

Tvärbana Kistagrenen
Norra Ulvsunda - Helenelund

PM BULLER, VIBRATIONER, STOMLJUD



RAPPORT R01-259135 REV01
2016-03-30

UPPDRAG

259135, Buller, stomljud och komfortvibrationer för detaljplaner TvB
Norr Kistagrenen

Titel på rapport: PM Buller, Vibrationer, Stomljud

Status: Underlagsrapport REV 01

Datum: 2016-03-30

MEDVERKANDE

Beställare: Trafikförvaltningen SLL

Kontaktperson: Sara Nottebohm-Kaiser

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Clas Torehammar

Handläggare: Filip Stenlund (stomljud och vibrationer), Clas Torehammar (luftljud)

Kvalitetsgranskare: Peter Malm

REVIDERINGAR

Revideringsdatum 2016-03-30

Version: 01

Initialer: FS/ CT

Uppdragsansvarig:

Clas Torehammar

Datum: 2016-03-30

Handlingen granskad av:

Peter Malm

Datum: 2015-05-18

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	UPPDRAG	5
2	BAKGRUND	5
3	ALLMÄNT OM BULLER.....	7
3.1	BEGREPPSFÖRKLARINGAR.....	7
3.2	ATT TOLKA EN BULLERKARTA.....	8
4	ALLMÄNT OM VIBRATIONER OCH STOMLJUD.....	9
5	AVGRÄNSNINGAR OCH ANTAGANDEN	10
5.1	GEOGRAFISK AVGRÄNSNING.....	10
5.2	TID	10
5.3	KURVSKRIK OCH VÄXLAR.....	10
5.4	MAKROEFFEKTER	10
5.5	TRAFIKPROGNOS.....	10
5.5.1	SPÅRTRAFIK	10
5.5.2	VÄGTRAFIK	11
5.6	SPÅRUPPBYGGNAD	12
6	METODBESKRIVNING.....	12
6.1	LUFTLJUD I DRIFTSKEDET	12
6.2	STOMLJUD OCH VIBRATIONER I DRIFTSKEDET	13
6.2.1	STEG 1 – RISKAVSTÅND	13
6.2.2	STEG 2 – ÖVERSIKTLIG BERÄKNING	13
6.2.3	STEG 3 – DETALJERAD BERÄKNING.....	13
7	BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR DRIFTSKEDET	14
7.1	LUFTBURET BULLER.....	14
7.2	KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER.....	15
7.3	STOMLJUD I BYGGNADER.....	15
8	BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR BYGGSKEDET	16
8.1	BULLER.....	16
8.2	VIBRATIONER I BYGGNADER.....	17
8.2.1	SKADLIGA VIBRATIONER FÖR BYGGNADER (RISKANALYS)	17
8.2.2	KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER.....	17
8.3	STOMLJUD I BYGGNADER.....	17
9	BULLER I DRIFTSKEDET	18
9.1	STOCKHOLM	18
9.1.1	BROMMA-ULVSUNDA.....	18

9.1.2	MARIEHÄLL	18
9.1.3	SOLVALLA	19
9.1.4	KISTA.....	19
9.2	SUNDBYBERG.....	20
9.2.1	VÄSTRA DUVBO.....	20
9.2.2	RISSNE.....	20
9.2.3	JÄRVAKILEN	21
9.2.4	VÄSTRA URSVIK.....	21
9.3	SOLLENTUNA.....	22
10	STOMLJUD OCH VIBRATIONER I DRIFTSKEDET	22
10.1	UTREDNINGSRISULTAT	22
10.1.1	PÅVERKAN PÅ MÄNNISKAN	22
10.1.2	PÅVERKAN PÅ VIBRATIONSKÄNSLIG UTRUSTNING	23
10.2	ÅTGÄRDER MOT STOMLJUD OCH VIBRATIONER.....	23
11	BULLER OCH VIBRATIONER I BYGGSKEDET	24
11.1	BULLER FRÅN ANLÄGGNINGSARBETEN.....	25
11.1.1	LUFTBURET BULLER.....	25
11.1.2	MARKVIBRATIONER FRÅN ANLÄGGNINGSARBETEN	26
11.2	BULLER FRÅN BYGGTRANSPORTER	26
11.3	INFORMATION TILL NÄRBOENDE OCH VERKSAMHETER	26
12	REFERENSER.....	27
13	UNDERLAGSFÖRTECKNING.....	28
BILAGOR	29

1 UPPDRAG

Tyréns har fått i uppdrag att upprätta en PM rörande spårvägens förväntade miljöpåverkan avseende buller, stömljud och komfortvibrationer.

