

PM Buller och vibrationer

Fyra spår Uppsala

Söder Bergsbrunna - Uppsala Centralstation
Uppsala kommun, Uppsala län



Trafikverket

Postadress: Trafikverkets Ärendemottagning Fyra spår Uppsala, Box 810, 781 28 Borlänge

E-post: investeringsprojekt@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Fyra spår Uppsala, PM Buller och vibrationer, Söder Bergsbrunna – Uppsala Centralstation

Författare: Sweco

Dokumentnummer: FSUK003-04-025-0000-56_67-0008

Dokumentdatum: 2025-04-16

Ärendenummer: 2020/21139

Åtgärdsnummer: 8095

Uppdragsnummer: 168592

Version i TRV dokumenthanteringssystem (PDBi): _.11

Kontaktperson: Trafikverket, projektledare Malin Blåudd Lingh

Foto: Sweco, om inget annat anges

Illustration: Sweco, om inget annat anges

Innehåll

1	Inledning	6
1.1.	Bakgrund	6
1.2.	Syfte och mål	7
1.3.	Ordlista	8
1.4.	Allmänt om buller	10
2	Bedömningsgrunder	11
2.1.	Principer för övervägande om skyddsåtgärder	13
3	Avgränsningar	14
3.1.	Avgränsning av bullerberörda byggnader	14
3.2.	Avgränsning av bullerberörda områden	15
3.3.	Utredning av bullerskyddsåtgärder	15
4	Beräkningsförutsättningar, buller	16
4.1.	Beräkningsmodell	16
4.2.	Underlag	17
4.3.	Yttre inventering	21
4.4.	Fördjupad inventering	22
5	Beräkningsresultat, buller	23
5.1.	Nuläge	24
5.2.	Nollalternativ	24
5.3.	Planförslag utan bullerskyddsåtgärder	25
5.4.	Planförslag med föreslagna bullerskyddsåtgärder	25
6	Övervägande av bullerskyddsåtgärder	26
6.1.	Bullerskyddsåtgärder	26
6.2.	Resonemang gällande riktvärden i förhållande till antal tågpassager och tågtyp	27
6.3.	Utredda områden och bullerskyddsåtgärder	27
7	Redovisning av bullerskyddsåtgärder	32
8	Komfortvibrationer	33
8.1.	Avgränsningar	33
8.2.	Beräkningsförutsättningar, komfortvibrationer	34

8.3.	Resultat	38
9	Källförteckning	40
Bilagor		
Bilaga 1:	Kartor över bullerberörda byggnader (FSUK003-04-013-0000-56_67-0081)	
Bilaga 2:	Bullertabell (FSUK003-04-013-0000-56_67-0082) består av följande underbilagor:	
Bilaga 2.1:	Tabell över ljudnivåer för bullerberörda bostadsbyggnader i planförslaget med föreslagna spårnära och fastighetsnära bullerskyddsåtgärder	
Bilaga 2.2:	Tabell över ljudnivåer UTOMHUS VID FASAD för bullerberörda bostadsbyggnader i nuläget, nollalternativet och planförslaget med spårnära bullerskyddsåtgärder	
Bilaga 2.3:	Tabell över ljudnivåer INOMHUS för bullerberörda bostadsbyggnader i nuläget, nollalternativet och planförslaget med spårnära bullerskyddsåtgärder	
Bilaga 2.4:	Tabell över ljudnivåer UTOMHUS VID UTEPLATS för bullerberörda bostadsbyggnader i nuläget, nollalternativet och planförslaget med spårnära bullerskyddsåtgärder	
Bilaga 2.5:	Tabell över ljudnivåer för bullerberörda bostadsbyggnader. Planförslaget UTAN bullerskyddsåtgärder	
Bilaga 2.6:	Redovisning av samtliga beaktade byggnader samt avgränsningsberäkning av av bullerberörda byggnader för bullerutredning	
Bilaga 3:	Bullerutbredningskarta (FSUK003-04-013-0000-56_67-0083) består av följande underbilagor:	
Bilaga 3.1	Bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå i avgränsningsberäkningen med trafikering endast på ombyggda sträckor i planförslaget år 2040	
Bilaga 3.2	Bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, nuläge	
Bilaga 3.3	Bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, nollalternativ	
Bilaga 3.4	Bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, Planförslag (utan bullerskyddsåtgärder)	
Bilaga 3.5	Bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, Planförslag (med föreslagen spårnära bullerskyddsåtgärd)	
Bilaga 3.6	Bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå i avgränsningsberäkningen med trafikering endast på ombyggda sträckor i planförslaget år 2040	
Bilaga 3.7	Bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, nuläge	
Bilaga 3.8	Bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, nollalternativ	
Bilaga 3.9	Bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, Planförslag (utan bullerskyddsåtgärder)	
Bilaga 3.10	Bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, Planförslag (med föreslagen spårnära bullerskyddsåtgärd)	
Bilaga 4:	Byggnader som har ingått i vibrationsutredning (FSUK003-04-013-0000-56_67-0084)	

Bilaga 5: Fördjupad utredning 2024/2025 (FSUK003-04-013-0000-56_67-0086)

1 Inledning

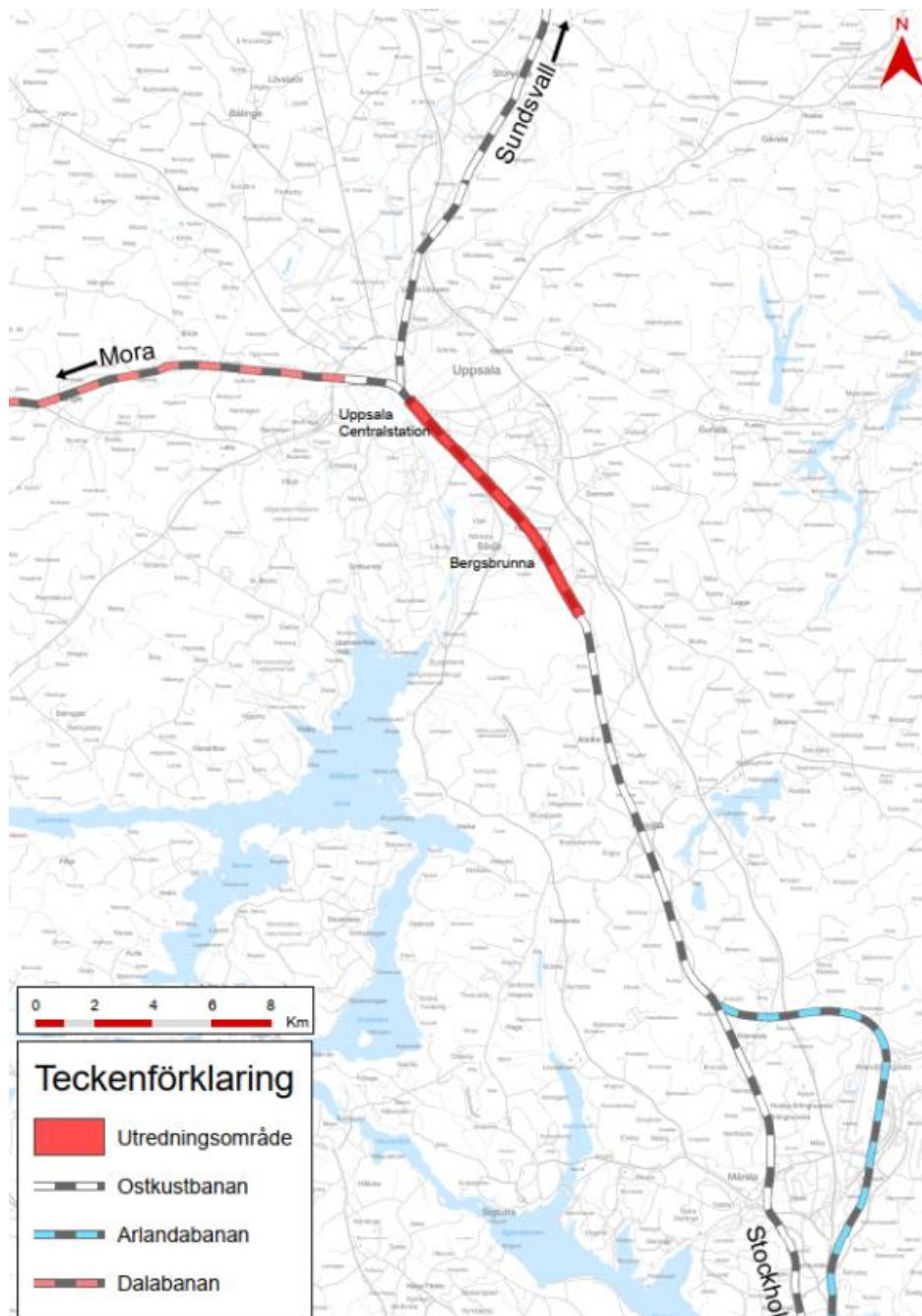
1.1. Bakgrund

Ostkustbanan som sträcker sig mellan Stockholm och Sundsvall har en viktig funktion att knyta samman Sveriges regioner. Sträckan mellan Uppsala och Stockholm är en av landets mest trafikerade järnvägssträckor vilket till stor del beror på arbetspendling mellan Uppsala och huvudstadsregionen samt persontrafik till Arlanda flygplats. Ostkustbanan möjliggör också en god tillgänglighet för godstrafik, bland annat till kombiterminalen och postterminalen i Rosersberg.

Området mellan Stockholm och Uppsala kännetecknas av en hög befolkningstillväxt och en ökad efterfrågan på hållbara resor. Samtidigt är trafiken på sträckan, som är en del av Ostkustbanan, så intensiv att kapaciteten slår i taket vid rusningstid. Därför ska Ostkustbanan mellan länsgränsen mot Stockholm och Uppsala Centralstation byggas ut i syfte att öka tillgängligheten, kapaciteten och robustheten. Projekt fyra spår Uppsala har delats upp i två delsträckor; en från länsgränsen mellan Stockholm och Uppsala till söder om Bergsbrunna och en från söder om Bergsbrunna till Uppsala Centralstation. För respektive delsträcka kommer det att tas fram varsin järnvägsplan. Detta dokument tillhör delsträckan mellan söder Bergsbrunna och Uppsala Centralstation. Planförslaget innebär att sträckan byggs ut från två till fyra spår, att Uppsala Centralstation byggs om samt att en ny station byggs söder om Bergsbrunna, kallad Uppsala Södra. Plankorsningar ersätts med planskilda passager och nya tillkommer. Även en passage för vilt byggs (viltport).

Järnvägsutbyggnaden från två till fyra järnvägsspår syftar till att öka tillgängligheten, kapaciteten och robustheten på sträckan. För resenären innebär detta punktligare tåg, en möjlighet till fler tågavgångar och att det blir smidigare att ta tåget. Fyra järnvägsspår ger möjlighet för fler klimatsmarta person- och godstransporter.

För att möjliggöra detta tar Trafikverket fram två järnvägsplaner, detta PM berör delsträckan mellan Söder Bergsbrunna och Uppsala Centralstation, se Figur 1.



Figur 1. Planförslagets utredningsområde.

1.2. Syfte och mål

Syftet med detta PM är att utreda hur bullersituationen påverkas av utbyggnaden längs med delsträckan Söder Bergsbrunna till Uppsala Centralstation. Det ska också utredas hur bostäder längs med sträckan påverkas av komfortvibrationer från järnvägstrafiken. PM:et delas in i två delar, där buller utgör första delen (huvuddelen) och komfortvibrationer utgör andra delen (kapitel 8).

Resultatet av buller- och vibrationsanalysen som presenteras i denna rapport utgör ett underlag till de bullerskyddsåtgärder som fastställs i planen och till miljökonsekvensbeskrivningen (MKB). Den ger även underlag till utvärderingen av andra miljöområden, till exempel naturmiljö, friluftsliv och barnkonsekvensanalys.

