög utsträckning.

Bedömningsskala effekter

I nedanstående skala används begreppen låga och höga nivåer samt kort och lång tid. Det går inte att generellt säga vad som är en låg/hög nivå respektive kort/lång tid. Det beror på person, miljö och situation. Som exempel kan nämnas att vid maximala ljudnivåer på 45 dB(A) kan människor ha svårt att somna liksom de blir väckta. 45 dB(A) i ett sovrum kan därför i de flesta fall betraktas som en hög nivå.

Med kortare tid kan i många fall vara upp till en till två veckor medan mer än två månader i många fall kan betraktas som lång tid. Bedömningar behöver emellertid göras och motivering beskrivas från fall till fall.

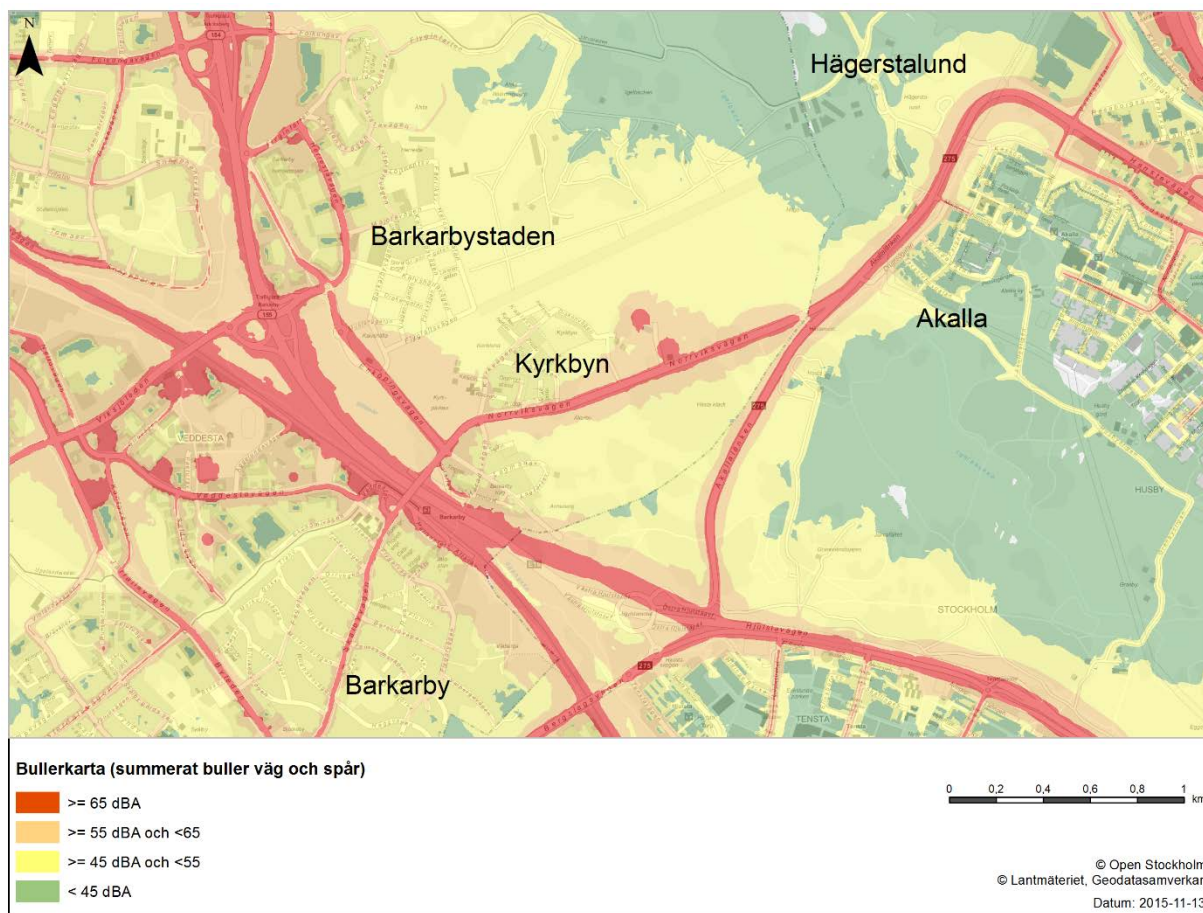
- **Stora negativ effekter** uppstår om projektet orsakar höga nivåer under längre tid.
- **Måttliga negativa effekter** uppstår om projektet genererar höga nivåer under begränsad tid.
- **Små negativa effekter** uppstår när projektet genererar låga nivåer.
- **Små positiva effekter** uppstår när projektet medför reducerade nivåer jämfört med nuläget under kortare tid.
- **Måttliga positiva effekter** uppstår om projektet medför reducerade nivåer jämfört med nuläget, under längre tid.
- **Stora positiva effekter** Projektet medför bestående och betydande reducerade nivåer jämfört med nuläget.

5 Nuläge och framtida stadsutveckling

5.1 Nuläge

Den planerade anläggningen korsar Akallalänken i den norra delen och E18 i den södra. Norrviksvägen går i den södra delen av området. Dessa vägar påverkar bullermiljön i området.

En sammanställning av bullersituationen i Stockholm har gjorts av Bullernätverket i Stockholm [14]. I Figur 11 visas en sammanställning av bullerkartor framtagna av olika aktörer i länet, främst kommuner, SL och Trafikverket. Bullerkartan består av data från olika årtal och med olika kvalitet. Uppdatering av data kommer att ske när nya kartläggningar finns tillgängliga. Insamlingen av nuvarande material skedde år 2011. Kartan visar sammansatt buller från väg- och spårtrafik. Andra bullerkällor, exempelvis flygtrafik, ingår inte.

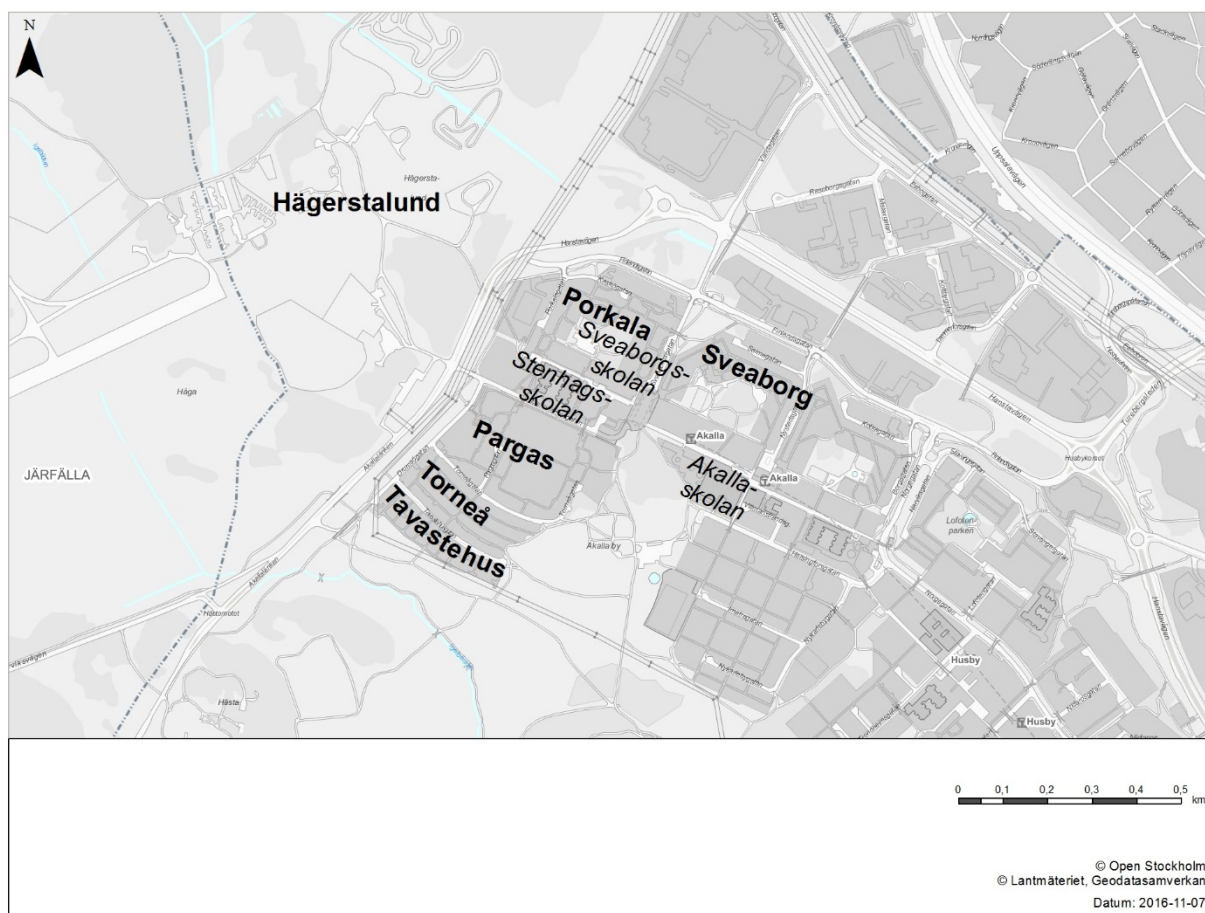


Figur 11. Sammanställning av bullersituationen i nuläget, sammansatt buller från väg och spår, ekvivalent ljudnivå. Källa: Bullernätverket i Stockholm [14].

5.1.1 Akalla

I den nordöstra änden av utredningsområdet ligger Akalla som är ett tätbebyggt område uppfört i mitten av 1970-talet. I den norra delen dominerar bebyggelsen av flerfamiljshus med mellan sex och elva våningar, fastigheterna Porkala och Sveaborg, se Figur 12. I fastigheten Pargas minskar flerfamiljshusens höjd från sex våningar i norr till två och tre våningar i söder. Längst i söder finns fastigheterna Torneå och Tavastehus med bebyggelse i form av radhus och parhus. Mitt i området ligger Stenhagsskolan och Akallaskolan, några förskolor samt Sveaborgsskolan, som är en grundsärskola för elever med funktionsnedsättningar. Området bedöms ha hög känslighet.

Området berörs på den norra och västra sidan av Hanstavägen/Akallalänken som ger ekvivalenta trafikbullernivåer över 55 dBA vid angränsande fasader. I övrigt berörs området endast av lokal trafik och trafikbullernivåerna inne i området ligger under riktvärdet.

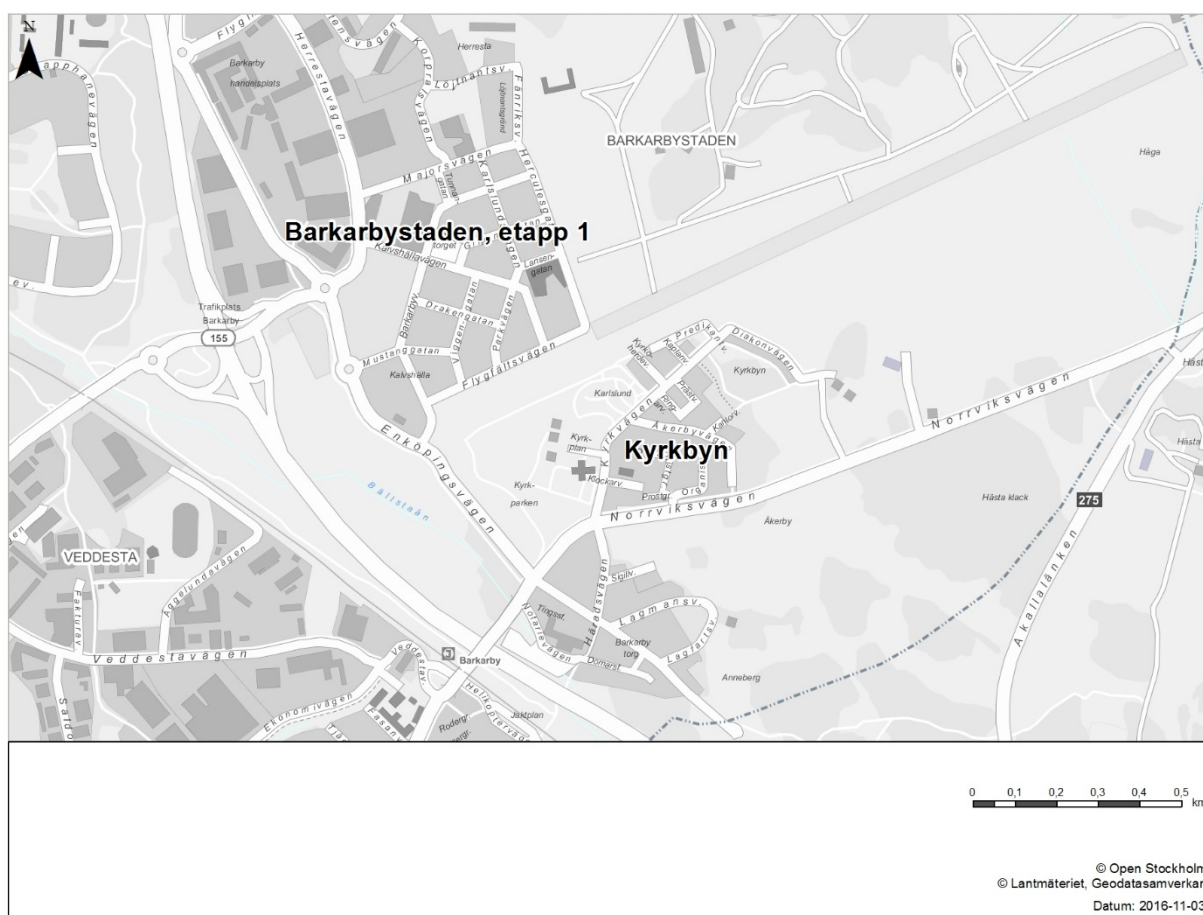


Figur 12. Akalla, orienteringsbild.

5.1.2 Järfälla kyrkby och Barkarbystaden

På den södra sidan om den planerade bansträckningen ligger Järfälla kyrkby och bostadsbebyggelse främst i form av enfamiljshus, se Figur 13. Området bedöms ha måttlig känslighet. I området närmast kyrkan liksom utmed Norrviksvägen visar bullerkartan i Figur 11 på ljudnivåer mellan 55 och 65 dBA ekvivalent ljudnivå. Det finns även två områden där ljudnivån överstiger 65 dBA strax öster om bostadsbebyggelsen. Vad som orsakar den förhöjda ljudnivån i dessa två punkter är inte klarlagt. Troligen rör det sig om någon form av industribuller. I övrigt ligger bakgrundsnivån mellan 45 och 55 dBA i bostadsområdet, det vill säga under riktvärdet för trafikbuller.

Strax norr om detta område finns början av den planerade Barkarbystaden. Den första etappen, Barkarbystaden I, har redan påbörjats och vissa delar är färdigställda. Detta område berörs av trafikbuller från främst Enköpingsvägen och E18. Trafikbullernivån ligger mellan 55 och 65 dBA i oskyddade lägen, men bakom byggnader skyddas området från det direkta trafikbullret från dessa båda trafikleder, och påverkas främst av den lokala trafiken. Även om endast en liten del av den planerade utbyggnaden är genomförd så är de delar som redan är färdigställda högt exploaterade. Området bedöms därför redan idag ha en hög känslighet.