Denna PM är ett underlag till *PM Tvärbanan Kistagrenen – Beskrivning av spårvägen och den samlade miljöpåverkan* samt till Stockholm och Sundbybergs detaljplaner.

Utredningarna syftar till att beskriva de konsekvenser som spårvägen får för människan och miljön, var man behöver specifika kontrollplaner samt vilka övriga skyddsåtgärder som bör vidtas. Resultatet från utredningarna kommer att utgöra underlag för de krav som Programledningen ställer i kommande detaljprojektering av spårvägen. Resultatet kommer även att utgöra en grund till detaljplanerna för Tvärbanan Kistagrenen inom Stockholm och Sundbyberg. De yttranden och synpunkter som kommer in vid granskningen av detaljplanerna, sammanställs och utvärderas som en viktig input till den slutliga utformningen av spårvägen.

2 BAKGRUND

Tvärbanan Kistagrenen är en planerad utbyggnad av Tvärbanan, se Figur 1 nedan.

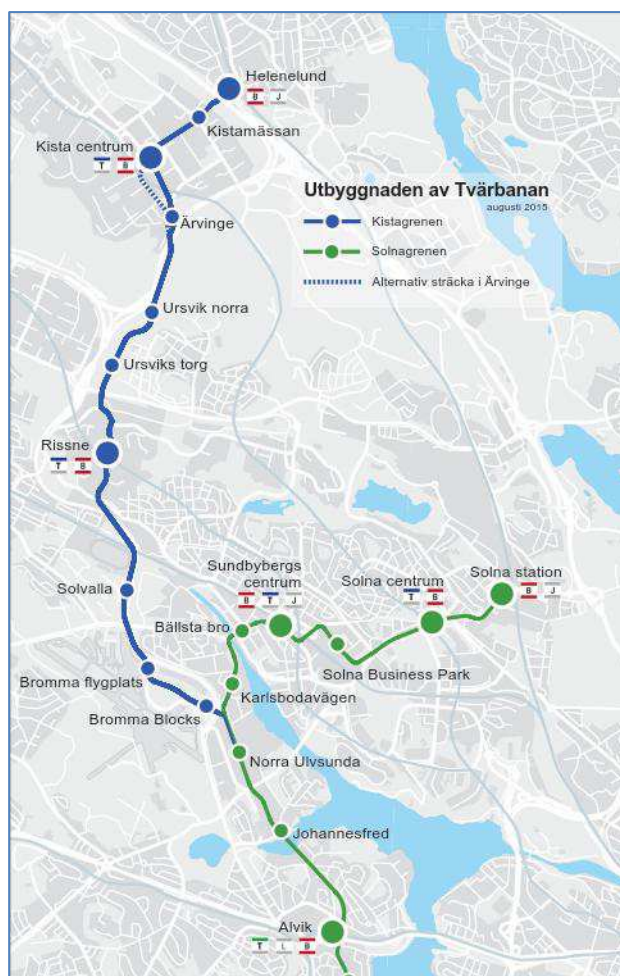
Sträckningen börjar vid hållplatsen Norra Ulvsunda i Bromma och sträcker sig till Helenelunds pendeltågstation i Sollentuna. Kistagrenen är 8 km och passerar 10 hållplatser i de tre kommunerna Stockholm, Sundbyberg och Sollentuna. En resa från Alvik till Helenelund beräknas ta cirka 25 minuter.

Resandet med Kistagrenen förväntas bli stort eftersom några av Stockholmsregionens mest betydelsefulla utvecklingsområden, både vad gäller arbetsplatser och bostäder, ligger utmed sträckan.

Kistagrenen går efter hållplats Norra Ulvsunda över Ulvsundavägen på en egen bro och stannar vid en hållplats inbyggd i planerade gallerior i Bromma Blocks. Efter nedfarten till handelsområdet fortsätter den på plan mark fram till Bromma flygplats. Därefter går Kistagrenen fram till Bällstavägen.