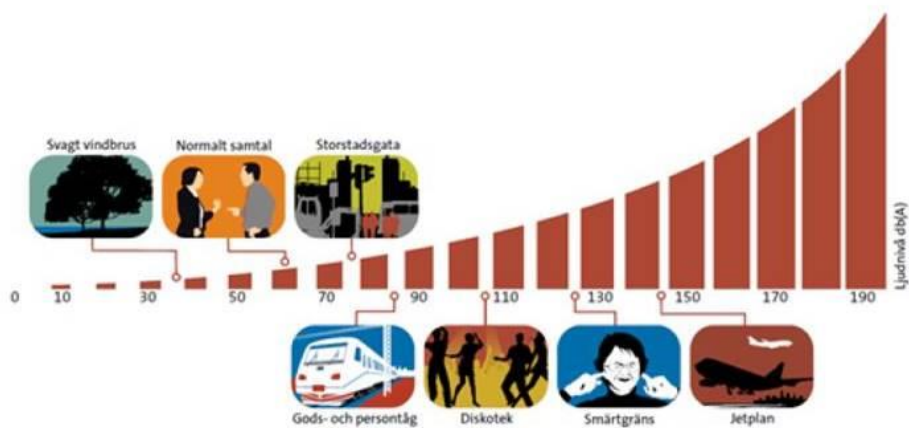
1.3. Ordlista

Frifältsvärde	En ljudtrycksnivå som inte är påverkad av reflexer i egen fasad men som inkluderar andra reflexer.
Ekvivalent ljudnivå	A-vägd ljudtrycksnivå som ett medelvärde under en viss tidsperiod, vanligen ett trafikårsmedeldygn (det vill säga trafiken under ett år delat med 365 dagar). Den ekvivalenta ljudnivån påverkas av mängden trafik.
Maximal ljudnivå	Den högsta ljudnivån i samband med en enskild bullerhändelse under en viss tidsperiod, det vill säga för en tågpassage med det mest bullrande fordonet.
dB	Ljudnivå mäts i decibel [dB]. Decibel är ett logaritmiskt måttetal. När det gäller upplevelsen av skillnader i bullernivå kan 3 dBA upplevas som en hörbar förändring medan en skillnad på 8 - 10 dBA upplevs som en fördubbling/halvering av ljudet.
A-vägd ljudnivå	En frekvensvägning av ljudnivån med ett så kallat A-filter för att ta hänsyn till hörnivå, det vill säga örats känslighet för ljud med olika frekvenser. Höga och låga frekvenser ges en mindre tyngd vilket speglar hur människan uppfattar ljud, det krävs att dessa återges med en högre ljudnivå för att nå samma hörnivå som ljud i mellanregistret. A-vägd ljudnivå anges i decibel A [dBA].
Bostadsrum	Alla rum i bostaden där en låg bullernivå eftersträvas. Här ingår rum för sömn och vila samt rum för daglig samvaro. Vid genomförande av bulleråtgärder definierar Trafikverket även kök med matplats och kök i öppen planlösning som rum för daglig samvaro. Däremot räknas inte avskilt utrymme för matlagning som bostadsrum. Utrymmen för personlig hygien, tvättstuga, förråd och andra biutrymmen räknas inte heller som bostadsrum.
Uteplats	Iordningsställt område/yta såsom altan, terrass, balkong eller liknande som ligger i anslutning till bostaden. Mark- och planteringsåtgärder (trall, betongplattor, skärmskydd etc.) finns normalt, men inte nödvändigtvis, på uteplatsen. Helt inglasad altan, balkong eller liknande definieras som uterum. Om inglasningen uppgår till högst 75 procent definieras den som uteplats.
RÖK	Rälsöverkant, eller "RÖK", är en referenspunkt på ett järnvägsspår, som utgörs av översidan av räls huvudena på de två rälerna. Används bland annat för att beskriva höjden på bullerskyddsåtgärden i relation till järnvägsspåret.
Riktvärden	Konkretisering av vad som Trafikverket anser vara en god eller i vissa fall godtagbar miljö. Riktvärdena utgör Trafikverkets målnivå vid genomförande av skyddsåtgärder mot höga buller- och vibrationsnivåer. Riksdagen har angett riktvärden för buller från vägar och järnvägar. Det skedde i samband med infrastrukturpropositionen 1996/97:53.

Bullerberörd	En fastighet (bostad, kontor, skola, osv) som beräknas få ljudnivåer från trafik inom planens gränser över gällande riktvärden utan föreslagna bullerskyddsåtgärder i planförslaget.
Markvibrationer	Lågfrekventa svängningar i marken som vägs med ett vägningsfilter i frekvensområdet 1–80 Hz.
Maximal vibrationsnivå, RMS	Avser den högsta vibrationsnivån i samband med en enskild vibrationshändelse under en viss tidsperiod. Komfortvibrationer uttrycks som det maximala effektivvärdet (RMS-värdet) med tidsvägning S (slow) enligt SS-ISO 4604861 av den vägda hastighetsnivån i mm/s (1–80 Hz) enligt SP Rapport 1991:44. Komfortvägda vibrationer definieras i standard SS-ISO 2631.
Parker och andra rekreationsytor i tätorter	Parker eller andra rekreationsytor i tätorter som avsatts i detaljplan eller översiktsplan och där låg bullernivå utgör en särskild kvalitet. Området nyttjas normalt för vistelse under kortare stunder dag- och kvällstid.
Friluftsområden	Områden i översiktsplan för det rörliga friluftslivet eller andra områden som nyttjas mer frekvent för friluftsliv där naturupplevelsen är en viktig faktor och där låg bullernivå utgör en särskild kvalitet. Bakgrundsnivån är låg och inga andra störande aktiviteter förekommer.
Betydelsefulla fågelområden	Områden med avgörande betydelse för fågellivet och där trafikbuller riskerar att avsevärt påverka djurens beteende, försämra reproduktionen, öka dödligheten och minska populationstätheten.

1.4. Allmänt om buller

En ljudkurva illustrerar hur mycket olika saker låter, se Figur 2. Det som särskiljer buller från ljud är att buller är sådant ljud som anses vara oönskat. Vad vi betraktar som buller varierar bland annat mellan olika personer och tidpunkt på dygnet. Exponering av buller kan leda till negativa hälsoeffekter. På kort sikt kan buller leda till allmän stress, koncentrationssvårigheter och sömnstörningar. På längre sikt kan risken för hjärt- och kärlsjukdom, metabola sjukdomar och psykisk ohälsa öka. Vissa grupper i samhället kan vara extra känsliga för bullerstörningar, såsom barn och unga, sjuka personer och personer med skift- och nattarbete. För barn och unga finns en särskild risk för koncentrationssvårigheter och inlärningsproblem vid exponering av buller i hemmet eller i skolmiljön [1].



Figur 2. Ljudkurva

2 Bedömningsgrunder

Bullerpåverkan bedöms utifrån riktvärden. Riksdagen har angett riktvärden för buller från vägar och järnvägar. Det skedde i samband med infrastrukturpropositionen 1996/97:53. I infrastrukturpropositionen från 2012 angavs att dessa riktvärden även fortsatt bör vara vägledande i planeringssammanhang.

Utbyggnation av Uppsala Centralstation, två nya spår och en ny station på sträckan Söder Bergsbrunna - Uppsala Centralstation faller under planeringsfallet väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur. Detta avser exempelvis fysiska åtgärder som väsentligt och permanent förändrar väg- eller järnvägsanläggningen eller åtgärder med syfte att möjliggöra trafikförändringar som medför en väsentlig ökning av bullernivåerna.

Värden redovisade i Tabell 1 är en konkretisering av infrastrukturpropositionen och vad Trafikverket anser vara en god eller i vissa fall godtagbar miljö. Värdena utgör ett stöd vid Trafikverkets bedömning om behov av utredningar och genomförande av skyddsåtgärder mot höga buller- och vibrationsnivåer. Riktvärdena kommer från Trafikverkets riktlinje TDOK 2014:1021 version 4.0. I riktlinjen anges riktvärden för buller, vibrationer och stomljud från trafik på väg och järnväg [2]. De gäller vid nybyggnation och väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur. Tabellen redovisar riktvärdena i sin helhet. I detta PM behandlas endast buller och komfortvibrationer. Stomljud ingår inte eftersom riktvärdet endast gäller järnvägstunnlar och det finns ingen järnvägstunnel i denna plan.

Tabell 1. Trafikverkets riktvärden för buller och vibrationer från väg- och spårtrafik (TDOK 2014:1021 version 4.0).

Lokaltyp eller område	Ekvivalent ljudnivå, L_{eq24h} , utomhus	Ekvivalent ljudnivå, L_{eq24h} , utomhus på uteplats/skolgård	Maximal ljudnivå L_{max} , utomhus på uteplats/skolgård	Ekvivalent ljudnivå, L_{eq24h} inomhus	Maximal ljudnivå, L_{max} inomhus	Maximal stomljuddnivå, L_{maxF} inomhus	Maximal vibrationsnivå, mm/s, vägd RMS inomhus
Bostäder ^{1 2}	55 dBA ³ 60 dBA ⁴	55 dBA	70 dBA ⁵	30 dBA	45 dBA ⁶	32 dBA ^{7,13}	0,4 mm/s ⁸
Vårdlokaler ⁹				30 dBA	45 dBA ⁶		0,4 mm/s ⁸
Skolor och undervisningslokaler ⁹	55 dBA ³ 60 dBA ⁴	55 dBA	70 dBA ¹¹	30 dBA	45 dBA ¹²		
Bostadsområden med låg bakgrunds nivå ¹³	45 dBA						
Parker och andra rekreationsytor i tätorter	45–55 dBA						
Friluftsområden	40 dBA						
Betydelsefulla fågelområden	50 dBA						
Hotell och annat tillfälligt boende ^{13 14}				30 dBA	45 dBA		
Kontor ^{13 15}				35 dBA	50 dBA		

¹ Riktvärden inomhus omfattar bostadsrum i permanentbostad och fritidsbostad

² Dessa riktvärden för luftburet buller anges även i prop. 1997/97:53

³ Avser ljudnivå vid fasad från vägtrafik samt från spårtrafik i hastighet högre än 250 km/tim

⁴ Avser ljudnivå vid fasad från spårtrafik vid hastighet lägre än eller lika med 250 km/tim

⁵ Avser trafikårsmedeldag/kväll (06–22). Ljudnivån 70 dBA får överskridas högst fem gånger per timme. Ljudnivån 80 dBA får dock inte överskridas regelbundet dag- eller kvällstid.

⁶ Avser trafikårsmedelnatt (22–06). Ljudnivån 45 dBA får överskridas högst fem gånger per natt. Ljudnivån 50 dBA får dock inte överskridas regelbundet nattetid.

⁷ Avser trafikårsmedelnatt (22–06) i järnvägstunnel. Ljudnivån 32 dBA får överskridas högst fem gånger per natt. Medelvärde enligt mätmetod NTACOU98.

⁸ Avser trafikårsmedelnatt (22–06) för de spår/vägbanor som berörs av markarbeten. Vibrationsnivån 0,4 mm/s får överskridas högst fem gånger per natt.

⁹ Avser utrymme för sömn och vila, eller utrymme med krav på tystnad.

¹⁰ Riktvärden inomhus omfattar undervisningsrum samt rum för sömn och vila.

¹¹ Avser trafikårsmedeldag (06–18). Ljudnivån 70 dBA får överskridas högst fem gånger per timme. Ljudnivån 80 dBA får dock inte överskridas regelbundet dagtid.

¹² Avser trafikårsmedeldag (06–18). Ljudnivån 45 dBA för skolor och 50 för kontor får överskridas högst fem gånger per timme. Ljudnivån 50 dBA för skolor respektive 55 för kontor får dock inte överstigas regelbundet dagtid.

¹³ Beaktas endast vid nybyggnad av infrastruktur.

¹⁴ Avser gästrum för sömn och vila.

¹⁵ Avser rum för enskilt arbete.

2.1. Principer för övervägande om skyddsåtgärder

Riktvärdena, enligt Tabell 1, ska normalt innehållas när ett projekt klassats som väsentlig ombyggnad eller nybyggnad. Tekniskt rimliga skyddsåtgärder ska övervägas med avseende på ekonomisk rimlighet, vilket innebär att nyttan av åtgärden ska vägas mot kostnaden för åtgärden.

Erforderliga beräkningar samt fältinventeringar av byggnader ska genomföras för att identifiera vilka spårnära och fastighetsnära bullerskyddsåtgärder som krävs för att samtliga riktvärden ska innehållas.

Om det i enskilda fall inte bedöms som tekniskt möjligt och/eller ekonomiskt rimligt att innehålla samtliga riktvärden för berörda fastigheter genomförs överväganden om vilka riktvärden som är rimliga att uppnå i enlighet med den trappa som redovisas nedan. Avstegstrappan är hämtad från Trafikverkets handledning, Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg, TDOK 2016:0246 version 3.0 [3].

Trafikverkets avstegstrappa för skyddsåtgärder kopplat till byggnader som omfattas av riktvärden:

- **Riktvärden uppnås:** Utför åtgärder så att samtliga riktvärde innehålls.
- **Avsteg 1:** Avkall görs på att innehålla riktvärden utomhus vid fasad på övre våningsplan.
- **Avsteg 2:** Avkall görs på att innehålla riktvärden utomhus vid fasad vid markplan.
- **Avsteg 3:** Avkall görs på att innehålla riktvärden utomhus på uteplats/skolgård.
- **Avsteg 4:** Avkall görs på att innehålla riktvärden inomhus.

Åtgärder ska dock alltid övervägas för att klara de nivåer för buller och vibrationer som beskrivs i avsnitt "Högsta acceptabla nivåer vid nybyggnad och väsentlig ombyggnad". Om detta inte kan uppnås bör det även vara aktuellt att erbjuda förvärv av fastigheten.