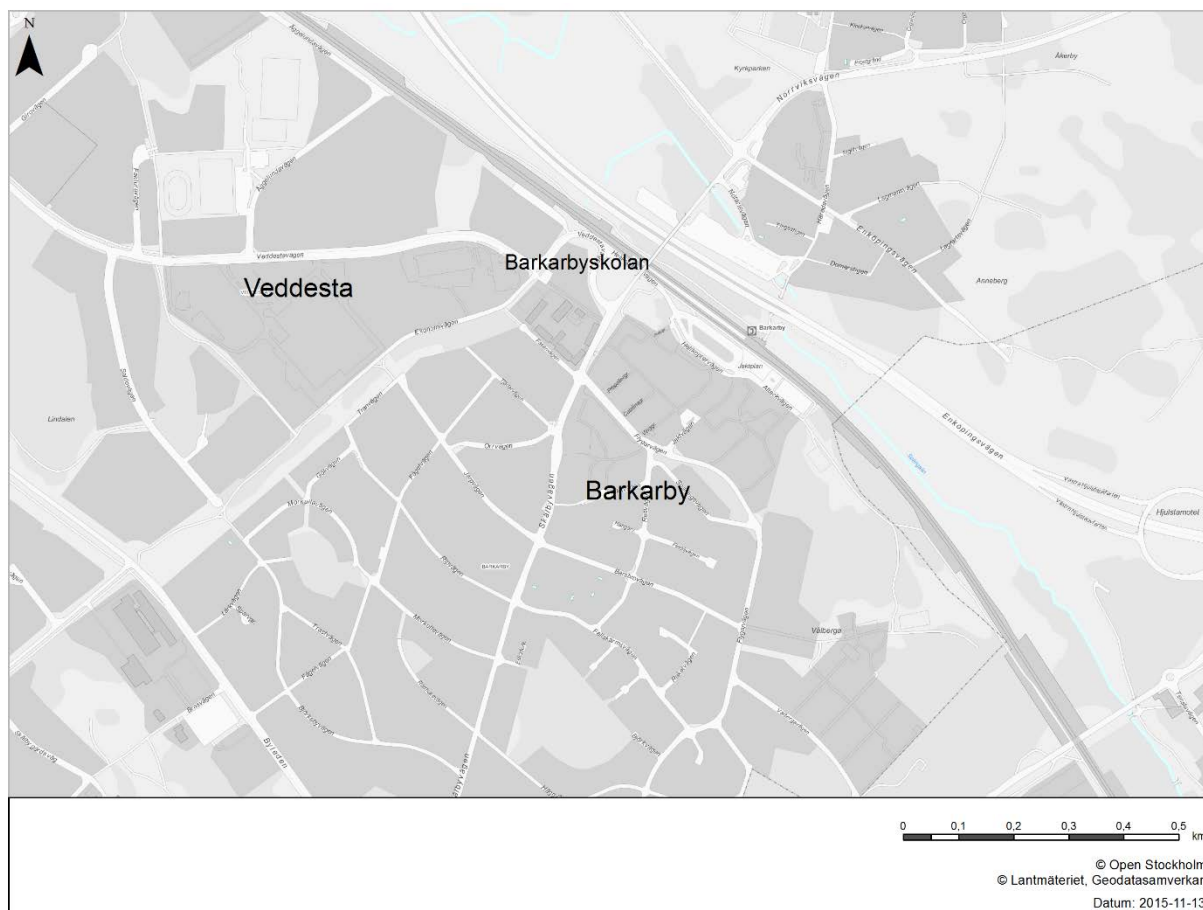


Figur 13. Orienteringsbild, Kyrkbyn och Barkarbystaden etapp I.

5.1.3 Barkarby och Veddesta

I den sydvästra änden av utredningsområdet ligger Barkarby som består av en högre exploaterad del med flerfamiljshus, skola och centrumanläggning mot Mälarbanan. Bakom Mälarbanan ligger ett område med glesare bebyggelse och främst enfamiljshus, se Figur 14. Stora delar av området har trafikbullernivåer under riktvärdet 55 dBA. Området bedöms ha hög känslighet.

Nordväst om bostadsområdet ligger Veddesta industriområde. Veddesta är idag ett industriområde. I den södra delen finns även bollplaner och idrottsplats. I den norra delen är trafikbullernivån över 55 dBA, medan den södra delen till största delen har nivåer på högst 55 dBA. Området har idag låg känslighet.



Figur 14. Orienteringsbild Barkarby och Veddesta.

5.2 Framtida stadsutveckling

Området vid Barkarby flygfält är ett område i förvandling och även utan en förlängd tunnelbana från Akalla så kommer den nya stadsdelen Barkarbystaden att växa fram.

Den del som främst överlappar tunnelbanans planerade sträckning kommer att domineras av bostäder. Samtliga planeras att vara färdigställda år 2030. Utbyggnaden av Barkarbystaden innebär att bil och kollektivtrafiken bedöms öka successivt, vilket leder till ökade bullerstörningar i området. Trafikökningen bedöms främst utgöras av personbilar, men även av distributionsfordon och bussar. Detta kommer att ske oavsett om tunnelbanan byggs ut eller ej, men trafiken, och således även trafikbullernivån bedöms bli större utan tunnelbana. Eftersom prognosticerade trafikmängder inte är kända, vare sig för fallet med eller utan tunnelbana så har ingen närmare bedömning kunnat göras av skillnaden mellan de två scenarierna avseende trafikbuller.

6 *Projektets påverkan*

Den planerade utbyggnaden har ur akustisk synpunkt två påverkansaspekter. Den ena är den påverkan i form av buller och vibrationer som kan uppstå i samband med drift. Den andra är den påverkan i form av buller och vibrationer som uppstår i samband med byggverksamheten. Till skillnad från ljudalstringen vid drift så är den senare av övergående karaktär.

6.1 Drifftid

6.1.1 Beräkningsresultat för stomljud och vibrationer för drifftiden

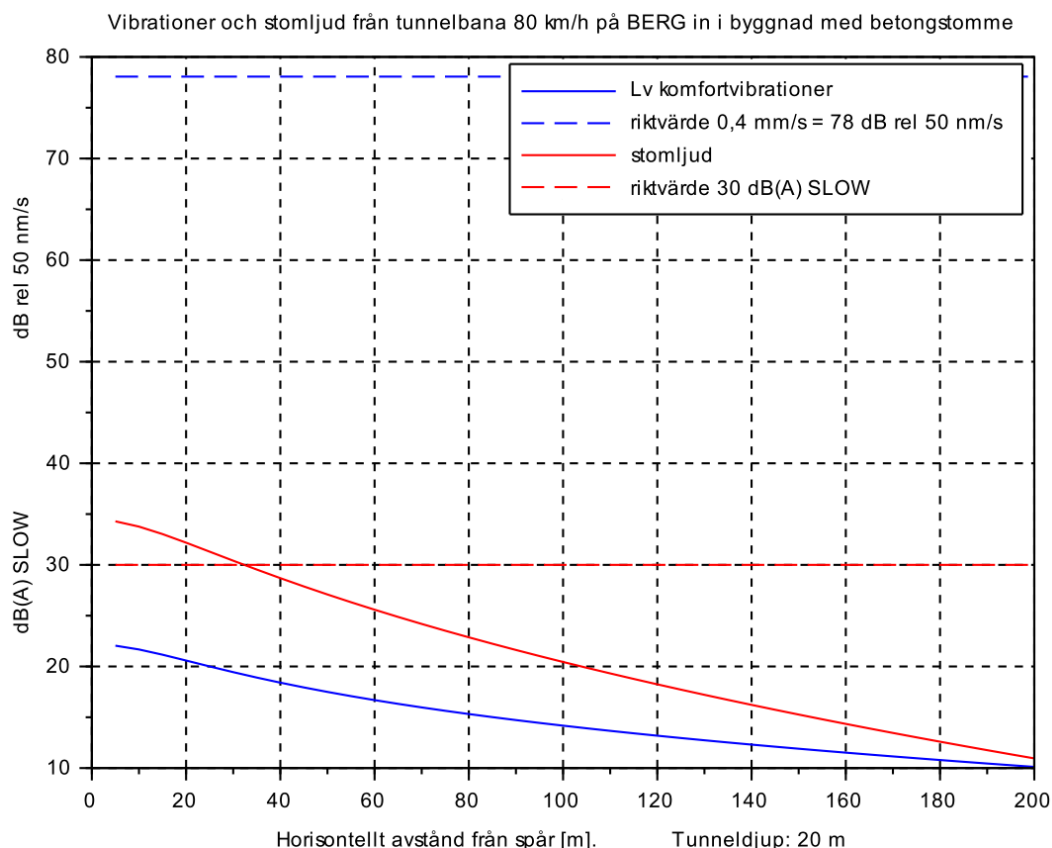
Stomljud från spårbunden trafik karaktäriseras ofta av ett lågfrekvent mullrande ljud som kan upplevas som mycket störande om nivåerna är höga. Även dunkande ljud kan uppkomma vid till exempel växlar.

Som indata i beräkningarna används källstyrka som motsvarar ett passerande tunnelbanetåg. Den använda källstyrkan baseras på mätdata [11].

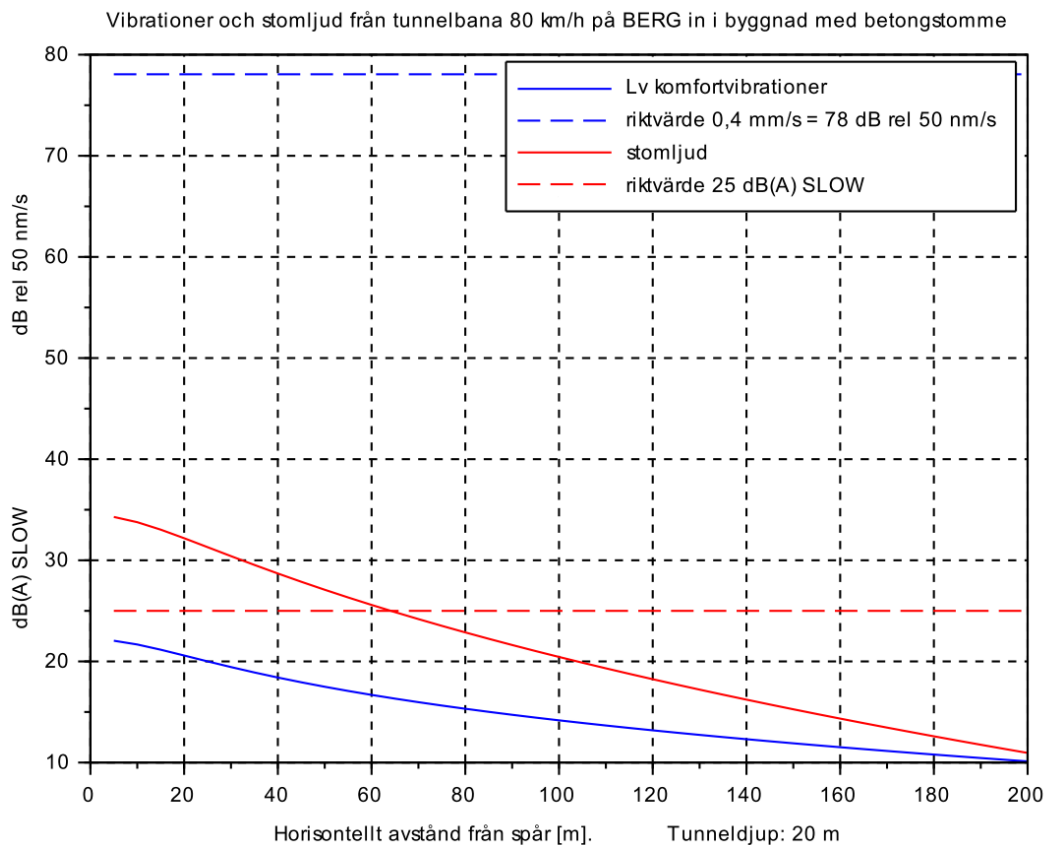
Resultaten nedan avser vibrationer och stomljud från tunnelbana i tunnel med ballasterat spår. Utredningen utfördes i ett tidigare skede av projekteringen för ny tunnelbana mellan Akalla och Barkarby. Spårlinjen har sedan den utfördes förändrats, men principen och slutsatsen bedöms vara desamma.

Utan åtgärd predikteras att riktvärdesöverskridande stomljudsnivåer kan uppstå i byggnader ovanför planerat spår. Bostadsbyggnader som ligger inom ett horisontellt avstånd på 32 meter från den planerade spårlinjen beräknas få riktvärdesöverskridande ljudnivåer vid drift om inte någon stomljudsreducerande åtgärd görs. Om en beräkningsmarginal på 5 dB tas med i beräkningen (se bedömningsgrunder för stomljud, avsnitt 5.2) blir det påverkade området 64 m. Detta kan utläsas ur diagrammen i Figur 15 och Figur 16 nedan från skärningen mellan de röda linjerna. Riktvärdet för komfortvibrationer innehålls med marginal utan åtgärder.

Notera att resultaten baseras på en idealiserad beräkningsmodell där marken betraktas som ett homogent material med samma materialegenskaper i hela volymen. I verkligheten kan berget variera med sprickor och olika egenskaper i olika delar. Det kan dessutom vara jord, grus och andra material som byggnaderna är grundlagda på. Resultaten skall därför betraktas med försiktighet och det är viktigt att resultaten verifieras i samband med detaljprojekteringen av stomljusdämpande åtgärder.



Figur 15. Resultat från vibrationsberäkning från tunnelbanevagn C20 på ballasterat spår. Blå kurva motsvarar vibrationshastigheten för lågfrekventa komfortvibrationer i dB rel 50 nm/s. Röd kurva är den beräknade stömljudsnivån i dB(A). Beräkningarna avser byggnad med betongstomme samt mark som består av berg mellan spår och byggnad. Tunneldjupet är 20 meter.