Kistagrenen leds i tunnel under Bällstavägen i nära anslutning till befintliga och planerade bostäder i Annedal och Solvalla samt Solvalla travbana. Spårvägen fortsätter därefter på bro över Mälarbanan. På Kavallerivägen i Sundbyberg går spårvägen i gatumiljö på reserverat utrymme och på båda sidor om vägen planeras ny bebyggelse. I Rissne centrum placeras en hållplats för möjlighet att byta till tunnelbanans linje mot Hjulsta eller till buss.

Från Rissne går spårvägen vidare i gatumiljö på reserverat utrymme på Artillerivägen och Rissneleden till den nya bebyggelsen i Stora Ursvik där två hållplatser placeras i det nya bostadsområdets västra delar, även benämnt Västra Ursvik. Kistagrenen passera Enköpingsvägen på bro. I Stora Ursvik byggs nya bostäder och spårvägen går i eget utrymme i den nya stadsgatan. Efter Ursvik fortsätter Kistagrenen över Järvakilen, där intrånget begränsas genom att spårvägen dras parallellt med E18. Spåret går i en tunnel under E18 till Ärvinge där hållplatsen läggs i anslutning till befintlig och planerad bebyggelse och arbetsplatser. Därefter går spårvägen på bro längs Hanstavägen fram till Kista centrum där en bytespunkt skapas med tunnelbanans blå linje, Akalla-Kungsträdgården, samt till bussar.



Figur 1. Tvärbana – Kistagrenen

Från Kista centrum går spårvägen i blandtrafik längs Kistagången. Dubbelriktad cykelbana ordnas söder/öster om spårvägen och en plankorsning skapas med Torshamnsgatan. En hållplats placeras vid Kistamässan innan spårvägen går under E4 i en gemensam tunnel för spårväg, busstrafik samt gång- och cykeltrafik. Andhållplatsen Hellenelund placeras i nära anslutning till pendeltågsstationen och bostäder planeras i området kring hållplatsen.

Byggnationen påbörjas successivt när planer, avtal och upphandlingar för respektive del är färdiga. Planerad byggstart är i början av 2017 och byggtiden för hela Kistagrenen är beräknad till cirka fyra år. Bygget kommer att pågå parallellt på olika platser där byggtiden på varje plats är väsentligt kortare än den totala byggtiden. Planerad trafikstart är år 2021 till Ursvik, och år 2023 till Hellenelund. Till att börja med planeras det för 10 – 15-minuterstrafik som sedan ökar vartefter behovet av resandet utvecklas. Fullt utbyggd trafikering beräknas ske kring år 2030.

3 ALLMÄNT OM BULLER

Omgivningsbuller är den vanligaste och mest märkbara miljöstörringen i vårt samhälle. Trots insatser för att minska exponeringen utgör buller ett allt större problem, framför allt på grund av en ökad urbanisering och tillväxt av transportsektorn. De främsta källorna till omgivningsbuller är trafik, det vill säga buller från vägar, järnvägar och flyg. Även ljud från t.ex. grannar, byggarbetsplatser och industrier bidrar. I och med att de "tysta" områdena i vårt samhälle blir allt färre påverkas både hälsa och välbefinnande.

Även om spårtrafik orsakar buller vid själva spåret så bidrar en god kollektivtrafik till att färre resenärer väljer bilen. Ur ett samhällsperspektiv är en av miljövinsterna med spårtrafik att bullret minskar.

Sömnstörningar är ett av de vanligaste klagomålen i bullerexponerade bostadsområden och har flera kort- och långtidseffekter på hälsan, exempelvis trötthet, irritation och försämrad kognitiv förmåga. För sömnstörning relaterat till trafikbuller talar det samlade resultatet från flertalet studier för ett starkt samband mellan kraftig bullerexponering och negativ hälsopåverkan. För vidare läsning hänvisas till referens [1].