2.1.1. Högsta acceptabla ljudnivå vid nybyggnad och väsentlig ombyggnad

I bostäder får ljudnivån L_{\max} 50 dBA respektive $L_{\text{eq}24\text{h}}$ 40 dBA inte överskridas. För uteplats gäller att $L_{\text{eq}24\text{h}}$ inte får överskrida 65 dBA.

Utöver detta gäller för bostäder att vibrationsnivåerna ej får överskrida 0,7 mm/s regelbundet nattetid.

För undervisningslokaler gäller att $L_{\text{eq}24\text{h}}$ 40 dBA inte får överskridas. För skolgård gäller 60 dBA på del av skolgård.

Överskridanden får endast ske om fastighetsägaren tackat nej till förvärv eller annan erbjuden åtgärd.

Högsta acceptabla ljudnivå beskrivs, precis som avstegstrappan, i Trafikverkets handledning Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg (TDOK 2016:0246 version 3.0).

3 Avgränsningar

Trafikbullerutredningen innefattar de områden och byggnader som utan källnära skyddsåtgärder beräknas få ljudnivåer över riktvärden för utom- och/eller inomhusmiljö i planförslaget. Bullerutredningen har beaktat buller från ombyggd järnväg och väg 1060 samt övriga statliga vägar. Avgränsningen av bullerberörda utgår dock från trafiken inom järnvägsplanens gränser, se mer information i nästkommande kapitel. Det kommunala vägnätet har inte ingått i bullerutredningen.

3.1. Avgränsning av bullerberörda byggnader

Ett av syftena med bullerutredningen är att identifiera bullerberörda byggnader. Bullerberörda byggnader är de byggnader som beräknas få ljudnivåer över gällande riktvärden utan föreslagna bullerskyddsåtgärder i planförslaget. Den initiala avgränsningen för att identifiera eventuella bullerberörda byggnader görs endast utifrån ljudnivåer vid fasad. Därefter görs en yttre inventering för att fastställa huruvida riktvärden faktiskt överskrids, se kapitel 4.3. Det innebär att inte samtliga byggnader som har ingått i utredningen i slutändan faller ut som bullerberörda.

Bullerberäkning för avgränsning av bullerberörda byggnader ska avse:

- 2 m över mark/våning 1 samt våning med högsta ljudnivå om byggnaden har flera våningar.
- Planförslaget utan spårnära bullerskyddsåtgärder. Befintliga bullervallar utgör terräng och ska ingå i terrängmodellen. Befintliga funktionsdugliga bullerskyddsskärmar får ingå vid avgränsningsberäkningen, om dessa avses behållas i och med genomförandet av väg- eller järnvägsbyggnationen¹.
- Trafikering vid prognosår 2040.

Avgränsning genomförs utifrån ny-/ombyggd sträcka enligt steg A och B nedan:

- A. Bullerberäkning görs med trafikering endast på ny-/ombyggda sträckor. Byggnader som beräknas få ljudnivåer över riktvärden identifieras och utgör bullerberörda i planen. Både dygnsekvivalentnivå (*Leq, 24h*) och maximalnivå (*Lmax*) kan vara avgörande. Metoden brukar benämnas solfjädersmodellen²
- B. Bullerberörda byggnader markeras på bullerutbredningskarta och utfallet kontrolleras. Finns det fastigheter som inte kommit med men som bedöms som rimliga att de ändå bör vara med, ska dessa läggas till. Gäller exempelvis enstaka hus i en grupp av bostäder/kvarter där alla övriga kommit med.

I avgränsningen har endast bostäder identifierats som bullerberörda byggnader. Riktvärden i denna järnvägsplan för bostäder är 60 dBA ekvivalent ljudnivå vid fasad. På uteplats gäller 55 och 70 dBA ekvivalent respektive maximal ljudnivå. Inomhus gäller 30 och 45 dBA ekvivalent respektive maximal ljudnivå. Riktvärde avseende vibrationsnivå är 0,4 mm/s.

¹ Befintlig spårnära bullerskyddsskärm i Bergsbrunna ingår i avgränsningsberäkningen för denna järnvägsplan.

² Solfjädersmodellen innebär att tågtrafiken på spåret slutar vid planområdets gräns medan ljudspridningen fortsätter utanför. Detta medför att ljudet sprids likt en solfjäder vid planområdets ändar.

3.2. Avgränsning av bullerberörda områden

TDOK 2014:1021 innefattar förutom riktvärden för bostäder även riktvärden för parker och andra rekreationsytor i tätorter, friluftsområden och fågelområden. Begreppen definieras i ordlistan i kapitel 1.3. Avgränsningsberäkning för bullerberörda områden görs 2 meter över mark (enligt beskrivning i 3.1). Eventuella identifierade parker och rekreationsområden, friluftsområden samt fågelområden kan därför studeras utifrån bullerutbredningen och jämföras med de riktvärden för områdestyperna som framgår av Tabell 1. Detta PM behandlar dock endast buller (och vibrationer) kopplat till boendemiljö. Det finns identifierade parker och andra rekreationsytor i tätorter, friluftsområden samt fågelområden inom planområdet, men där finns det inte behov av bullerskyddsåtgärder för att klara riktvärden. De områdena behandlas särskilt i MKB samt i andra PM kopplade till järnvägsplanen. För mer information om identifierade områdena hänvisas till dessa PM (PM Artskydd, PM Naturvärdesinventering).

3.3. Utredning av bullerskyddsåtgärder

För bullerberörda byggnader ska bullerskyddsåtgärder utredas och föreslås beaktat all statlig infrastruktur.

Spår-/vägnära och fastighetsnära bullerskyddsåtgärder ska föreslås så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt:

- I första hand ska spår-/vägnära åtgärder övervägas.
- I andra hand en kombination av spår-/vägnära åtgärder och fastighetsnära åtgärder.
- I tredje hand endast fastighetsnära åtgärder.

4 Beräkningsförutsättningar, buller

Följande situationer har beräknats i bullerutredningen, se Tabell 2.

Tabell 2. Beräkningssituationer.

Beräkningssituation	År	Spår/väg
1. Avgränsningsberäkning	2040 (trafikprognos Bas)	Planerad järnväg och ombyggd sträcka av väg 1060
2. Nuläge	2022	Befintlig järnväg och statliga vägar
3. Nollalternativ	2040 (trafikprognos Bas)	Befintlig järnväg och statliga vägar
4. Planförslag, utan bullerskyddsåtgärder	2040 (trafikprognos Bas)	Planerad järnväg och statliga vägar
5. Planförslag, med källnära bullerskyddsåtgärder	2040 (trafikprognos Bas)	Planerad järnväg och statliga vägar

1. Avgränsningsberäkningen har som syfte att identifiera bullerberörda byggnader. Se kapitel 3.1 för mer information om hur avgränsningsberäkningen är utförd.

För beräkningssituation 2–5 beräknas ekvivalent och maximal ljudnivå vid fasad³ för samtliga våningsplan på bullerberörda byggnader, samt på 2 meters höjd över mark inom hela området⁴. Ekvivalent och maximal ljudnivå vid uteplats beräknas på höjden 1,5 meter eftersom det avspeglar den höjd som människor befinner sig på. Beräkningarna är utförda med tre reflektioner. Ljudnivå inomhus samt vid uteplats har beräknats med hjälp av underlag inhämtat vid inventering.

2. *Nuläget* beräknas för nuvarande trafikbullersituation med den befintliga järnvägen och den statliga vägtrafiken.
3. *Nollalternativ* är ett framtida scenario utan föreslagen utbyggnad av järnvägen. Nollalternativet omfattar statlig vägtrafik år 2040 samt trafik på befintlig bana men med trafik som utgår från trafikprognos 2040 BAS.
4. *Planförslag (utan bullerskyddsåtgärder)* är ett framtida scenario med föreslagen ombyggnation. Trafikmängderna är från trafikprognos 2040 BAS men med två tillkommande spår vilket medför ökad trafik per årsmedeldygn och högre hastighet i södra delen av sträckan jämfört med nollalternativet. Planförslaget innebär att en del byggnader behöver rivas för att göra plats för de nya spåren. Dessa byggnader har tagits bort från bullerberäkningar av planförslaget.
5. *Planförslag med föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder* är utförd med samma beräkningsförutsättningar som beräkningssituationen planförslag, men med föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder. Bostadshusens ljudnivå vid fasad, på uteplats och inomhus har beräknats utifrån föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder. Ljudnivån inomhus beräknas utifrån ljudnivå vid fasad samt fasadens bedömda ljudisoleringsförmåga utifrån utvändigt inventering.

4.1. Beräkningsmodell

Bullerberäkningar utförs enligt de nordiska beräkningsmodellerna för tåg- och vägtrafikbuller (Naturvårdsverkets rapporter 4935 och 4653). Bullerberäkningarna har genomförts i programmet SoundPLAN 8.2 (version 2022-05-04).

I beräkningsprogrammet har en tredimensionell modell av området byggts upp av bland annat terrängdata, byggnader, marktyper, järnväg och vägar.

Beräkningsmodellerna är avsedda att användas för fysisk planering samt vid planering av bullerreducerande åtgärder. Uppgifter om ljudnivåer avser frifältsvärden om inget annat anges, det vill säga utan inverkan av reflexer i den egna fasaden, eftersom även riktvärdena avser frifältsvärden.

³ Beräkning med 3 reflexer.

⁴ Beräkning med 0 reflexer.

Noggrannheten för vägtrafikbuller bedöms till ± 3 dB på 50 meters avstånd och ± 5 dB på 200 meters avstånd. För beräkning av spårburen trafik bedöms noggrannheten till cirka ± 3 dB på avstånd upp till 300 – 500 m. Förutsättningen gäller vinkelrätt mot väg/järnväg under neutral eller måttliga medvindsförhållanden, dvs 0 – 3 m/s eller vid motsvarande temperaturgradienter. Beräkningsmodellen för vägtrafik är giltig på avstånd upp till 300 meter mätt vinkelrätt mot vägen vid neutrala eller måttliga medvindsförhållanden. Motsvarande giltighet för beräkningsmodellen för spårburen trafik är upp till 1000 meters avstånd.

4.2. Underlag

Nedan listas allt underlag som har använts som indata till modellen samt varifrån och när det är inhämtat. De olika typerna av indata beskrivs även mer ingående i avsnitt 4.2.1-4.2.5.

- Fastighetskarta, inhämtad 2021-05-24 från Metria.
- Laserscannad höjddata, inhämtad 2022-02-15 från Metria.
- Projekterad höjdsatt spårlinje, *Beslutat spåralternativ*, inhämtad 2024-08-20 och framtagen av Sweco.
- Trafikuppgifter tågtrafik, *Trafikuppgifter järnväg t22 och bullerprognos 2040*, inhämtad 2022-03-14 från Trafikverket.
- Hastigheter för planalternativets tågtrafik, inhämtade 2022-04-05 inom Sweco samt kontrollerade mot NJDB.
- Trafikuppgifter vägtrafik, inhämtade 2022-04-05 från NVDB webb. Uppräknad enligt Trafikverkets EVA-kalkyl, modell för uppräknad av trafikflöden, till prognosår 2040.
- Befintlig bullerskyddsskärm inhämtad via fastighetskartan (se punkt ovan), men kontrollerad och inmätt även vid fältbesök 2022-03-30 av Sweco.

4.2.1. Fastigheter, byggnader, vägar, spår och terrängmodell

Underlag i form av befintliga spår, vägar, fastigheter och byggnader har hämtats från fastighetskartan. Höjder för byggnader har hämtats från laserscannad höjddata. Byggnadernas användningsändamål har hämtats från fastighetskartan. Bostadsbyggnader samt övriga byggnader som omfattas av riktvärden har beräknats avseende ljudnivå. Övriga byggnader finns med i beräkningsmodellen för att ge en korrekt bild av skärmning och reflektioner.

Projekterad spårlinje med tillhörande markmodell är framtagna av Sweco.

4.2.2. Markytor

Vattenytor och markytor i tätbebyggda områden har i beräkningsmodellen klassificerats som hård mark, med markfaktor 1, medan övrig mark har klassificerats som mjuk mark, reflektionstal 0. Ett högre reflektionstal innebär att ytan är mer reflekterande, vilket ger en ökad bullerspridning. Markytorna är definierade enligt fastighetskartan.

4.2.3. Trafikuppgifter för spårtrafik

Spårtrafikuppgifter för nuläget och nollalternativet har erhållits från tågprognos T22 och Stockholms linjebok från Trafikverket. Planförslaget utgår från trafikprognos BAS 2040 som inkluderar fyra spår. Nollalternativet innefattar huvudsakligen trafik från trafikprognos BAS, men innebär järnvägstrafik 2040 endast på de två befintliga spåren år 2040. Antalet

tåg i nollalternativet har därför justerats ner med en faktor 0,9 från trafikprognos BAS. Nedjusteringen sker endast för tåg av typen X40. En ytterligare skillnad i planförslaget jämfört med nollalternativet är att planförslaget innebär att vissa tåg kan gå som snabbast i 250 km/tim, se Tabell 5, jämfört med 200 km/tim i nollalternativet, se Tabell 4. Nedan betecknas befintliga spår som U1 samt N1 och tillkommande spår som U2 samt N2. U står för uppspår och N för nedspår.