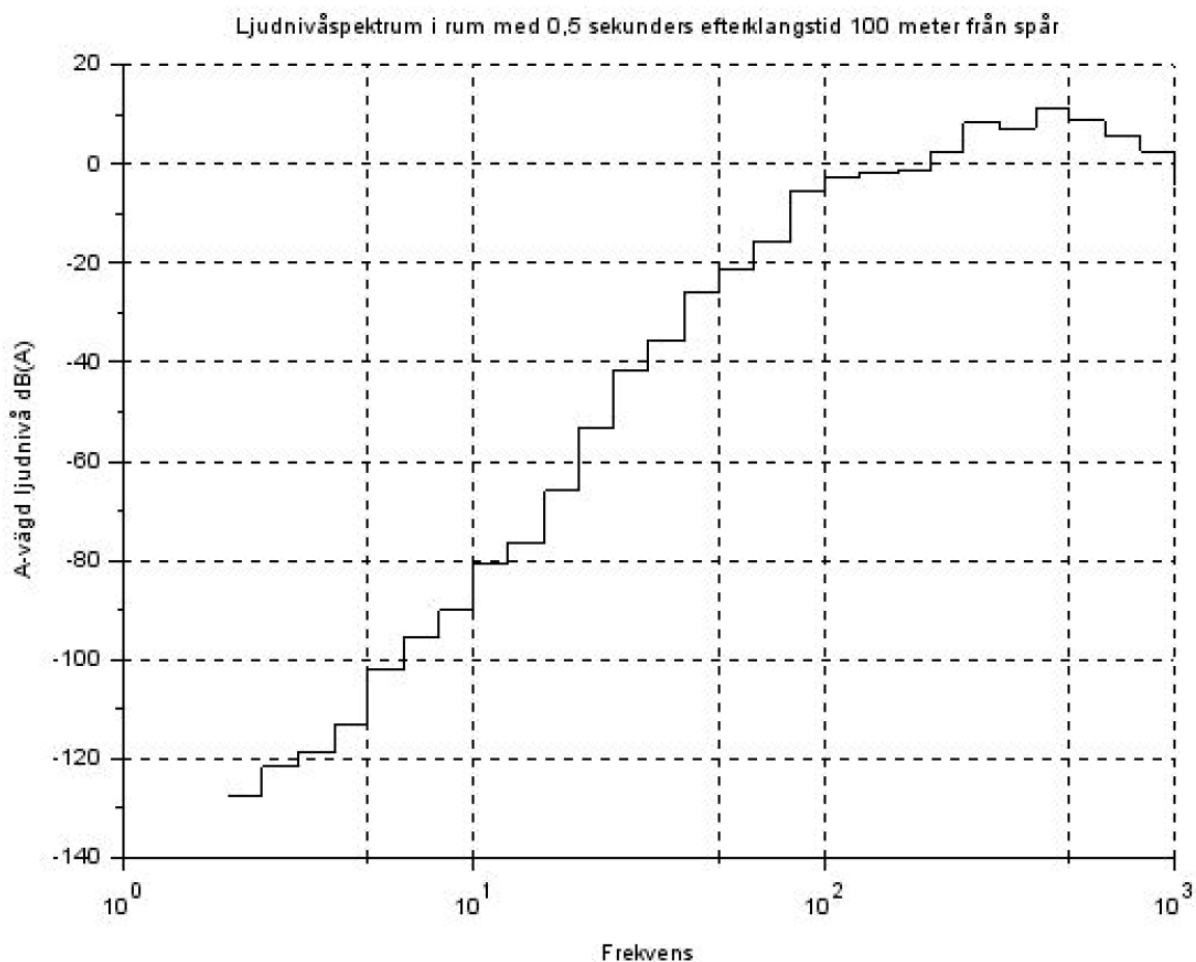
Figur 16. Resultat med hänsyn taget till en beräkningsmarginal på 5 dB, i övrigt är förutsättningarna samma som i Figur 15.

6.1.2 Stomljudsreducerande åtgärder under spår

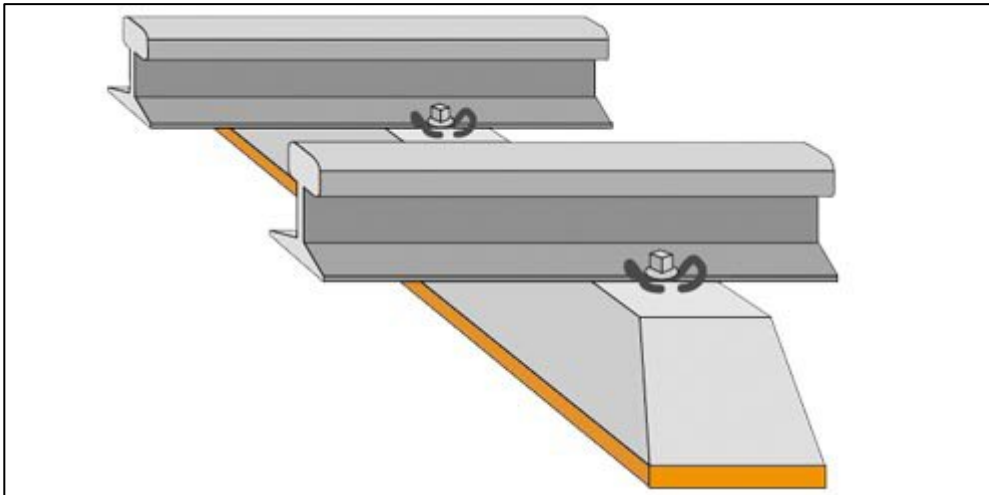
Resultaten i avsnitt 7.1.1 visar att stomljudsreducerande åtgärder under spår kommer att behövas. Den totala ljudnivån styrs mycket av högfrekventa bidrag, vilket visas i Figur 17. Traditionella stomljusdämpande åtgärder har god effekt vid högfrekventa stomljus. Nedan visas några exempel på sådana åtgärder.

Simuleringarna av stomljus visar att om vi tar hänsyn till en osäkerhet på 5 dB ökar området som påverkas av stomljus till ungefär det dubbla. För att inte överdimensionera de stomljusdämpande åtgärderna är det viktigt att förbättra noggrannheten i uppskattningen av stomljusutbredningen. När tunnarna är sprängda bör därför kompletterande mätningar utföras där vibrations-/stomljusöverföring från tunnel till ovanliggande byggnader mäts.

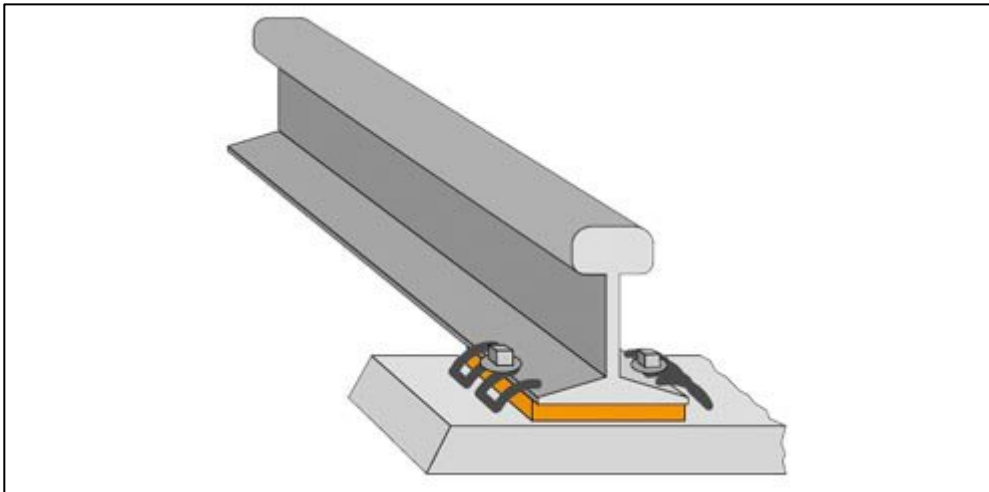
Stomljusdämpande åtgärder kommer att behöva detaljprojekteras i samband med inköp av lämplig systemlösning. Då de beräknade stomljusnivåerna är förhållandevis låga finns en uppenbar risk att stomljusdämpande åtgärder överdimensioneras. Kompletterande mätningar och beräkningar bör utföras i samband med detaljprojekteringen för att ge ett säkrare underlag vid dimensioneringen. I Figur 18 till och med Figur 20 visas exempel på stomljusreducerande åtgärder för järnvägsspår.



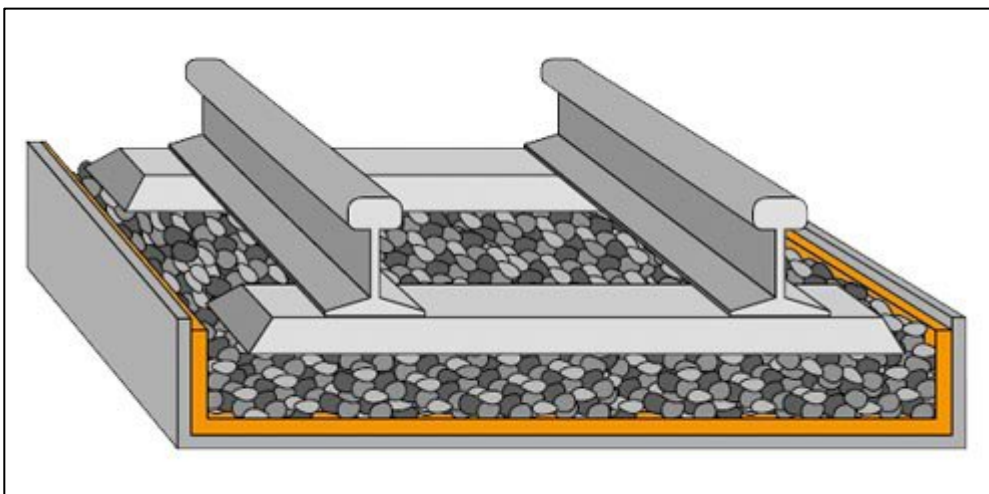
Figur 17. Beräknad A-vägd ljudnivåspektrum 100 meter från spårmit. Den totala ljudnivån styrs mycket av det högfrekventa bidraget. Således kan ett elastiskt mellanlägg ha god effekt.



Figur 18. Principskiss på sliperpads i syfte att reducera stomljud i ovanliggande byggnader.
Bild: Getzner Werkstoffe GmbH.



Figur 19. Principskiss på railpads i syfte att reducera stomljud i ovanliggande byggnader.
Bild: Getzner Werkstoffe GmbH.



Figur 20. Principskiss på ballastmatta i syfte att reducera stomljud i ovanliggande byggnader.
Bild: Getzner Werkstoffe GmbH.

6.1.3 Luftburet trafikbuller från tunnelbanan

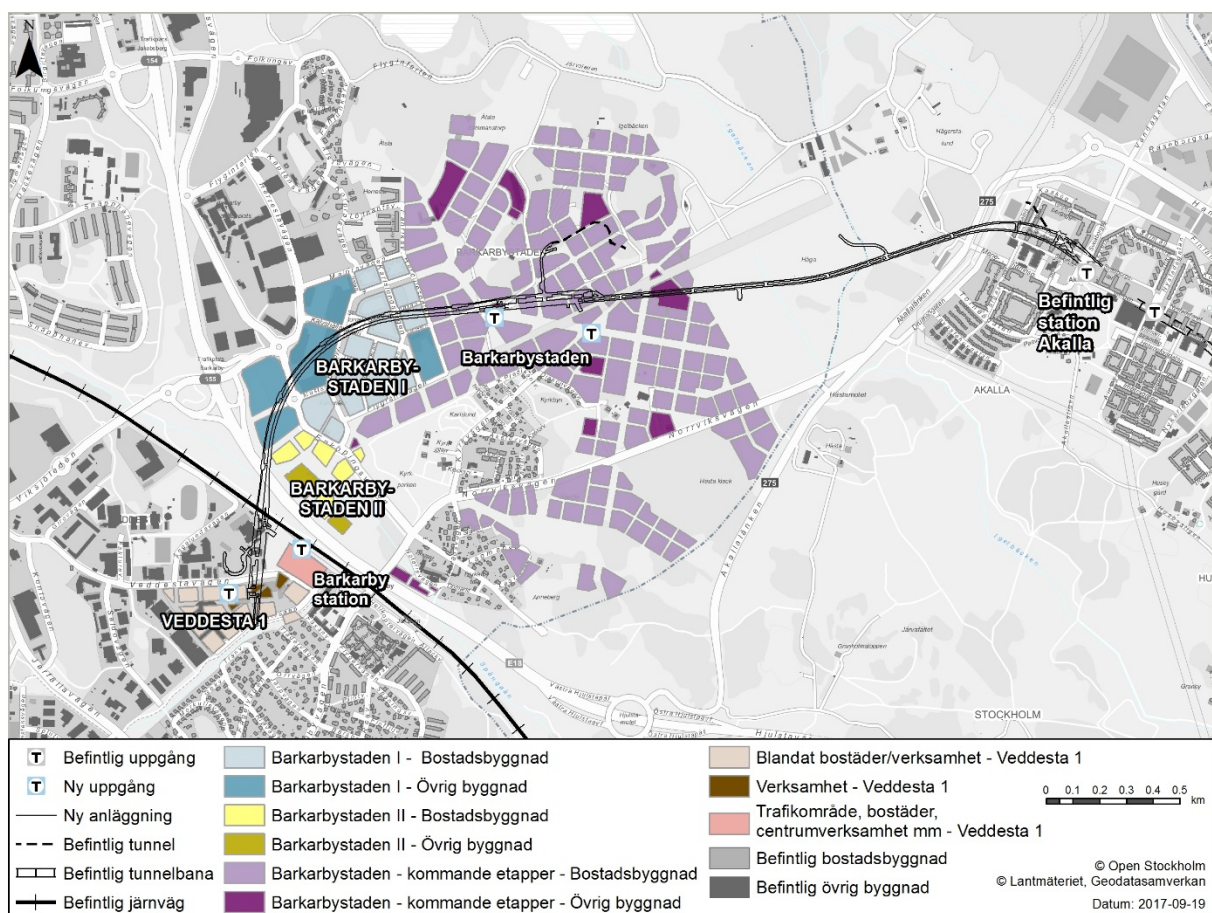
Den färdiga anläggningen ligger helt under jord och kommer inte att medföra någon ökning av luftburet trafikbuller i området. Någon prognos för eventuell påverkan av förändrade trafikmönster föreligger inte, så effekten på den totala ljudmiljön har inte analyserats i denna rapport.

6.1.4 Industri- och annat verksamhetsbuller

Ljud från fasta anläggningar i anslutning till tunnelbanan, ventilationstorn och liknande, kommer att dimensioneras för att uppfylla Naturvårdsverkets riktvärden för industri- och annat verksamhetsbuller [6].

6.2 Byggtid

Vid beräkningarna av bulleralstring under byggtiden beräknas hela utbyggnaden av området vara genomförd, vilket omfattar Barkarbystaden I och Barkarbystaden II, liksom Veddesta 1, se karta Figur 21. Den nya bebyggelsen kommer att fungera som bullerskydd för bakomliggande bebyggelse. För sådana fall har en bedömning även gjorts av de byggbullernivåer som kan uppkomma om de planerade byggnaderna inte har byggts när utbyggnaden av tunnelbanan sker.



Figur 21. Planerad utbyggnad.