3.1 BEGREPPSFÖRKLARINGAR

A-vägd ljudnivå i decibel

Ljudtrycksnivå mäts i enheten decibel (dBA). Örats känslighet varierar för olika frekvenser. Det mänskliga örat är känsligare för högfrekventa ljud än för lågfrekventa. För att ta hänsyn till detta filteras/frekvensvägs ljudet vid mätning. Den vanligaste filtreringen är A-filtret vilket ofta benämns dBA eller dB(A). För att ta större hänsyn till andelen lågfrekvent buller tillämpas C-filtret som beskriver lågfrekventa, dova bullerkällor bättre än vad A-filtret gör. En C-vägd nivå benämns ofta dBC eller dB(C).

Ekvivalent ljudnivå

Ekvivalent ljudnivå är medelljudnivån under en given tidsperiod. I Sverige och i denna utredning avses ekvivalent ljudnivå för ett årsmedeldygn och förkortas L_{Aeq} . Ekvivalent ljudnivå mäts oftast i dBA, där dBA står för A-vägd ljudnivå i decibel (se ovan).

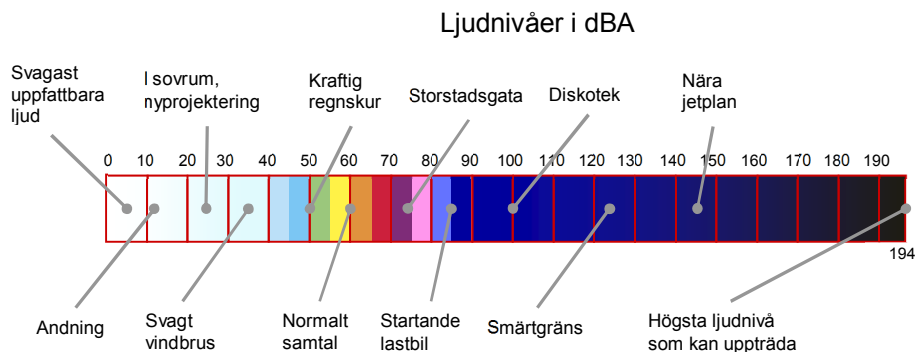
Maximal ljudnivå

Maximal ljudnivå är den högsta momentana ljudnivån (med mycket kort varaktighet), under en enstaka bullerhändelse, t ex en tågpassage. Maximalnivå kan uttryckas med två olika tidsvägningar. När det gäller luftburet buller används i de flesta fall tidsvägning F vilket avser engelskans "Fast" och motsvarar en varaktighet på 0,125 sekund. Förkortas $L_{Am ax F}$. För vibrationsburet ljud används tidsvägning S vilket står för "Slow" och motsvarar en varaktighet på 1 sekund. Förkortas $L_{Am ax S}$.

Maximal ljudnivå mäts oftast i dBA, där dBA står för A-vägd ljudnivå i decibel. Ibland följs dBA med ett "fast" eller "slow" efter. Detta indikerar vilken tidsvägning som används.

Olika trafikmängd

En fördubbling eller halvering av spårtrafikmängden ökar respektive minskar den ekvivalenta ljudnivån med 3 dBA-enheter. Den maximala ljudnivån är oberoende av mängden trafik, det är den bullrigaste fordonstypen och hastigheten som bestämmer maximalnivån.



Figur 1. Akustiktermometer som illustrerar vad en ekvivalent ljudnivå uttryckt i dBA motsvarar.

3.2 ATT TOLKA EN BULLERKARTA

Det finns två olika typer av beräkningar redovisade på bullerkartor i denna utredning. Dessa är

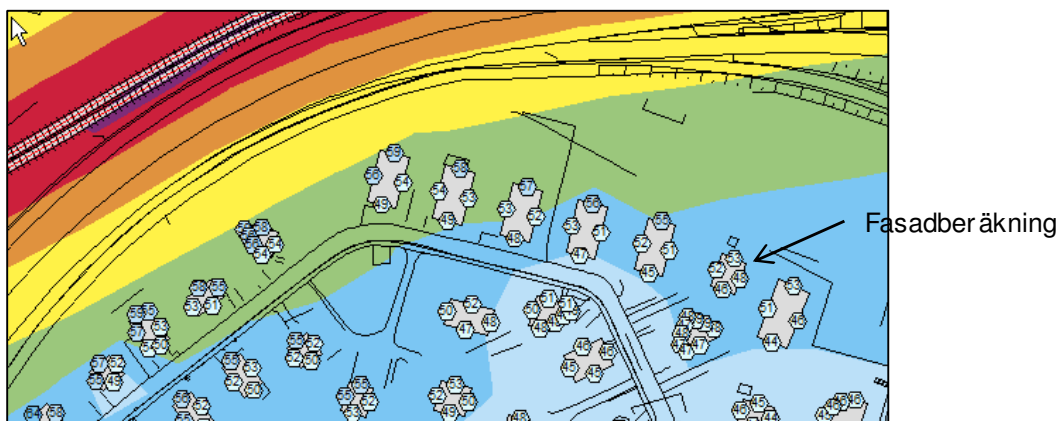
- Utbredningsberäkning (Ljudnivå ovan markytan)
- Fasadberäkning (Ljudnivå, utan reflex från egen fasad, dikt an en byggnads fasad)