Tabell 3. Spårtrafikuppgifter för nuläget. Spårsträcka, tågtyp, ÅDT (trafikflöde under ett årsmedeldygn), medellängd, hastighet och spår.

Spårsträcka	Tågtyp	Tågtyp i beräkningsmodell	ÅDT	Medellängd /maxlängd [m]	Maxhastighet [km/tim]	Spår
Söder Bergsbrunna-Uppsala Centralstation	Godståg	Goods	8,8	441/630	100	U1, N1
	Fjärrtåg	Pass	73,4	274/417	160	U1, N1
	Direktåg	X40	33,0	149/205	200	U1, N1
	Regionaltåg	X50-54	21,8	116/220	200	U1, N1
	Pendeltåg	X60	84,5	212/214	160	U1, N1
	Övriga ⁵		2,3	246/325	160	U1, N1

⁵ Övriga tåg är modellerade som Pass.

Tabell 4. Spårtrafikuppgifter för nollalternativet. Spårsträcka, tågtyp, ÅDT (trafikflöde under ett årsmedeldygn), medellängd, hastighet och spår.

Spårsträcka	Tågtyp	Tågtyp i beräkningsmodell	ÅDT	Medellängd /maxlängd [m]	Maxhastighet [km/tim]	Spår
Söder Bergsbrunna-Uppsala Centralstation	Fjärrtåg	Pass	5,3	240/420	160	U1, N1
	Direkttåg	X40	48,1	163/270	200	U1, N1
	Regionaltåg	X50-54	43,8	110/180	200	U1, N1
	Regional-pendeltåg	X60	31,6	135/251	160	U1, N1
	Regional-pendeltåg	X60	26,3	105/210	160	U1, N1
	Pendeltåg	X60	66,6	214/214	160	U1, N1
	Godståg	Goods	8,3	471/630	100	U1, N1

Vissa tåg angivna i Tabell 5 ska enligt planförslaget köra i 250 km/tim mellan Uppsala och Stockholm. Inom ramen för denna plan är detta endast aktuellt söderut från Bergsbrunna ner till södra plangränsen. Från kilometertal 59+000 och norrut förbi Bergsbrunna, in mot Uppsala Centralstation, gäller STH 200 km/tim för de snabbaste tågen. Eftersom inbromsning och acceleration sker till och från stationerna för de tåg som stannar har en hastighetstrappa för detta använts.

Tabell 5. Spårtrafikuppgifter för planförslaget. Spårsträcka, tågtyp, ÅDT (trafikflöde under ett årsmedeldygn), medellängd, hastighet och spår.

Spårsträcka	Tågtyp	Tågtyp i beräkningsmodell	ÅDT	Medellängd /maxlängd [m]	Maxhastighet [km/tim]	Spår
Söder Bergsbrunna-Uppsala Centralstation	Fjärrtåg	Pass	5,3	240/420	160	U2, N2
	Direkttåg	X40	73,6	163/270	250	U2, N2
	Regionaltåg	X50-54	43,8	110/180	250	U2, N2
	Regional-pendeltåg	X60/EC250	31,6	135/251	160	U1, N1
	Regional-pendeltåg	X60/ER1	26,3	105/210	160	U1, N1
	Pendeltåg	X60	66,6	214/214	160	U1, N1
	Godståg	Goods	8,3	471/630	100	U1, N1

4.2.4. Trafikuppgifter för vägtrafik

Trafikuppgifter för nuläget har hämtats in från NVDB webb på Trafikverkets hemsida. Trafiken för nuläget har räknats upp enligt Trafikverkets EVA-kalkyl, modell för uppräknings av trafikflöden, till prognosår 2040. Trafikuppgifter för prognosår 2040 har använts i

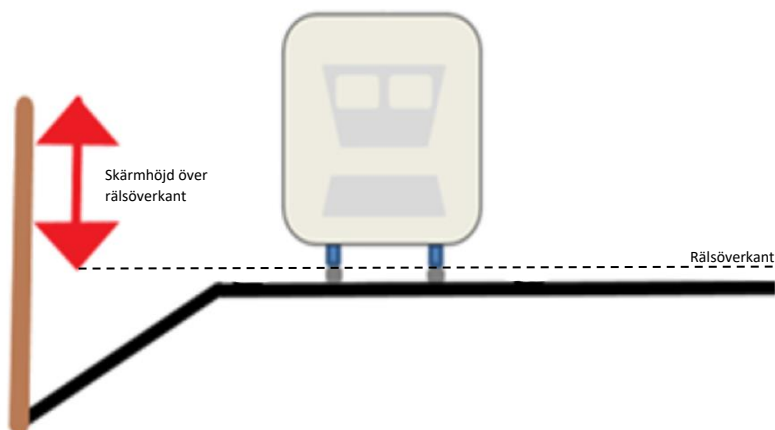
beräkning för nollalternativet och planförslaget. Det har inte inom projektet gjorts särskilda trafikprognoser avseende vägtrafik för nollalternativet och planförslaget.

Tabell 6. Vägtrafikuppgifter.

Väg	Nuläge 2022			Prognosår 2040		
	ÅDT	Tung trafik (%)	Hastighet [km/tim]	ÅDT	Tung trafik (%)	Hastighet [km/tim]
E4	11138-20004	10-15	110	14025-25133	12-17	110
Väg 255 ⁶	4353	3	50/60/70	5659	4	50/60/70
Väg 1060	2334-2624	7	50/70	3034-3411	8	50/70
Skogsvägen/Gårdsvägen ⁶	841	7	50/70	1093	8	50/70

4.2.5. Befintliga bullerskyddsåtgärder

Väster om spåren i stadsdelen Bergsbrunna finns en befintlig bullerskyddsskärm, 2–2,5 meter hög över rälsöverkant (RÖK). Se Figur 3 för en illustration som visar hur skärmens totala höjd är högre än höjden över RÖK där järnvägen går på hög bank. Skärmen sträcker sig mellan kilometertal 58+950 till 60+374, men har i nuläget en öppning vid Gårdsvägen. Skärmen är byggd i trä, med genomsiktliga partier högst upp längs delar av den, se Figur 4 för bilder på skärmen. Den uppfördes 2003 och har en kvarvarande livslängd på cirka 20 år.



Figur 3. Illustration som visar en bullerskyddsskärms placering och höjd i förhållande till rälsöverkant (RÖK). Skärmen är markerad i brunt i bilden.

⁶ Endast delar av vägen är statlig och det är bara den statliga delen av vägen som har tagits med i beräkningarna.



Figur 4. Befintlig bullerskyddsskärm i Bergsbrunna. Till vänster visas en del av skärmen längs Banvägen. Till höger visas skärmens öppning vid Gårdsvägen.

4.3. Yttre inventering

En yttre inventering har utförts på samtliga bostadsbyggnader som i beräkningen för bullerberörda överskrider ekvivalent ljudnivå vid fasad om 60 dBA och/eller maximal ljudnivå vid fasad om 70 dBA. Maximal ljudnivå har varit styrande för uteplats för samtliga bostäder, vilket innebär att inte 55 dBA har varit avgörande för avgränsningen. Bilaga 1 innehåller kartor över de bullerberörda byggnaderna.

Syftet med inventeringen är att samla in information om de bullerberörda byggnaderna som kan användas i den fortsatta bullerutredningen för att beräkna ljudnivå inomhus och vid uteplats. Beräkningsresultatet används i sin tur för att bedöma huruvida det finns behov av bullerskyddsåtgärder vid fasad och/eller uteplats. Inventeringen är också en del i att kvalitetssäkra beräkningsmodellen avseende typ av nyttjande av byggnader.

Följande information samlades in:

- Typ av vägg och väggtjocklek
- Typ av fönster
- Förekomst av friskluftsventiler
- Placering av anlagd uteplats eller möjlighet till anlagd uteplats

Koordinater för samtliga uteplatser på fastigheterna samlades in under inventeringen. Vid bedömning av åtgärdsbehov har sedan den uteplatsen som i fält bedömts som primär, inom respektive fastighet, utvärderats. I de fall fastigheten saknade en anlagd uteplats markerades en plats på fastigheten där det kan finnas möjlighet till en anlagd uteplats i syfte att kunna utvärdera ifall platsen innehåller riktvärden för uteplats.

4.3.1. Fasadernas ljudisolering

Bostadshusens fasadelement (vägg, fönster och eventuella friskluftsventiler) klassificeras enligt de värden på ljudisolering som framgår av Trafikverkets rapport *Fasadåtgärder som bullerskydd. Ett branschgemensamt utvecklingsprojekt* [7].

Ljudisoleringsvärden som använts finns sammanställd i Tabell 7. Vid bedömning av fasadens ljudreduktion används korrigerings termen C, som representerar ljudspektrat från spårtrafik.

Tabell 7. Ljudreduktioner som använts för olika vägg-, fönster-, och ventiltypen.

Väggtyp	R'_{w+C} (dB)
Enkel trävägg	37
Medelbra trävägg	43
Trästomme, väl tilläggsisolerad	48
Lättbetong	43
Tegelfasad	49
Tung fasad	54
Fönstertyp	R'_{w+C}
Kopplade fönster med 1+1 glasning	28
Fönster med enkelbåge och 3-glas isolerruta	32
Kopplade fönster med 1+2 glasning	34
Ljudfönster med förhöjd ljudreduktion	38
Ventiltyp	$D_{n,e,W+C}$
Fönsterventil	34
Väggventil	32

Observera att värden i tabellen visar R'_{w+C} , vilket avser vägt fältreduktionstal för ett byggnadselement för spårtrafik. För ventiler används vägd ljudnivåskillnad $D_{n,e,W+C}$ för spårtrafik. $D_{n,T,W+C}$ beskriver en konstruktions totala ljudnivåskillnad (ljudnivåskillnad mellan utom- och inomhusnivå) med avseende på buller från spårtrafik enligt redovisning i svensk och europeisk standard SS-EN ISO 717-1:2013. R'_{w+C} , respektive $D_{n,e,W+C}$, används för att beräkna $D_{n,T,W+C}$.

Utifrån den insamlade informationen har fasadens totala ljudreduktion av buller från tågtrafik beräknats i enlighet med utvecklingsprojektets Bilaga 14 *Förenklad åtgärdsbedömning avseende fasader*.

4.4. Fördjupad utredning

För de byggnader som efter den yttre inventeringen visats erhålla 46-47 dBA maximal ljudnivå inomhus alternativt visats erhålla så pass höga ljudnivåer inomhus att det kan bli svårt att uppfylla riktvärde med åtgärder har en fördjupad utredning utförts för att säkerställa behovet av åtgärder.

Mätningar enligt standard SS-EN ISO 140-5 görs för att säkerställa åtgärdsbehovet. Invändig inventering görs för att veta om riktvärdet kan uppfyllas med fönster- och ventilåtgärder eller om även åtgärd på väggar behövs. Den invändiga inventeringen syftar även till att utreda om högsta acceptabla ljudnivå kan uppfyllas, i de fall det kan bli svårt att nå riktvärdet. Resultatet från den fördjupade utredningen redovisas i Bilaga 2.

5 Beräkningsresultat, buller

Enligt avgränsningsberäkningen (Bilaga 2.6) blir cirka 260 byggnader bullerberörda. Beräknad ljudnivå vid fasad (frifältsvärde) för bullerberörda fastigheter samt åtgärdsförslag redovisas i Bullertabell, se Bilaga 2:

- Bilaga 2.1 redovisar beräknade ljudnivåer utomhus vid fasad, inomhus samt på uteplats i planförslaget med föreslagna spårnära och fastighetsnära bullerskyddsåtgärder. Redovisar slutsatser om vilka riktvärden som innehålls i planförslaget med föreslagna bullerskyddsåtgärder.
- Bilaga 2.2 redovisar beräknade ljudnivåer utomhus vid fasad i nuläget, nollalternativet och planförslaget med föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder.
- Bilaga 2.3 redovisar beräknade ljudnivåer inomhus i nuläget, nollalternativet och planförslaget med föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder.
- Bilaga 2.4 redovisar beräknade ljudnivåer utomhus på uteplats i nuläget, nollalternativet och planförslaget med föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder.
- Bilaga 2.5 redovisar beräknade ljudnivåer utomhus vid fasad, inomhus samt på uteplats i planförslaget utan föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder.
- Bilaga 2.6 innehåller avgränsningsberäkningen, det vill säga alla de cirka 480 fastigheter som initialt föll ut ur avgränsningen enligt kapitel 3.1. Det är både byggnader som initialt bedömdes kunna överskrida riktvärden vid fasad, inomhus eller på uteplats och byggnader som ligger i bostadsområden där övriga byggnader föll ut som bullerberörda. Dessa byggnader har inventerats men sådana byggnader som efter inventeringen visade sig innehålla riktvärden har inte utretts vidare. De ingår således inte i Bilaga 2.1–2.5.