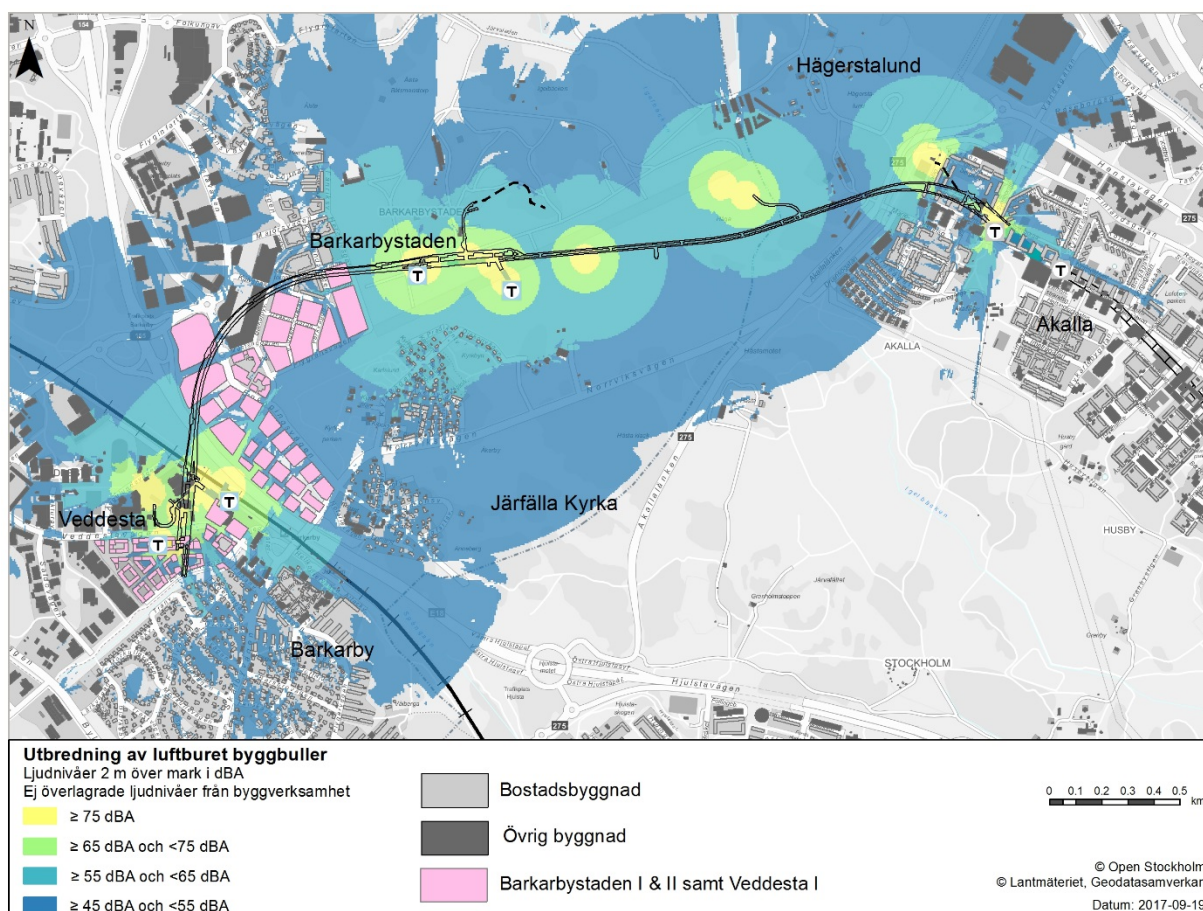
Osäkerhet råder avseende utbyggnaden i övriga delar av utredningsområdet och därför har inte hänsyn till detta tagits i beräkningarna.

6.2.1 Luftburet buller

En preliminär beräkning har utförts av byggbullernivåerna för luftburet buller från anläggandet av ny tunnelbanelinje mellan Akalla och Barkarby för att kunna bedöma risken för bullerstörningar och konsekvenser. En fördjupad utredning bör göras i samband med produktionsplaneringen inför byggstart, då information om aktuella arbetsmetoder, utrustning och tidplan finns.

Observera att beräkningarna avser punktkällor. I varje arbetsområde har lägen för källplacering antagits och de beräknade värdena redovisas för respektive mottagare. Varje beräkning omfattar endast en ljudkälla utan eventuella sammanlagringseffekter. Det innebär att det kan finnas lägen som genererar högre ljudnivåer i en viss punkt än vad som redovisas här, liksom att flera ljudkällor som pågår samtidigt kan ge en högre total ljudnivå. Ljudalstringen från en enskild källa kan också vara av kortvarig karaktär, och kanske endast pågå under några få dagar. Resultatet, som redovisas i Figur 22, Figur 24, Figur 26 och Figur 27, är en illustration av byggbuller i området, men utgör inte någon redovisning av de byggbullernivåer som faktiskt kommer att uppstå, då detta beror på faktorer som bland annat arbetsmetoder, val av utrustning, arbetstider, tidplan och väderleksförhållanden.

I Figur 22 visas en illustration av hur luftburet buller sprids från olika bullerkällor inom arbetsområdet. Figuren kan ses som en bild över risken för inom vilka områden byggbuller kan orsaka störningar. Den är dock inte en illustration av verkligheten. Bullrande verksamheter kommer inte att pågå samtidigt i alla områden och i varje område pågår bullrande verksamhet endast under en del av anläggningstiden. Ljudkällorna är inte sammanlagrade, det vill säga att den redovisade ljudnivån i varje punkt kommer från den mest dominerande källan i punkten. Den använda beräkningsmodellen utgår från topografi och skärmande bebyggelse. Om två bullerkällor pågår samtidigt och dessa bidrar med lika hög ljudnivå i en viss punkt så blir nivån i denna punkt 3 dBA högre än vad bilden visar.



Figur 22. Illustration av möjlig utbredning av luftburet byggbuller från punktkällor i arbetsområdet. Ljudnivåer är ej sammanlagrade och bullrande verksamhet kommer inte att ske i alla punkter samtidigt.

Ljudnivåerna förändras även över tid allteftersom arbetet sker på olika höjd i förhållande till marknivån, arbetsmomenten växlar etcetera.

Lastbilstransporter kommer att ske till och från området med bergmassor från tunneldrivningen och med byggmaterial till arbetsplatsen. Den primära transportvägen till och från området planeras gå till Norrviksvägen, se Figur 10. Här förväntas upp mot 250 fordon passera per dag. Den ekvivalenta ljudnivån från trafiken på utfartsvägen, med en hastighet på 30 km/h, blir cirka 55 dBA på 10 meters avstånd [23]. På 40 m avstånd är den ekvivalenta ljudnivån cirka 45 dBA, vilket motsvarar Naturvårdsverkets riktvärde för byggbuller vid bostäder nattetid [8]. Närmaste idag befintliga bostad ligger på cirka 150 m avstånd. Naturvårdsverkets riktvärde för maximal ljudnivå, högst 70 dBA nattetid, innehålls på cirka 30 m avstånd från vägen.

Trafiken på det allmänna vägnätet och på Mäljarbanan kan i vissa fall fungera maskerande på byggbullret, då byggverksamheten pågår på ett större avstånd och trafiken befinner sig närmare mottagaren. I vissa fall kommer dock byggbullret att kunna uppfattas på relativt långa avstånd eftersom frekvensinnehåll och ljudbild skiljer sig från trafikbullrets mer jämna brus, exempelvis vid slag i samband med pålning eller spontning.

6.2.1.1 Ljudnivå inomhus

I avsnittet nedan visas beräknade byggbullernivåer inomhus i bostadshus och skolor i respektive område utan hänsyn till eventuella skyddsåtgärder. Vid bedömningen av behovet av eventuella åtgärder med avseende på byggbuller kommer i första hand inomhusnivåerna att gälla.

Ljudnivån inomhus är beroende av byggnadens konstruktion och utformning och varierar mellan olika byggnader. Eftersom fasadisoleringen inte är känd, används schablonvärden. I projektet för utbyggd tunnelbana används följande standardvärden för fasaders förmåga att reducera yttre byggbuller [12]:

$\Delta = 30$ dBA för reduktion av buller från bullriga mark- och schaktarbeten som borrhning, pålning, spontning och masshantering.

$\Delta = 25$ dBA för reduktion av buller från tung byggtrafik

(Δ avser här ljudnivåskillnad ute-inne i dBA där utenivån anges som frifältsvärde och nivå inne avser ett möblerat boningsrum).

Dessa värden är schablonvärden och ska användas som sådana. Det innebär att den största andelen av fastighetsbeståndet bedöms uppnå dessa värden även om byggnader med lägre fasadisolering förekommer. Resultatet från användning av schablonvärdena är därmed ingen garanti på att inomhusnivåer uppfylls utan är en kvalificerad bedömning. I samband med eventuella fasadåtgärder inventeras berörda fastigheters fasader genom ljudmätning.

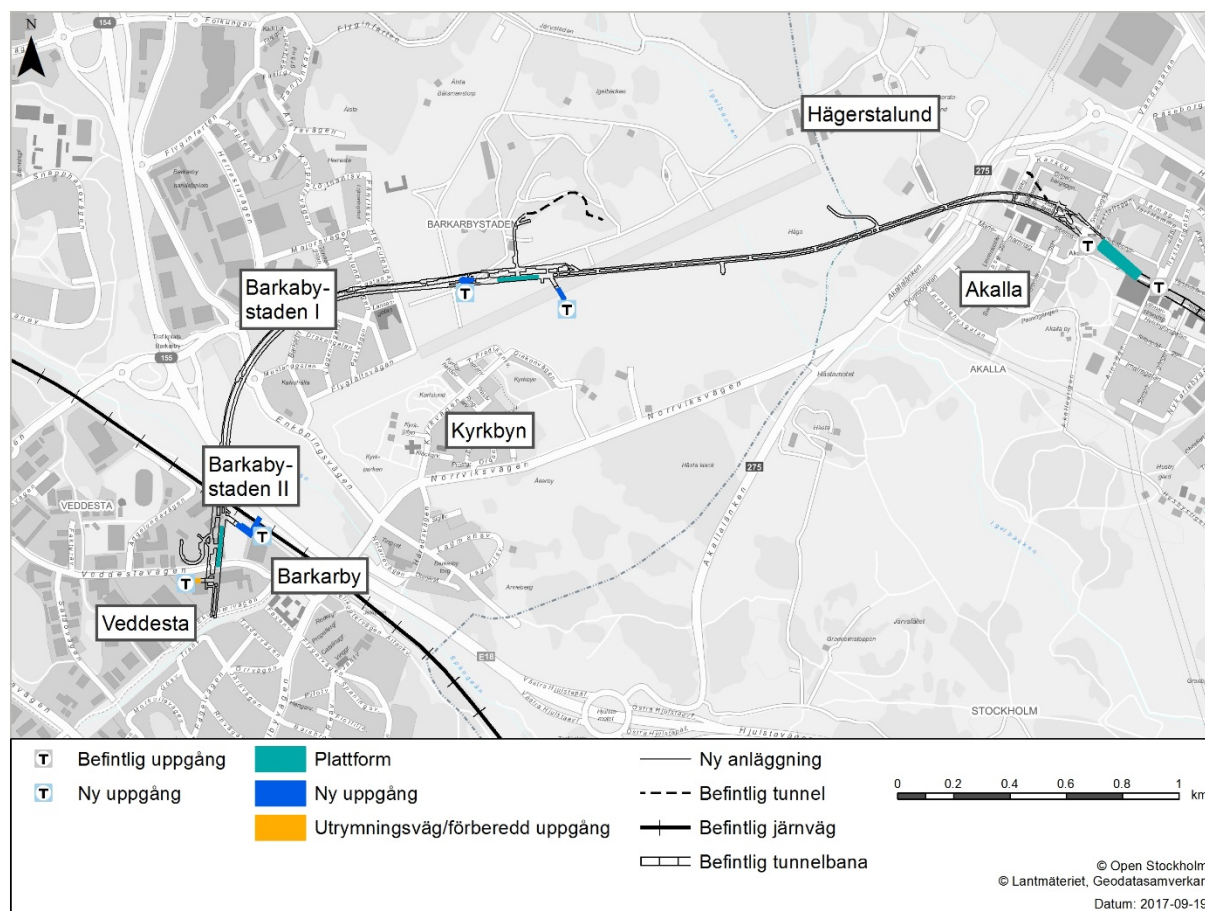
Bullerstörningar följs upp under byggtiden i enlighet med avsnitt 8.2.1.

6.2.1.2 Skyddsåtgärder

De skyddsåtgärder som i första hand är aktuella är åtgärder vid källan som val av arbetsmetod och utrustning, och avskärmning i form av plank eller inbyggnad. Om det i den kommande projekteringen bedöms vara aktuellt med fasadåtgärder för att innehålla riktvärdet inomhus i något fall, ska en inventering av befintlig fasadisolering göras för att stämma av det faktiska behovet och kunna optimera åtgärderna.

6.2.1.3 Områdesvis illustration av byggbullernivåer för luftburet buller

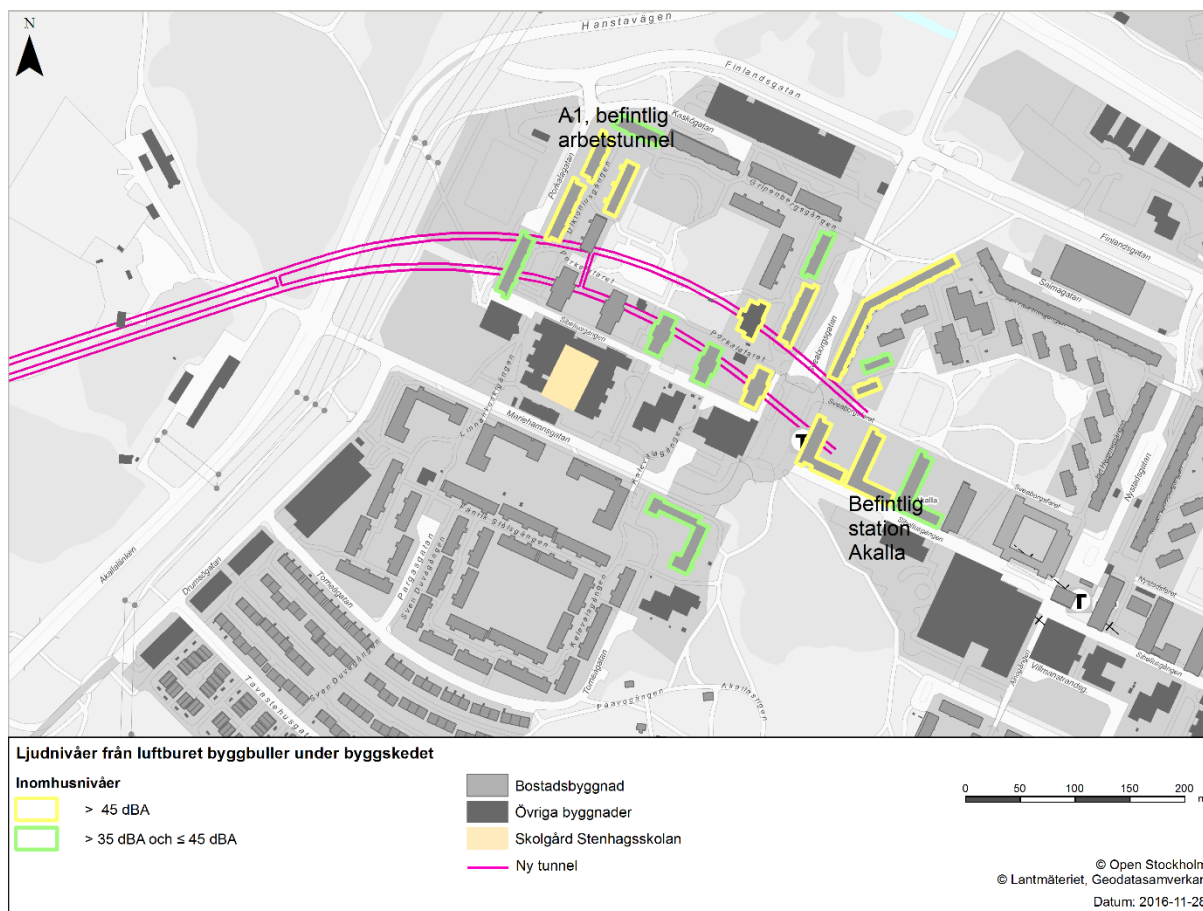
De områden som är berörda av buller visas i Figur 23. I Figur 24, Figur 26 och Figur 27 redovisas högsta beräknade byggbullernivå inomhus vid bostäder utmed den planerade tunnelbanesträckan. Vid byggnader som markerats med gul färg finns risk för byggbullernivåer över 45 dBA inomhus, vilket motsvarar riktvärdet dagtid (mellan klockan 07-19). Vid byggnader som markerats med grön färg finns risk för byggbullernivåer över 35 dBA inomhus, vilket motsvarar riktvärdet kvällstid (klockan 19-22) samt dagtid på lördagar, söndagar och helgdagar. Ljudnivån motsvarar den högsta beräknade ljudnivån utan eventuella skyddsåtgärder. I många fall kommer den bullrande aktiviteten ha en begränsad varaktighet, men alla uppskattningar av varaktighet för bullrande aktiviteter är mycket osäkra och kan komma att förändras vid produktionsplaneringen. Arbeten som människor kan uppleva som buller kan pågå under betydligt längre tider.