Utbredningsberäkningen avser ljudnivå 2 meter över mark och motsvarar den ljudnivå som en person skulle höra om han eller hon vistades på en plats. Beräkningsresultatet är beräknat inklusive reflexer och illustreras med färger i steg om 5 dB.

Fasadberäkningen avser ljudnivå dikt an fasad. Redovisade värden i de sexkantiga symbolerna i Figur 2 från fasadberäkningen avser byggnadens mest utsatta våning.

Exempel: Om våning tre har högst ljudnivå redovisas således ljudnivån för den våningen. Fasadberäkningen är frifältskorrigerad. Detta innebär att ljudreflexen från den egna fasaden är borträknad. Det är fasadberäkningen som jämförs med riktvärde för ekvivalent ljudnivå (vid fasad). Riktvärden för ekvivalent ljudnivå vid fasad är formulerade som frifältsvärden.

Eftersom fasadberäkningen till skillnad från utbredningsberäkningen är korrigerad för ljudreflexer från den egna fasaden visar fasadberäkningen oftast ett lägre värde än vad motsvarande utbredningsberäkning på samma höjd gör.



Figur 2. Exempel på en bullerkarta innehållandes utbredningsberäkning och fasadberäkning. Färgerna i kartan avser resultatet från utbredningsberäkningen. Fasadmarkörerna avser resultatet från fasadberäkningen.