Det ska noteras att maximal ljudnivå för väg inte redovisas i Bilaga 2. Maximal ljudnivå för väg har inte varit dimensionerande för avgränsningen av bullerberörda eller åtgärdsbehov i något fall. Därför utgår den i tabellbilagan. Det ska också noteras att befintlig spårnära bullerskyddsåtgärd ingår i beräkningsalternativen avgränsning, nuläge, nollalternativ och planförslag utan spårnära bullerskyddsåtgärder.

Bilaga 3.1 till 3.10 innehåller bullerutbredningskartor:

- Bilaga 3.1 redovisar bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, i avgränsningsberäkningen med trafikering endast på ombyggda sträckor i planförslaget år 2040.
- Bilaga 3.2 redovisar bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, från all statlig infrastruktur i nuläget 2022.
- Bilaga 3.3 redovisar bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, från all statlig infrastruktur i nollalternativet 2040.
- Bilaga 3.4 redovisar bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, från all statlig infrastruktur i planförslaget (utan bullerskyddsåtgärder) 2040.
- Bilaga 3.5 redovisar bullerutbredningskarta, ekvivalent ljudnivå, från all statlig infrastruktur i planförslaget (med föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder) 2040.
- Bilaga 3.6 redovisar bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, i avgränsningsberäkningen med trafikering endast på ombyggda sträckor i planförslaget år 2040.

- Bilaga 3.7 redovisar bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, från all statlig infrastruktur i nuläget 2022.
- Bilaga 3.8 redovisar bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, från all statlig infrastruktur i nollalternativet 2040.
- Bilaga 3.9 redovisar bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, från all statlig infrastruktur i planförslaget (utan bullerskyddsåtgärder) 2040.
- Bilaga 3.10 redovisar bullerutbredningskarta, maximal ljudnivå, från all statlig infrastruktur i planförslaget (med föreslagen spårnära bullerskyddsåtgärd) 2040.

Beräknade ljudnivåer som visas på kartorna avser 2 meter över mark. Tabell 8 visar en sammanställning av antal byggnader/uteplatser som överskrider aktuella riktvärden i de olika beräkningsfallen.

Tabell 8. Sammanställning av bullerberörda bostadshus som överskrider riktvärdena, beaktat all statlig infrastruktur

Beräkningsfall	Ekvivalent ljudnivå Leq24h			Maximal ljudnivå, Lmax	
	>60 dBA utomhus vid fasad	>55 dBA utomhus vid uteplats	>30 dBA inomhus	>70 dBA utomhus vid uteplats	>45 dBA inomhus
1. Nuläge	46	17	47	70*	127
2. Nollalternativ	16	1	10	70*	125
3. Planförslag, utan bullerskyddsåtgärder	43	9	27	113* (39**)	247
4. Planförslag, med spårnära bullerskyddsåtgärder	21	3	14	92* (18**)	221
5. Planförslag, med spår- och fastighetsnära bullerskyddsåtgärder	21	0	0	76* (0**)	8

*Värdet avser antal bostäder som erhåller över 70 dBA maximal ljudnivå från den mest bullrande tågtypen. Denna nivå beräknas inte uppstå fler än fem gånger per timme mellan kl 06-22, men överskridandena är fler i nuläge än de andra alternativen.

** Värdet avser antal bostäder som erhåller över 70 dBA maximal ljudnivå fler än fem gånger per timme. Denna analys har främst gjorts för planalternativet då det är för planalternativet åtgärder utförs.

5.1. Nuläge

I *nuläget* berörs närliggande fastigheter av höga ljudnivåer från trafik på befintlig bana samt övrig statlig infrastruktur. Runt 50 bostadshus utsätts för beräknade ekvivalenta ljudnivåer över 60 dBA vid fasad (se Bilaga 2.2). De mest bullerutsatta byggnaderna ligger huvudsakligen i Kuggebro och i Bergsbrunna. Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå inomhus i bostadshus är 36 respektive 57 dBA (se Bilaga 2.3). Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå på uteplats vid bostadshus är 60 respektive 81 dBA (se Bilaga 2.4).

5.2. Nollalternativ

Nollalternativ innebär att ingen ombyggnad av järnvägen utförs, utan endast löpande underhåll utförs längs befintlig bana samt att den befintliga bullerskyddsskärmen i Bergsbrunna behålls. Nollalternativet omfattar trafik på befintlig bana och övrig statlig infrastruktur men med trafikmängder från trafikprognos 2040, utan två nya spår. Nollalternativet innebär att tågtrafikmängden ökar marginellt jämfört med nuläget, men fordonsflottan förändras även till att innehålla fler tystare tåg. Detta medför att ljudnivån

generellt förbättras för många bostäder i nollalternativet jämfört med nuläget. Runt 20 bostadshus utsätts för beräknade ekvivalenta ljudnivåer över 60 dBA vid fasad (se Bilaga 2.2). De mest bullerutsatta byggnaderna ligger huvudsakligen i Kuggebro och i Bergsbrunna. Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå inomhus är 33 respektive 57 dBA (se Bilaga 2.3). Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå på uteplats vid bostadshus är 57 respektive 81 dBA (se Bilaga 2.4).

5.3. Planförslag utan bullerskyddsåtgärder

Planförslag (utan bullerskyddsåtgärder) är ett framtida scenario med föreslagen utbyggnad av två nya spår, ombyggnation av Uppsala Centralstation och en ny station på sträckan Söder Bergsbrunna - Uppsala Centralstation. Även övrig statlig infrastruktur inkluderas. Tågtrafikmängderna är från trafikprognos 2040 BAS. Antal fastigheter i planförslaget som berörs av ljudnivåer över riktvärdena är högre jämfört med både nuläget och nollalternativet. Det beror framför allt på att det blir fler tåg i planförslaget, delvis högre hastigheter och en bredare bank. Vissa bostäder på västra sidan om spåret där befintliga spår byggs om får järnvägen längre bort i planförslaget jämfört med nuläget och nollalternativet, vilket kan minska ljudnivåerna hos några, medan andra bostäder på östra sidan om spåret får järnvägen närmare. Även att avstånd mellan spår och skärm ökar, på grund av spårutbyggnaden, bidrar till en ökad ljudnivå väster om spåren. Runt 40 bostadshus utsätts för beräknade ekvivalenta ljudnivåer över 60 dBA vid fasad. De mest bullerutsatta byggnaderna ligger huvudsakligen i Kuggebro och i Bergsbrunna. Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå inomhus i bostadshus är 35 respektive 62 dBA. Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå på uteplats vid bostadshus är 58 respektive 81 dBA. Se Bilaga 2.5 för samtliga beräknade ljudnivåer i planförslaget utan bullerskyddsåtgärder.

5.4. Planförslag med föreslagna bullerskyddsåtgärder

Planförslag med föreslagna spårnära bullerskyddsåtgärder gör att färre fastigheter är i behov av fastighetsnära åtgärder, jämfört med planförslag utan åtgärder. Fördelen med föreslagen spårnära bullerskyddsåtgärd i Bergsbrunna är att skyddet för hela områdets utemiljö förbättras i jämförelse med planförslaget utan bullerskyddsåtgärder, inte bara ljudmiljön vid fastigheternas uteplatser. De mest bullerutsatta bostadshusen ligger även i planförslaget med föreslagna bullerskyddsåtgärder huvudsakligen i Kuggebro och Bergsbrunna. Runt 20 fastigheter med bostadshus utsätts för beräknade ekvivalenta ljudnivåer över 60 dBA vid fasad (se Bilaga 2.2). Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå inomhus i bostadshus är 35 respektive 60 dBA (se Bilaga 2.3). Högsta beräknade ekvivalent respektive maximal ljudnivå på uteplats vid bostadshus är 58 respektive 81 dBA (se Bilaga 2.4).

Planförslag med föreslagna spår- och fastighetsnära bullerskyddsåtgärder möjliggör att riktvärdena för inomhusnivå innehålls för samtliga bostäder utom åtta stycken. Dessa bostäder beräknas överskrida riktvärdet 45 dBA maximal ljudnivå inomhus trots fastighetsnära åtgärder. Dock beräknas ingen av dessa bostäder erhålla ljudnivåer över 50 dBA maximal ljudnivå inomhus vilket är högsta acceptabla ljudnivå. Samtliga bostäder beräknas kunna erhålla en uteplats som uppfyller riktvärdet med bullerskyddsåtgärder. Avsteg från riktvärde vid fasad behöver göras på 21 fastigheter. Se Bilaga 2.1 för samtliga beräknade ljudnivåer i planförslaget med föreslagna spår- och fastighetsnära bullerskyddsåtgärder.

6 Övervägande av bullerskyddsåtgärder

6.1. Bullerskyddsåtgärder

För samtliga bullerberörda bostadshus har källnära samt fastighetsnära bullerskyddsåtgärder utretts. Utredning och övervägande om åtgärd är baserade på resultatet från de bullerberäkningar som genomförts enligt planförslaget. Åtgärder för bullerdämpning kan utföras antingen i anslutning till källan, i detta fall spårnära åtgärder, eller i anslutning till mottagaren, fastighetsnära åtgärder. Vilken typ av åtgärd som kan bli aktuell beror dels av ljudnivåerna, dels av huruvida det är en samlad bebyggelse med flera bullerberörda eller mer enstaka bullerberörda byggnader. Vad som är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt spelar också en avgörande roll. Vid gles bebyggelse är det vanligare med fastighetsnära åtgärder medan man i samhällen med mer samlad bebyggelse får en större effekt av källnära bullerskyddsåtgärder. Vanligt är också en kombination av de två typerna, exempelvis för att klara riktvärden för inomhusnivå på övre våningsplan.

6.1.1. Källnära åtgärder

Källnära åtgärder innebär att bullerdämpande åtgärd utförs i anslutning till källan. Bullerskyddsvallar och bullerskyddsskärmar vid spåret är exempel på källnära åtgärder. Källnära åtgärder ger vanligtvis ett gemensamt skydd för flera fastigheter samt ger ett heltäckande skydd för utemiljön främst i markplan. Denna typ av åtgärd fastställs inom järnvägsplanen och placeras inom spårområdet. Drift och underhåll sköts av Trafikverket om inte annat överenskommit. Det är vanligt att källnära bullerskyddsskärmar utförs med absorbent mot källan (spårsidan i detta fall). På så sätt absorberas en del av ljudet av skärmen. Om en skärm utförs utan absorbent kan en del av bullret i stället reflekteras och dels medföra högre ljudnivåer på andra sidan spåret, dels kan ljud reflekteras mellan tåg och skärm och därmed gå över skärmen till bakomvarande bebyggelse eller område.

6.1.2. Fastighetsnära åtgärder

Fastighetsnära åtgärder utförs vanligtvis på den enskilda fastigheten och ger oftast skydd för bara en fastighet. Där det finns stora konflikter med andra intressen och/eller med trafikanläggningen eller där det inte bedöms som ekonomiskt rimligt att utföra åtgärder i anslutning till källan har i stället fastighetsnära åtgärder utretts för att riktvärden för inomhusmiljö samt uteplats ska uppfyllas. Bullerskyddsåtgärderna bekostas och utförs av Trafikverket men övergår sedan i fastighetsägarens ägo med ansvar för drift och underhåll. I järnvägsplanen fastställs erbjudanden om dessa åtgärder, beroende på vilken/vilka typ/-er av fastighetsnära åtgärder som behövs för varje specifik fastighet. Exempel på fastighetsnära bullerskyddsåtgärder är åtgärder på fasaden för fönster och ventiler. Vid mycket höga ljudnivåer kan även befintlig vägg behöva förstärkas. För uteplatser tas anpassade förslag fram i samråd med fastighetsägaren, till exempel en kortare skärm i anslutning till uteplatsen eller annan placering av uteplats. Projekteringen av åtgärderna görs dock inte inom ramen för järnvägsplanen, utan i nästa skede efter att planen har vunnit laga kraft.

Åtgärder på fasad avser de bostadsrum i respektive byggnad som beräknas få nivåer över riktvärdena. Det innebär att det kan bli aktuellt med exempelvis fönsteråtgärd i ett bostadsrum men inte i övriga. Det kan även innebära att åtgärder utförs på övre plan men inte på nedre plan exempelvis om en bullerskyddsvall skärmar det nedre planet.

Uteplatsåtgärder avser generellt en bullerskyddad uteplats per fastighet, i de fall en uteplats finns. Det kan vara lokalt skydd av en befintlig uteplats eller uppförande av en ny uteplats i bullerskyddat läge på tomt.