Figur 23. Berörda områden samt de benämningar som används för dessa i denna rapport.

Akalla

I Akalla är det framför allt flerfamiljshusen i den norra delen av området som riskerar överskridanden av luftburet byggbuller.

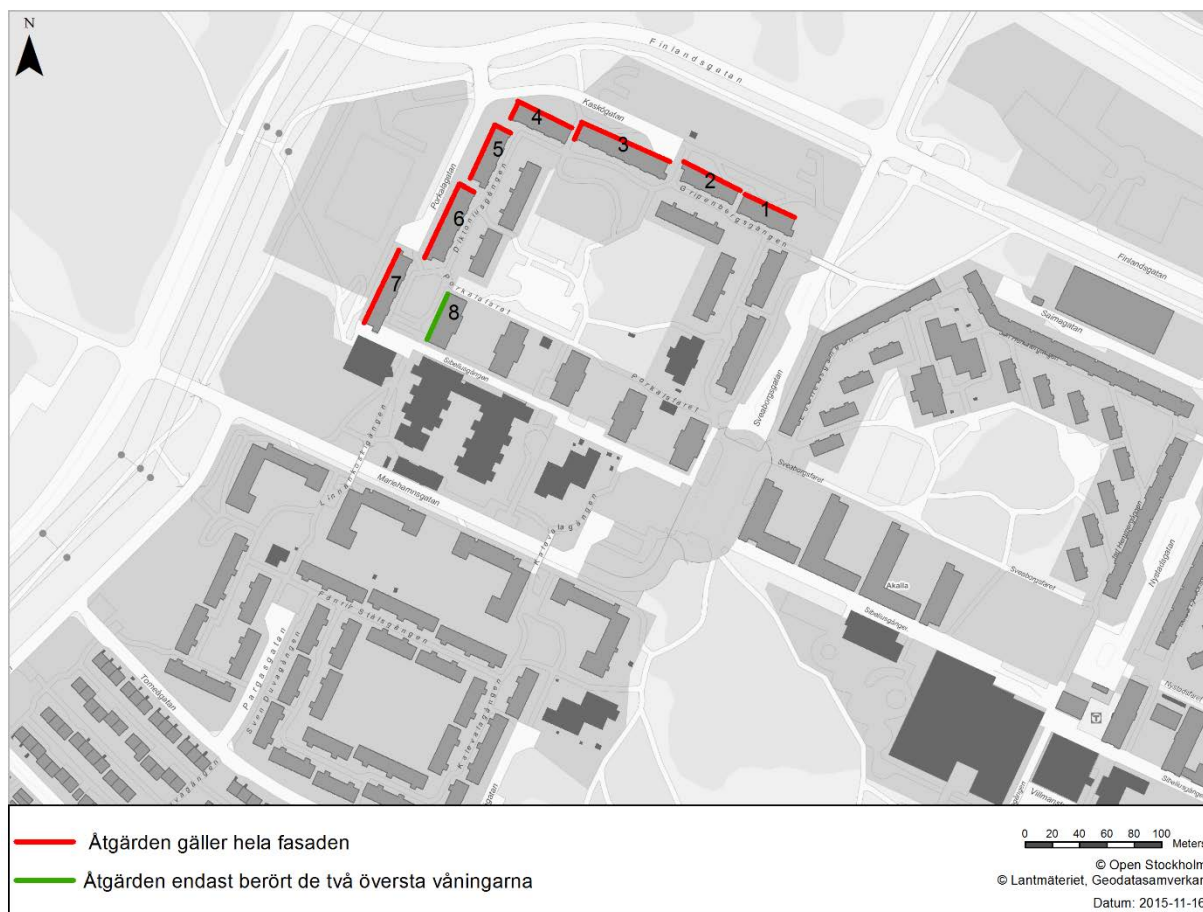


Figur 24. Riskillustration för luftburet byggbuller inomhus i Akalla utan hänsyn till eventuella skyddsåtgärder. Observera att endast bostadshus och skolbyggnader färgmarkerats.

Vid spontning för det utvidgade schaktet i Akalla, beräknas byggbullernivåer upp mot 85 dBA vid de mest utsatta bostadsfasaderna i fastigheterna Sveaborg och Porkala. (För fastighetsbeteckningar se Figur 12). Detta motsvarar en inomhusnivå på 55 dBA vilket är cirka 10 dBA högre än riktvärdet för byggbuller inomhus. Vid Sveaborgsskolan kan byggbullernivåer upp mot 76 dBA vid fasad uppstå, vilket kan ge ljudnivåer på cirka 45 dBA inomhus.

Eventuell spontning för transportvägen till den befintliga arbetstunneln A1 kan ge byggbullernivåer upp mot 85 dBA vid de mest utsatta fasaderna i fastigheten Porkala.

I Porkala har ett stort antal bostäder varit aktuella för fönsteråtgärder som ökar ljudisoleringen med anledning av byggandet av Förbifart Stockholm. Fasader mot väster och norr enligt Figur 25 har åtgärdats [25]. Där åtgärder vidtagits bedöms fasaderna dämpa ljudet med cirka 35 dBA med avseende på byggbuller. Trots åtgärderna beräknas byggbullernivån inomhus att tillfälligt kunna överstiga riktvärdet inomhus i de mest utsatta punkterna i samband med spontning intill mynningen för arbetstunnel A1. Denna aktivitet kan ge upphov till byggbullernivåer inomhus på upp mot 50 dBA i de berörda bostäderna, vilket innebär att riktvärdet för byggbuller inomhus överskrids.



Figur 25. Fasader i Porkala där fönsteråtgärder vidtagits med anledning av Förbifart Stockholm. Röd markering innebär att åtgärden gäller hela fasaden, grön markering innebär att åtgärd endast berört de två översta våningarna [25].

Vid Stenhagsskolan blir den beräknade byggbullernivån från spontning upp mot 63 dBA vid mest utsatta fasad, mot nordväst. Vid övriga fasader beräknas nivån inte bli över 60 dBA. Det innebär att riktvärdet inomhus i undervisningslokaler innehålls. På skolgården, markerad med gult i Figur 24 beräknas ljudnivån bli högst 55 dBA. För skolgårdar finns inga riktvärden avseende byggbuller framtagna, men nivån kan jämföras med det riktvärde för trafikbuller på skolgårdar som ofta används och som är 55 dBA.

Även förskolan Akalla Hill, som ligger i kvarteret Pargas, får nivåer upp mot 62 dBA, vid fasad mot norr. Vid övriga fasader och på gårdsytor är dock nivån lägre än 55 dBA. Vid övriga skolor och förskolor i området beräknas ljudnivåer under 55 dBA med avseende på luftburet byggbuller.

Vid arbetstunnel A1 kommer enskilda transporter kunna ge maximala ljudnivåer på cirka 60 dBA vid de mest utsatta fasaderna i Porkala. Riktvärdet för byggbuller inomhus med avseende på dessa transporter bedöms dock innehållas.

Byggaktiviteter för anläggandet av arbetstunnel A2 vid flygfältet kan ge byggbullernivåer på knappt 55 dBA utomhus vid parhusen i den västra delen av Akalla. Riktvärdet för byggbuller inomhus beräknas inte att överskridas. Dessa arbeten beräknas pågå under cirka tre månaders tid. Därefter planeras utlastning av berg att ske för transport till mellanlagring. Transporterna från arbetstunnel A2 beräknas inte ge byggbullernivåer över riktvärdet vid några bostäder, även om transporterna sker nattetid.

Hägerstalund

Norr om Akalla ligger några fastigheter med fastighetsbeteckning Hägerstalund, se Figur 12. Bostäderna riskerar att få byggbullernivåer utomhus på upp mot 55 dBA i samband med spontningsarbeten för arbetstunnel A2, vid flygfältet mellan Akalla och Barkarbystaden, och arbetstunnel A1, i Akalla. Utomhusnivåerna beräknas dock ej överskrida riktvärdet utomhus dagtid på vardagar, och även riktvärdet inomhus beräknas klaras. Bullrande arbeten kan komma att pågå intermittent under cirka 4 veckor i Akalla respektive cirka 10 veckor vid arbetstunnel A2 vid flygfältet.

Järfälla kyrkby

Området vid Järfälla kyrkby kommer att beröras av byggbuller från aktiviteter framför allt vid Barkarbystadens station. Bullrande arbeten kan komma att pågå intermittent vid Barkarbystadens station under en längre period. Framför allt pålningsarbeten kan orsaka nivåer över 60 dBA vid bostäder i den nordöstra delen av bostadsområdet. Riktvärdet för byggbuller inomhus bedöms dock innehållas då verksamhet inte pågår nattetid.

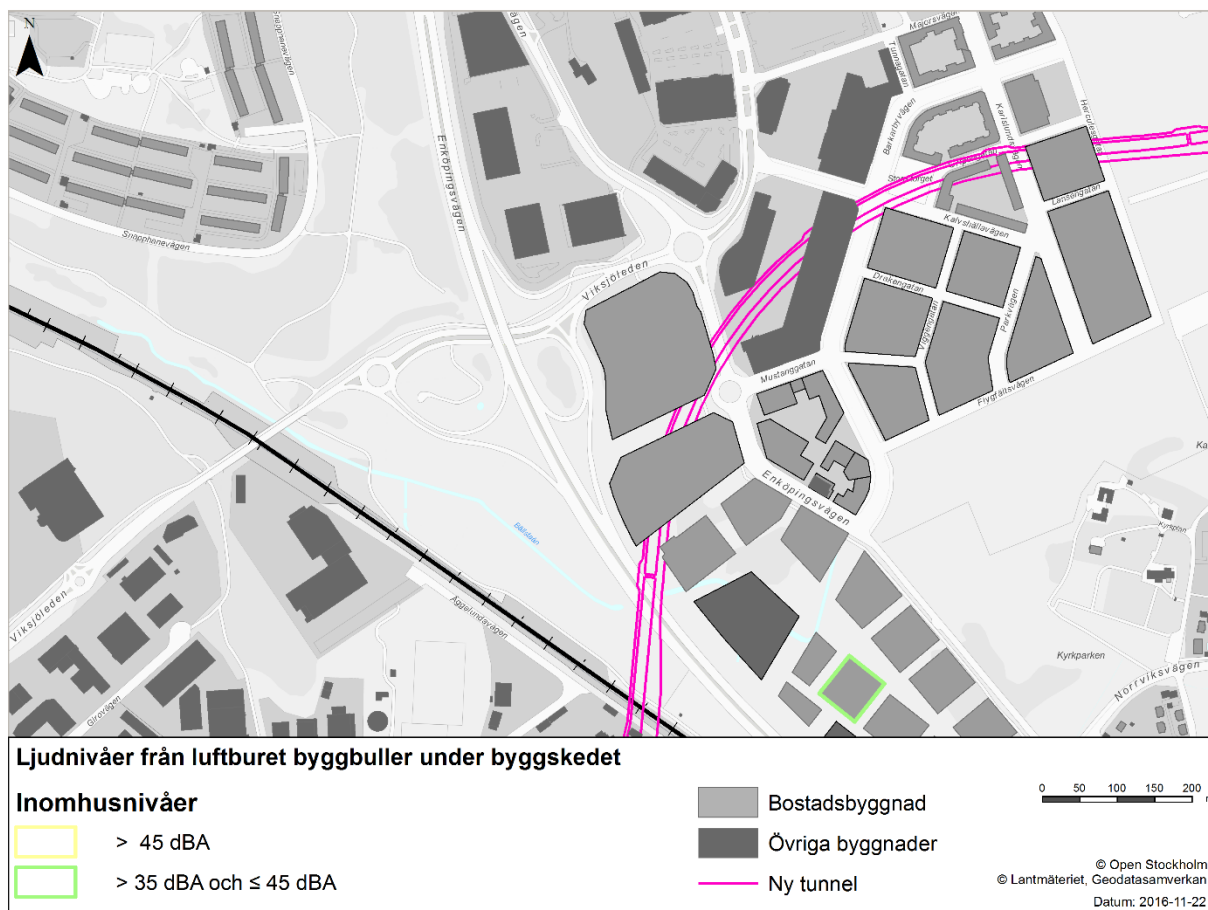
Om Barkarbystaden II inte är utbyggd när tunnelbanan byggs kommer byggbullernivåerna i Kyrkbyn att bli högre med avseende på byggaktiviteterna vid Barkarby station. I den södra delen av Kyrkbyn, utmed Enköpingsvägen kan nivåerna bli upp mot 10 dBA högre utan Barkarbystaden II. Byggbullernivåerna utomhus beräknas dock inte överskrida 60 dBA utomhus vid bostäder och riktvärden inomhus innehålls.

Barkarbystaden I och II

De delar av Barkarbystaden I som är utbyggda idag kan få byggbullernivåer över 50 dBA utomhus vid byggaktiviteter i samband med utbyggnaden av station Barkarbystaden. De mest bullrande arbetsmomenten kan komma att pågå intermittent under sammanlagt cirka två månader i detta område, men utspridda över längre tid. Pålning kan ge nivåer upp mot 60 dBA utomhus vid de mest utsatta byggnaderna. Riktvärdet för byggbuller inomhus beräknas att innehållas. Även andra bulleralstrande aktiviteter kan förekomma under andra tider.

De delar av Barkarbystaden I och II som idag ännu ej är utbyggda påverkas av byggaktiviteter vid Barkarby station respektive Barkarbystadens station. Om och hur länge en viss fastighet kan få höga byggbullernivåer från tunnelbaneutbyggnaden beror på hur långt utbyggnaden av bebyggelsen kommit. Även byggverksamhet med avseende på den nya bebyggelsen genererar byggbuller.