6.1.3. Samhällsekonomisk rimlighet

Att beräkna samhällsnyttan av en bullerskyddsåtgärd är ett verktyg i bedömning om vad som är rimliga åtgärder. Vid beräkning av samhällsekonomi vägs nyttan av en åtgärd mot kostnaden för utförande och framtida drift och underhåll. Den samhällsekonomiska effekten av källnära skärmar och vallar har i detta projekt bedömts med hjälp av Trafikverkets excelbaserade verktyg Järnvägs-BUSE version 4.0. Verktyget beräknar förhållande mellan kostnad och nytta för åtgärder och baseras på värderingar enligt ASEK 8.0 [4]. En lång skärm som skyddar ett fåtal bostäder och/eller endast ger en liten bullerdämpande effekt på bostäderna blir i många fall olönsam eftersom kostnaden för skärmen är stor i förhållande till nyttan av den. Utredda åtgärder i anslutning till källan har bedömts ur ett samhällsekonomiskt och ekonomiskt rimligt perspektiv. BUSE baseras på ekvivalenta ljudnivåer, vilket begränsar användbarheten i överväganden om åtgärder kopplat till maximala ljudnivåer. I detta projekt är de maximala ljudnivåerna dimensionerande för överskridanden av riktvärden. Därför har även andra aspekter, såsom påverkan på landskapsbild samt eventuella befintliga bullerskyddsåtgärders nytta och livslängd i jämförelse med uppförande av ny skärm, tagits i beaktande för att besluta vilka bullerskyddsåtgärder som ska vidtas i projektet.

6.2. Resonemang gällande riktvärden i förhållande till antal tågpassager och tågtyp

Riktvärdet gällande maximala ljudnivåer medger att 45 dBA maximal ljudnivå inomhus får överskridas högst fem gånger per natt. Fjärrtågen är den tågtyp som i angiven hastighet 160 km/h ger upphov till de högsta maximala ljudnivåerna längs sträckan i samtliga beräkningsfall. I planförslaget år 2040 beräknas över fem fjärrtåg trafikera sträckan. Dessa tåg har i utredningen förutsatts vara nattåg, vilket gör dessa tåg till de som dimensionerar gällande maximala ljudnivåer inomhus nattetid. I nuläge passerar betydligt fler av denna tågtyp, och denna tågtyp har därför även legat till grund för maximal beräkning av ljudnivå på uteplats i nuläget.

För uteplats gäller att 70 dBA maximal ljudnivå får överskridas högst fem gånger i timmen under dag- och kvällstid. Då antagandet om att fjärrtågen år 2040 går nattetid kvarstår godståg, samt tågtyp X50 i 250 km/h, som ger de högsta ljudnivåerna längs sträckan. Dessa tågtyper ger sammanlagt inte fler än fem passager per timme. Det här innebär att den ljudnivå som ger upphov till fler än fem passager i timmen är tågtyp X40. Maximala ljudnivåer för uteplats har beräknats för godståg, X50-54 och X40. I de fall den maximala ljudnivån överstiger 80 dBA från någon av dessa tågtyper, eller om 70 dBA överskrids från X40, har uteplatsåtgärd föreslagits.

I nuläge- och nollalternativ har den högsta max beräknats från godståg och tågtyp X50-54. Denna nivå beräknas inte uppstå fler än fem gånger per timme. Då åtgärder för nollalternativet inte är aktuellt beräknas inga ytterligare nivåer för uteplats i dessa alternativ.

6.3. Utredda områden och bullerskyddsåtgärder

Spårnära åtgärder har utretts i två olika områden, se kapitel 6.3.1 och 6.3.2. De två utredda områdena har gemensamt att de är tätbebyggda områden, vilket innebär att spårnära åtgärder kan ge ett gemensamt skydd för många fastigheter. För bullerberörda som inte är belägna inom åtgärdsområde 1 och 2 har källnära åtgärder diskuterats inledningsvis, men

bedömningen har varit att det endast är aktuellt med fastighetsnära åtgärder. Anledningen till att spårnära åtgärder inte har utretts i fler områden är framför allt på grund av att avståndet mellan de bullerberörda gör att det skulle krävas väldigt långa spårnära skärmar för att få en önskad bullerdämpande effekt. Spårnära åtgärder bedöms därför inte som ekonomiskt rimliga. De flesta bullerberörda bostadshus nära stationsområdet vid Uppsala Centralstation är också överlag så pass nybyggda att de är utformade med hänsyn till tågtrafiken. Spårnära åtgärder vid stationsområdet riskerar också att skapa en barriäreffekt och kan skapa otrygghet. För bostadshus på östra sidan om spåret (Lilla Åby och Danmarks-Söderby) som beräknas bli bullerberörda till följd av ombyggnationen har spårnära bullerskyddsskärm inte heller bedömts som motiverat att utreda. Dessa bostadshus ligger långt bort från järnvägen men blir bullerberörda då bullret sprids från järnvägen över ett öppet fält till dem. En spårnära bullerskyddsskärm skulle ha en liten effekt på bostadshus på ett sådant avstånd. Dessa bostadshus är dessutom redan utsatta för buller från E4 på andra sidan om bostadshusen. Det betyder att även om bullret från spåret delvis skulle kunna skärmas av med en spårnära bullerskyddsskärm på ena sidan av bostadshusen, skulle de vara fortsatt utsatta för vägtrafikbuller på andra sidan om bostadshusen. För dessa byggnader bedöms fastighetsnära åtgärder som mer rimliga eftersom det då är möjligt att ta hänsyn till och därmed utföra bullerdämpande åtgärder både från spåret och vägen.

6.3.1. Åtgärdsområde 1: Kuggebro

Kuggebro är ett tätbebyggt område som består av fristående villor och parhus. 24 bostadshus beräknas vara bullerberörda i området som utreds för järnvägsnära bullerskydd (Figur 5). De 24 bostadshusen är inringade i rött.



Figur 5. Utredd bullerskyddsskärm i området Kuggebro.

Spårnära bullerskyddsåtgärder

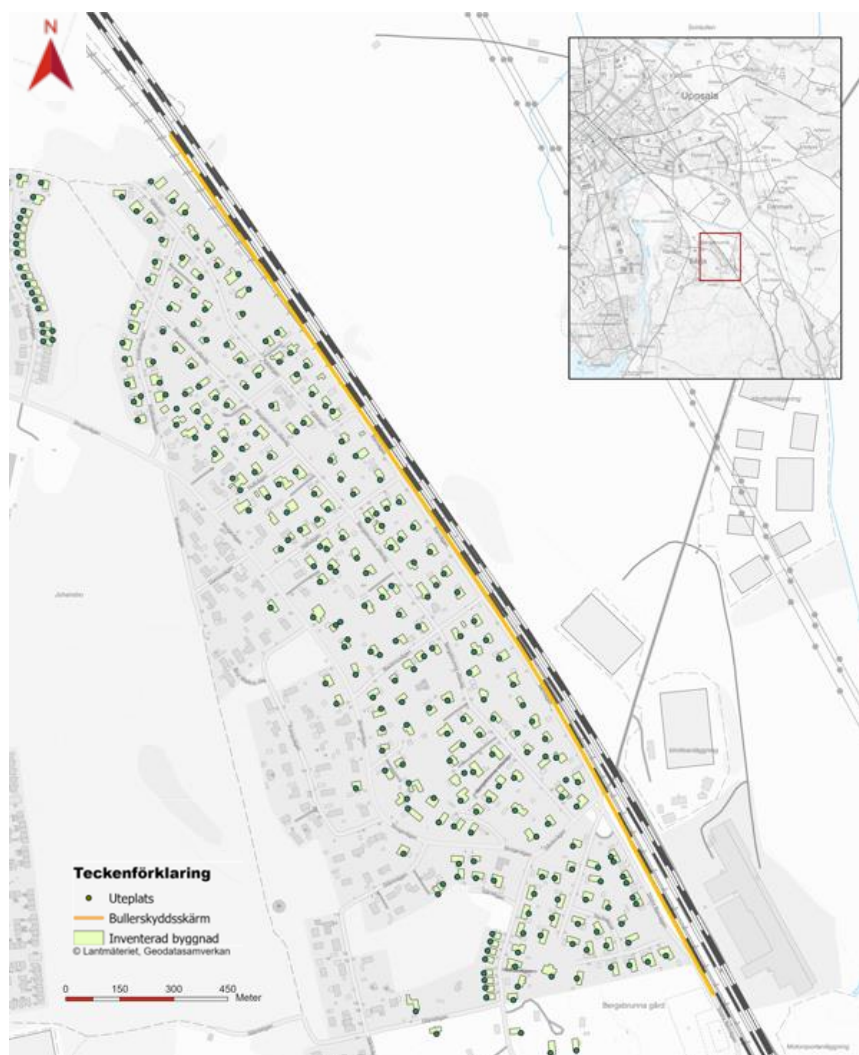
Det har utretts vilken bullerdämpande effekt en spårnära bullerskyddsskärm skulle kunna ha på bostadshusen i området. Den utredda skärmen är 2,5 meter hög, 297 meter lång, ljudabsorberande och går längs västra sidan av järnvägen. Den reducerar ljudnivåerna med upp till 5 dBA som mest vid fasad hos bostadshusen på västra sidan om järnvägen. Skärmens nettonuvärdeskvot (NNK) blir mycket negativ. Det innebär att skärmen inte är ekonomiskt rimlig sett till BUSE. Även en skärm som sträcker sig längre söderut har utretts, men ger inte tillräckligt bullerdämpande effekt på de bostadshus som ligger längst söderut. Det behövs en flera 100 meter längre skärm för att få önskad effekt och en sådan är inte samhällsekonomiskt lönsam. Fastighetsnära åtgärder erbjuds i stället till de bostäder som är i behov av åtgärder för att klara riktvärden inomhus och/eller på uteplats.

Fastighetsnära bullerskyddsåtgärder

Flera fastigheter är i behov av fastighetsnära åtgärder i form av fönster- och/eller ventilbyten samt skydd av uteplats. I Bilaga 2.1 redovisas de fastigheter som berörs.

6.3.2. Åtgärdsområde 2: Bergsbrunna

Bergsbrunna är ett tätbebyggt område i södra delen av planförslaget. Området består av främst fristående villor och samtliga bostadshus ligger på västra sidan av spåren.



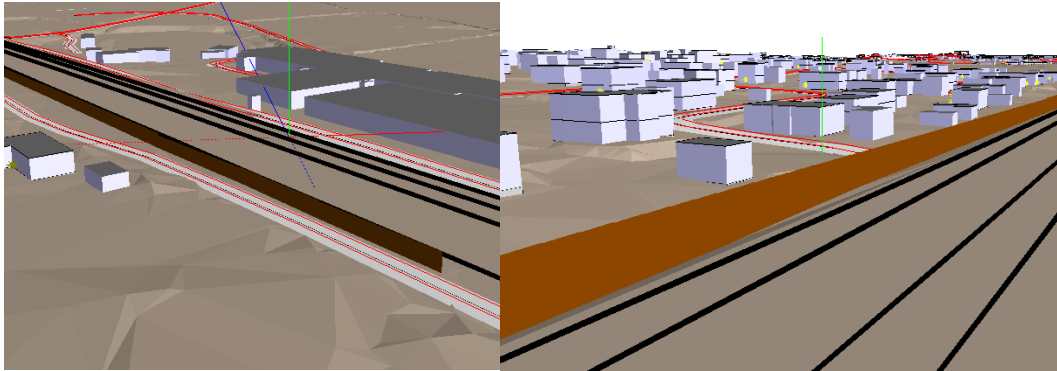
Figur 6. Föreslagen bullerskyddsskärm i området Bergsbrunna.

Spårnära bullerskyddsåtgärder

På västra sidan av spåret finns en befintlig bullerskyddsskärm mellan spåren och stadsdelen Bergsbrunna. Skärmen är 2–2,5 meter hög över RÖK och cirka 1410 meter lång. Skärmen har idag en öppning vid plankorsningen vid Gårdsvägen. Delar av den befintliga skärmen behöver rivas i samband med ombyggnationen av järnvägen. Eftersom skärmen dessutom har vissa otätheter samt en kvarvarande livslängd som innebär att den kräver någon typ av åtgärd/underhåll i samband med att ombyggnationen av järnvägen är klar, har utgångspunkten i utredningen om val av bullerskyddsåtgärder varit att den befintliga skärmen ersätts med en ny bullerskyddsskärm som följer den framtida spårsträckningen på västra sidan. Det ska dock noteras att befintlig skärm ingår i avgränsningen och planförslaget utan bullerskyddsåtgärder.