En utbyggd Barkarbystaden II fungerar som skärm mellan byggaktiviteterna för Barkarby station och bostäderna i Barkarbystaden I. Om Barkarbystaden II inte är utbyggd när tunnelbanan byggs kommer byggbullernivåerna i Barkarbystaden I att bli högre, i vissa fall med över 5 dBA, med avseende på byggaktiviteterna vid Barkarby station. Nivåerna beräknas dock inte överstiga 60 dBA utomhus.



Figur 26. Riskillustration för luftburet byggbuller i Barkarbystaden 1 och 2 utan hänsyn till eventuella skyddsåtgärder. Observera att endast bostadshus/-fastigheter färgmarkerats.

Barkarby och Veddesta 1

Vid Barkarby station byggs en ny uppgång med anslutning mot pendeltågsstationen/Mälarbanan, ventilationsschakt och en utrymningsväg, vilka ger upphov till bullrande byggaktiviteter som spontning, bergborrning och pålning. Bullrande arbeten kommer att vara utspridda över längre tid, allt eftersom arbetet fortskrider i olika delar.

Nya bostadskvarter planeras i den södra delen av det som idag är Veddesta industriområde, som gränsar mot Barkarby villabebyggelse. I beräkningarna har denna bebyggelse antagits vara färdigställd bortsett från de kvarter som kommer i direkt konflikt med tunnelbanans utbyggnad. Vid fasader nära byggverksamhet kan byggbullernivåerna bli upp mot 80 dBA. Vid sådana fasadnivåer finns risk för att riktvärden för inomhusnivåer överskrids.

Med den nya stadsdelen Veddesta 1 utbyggd beräknas byggbullernivåer över 50 dBA förekomma vid ett stort antal byggnader i de idag befintliga bostäderna i Barkarby. Den kuperade terrängen, vilken innebär att både källor och mottagarpunkter kan ligga högt och oskärmade, bidrar till bullerspridningen i området. I många fall är dock den högsta framräknade byggbullernivån endast strax över 50 dBA. Ett fåtal enfamiljshus riskerar att få utomhusnivåer över 60 dBA, vilket innebär att det finns risk för överskridanden av inomhusnivån nattetid om bullrande verksamhet förekommer. I övrigt beräknas riktvärdet för byggbuller inomhus att innehållas.

Vid Barkarbyskolan beräknas att byggbullernivåer utomhus över 60 dBA kan uppkomma. På skolgården kan nivåer upp mot 55 dBA förekomma i samband med pålningsarbeten. Riktvärden inomhus bedöms innehållas.



Figur 27. Riskillustration för luftburet byggbuller inomhus i Barkarby och Veddesta 1 utan hänsyn till eventuella skyddsåtgärder. Observera att endast bostadshus och skolbyggnader färgmarkerats.

Om den nya bostadsbebyggelsen i Veddesta inte finns på plats vid utbyggnaden av tunnelbanan, kommer byggbullernivåerna vid den befintliga bebyggelsen i Barkarby att vid de mest utsatta byggnaderna bli över 20 dBA högre. Ljudnivåer upp mot 65 dBA kan förekomma, vilket innebär att riktvärdet för byggbuller inomhus kan komma att överskridas om bullrande aktiviteter pågår nattetid. Byggtrafik beräknas dock ej ge nivåer över riktvärdet inomhus.

Vid Barkarbyskolan, kan byggbullernivåer upp mot 65 dBA uppkomma vid den nordvästra delen av skolans område, om området inte skärmas av ny bebyggelse i Veddesta. På mer skyddade delar av skolgården beräknas dock nivån inte överstiga 55 dBA.

6.2.2 Stomljud och vibrationer

6.2.2.1 Beskrivning av arbetsmoment som orsakar stomljud och vibrationer

Vid tunneldrivning i berg finns ett antal delmoment som kan ge upphov till stomljud i närliggande byggnader. Först och främst är det bergborrning av olika slag som i både omfattning i tid och i höga ljudnivåer kan påverka människor i omgivningen.

Borrljudet upplevs som ett malande knackande ljud, som kan liknas vid det som hörs när en granne borrar i en betongvägg i ett flerfamiljshus. Ljudkaraktären vid bergborrning är dock något annorlunda och arbetet pågår ofta under en betydligt längre tid, kanske flera timmar i sträck, då det ofta är många och långa hål som ska borraras med stora diametrar. När borring inför sprängsalvan är klar laddas hålen med sprängämne, vilket är en stomljudsfri aktivitet. Vid sprängning av tunnlar sprängs inte alla laddningar på en gång utan de olika laddningarna

detonerar, av sprängtekniska skäl, med en viss fördröjning vilket ger lägre vibrationer i omgivande byggnader och mark. Sprängningen upplevs som ett 5-10 sekunder långt ”smattrande”.

För boende och verksamma i närheten av tunneln kan ljudet vid borrning upplevas som mycket störande. Då tunneln, framför allt i Akalla, inte ligger särskilt djupt under mark, som närmast på cirka 20 meters djup, finns risk för höga stomljuds nivåer, uppåt 55 dBA eller högre, i närliggande byggnaders nedre våningsplan.

Efter sprängning är det dags för så kallad skrotning och utlastning av sprängstenen ur tunneln. Vid skrotning knackas löst sittande berg bort från tunneltak och tunnelvägg med hjälp av en hydraulhammare eller liknande. Skrotningen orsakar vibrationer som kan höras som stomljud i omkringliggande byggnader. Utlastning av det lossprängda berget sker i regel utan risk för störning i form av stomljud. Vid arbets-/tillfartstunneln kan dock lastbilstransporterna ge upphov till störning i form av luftburet buller.

Slutligen kan berget vid behov förstärkas med bergbultar och/eller sprutbetong. Borrning av bultarna kan ge upphov till stomljud, om än i betydligt mindre skala än vid övrig ovan nämnd borrning.

Se även faktaruta nedan.

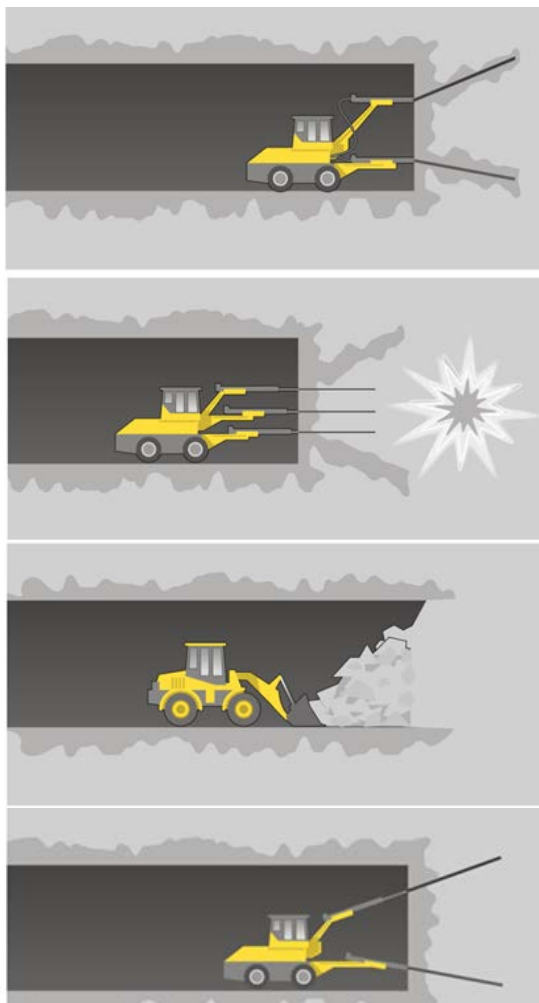
FAKTARUTA: TUNNELDRIVNING

Förinjektering: Först borrar 15-20 meter långa hål runt den blivande tunneln. Därefter sprutas injekteringsbruk in i borrhålen och i bergssprickor. När betongen stelnat har det bildats en tät zon runt den blivande tunneln. Syftet med förinjekteringen är att minimera inläckage av vatten.

Salvborrning, laddning och sprängning: Normalt borrar cirka 3-5 meter långa hål horisontellt i hela tunneln och laddas med sprängämne. Sprängningsarbetena anpassas med hänsyn till risker för skador till följd av vibrationer. Efter det att spränggaserna ventilerats ut och de utsprängda massorna har bevattnats för att reducera dammspridning, lastas massorna ut.

Bergrensning: Kvarsittande löst berg i väggar och tak tas bort maskinellt och för hand med skrotspett. Därefter spolas bergytan ren med vatten.

Bergförstärkning: Bergförstärkning utförs i normalfall med sprutbetong och bultar. Om exempelvis bergtäckningen är liten kan andra typer av förstärkning behövas.

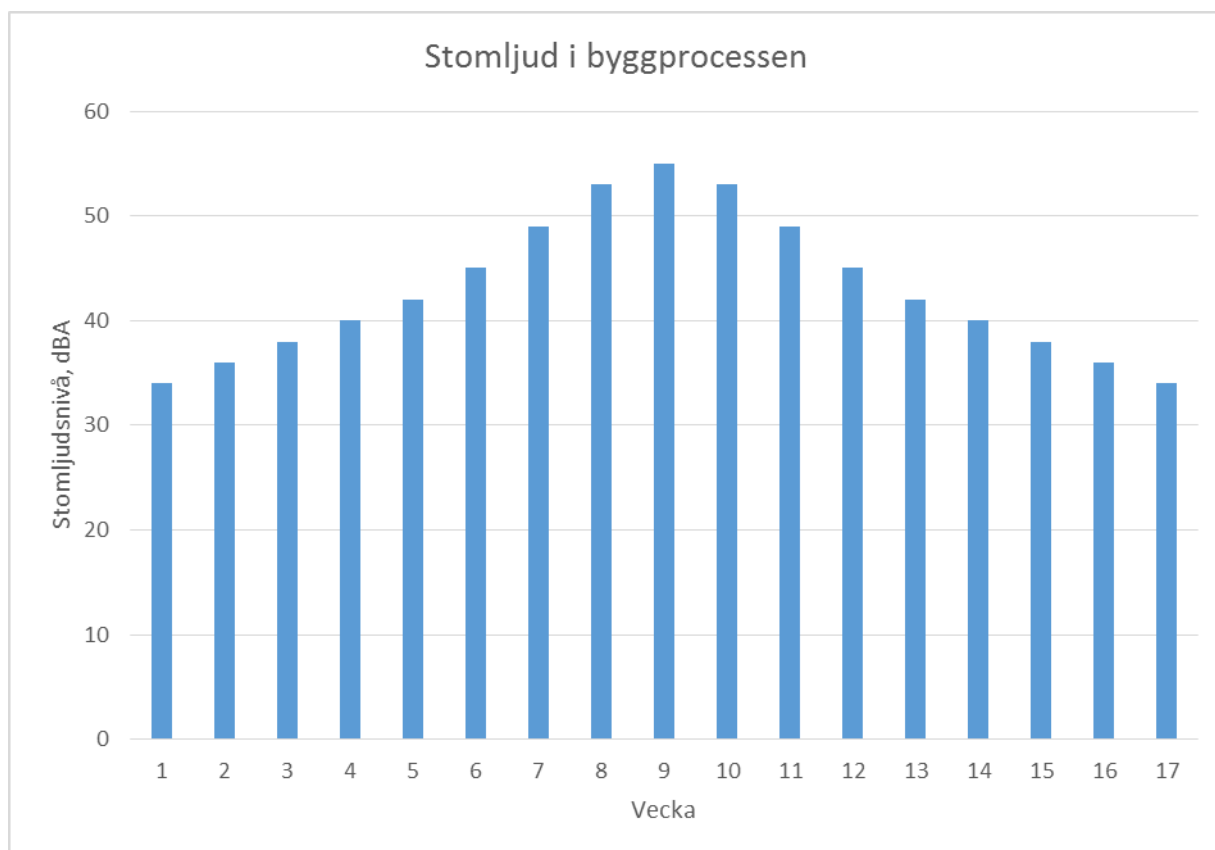


6.2.2.2 Omfattning och påverkan vid tunneldrivning

I Figur 29 presenteras de byggnader som bedöms få ljudnivåer inomhus över 45 dBA (gula) respektive 35 dBA (gröna) i samband med borrhning av tunnelrören. Nivåerna i figuren representerar ljudnivån i byggnadernas entréplan och förutsätter att byggnaderna är grundlagda direkt på berg. Detta är ett konservativt antagande och stomljudsnivåerna kommer sannolikt att bli lägre än de beräknade.

Tunneldrivningen kommer att ske med olika hastighet beroende på hur känslig omgivningen är för stomljudsstörningar. Där tunneldrivningen går i anslutning till bebyggelse räknar man med att driva tunneln med lägre hastighet. Detta möjliggör exempelvis anpassning av arbetstiderna för att i möjligaste mån minska störningarna. Då tunnlar drivs i områden utan bebyggelse kan drivningshastigheten ökas.

I Figur 28 visas ett exempel på hur stomljudet kan variera då tunnelborrningen först närmar sig en byggnad, passerar och därefter avlägsnar sig, med en antagen framdrivningshastighet på 10 m per vecka.



Figur 28. Exempel på hur stomljudet kan variera över tid då tunneln drivs förbi en byggnad.

Vid en tunneldrivningshastighet om 10 meter per arbetad vecka, med parallell drivning i samtliga tunnelrör, beräknas enskilda boende i de nedre våningsplanen i Akalla utsättas för stomljuds nivåer över 45 dBA i 8-11 veckor och över 35 dBA i 16 - 26 veckor från borrhning i samband med tunneldrivningen.

Beroende på extra hänsyn till omgivningen kan tiden då borrhning kan utföras begränsas till några timmar per dag vilket medför att varaktigheten blir lång. Preliminära bedömningar ger att borrhning och sprängning sammanlagt kan pågå i perioder under Akalla i värsta fall upp till två års tid. Även i Barkarbystaden I kommer borrhning och sprängning att pågå periodvis ett antal timmar

per dag under cirka två år med parallell drivning av tunnelrören. Siffrorna gäller för tiden då någon del av respektive område störs av stomljud. En enskild boende beräknas kunna utsättas för stomljuds nivåer över 45 dBA i cirka 11 veckor under ett halvårs tid i de mest utsatta lägena.

Oftast sjunker ljudnivån för varje våningsplan uppåt i en byggnad. I beräkningsmodellerna som använts i detta projekt antas stomljuds nivån avta med 2 dB per våningsplan. I realiteten kan avtagandet vara både större och mindre. I Akalla bedöms mest utsatta byggnader få ekvivalenta ljudnivåer över 45 dBA upp till och med nionde våningen. Stora variationer kommer dock att förekomma beroende på underliggande bergs skick, byggnadernas grundläggning, typ av byggnadskonstruktion, antal borrhuggar som är igång samtidigt med mera. Därför bör både ljudnivåer och antagen tid för påverkan ses som ungefärliga. Vid beräkningarna har hänsyn inte tagits till stationernas byggnation, tvärtunnlar, olika former av teknikutrymmen, nischer i berget med mera. På några platser är det därför sannolikt att höga ljudnivåer kommer att förekomma under en ännu längre tid.