De bullerskyddsskärmarna som har utretts startar alla vid samma kilometertal som befintlig (58+950) och slutar vid 60+370. Ingen öppning krävs vid plankorsningen eftersom den ersätts av en planskild korsning längre söderut. Det kommer dock att vara en grind för påspårning i skärmen vid befintlig plankorsningen vid Gårdsvägen för åtkomst till spåren för underhåll på västra sidan om spåret. Den nya bullerskyddsskärmen blir cirka 1420 meter lång. Den utförs huvudsakligen med absorberande material för att minimera risken för reflektion och högre ljudnivåer både mot bebyggelsen och på motstående sida. Griden för påspårning byggs även den i absorberande trämaterial som håller tätt när den är stängd. Undantagen är i anslutning till gång- och cykelpassage vid Gårdsvägen, där skärmen görs genomsiktig. Det är så pass korta sträckor med genomsiktig skärm att det inte bidrar med en negativ påverkan på den totala ljudnivån för några bostadshus. Fyra olika skärmhöjder har undersökts; 2,5 meter, 3,0, 3,5 meter och 4,5 meter över RÖK. Förutom samhällsekonomisk nytta beaktas landskapsbilden med hänsyn till utblickar och siktlinjer i landskapet.

Alla utredda skärmar vid Bergsbrunna ger en negativ NNK och beräknas alltså inte vara samhällsekonomiskt nyttiga sett till ljudnivå. Beräkningarna för att ta fram NNK baseras på skärmens möjliga dämpning av ekvivalent ljudnivå, vilket blir missvisande i detta fall där maximala ljudnivåer dimensionerar. Då det i dagens läge finns en skärm vid Bergsbrunna har även bedömningen gjorts att denna bör ersättas. En 3,0 meter hög skärm medför att majoriteten av bostadshusen klarar ekvivalenta riktvärdet 60 dBA vid fasad. Flertalet bostadshus är fortfarande i behov av fastighetsnära åtgärder, men utredningen visar att en kombination av järnvägsnära och fastighetsnära åtgärder medför att de absolut flesta bostadshus kan klara riktvärden inomhus och på uteplats. Samtliga bostadshus beräknas uppfylla 50 dBA maximal ljudnivå inomhus med åtgärder, vilket är högsta acceptabla ljudnivå. Ljudmiljön med avseende på ekvivalent ljudnivå i området blir dessutom bättre än vad den är idag till följd av att fordonen till stor del byts ut mot mindre bullrande tågtyper. Den 3,0 meter höga skärmen innebär ingen väsentlig negativ påverkan på landskapsbilden jämfört med nuläget. Med landskapsbilden i beaktande, samt bedömning om att det går att utföra fastighetsnära åtgärder där så är nödvändigt, föreslås den 3,0 meter höga skärmen i järnvägsplanen. Se Figur 7 för två olika vyer på skärmen.



Figur 7. 3D-vyer på spårnära skärm med höjd 3 meter över RÖK. Till vänster syns skärmens start i söder. Till höger syns del av skärmen där järnvägen går på högre bank.

Bortvalda alternativ gällande spårnära bullerskyddsåtgärder:

Att anlägga en skärm med huvudsakligen samma höjd som idag (2,5 meter) valdes bort då utbyggnaden av järnvägen innebär ett bredare spårområde och ett stort antal bostadshus som får över 60 dBA vid fasad, vilket innebär att det krävs många avsteg från riktvärde vid fasad. Det krävs också ett stort antal fastighetsnära bullerskyddsåtgärder att uppfylla riktvärden för inomhusmiljö samt vid uteplats för detta alternativ.

Att anlägga en skärm med en höjd på 3,5 meter minskar inte behovet av fastighetsnära bullerskyddsåtgärder avsevärt i jämförelse med alternativet 3,0 meter hög skärm. Dessutom innebär den en större påverkan på landskapsbilden än den 3,0 meter höga skärmen.

En 4,5 meter hög skärm innebär färre fastighetsnära åtgärder än övriga alternativ, men kräver ett större fundament och tar mer mark i anspråk. Kostnaden för skärmen blir väsentligt mycket högre än för de andra skärmalternativen. Dessutom får den en betydligt större påverkan på landskapsbilden än de lägre alternativen.

Fastighetsnära bullerskyddsåtgärder

Flera fastigheter är i behov av kompletterande fastighetsnära åtgärder utöver föreslagen bullerskyddsskärm. Cirka 220 bostadshus är i behov av fasadåtgärder och runt 20 fastigheter behöver uteplatsåtgärder. Några fastigheter har behövt en fördjupad utredning för att säkerställa åtgärdsbehov. Fördjupad utredning har gjorts i de fall inomhusnivå är ≤ 2 dB över riktvärden med befintlig fasadisolering, baserat på den yttre inventeringen, eller om inomhusnivån riskerar att överskrida riktvärden efter utförda åtgärder på fönster och ventiler. Dock erbjuds ventilåtgärd utan fördjupad utredning i de fall en ventilåtgärd räcker för att riktvärden ska innehållas. I Bilaga 2.1 redovisas de fastigheter som berörs av fastighetsnära åtgärder på fasad och/eller uteplats. I Bilaga 5 redovisas resultat från den fördjupade utredningen genomförd år 2024-2025.

7 Redovisning av bullerskyddsåtgärder

I Tabell 9 redovisas den källnära bullerskyddsåtgärd som fastställs i planen. På plankarta redovisas de bullerskyddsåtgärder, källnära (Sk1) respektive erbjudande om fastighetsnära (Sk4 för fasadåtgärd och Sk5 för uteplatsåtgärd), som fastställs i järnvägsplanen. Typ av åtgärd för respektive fastighet (källnära och fastighetsnära) listas också i plankartornas Bilaga 2 (Skydds- och försiktighetsmått) samt i Bilaga 2 till detta PM.

Tabell 9. Källnära bullerskyddsåtgärd (Sk1) som fastställs i planen.

Typ av åtgärd	Längdmätning	Höjd över RÖK	Längd	Kommentar
Bullerskyddsskärm	58+950-60+370	3,0 m	1420 m	Skärm med absorberande längs spår, genomskinlig vid GC-passage Gårdsvägen. Grind för påspårning utförs även den i absorberande material.

8 Komfortvibrationer

Denna del av PM:et avser utredning av komfortvibrationer till följd av planen.

Markvibrationer kan skapa fysiskt kännbara störningar i såväl marken som i omgivande byggnader. Lågfrekventa vibrationer i marken från tåg uppstår genom att tåget sätter marken under spåret i rörelse. Vibrationerna som skapas under banan sprids via marken och kan ge upphov till skakningar i närliggande byggnader. Störningarna avser framför allt komfort för människor och kan exempelvis bidra till sömnsvårigheter. Sådana vibrationer som beskriver påverkan på människors hälsa, och inte är kopplade till risk för skador på byggnader, benämns som komfortvibrationer. Komfortvibrationer kan precis som buller leda till exempelvis stress och sömnsvårigheter. Storleken av komfortvibrationer som uppstår i en byggnad beror på vilka förutsättningar som råder både vid källan, i området mellan källa och mottagare (byggnad) samt byggnadskonstruktionen i sig. Vibrationer sprids längre i lösa material, såsom lera, än i fasta material, såsom sand och berg. Byggnader med pålad grund eller källare och betongbjälklag är mer motståndskraftiga mot vibrationer än exempelvis byggnader med platta på mark och träbjälklag. Komfortvibrationerna ökar också med tågets vikt samt hastighet.

Mått på komfortvibrationer anges som maximal vibrationsnivå, RMS 1-80 Hz, vilket är den högsta vibrationsnivån i samband med en enskild vibrationshändelse under en viss tidsperiod.

Komfortvibrationer från konventionella tåg, med en hastighet upp emot 200 km/tim medför normalt sett inte överskridanden av Trafikverkets riktvärde 0,4 mm/s på 100 meters avstånd från spåret (se kapitel 2 för mer information om riktvärden). Vanligtvis är godståg dimensionerande för komfortvibrationer när det gäller konventionella tåg.

Komfortvibrationer från höghastighetståg (hastighet från 250 km/tim) kan enligt tidigare genomförda utredningar ge överskridande av riktvärdet på avstånd om cirka 110 meter från spåret.

8.1. Avgränsningar

8.1.1. Avgränsningar avseende komfortvibrationer

Vibrationsmätning och bedömning omfattar endast störning i bostadsfastigheter och vårdlokaler i enlighet med Trafikverkets riktlinje TDOK 2014:1021 version 4.0.

Utredningen avser endast komfortvibrationer. Vibrationer som medför risk för byggnadsskador är normalt sett av en annan storleksordning än vibrationer som kan medföra komfortstörning (ofta minst 10 ggr större). Utifrån resultatet av denna utredning bedöms inte tågen bidra med sådana vibrationer att det finns risk för byggnadsskador under driftskedet.

En initial avgränsning av vilka bostäder och vårdlokaler som ska ingå gjordes baserat på geologiska förutsättningar, se kapitel 8.2.

8.1.2. Avgränsningar avseende stomljud

Riktvärden för stomljud gäller endast för trafik i tunnel, i enlighet med reviderad version av TDOK 2014:1021 version 4.0 som gäller från 2024-08-01. Inom denna järnvägsplan finns inga tunnlar. Stomljud har därför inte studerats vidare i detta PM.

8.2. Beräkningsförutsättningar, komfortvibrationer

8.2.1. Underlag

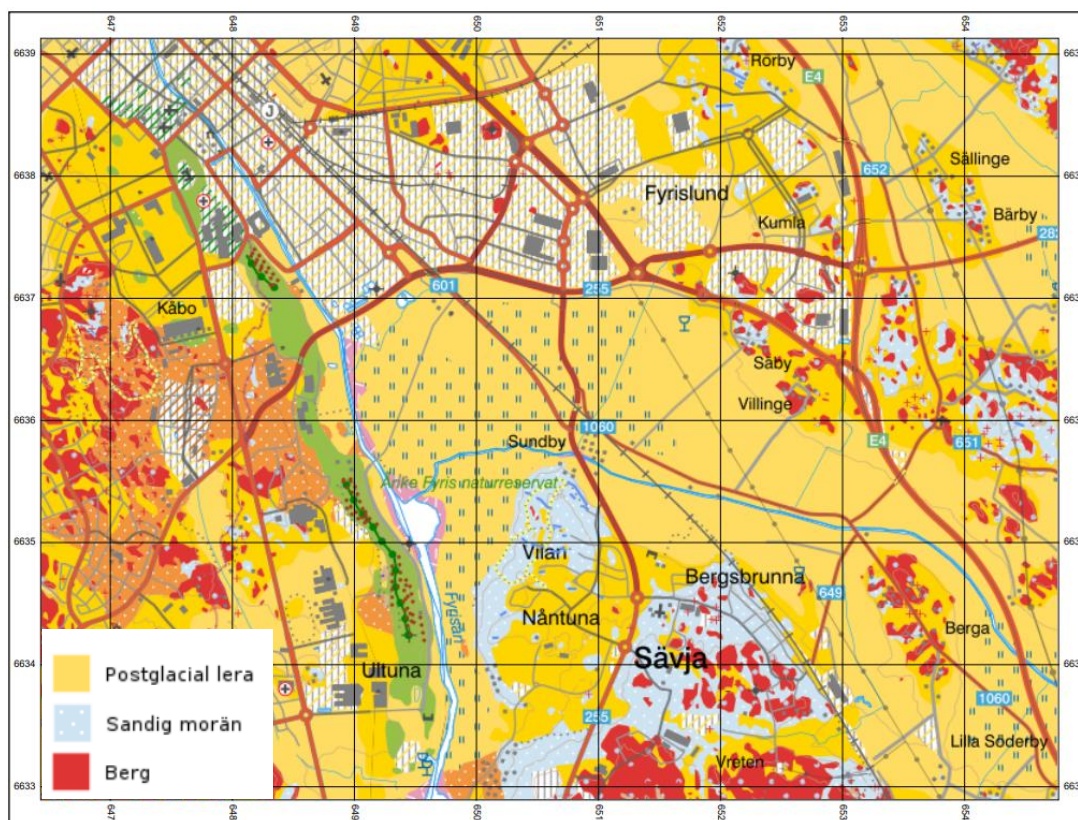
Som underlag till utredningen har följande använts:

- Geologiskt kartmaterial från SGU.
- Geologisk information från borrhningar i de fall det finns.⁷
- Tågtrafikdata, se Tabell 3-Tabell 5.

8.2.2. Geologiska förutsättningar och grundläggning

De geologiska förutsättningarna varierar längs spåret och vid de närliggande bostäderna. I Uppsala, längs med järnvägen, domineras marken till stor del av postglacial lera. I Bergsbrunnä förekommer det dock en hel del sandig morän och berggrund.

Byggnadernas grundläggning och allmänna skick har även studerats okulärt i samband med yttre inventering av buller.



Figur 8. Jordartskarta, Sveriges geologiska undersökning (SGU). Topografiskt underlag: Ur GSD-Väggkartan. © Lantmäteriet. För fullständig teckenförklaring se SGU: underlag.