Akalla är det område där flest bostäder kommer att påverkas av stomljuds störningar. De mest utsatta fastigheterna är de som är belägna direkt ovan tunnarna. Fastigheter med höga stomljuds nivåer är Sveaborg 1, 2 och 9, Porkala 4 samt Porkala 7 - 14.

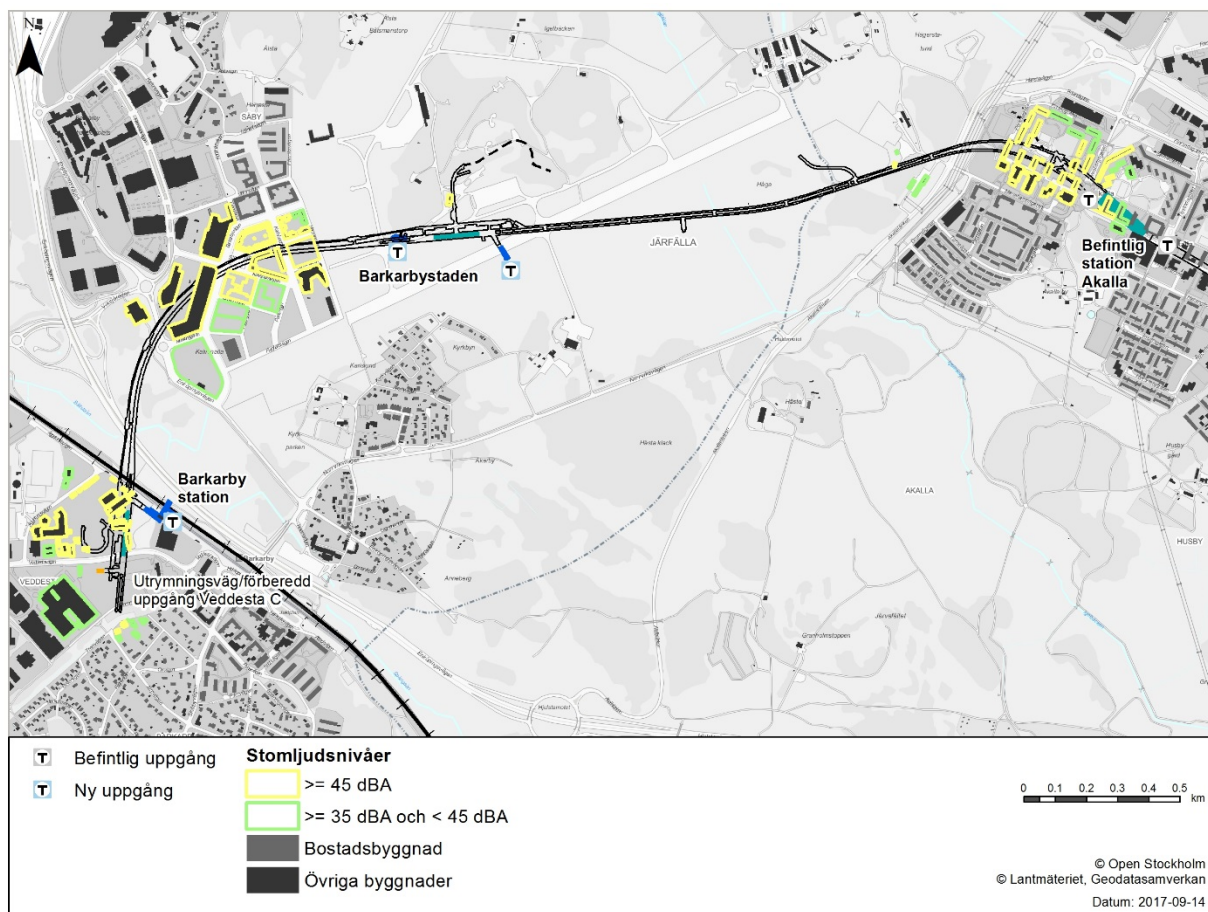
Specialskolan, Sveaborgsskolan, som ligger i Porkala 5 kommer att få mycket höga stomljuds nivåer under lång tid men även Stenhagsskolan i fastigheten Mariehamn 3 får stomljuds nivåer över 45 dBA under längre perioder.

I Barkarbystaden finns ett antal fastigheter med bostäder som kommer att få stomljuds störningar under längre tid. Antalet störda fastigheter är inte lika omfattande som i Akalla, med dagens utbyggnad.

I Barkarbystaden är det boende i fastigheterna Barkarby 2:28 – 2:31, 2:33, 2:36, 2:39 samt 2:40 - 2:43 som kommer att få de högsta stomljuds nivåerna. Skolan i Barkarby 2:34 kommer att få stomljuds nivåer över 45 dBA.

I Veddesta får bostadsfastigheten Barsbo 1:123 stomljuds nivåer över 45 dBA. Fyra fastigheter får nivåer på 35 – 45 dBA. De berörda fastigheterna är Barsbo 1:121, Barsbo 1:122, Barsbo 1:124 samt Barsbo 1:127.

De av stomljud påverkade fastigheterna framgår i detalj av Figur 29.

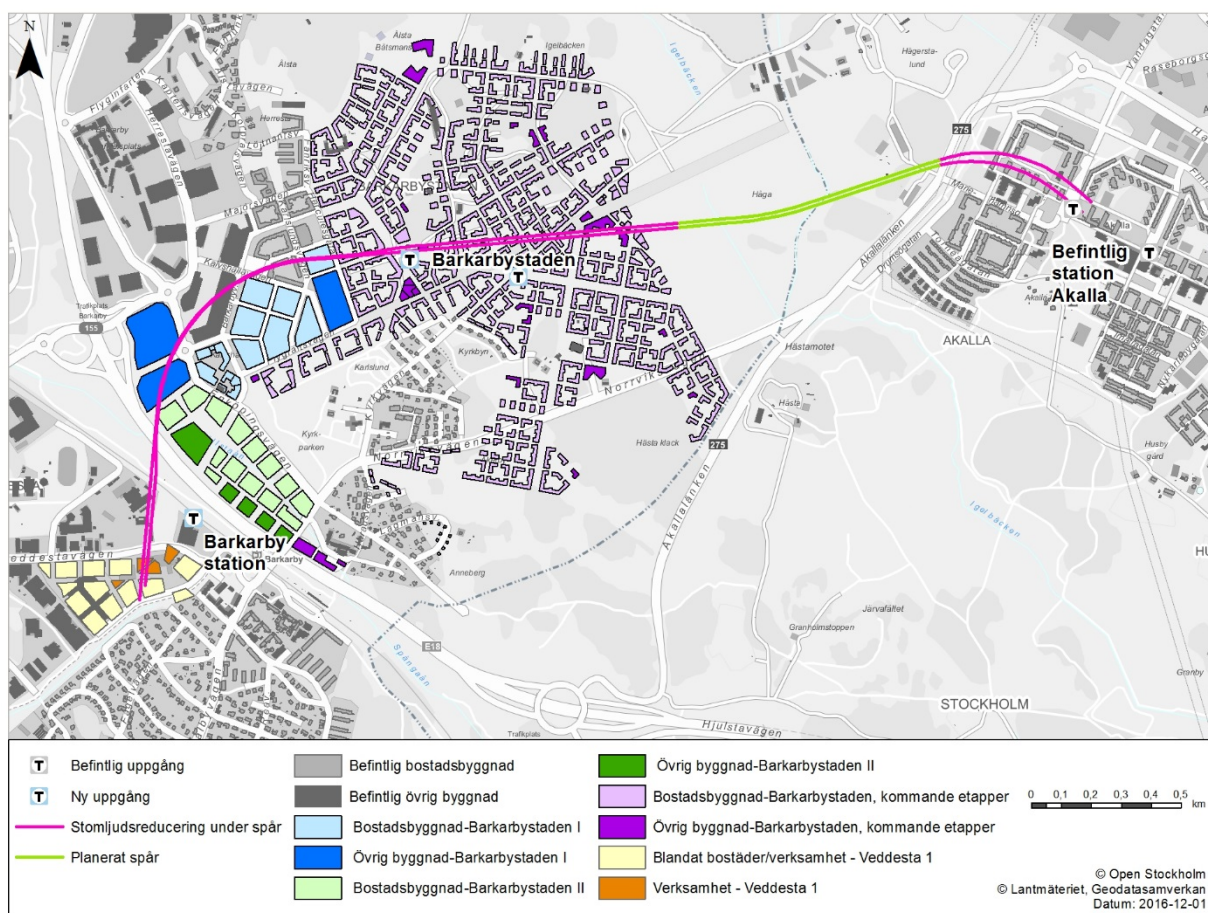


Figur 29. Områden med risk för stomljuds nivåer över 45 dBA respektive 35 dBA i bottenvåning.

7 Åtgärder

7.1 Åtgärder som inarbetats i järnvägsplanen

För att minimera risken för störningar i form av stomljud från tunnelbanedriften kommer stomljudsisolering av spår att göras utmed hela sträckningen i de områden där det finns gällande eller påbörjade planer för bebyggelse, se Figur 30. Den exakta omfattningen av stomljudsisoleringen bestäms i detaljprojektering efter mätningar.



Figur 30. Föreslaget läge på stomljudsreducerande åtgärder under spår.

7.2 Ytterligare föreslagna åtgärder

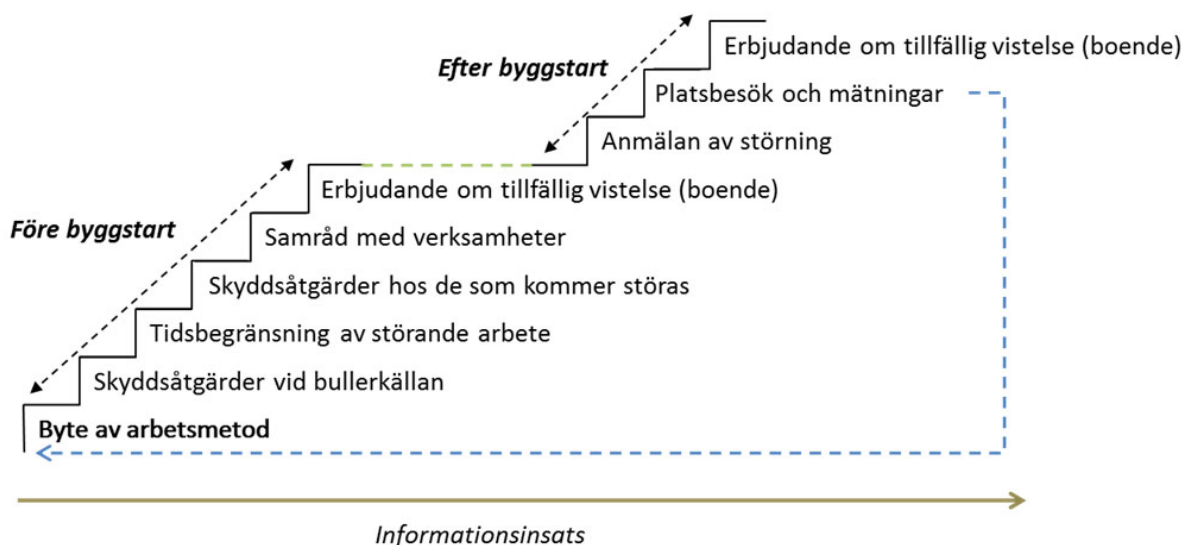
I samband med utbyggnaden av tunnelbanan kan ett antal åtgärder vidtas för att minska risken för störning för de som bor eller är verksamma utmed byggarbetsplatsen.

Nedan redovisas den handlingsplan som Stockholm Läns Landsting tagit fram med avseende på detta.

7.2.1 Hantering av risker för bullerstörningar under byggtiden

Stockholms läns landstings förvaltning för utbyggd tunnelbana strävar efter en proaktiv hantering av potentiella störningar under tunnelbanans utbyggnad och har tagit fram en åtgärdstrappa inför hantering av olika skyddsåtgärder som kan bli aktuella. Åtgärdstrappan redovisas i Figur 31 och innehåller bland annat åtgärder som kan vidtas innan byggverksamhetens början samt under själva byggtiden.

Innan byggstart kommer kontrollprogram upprättas i samråd med tillsynsmyndighet för att säkerställa kontroll och uppföljning av den påverkan som kan uppkomma i omgivningen. Kontrollprogrammet beskriver vilka kontroller som ska utföras, när åtgärder ska vidtas och hur resultat ska redovisas och kommuniceras med tillsynsmyndigheterna.



Figur 31. Åtgärdsstegen visar hur Stockholms läns landstings förvaltning för utbyggd tunnelbana kommer att hantera bullerstörningar.

Hanteringen av störningarna kommer i första hand ske genom att vidta åtgärderna i trappans understa del.

Inom arbetet med skyddsåtgärder för hantering av bullerstörningar kommer Stockholms läns landstings förvaltning för utbyggd tunnelbana att lägga stor vikt på information till omgivningen. Målet är att i god tid innan start av störande arbeten informera fastighetsägare, näringsidkare och närboende om att arbeten ska utföras, var de ska ske samt hur länge de beräknas pågå.

Primära skyddsåtgärder är byte av arbetsmetodik, bullerdämpande åtgärder vid källan samt reglering av arbetstider. Utgångspunkten är att projektens byggarbeten får utföras dygnet runt så länge gällande riktvärden innehålls. Dock ska byggarbeten alltid planeras så att bullerstörning till omgivningen begränsas genom att verksamheten så långt möjligt förläggs till mindre störningskänslig tid.

SLL avser att i enlighet med de villkor som kommer att föreskrivas för verksamheten erbjuda möjlighet till tillfällig vistelse till boende som förväntas bli utsatta för bullernivåer över de för verksamheten gällande riktvärdena. Så kommer att ske när störningsbegränsande åtgärder inte kan anses tekniskt möjliga eller ekonomiskt rimliga. Boende som förväntas bli utsatta för sådana bullernivåer under en längre period kommer att erbjudas tillfälligt boende. Erbjudandet skickas till berörda i god tid innan arbetet påbörjas med information om förväntade bullernivåer och arbetenas varaktighet.

8 Miljökonsekvenser

Luft- eller stomljud från byggplatser eller trafik är normalt inte av sådan styrka att det kan orsaka hörselskador, men sådant buller kan ge upphov till olika typer störningar till exempel effekter under insomningsfasen och sömnfasen. Samtalsstörningar uppkommer genom att buller kan maskera talet och därigenom försvårar möjligheten att föra samtal.

Psykosociala effekter och symptom, som irritabilitet, huvudvärk och trötthet, kan uppkomma vid långvarig exponering för buller. Forskning har visat att det även kan leda till ökad stress, som innebär en ökad risk för förhöjt blodtryck och i förlängningen risk för hjärt- och kärlsjukdomar. Buller är också en stressfaktor som i samverkan med andra belastningsfaktorer, och beroende på individens känslighet, kan förstärka andra psykosociala och psykosomatiska besvär.