⁷ Trafikverket har låtit genomföra borrhningar längs med järnvägens sträckning vid centralstationen, vid Sävjaån och i Bergsbrunnä.

8.2.3. Identifiering av vibrationskänsliga områden

Initialt identifierades områden där vibrationsstörningar kan förväntas uppstå i närliggande bostäder och vårdlokaler. Gallringen har huvudsakligen gjorts utifrån geologiska förutsättningar längs berörd sträcka.

I de fall närliggande byggnader är belägna direkt på berg, och/eller järnvägslinjen är anlagd direkt på berg, är stabiliteten i berggrunden så stor att energin från tågtrafiken inte är tillräcklig för att alstra några betydande vibrationer för kringliggande byggnader.

De byggnader som har ingått i utredningen redovisas i Bilaga 4. Endast bostadsbyggnader, inga vårdlokaler, har identifierats som eventuellt vibrationsberörda.

8.2.4. Urval

Tre bostäder valdes ut för mätning av komfortvibrationer. Mätning utfördes mellan 2022-11-10 och 2022-11-17 samt kompletterande mätning 2023-01-18. Valet av bostäder gjordes baserat på avstånd till järnvägen, geologiska förutsättningar och utvändig inventering av byggnad (stomme och grundläggning). Det var önskvärt att mäta på byggnader nära järnvägen (alla inom 100 meter), men med viss variation i avstånd och geologi. Möjlighet till att få tillträde spelade också en avgörande roll i det slutliga valet. Kontakt kunde initialt fås med alla tre fastighetsägare, men vid mättillfället var endast två tillgängliga. De listas i Tabell 10. Den tredje fastigheten, som vi inte fick tillträde till, låg på postglacial lera på ett längre avstånd (cirka 90 meter) från järnvägen. Vid utvärdering av mätresultaten konstaterades att det inte fanns behov av att mäta den tredje eftersom det vid mätning på Bergsbrunna 14:93 inte detekterades några triggade komfortvibrationer inomhus över 0,4 mm/s kopplade till tågpassager. Bedömningen gjordes att sista mätningen kunde utgå. Se mer om det i resultatet i kapitel 8.3.

Tabell 10. Fastigheter utvalda för vibrationsmätning.

Fastighet	Avstånd från spår (m)	Jordart under byggnad
Bergsbrunna 14:93	20	Postglacial lera
Bergsbrunna 14:89	20	Sandig morän

8.2.5. Mätningar

Mätningar av komfortvibrationer har gjorts på två bostäder som bedöms kunna utsättas för komfortvibrationer över ställda riktvärden. Mätningarna har utförts enligt Svensk Standard SS 460 48 61 Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader [6].

En treriktningsgivare monterades på golv inom husets översta våningsplan för mätning av komfortstörning. För att starta systemet monterades en vertikal givare i grundmuren och vid trigg från denna givare startades även komfortmätning inom översta våningsplan.

Mätsystemen har programmerats att mäta och registrera inkommande vibrationsförlopp på grundläggningsnivå över 0,1 mm/s⁸.

Mätningarna har utförts med vibrationsmätare från AVA Monitoring, se specifikationer i Tabell 11. Geofoner har använts som mätgivare. Systemet uppfyller kraven enligt Svensk Standard SS 460 48 61.

Tabell 11. Mätinstrument som har använts vid mätningar av komfortvibrationer samt information om senaste kalibrering.

Tillverkare	Instrumenttyp	Instrument-ID	Kalibreringsdatum	Givartyp	Givar-ID	Kalibreringsdatum
AVA monitoring	M80	4453	Oktober 2022	Vertikal	17	Oktober 2022
				Triaxiell	2355	Oktober 2022
AVA monitoring	M80	4441	December 2022	Vertikal	1550	Oktober 2022
				Triaxiell	6843	Maj 2022

8.2.6. Beräkningar

Nuläge

För prognostisering av komfortnivåer i byggnader där vibrationsmätning inte har utförts har följande underlag använts:

- Uppmätt vibrationsrespons för mätta objekt
- Byggnadens grundläggning och stomme (i den mån den har varit känd)
- Byggnadens antal våningsplan
- Områdets geologi

⁸ Mätsystemet ställdes först in på att registrera händelser över 0,2 mm/s, men då det inte gav några utslag sänktes triggernivån till 0,1 mm/s för att säkerställa att inga inkommande vibrationshändelser kopplade till tågpassager skulle missas.

Nollalternativ

I nollalternativet är tågtrafikeringen endast marginellt förändrad jämfört med nuläget. Förändringen består i att det blir något fler tåg och en annan fördelning av tågtyper än i nuläget. Det påverkar inte hur storleken på vibrationerna som uppstår. Eftersom alla övriga förutsättningar är desamma, görs inte någon ytterligare redovisning av nollalternativet. Det bedöms vara likvärdigt med nuläget.

Planförslag

Med utgångspunkt från uppmätta komfortvärden framställs en prognos som tar hänsyn till geologiska förutsättningar, bankroppens uppbyggnad, avstånd, tågtyper, hastigheter samt fordonsvikter och längder. Utifrån detta görs följande bedömningar:

- En hastighetsökning kommer att ske, där de snabbaste tågen kan passera i 250 km/tim längs en del av sträckan. Tågen går inte i den högre hastigheten 250 km/tim förbi de mest tätbebyggda områdena såsom Bergsbrunna, Kuggebro och närmast Uppsala Centralstation. Den generella bedömningen är därför att det med hänsyn till hastigheten generellt inte blir en ökning av komfortvibrationer längs sträckan. Längst söderut på sträckan, där hastigheten är 250 km/tim, finns ett fåtal bostäder som bedöms kunna påverkas av hastighetsökningen. En ökning på som mest 10 % påräknas för de bostäder där undergrunden utgörs av lösa sediment och där tåg passerar i 250 km/tim.
- Nya järnvägsspår innebär en större järnvägsbank. Med en ny, bredare och bättre banunderbyggnad kan det förväntas ske en reduktion av vibrationerna.
- De nya spåren medför inte att spåret hamnar närmare några bostäder på västra sidan om spåret än i nuläget. Spåret hamnar dock närmare några bostäder på östra sidan av spåret. De flesta bostäder som kan vara berörda av komfortvibrationer ligger på västra sidan.
- Frekvensen av antalet tåg ökar. Vissa av tågen kommer dessutom ha en hastighet på upp emot 250 km/tim söderut. Den maximala komfortnivå som beräknas för gods- såväl som persontåg bedöms kunna överstiga fem tillfällen per natt vid framtida trafikering.

Sammantaget ger ovanstående att komfortvibrationerna generellt inte kommer att bli förhöjda jämfört med nuläget, men antalet passager som ger upphov till komfortvibrationer kan öka.

8.3. Resultat

De byggnader som har ingått i utredningen redovisas i Bilaga 4. Bedömning om vibrationspåverkan har gjorts mot bedömningsgrunderna för komfortvibrationer som beskrivs i Tabell 1. Riktvärdet för komfortvibrationer är 0,4 mm/s och gäller nattetid mellan klockan 22 och 06. Det får inte överskridas oftare än fem ggr per natt.

8.3.1. Nuläge

Mätresultat

Bergsbrunna 14:89

I denna byggnad registrerades komfortvibrationer över 0,4 mm/s endast en natt under den vecka som mätningen skedde. Inga komfortvibrationer över 0,7 mm/s registrerades. Inga av de uppmätta komfortvibrationerna över 0,4 mm/s kan kopplas till triggade komfortvibrationer i grundmuren, vilket tyder på att de inte har uppstått till följd av en händelse utanför bostaden. De är enligt mätningarna således inte kopplade till någon tågpassage. Byggnaden ligger på sandig morän endast cirka 20 meter från spåret. Bostaden är i bra skick med en grundläggning som är motståndskraftig mot vibrationer. De boende uppger sig inte heller vara störda av komfortvibrationer.

Bergsbrunna 14:93

I denna byggnad registrerades komfortvibrationer över 0,4 mm/s alla nätter under den vecka som mätningen skedde. Inga komfortvibrationer över 0,7 mm/s registrerades. Inga av de uppmätta komfortvibrationerna över 0,4 mm/s kan kopplas till triggade komfortvibrationer i grundmuren, vilket tyder på att de inte har uppstått till följd av en händelse utanför bostaden. De är enligt mätningarna således inte kopplade till någon tågpassage. Byggnaden ligger på glacial lera endast cirka 20 meter från spåret, vilket är rätt förutsättningar för att höga komfortvibrationer ska kunna uppstå i byggnaden. Bostaden är dock i bra skick med en grundläggning som är motståndskraftig mot vibrationer. De boende uppger sig inte heller vara störda av komfortvibrationer.

Vibrationspåverkan på bostäder i nuläget

De bostäder som initialt bedömdes kunna överskrida riktvärde för komfortvibrationer (se kapitel 8.2 och Bilaga 4) ligger huvudsakligen på sandig morän, precis som Bergsbrunna 14:89. Med hänsyn till att komfortvibrationer över 0,4 mm/s endast registrerades en natt i Bergsbrunna 14:89, och inga var relaterade till tågpassager, bedöms övriga bostäder på sandig morän längre bort från järnvägen inte heller utsättas för komfortvibrationer över riktvärde. Alla dessa bostäder utgår därför och 34 bostäder återstår som ligger på glacial eller postglacial lera. Utifrån mätresultatet för Bergsbrunna 14:93 görs bedömningen att bostäder på postglacial eller glacial lera som ligger mer än 50 meter bort från spåret samt bostäder med källare inte kommer att utsättas för komfortvibrationer över 0,4 mm/s. Bedömningen görs utifrån beräkningar med utgångspunkt från mätningen på Bergsbrunna 14:89, där avstånd från spår och grundläggning (pålat, med/utan källare) är indata. Efter den avgränsningen återstår 15 bostäder som listas i Tabell 12. Samtliga ligger i Bergsbrunna och har likvärdiga förutsättningar att sprida vibrationer inomhus. Samtliga bedöms vara i gott skick. Enligt uppmätta komfortvibrationer bör inga av dessa utsättas för komfortvibrationer över 0,4 mm/s fler än fem gånger per natt. Det går dock inte att utesluta att enstaka vibrationshändelser över 0,4 mm/s kan uppstå till följd av tågpassager.

Tabell 12. Fastigheter där det finns risk för komfortvibrationer över 0,4 mm/s.

Fastighet
BERGSBRUNNA 13:2
BERGSBRUNNA 13:3
BERGSBRUNNA 13:4
BERGSBRUNNA 13:5
BERGSBRUNNA 13:6
BERGSBRUNNA 13:7
BERGSBRUNNA 14:113
BERGSBRUNNA 14:26
BERGSBRUNNA 14:48
BERGSBRUNNA 14:54
BERGSBRUNNA 14:80
BERGSBRUNNA 14:82
BERGSBRUNNA 14:9 Hus 2
BERGSBRUNNA 14:92
BERGSBRUNNA 14:93

Anledningen till att inte fler bostäder så pass nära spåret, grundlagda på postglacial och glacial lera, utsätts för högre komfortvibrationer är troligtvis att de är byggda med hänsyn till markens förutsättningar så som dålig stabilitet. De är således motståndskraftiga mot vibrationer.

8.3.2. Nollalternativ

I nollalternativet bedöms vibrationspåverkan vara i samma utsträckning som idag. Nollalternativet har därför inte utretts ytterligare.

8.3.3. Planförslag

De 15 bostäder som bedöms kunna riskera att utsättas för komfortvibrationer över 0,4 mm/s i nuläget, bedöms även kunna göra det i planförslaget. Antalet passager som medför överskridande ökar, men magnituden av komfortvibrationerna bedöms inte öka. Inga bostäder bedöms utsättas för komfortvibrationer över 0,7 mm/s, vilket innebär att det inte är aktuellt med förvärv av någon bostad enbart sett till komfortvibrationer. Inga vibrationsdämpande åtgärder är aktuella.

9 Källförteckning

- [1] Hälsoeffekter av buller (naturvardsverket.se). Hämtad 2022-12-19
- [2] TDOK 2014:1021, Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg. Version 4.0
- [3] TDOK 2016:0246,Handledning Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg. Version 3.0
- [4] Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn ASEK 8.0, Trafikverket
- [5] Svensk Standard SS 460 48 61 Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader
- [6] Regeringen, Infrastrukturpropositionen 96/97:53
- [7] Slutrapport Fasadåtgärder som bullerskydd – Ett branschgemensamt utvecklingsprojekt. Trafikverket 2021:222. Version 4.0
- [8] Järnvägs-BUSE version 4.0, Trafikverket 2020



Trafikverket, Trafikverkets Ärendemottagning Fyra spår Uppsala, Box 810, 781 28 Borlänge.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

[trafikverket.se](https://www.trafikverket.se)