8.1 Miljökonsekvenser under drifttiden

I följande avsnitt redovisas planförslagets konsekvenser med de i kapitel 8.1 inplanerade åtgärderna.

Utbyggd tunnelbana innebär ingen direkt påverkan avseende trafikbuller i området. Eftersom tunnelbanan kommer att ligga under mark begränsas bullerstörningar i form av luftburet buller till buller från ventilationsanläggningar och liknande. Påverkan begränsas genom att det vid projektering säkerställs att riktlinjerna följs. Eftersom bullret begränsas till punktkällor kommer en liten del av de boende längs tunnelbanans sträckning riskera att påverkas av buller, dock alltid under riktvärdena. Därmed bedöms de negativa konsekvenserna avseende luftbuller vara små för hela området.

En anläggning utan vidtagna åtgärder kan ge upphov till stomljud och vibrationer som påverkar byggnader utmed banans sträckning. Med stomljudsdämpande åtgärder under spår undviks stomljud över riktlinjerna, men lägre nivåer av stomljud som kan uppfattas av människor kan fortfarande uppstå i Akalla och Barkarbystaden.

Olika människor påverkas olika starkt av störande ljud. Eftersom nivåerna, vid genomförda åtgärder, är så låga bör de dock uppfattas av få människor, varför konsekvenserna bedöms vara små trots att Akalla och Barkarbystaden är tätbebyggda områden år 2030.

Med de vidtagna åtgärderna bedöms projektet endast få små negativa konsekvenser med avseende på ljud och vibrationer, både jämfört med nuläget eller med genomförd stadsutbyggnad.

Utbyggnaden av tunnelbanan samt av Barkarbystaden och kringliggande infrastruktur kommer att leda till förändrade trafikmönster och därmed förändrade trafikbullernivåer. Detta omfattas dock inte av denna utredning.

8.2 Miljökonsekvenser under byggtiden

Tunneldrivning i den aktuella omfattningen kommer, framför allt i Akalla, men även i utbyggda delar av Barkarbystaden och Veddesta, att påverka många människor genom bland annat bullerstörning. Bergbörning i samband med tunneldrivning bedöms vara det arbetsmoment som ger upphov till störst störning genom långvariga och relativt starka borrarljud.

Preliminära bedömningar ger att boende och verksamheter i Akalla bedöms utsättas för stomljudsnivåer från börning och sprängning över 45 dBA i perioder under två års tid. Även i Barkarbystaden I kommer börning och sprängning att pågå periodvis ett antal timmar per dag

under cirka två år då tunnelrören drivs parallellt. Även delar av Veddesta berörs av stomljud från tunneldrivningen. Siffrorna bygger på en framdrivningshastighet på cirka 10 meter per vecka. För att säkerställa de beräknade stomljudnivåerna föreslås vidare utredning i form av bland annat mätningar i ett så tidigt skede som möjligt.

Byggverksamheten ger även upphov till luftburet buller från exempelvis spontning, bergborrning och transporter, som kan påverka boende och verksamheter i närområdet. En rad skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått kommer att vidtas för att minimera risken för störande buller och stomljud under byggtiden. Byggbullernivåerna kan påverkas genom exempelvis val av arbetsmetoder och utrustning, lokala skärmar och arbetstider. Störande buller kan dock inte undvikas helt, men ambitionen är att riskerna för störningar ska identifieras tidigt och om möjligt förebyggas.

Utan skyddsåtgärder kommer byggbuller och stomljud att generera stora negativa konsekvenser för bostadsområden utmed sträckan. Med skyddsåtgärder kan bullerstörningarna minska men inte helt utebli. Konsekvenserna bedöms bli måttliga eftersom störningarna blir mer tillfälliga. Ju större andel av den planerade utbyggnaden som kommer till stånd innan tunnelbanan byggs desto större negativa konsekvenser får detta under byggtiden.

Tabell 8. Samlad bedömning för buller under byggtiden utan respektive med hänsyn till eventuella skyddsåtgärder.

Delområde / Typ	Värde / känslighet	Effekt	Konsekvenser
Akalla (utan skyddsåtgärd)	Hög känslighet <i>Tätt bebyggt område med många boende och känsliga verksamheter som skolor och förskolor, inklusive särskola för barn med funktionshinder</i>	Stor negativ effekt <i>Utbyggnad av tunnelbana orsakar luftburet buller och ger höga stomljudsnivåer i angränsande byggnader</i>	Stora negativa konsekvenser
Akalla (med skyddsåtgärd)	Hög känslighet	Måttlig negativ effekt <i>Trots åtgärder kommer boende att delvis bli störda</i>	Måttliga - stora negativa konsekvenser
Hägerstalund (utan skyddsåtgärder)	Låg känslighet Fåtal bostäder, få boende	Ingen negativ effekt <i>Riktvärden för byggbuller innehålls inomhus samt vid fasad dagtid</i>	Inga negativa konsekvenser
Hägerstalund (med skyddsåtgärder)	Låg känslighet	Ingen negativ effekt <i>Riktvärden för byggbuller innehålls inomhus samt vid fasad dagtid</i>	Inga negativa konsekvenser
Järfälla kyrkby (utan skyddsåtgärder)	Måttlig känslighet <i>Bostadsområde med relativt glest liggande enfamiljshus, förskola.</i>	Liten negativ effekt <i>Fastigheterna berörs av byggbullernivåer framför allt vid byggverksamhet vid Barkarbystadens station. Endast ett fåtal fastigheter bedöms få nivåer över riktvärdet för byggbuller om verksamhet pågår nattetid.</i>	Små negativa konsekvenser

Delområde / Typ	Värde / känslighet	Effekt	Konsekvenser
Järfälla kyrkby (med skyddsåtgärder)	Måttlig känslighet	Ingen negativ effekt <i>Riktvärden för byggbuller innehålls inomhus samt vid fasad dagtid</i>	Inga negativa konsekvenser
Barkarby (utan skyddsåtgärder)	Hög känslighet <i>Bostadsområde med blandad bebyggelse, med både flerfamiljshus och enfamiljshus. Många boende och känsliga verksamheter som skolor och förskolor.</i>	Liten negativ effekt <i>Med ny stadbebyggelse i Veddesta bedöms ett fåtal bostäder i Barkarby få ljudnivåer över riktvärdet för natt inomhus.</i>	Små negativa konsekvenser
Barkarby (med skyddsåtgärder)	Hög känslighet	Ingen negativ effekt <i>Riktvärden för byggbuller innehålls inomhus samt vid fasad dagtid</i>	Inga negativa konsekvenser
Barkarbystaden (utan skyddsåtgärder)	Hög känslighet <i>Området kommer att vara tätbebyggt med många boende. Skolor och annan känslig verksamhet kan förekomma.</i>	Stor negativ effekt <i>Delar av området utsätts periodvis för höga stomljuds nivåer i angränsande byggnader.</i>	Stora negativa konsekvenser
Barkarbystaden (med skyddsåtgärder)	Hög känslighet	Måttlig negativ effekt <i>Trots åtgärder kommer boende att delvis bli störda.</i>	Måttliga - stora negativa konsekvenser
Veddesta (utan skyddsåtgärder)	Hög känslighet <i>Området kommer att vara tätbebyggt med många boende. Övriga verksamheter ej kända.</i>	Stor negativ effekt <i>Utbyggnad av tunnelbana orsakar luftburet buller och ger höga stomljuds nivåer i angränsande byggnader</i>	Stora negativa konsekvenser
Veddesta (med skyddsåtgärder)	Hög känslighet	Måttlig negativ effekt <i>Trots åtgärder kommer boende att delvis bli störda</i>	Måttliga - stora negativa konsekvenser

8.3 Kumulativa konsekvenser av buller

Genom att Förbifart Stockholm kommer att byggas i samma område under samma tidsperiod kan bullerstörningar för bostäder i Akalla orsakas av både vägutbyggnaden och tunnelbaneutbyggnaden. Det är inte känt idag i vilken ordning arbetena kommer att ske. Här beskriver vi olika scenarier översiktligt.

Inga andra bostadsområden berörs av sammanlagrade bullerstörningar från dessa båda projekt.

8.3.1 Förbifart Stockholm byggs före tunnelbanan

I nordvästra Akalla kommer några bostäder att utsättas för stomljuds nivåer på mellan 35-45 dBA från vägutbyggnaden. Därefter kommer störningen från tunnelbaneutbyggnaden med ljudnivåer på över 45 dBA. Total tid för ljudnivåer över riktvärdet går idag inte att säga.

För luftburet buller gäller att bostäderna i nordvästra Akalla riskerar att bli störda av buller från arbeten i markplan under byggtiden från vägutbyggnaden. Utan åtgärder kommer bostäderna närmast vägutbyggnadens arbetsområde tidvis få bullernivåer över riktvärdena, bland annat riskerar spontning att medföra bullernivåer på cirka 75-80 dBA vid de mest utsatta fasaderna.

Tunnelbaneutbyggnaden medför ljudnivåer i samma storleksordning. De högsta ljudnivåerna förekommer under några veckor. Trafikverket har genomfört fönsteråtgärder vilket förbättrar situationen i vissa fastigheter men vid de mest bullrande arbetsmomenten kommer inte riktvärdena inomhus att klaras. Den samlade ljudnivån från luftburet buller förekommer därmed under längre tid men blir inte högre om projekten genomförs skilda i tid.

8.3.2 Förbifart Stockholm byggs samtidigt med tunnelbanan

Skulle arbetena med vägutbyggnaden och tunnelbaneutbyggnaden ske samtidigt kan en sammanlagring av stomljudden ske. Det är inte säkert att den resulterande ljudnivån blir högre i en viss punkt eftersom man kanske borrar olika tider och på olika avstånd. Om man borrar samtidigt så blir ljudnivån troligen högst 1-2 dB högre än de enskilda bidragen var för sig. Fler bostäder kan då riskera att få stomljuds nivåer över riktvärdena. Den sammanlagda tiden för störning blir kortare om projekten genomförs samtidigt.

Vad gäller luftburet buller så kommer det sannolikt låta under längre sammanhängande tid, alltså att de "tysta" stunderna blir färre och kortare. Däremot är det inte känt om de resulterande ljudnivåerna blir högre. Den sammanlagda tiden för störning blir kortare om projekten genomförs samtidigt.

9 Rekommendationer för fortsatt hantering

9.1 Åtgärder med avseende på störningar vid drift

För att verifiera beräknade stomljuds nivåer och för att ge underlag till detaljprojekteringen av stomljuddämpande åtgärder bör mätningar utföras. Mätningarna kan utföras i samband med tunneldrivningen då aktuell tunneldel är tillgänglig.

Mätningarna ger en mycket bättre uppskattning av överföringen av vibrationer och stömljud från tunnel till ovanliggande byggnad än de beräkningar som utförts i samband med MKB-arbetet. Med de uppmätta överföringarna och de tidigare uppmätta källstyrkorna [12] beräknas stömljud i ovanliggande byggnader. Resultaten ger ett bra underlag för dimensionering av stomljuddämpande åtgärder.

10 Underlag / Referenser

1. Stockholms läns landsting (SLL), 2015. Lokaliseringsutredning Tunnelbana Akalla-Barkarby station.
2. Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting. Riktlinjer Buller och Vibrationer. DOK. ID: SL-S-417901 Stockholm: Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting, 2015. Fastställt datum 2015-07-02, Revisionsnummer 3.
3. Förvaltning för utbyggd tunnelbana. Förhållningssätt till TF Riktlinjer Buller och vibrationer, daterad 2015-03-18.
4. Svensk standard SS 25268:2007 Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell
5. Folkhälsomyndigheten. Allmänna råd om buller inomhus. FoHMFS 2014:13.
6. Naturvårdsverket. Vägledning om industri- och annat verksamhetsbuller. Rapport 6538. April 2015.
7. Boverket. Industri- och annat verksamhetsbuller vid planläggning och bygglovsprövning av bostäder –en vägledning. Rapport 2015:21.
8. Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser. Naturvårdsverkets föfattningssamling NFS 2004:15.
9. Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee. Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2000, 19.
10. Scheuer, Johan. PM, dokumentation av vibrationsmätningar i och ovan befintlig tunnelbana för bestämning av källstyrka och överföringsfunktion. Stockholm: WSP Akustik, 2015. 3310-Y31-24-0102-PM mättdokumentation källstyrka.docx.
11. Scheuer, Johan. PM, dokumentation av nya vibrationsmätningar i befintlig tunnelbana för kontroll av källstyrka. Stockholm: WSP Akustik, 3310-Y31-24-0103-PM ny mätning av källstyrka 151016.docx
12. PM Akustik – Samordning av indata till byggbullerberäkningar, Tyréns AB, daterad 2016-06-10
13. Wästerlund, Johan. Telefonsamtal. Christian Berner AB. Stockholm : Christian Berner AB, 2015-08-13.
14. Stockholms bullernätverk. Summerat väg- och spårtrafikbuller – kommunala kartläggningar. [http://ext-geoservices.lansstyrelsen.se/arcgis/services/vektor/stockholm_bullernatverk/mapserver/wmsserver.](http://ext-geoservices.lansstyrelsen.se/arcgis/services/vektor/stockholm_bullernatverk/mapserver/wmsserver/), hämtad 2015-09-21
15. Järfälla kommun. Barkarbystaden. Fördjupad översiktsplan för Barkarbyfältet, Järfälla kommun, 2006-08-28
16. Järfälla kommun. Program för Barkarbystaden – tillägg till den fördjupade översiktsplanen. u. o. : Järfälla kommun. Kst 2014/312, daterad 2015-06-15.
17. Järfälla kommun. Detaljplan för Barkarbystaden I, Planbeskrivning, Antagandehandling Dnr Kst 2009/171, daterad 2012-02-01

18. Järfälla kommun. Detaljplan för Barkarbystaden II, Planbeskrivning, Samrådshandling, Dnr Kst 2012/447, daterad 2014-09-25
19. Baskarta_AkallaHjulsta.dwg, Stockholms stadsbyggnadskontor, uttagen 2014-07-03
20. BK_Barkarby_mm.dwg, erhållen 2015-01-21
21. BK_BARK_VIKSJO_C. dwg, erhållen 2015-01-21
22. Jarfalla_baskarta_2.dwg, erhållen 2015-08-12
23. PM Masshantering Berg, version 1, daterad 2015-08-11, rev 2016-08-11
24. Produktionstidplan Akalla-Barkarby, Filnamn 4010-C46-16-00002, version 4, 2016-06-21
25. 6N140007FSE61 Trafikplats Akalla, PM Driftskedet och byggskedet. Bullerskyddsåtgärder Porkala, daterad 2015-04-10

Vårt uppdrag är att genomföra tunnelbanans utbyggnad och övriga åtgärder inom ramen för 2013 års Stockholmsöverenskommelse. Det innebär planering, projektering och byggnation av ny tunnelbana och nya stationer på fyra olika sträckor. Totalt innebär utbyggnaden en samlad investering på 28,6 miljarder kronor. Byggstarten för de olika sträckorna beräknas kunna ske 2018/2019. Byggtiden beräknas till 6-8 år.