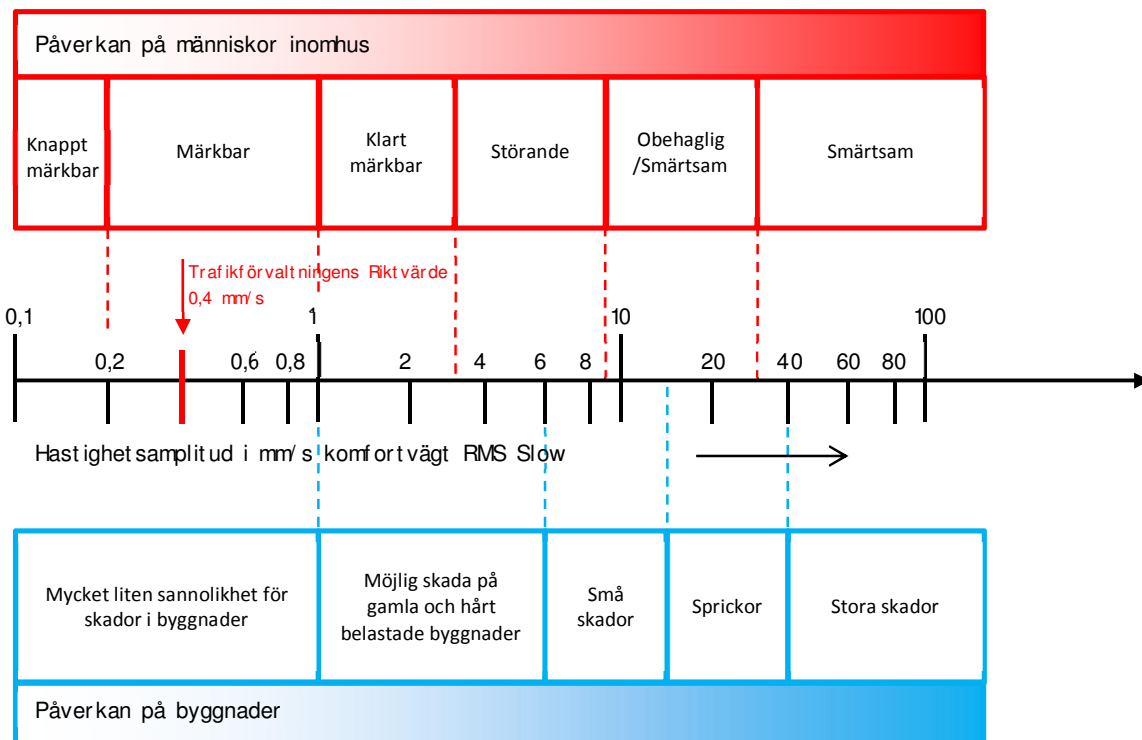
4 ALLMÄNT OM VIBRATIONER OCH STOMLJUD

Med **vibrationer** avses vågor alstrade av spårtrafik och som via fasta material, exempelvis räl och mark, fortplantas till närliggande byggnader där de kan orsaka nedsatt boendekomfort. Vibrationer kan upplevas oavsett om tågen trafikerar spår i markplan eller i tunnel. Lågfrekventa vibrationer uppfattas som skakningar och benämns komfortvibrationer medan vibrationer med högre frekvenser inte känns. Dock omvandlas de högfrekventa, i detta fall cirka 50 – 200 Hz, vibrationerna till ljud, så kallat stomljud.

När man med mått beskriver komfortstörande vibrationer från spårtrafik avses de momentana vibrationernas högsta värde med tidsvägningsfilter "slow" och komfortvägningsfilter.

Om riktvärdet för komfortvibrationer klaras kan risken för vibrationsskador på byggnader oftast uteslutas. Utomhus anses vibrationer från spårtrafik varken vara störande eller skadliga för människor som vistas i närheten.

Med **stomljud** avses högfrekventa vågor alstrade av spårtrafik och som via fasta material sprids till närliggande byggnader. Inne i byggnaden kan stommarna (väggar och bjälklag) sättas i svängning och då orsaka ett hörbart mullrande ljud, därav namnet stomljud. Stomljud måste främst beaktas då tågen trafikerar spår på berg. På de avsnitt där spåren ligger i markplan dominerar vanligen det luftburna bullret över det stomburna bullret vilket innebär att stomljud endast i undantagsfall kan uppfattas i närbelägna byggnader. Exempel på detta undantag är byggnader med mycket god fasadljuddämpning och källarlokal. Det är framförallt inomhus nattetid som stomljud och vibrationer brukar upplevas som störande. De är inte fysiskt skadliga, men kan vara irriterande, obehagliga, tröttande och störa sömnen.



Figur 3. Vibrationers påverkan på människor och byggnader baserad på referens [2]. Gränserna ska tolkas som ungefärliga. Känsligheten för vibrationer varierar från person till person och från byggnad till byggnad. Allmänt kan sägas att risken för skador på byggnader går långt över gränsen för när de kan kännas av människor.

5 AVGRÄNSNINGAR OCH ANTAGANDEN

5.1 GEOGRAFISK AVGRÄNSNING

Beräkningsområdet för bullersimuleringarna sträcker sig 180 meter från spåret. Längre bort beräknas ljudet från spårvagnen vara så svagt att det är försumbart.

Beräkningarna utgår från befintlig bebyggelse med tillägg av de planer som har kommit så långt att de framtida byggnadsvolymer är kända. Tillkommande bebyggelse förutsätts lokaliseras och konstrueras med hänsyn tagen till nya Kistagrenen. Planer i tidigare skede har i möjligaste mån också markerats i resultatkartorna.

5.2 TID

Byggstart 2017 – byggnationen kan komma att ske parallellt på olika delar längs banan med olika starttider. Total byggtid är cirka 4 år.

Trafiken beräknas starta år 2021 till Ursvik och fullt utbyggd trafikering förväntas år 2023.

Denna utredning avser år 2030.

5.3 KURVSKRIK OCH VÄXLAR

Ljudnivåer vid så kallat kurvskrik har inte beräknats. Det är mycket svårt att på förhand bedöma ljudnivåer från kurvskrik. Bra beräkningsmodeller för fenomenet saknas, så det är inte möjligt att prediktera ljudtrycksnivån vid kurvskrik med någon bra noggrannhet. Det är dock känt vid vilka typer av kurvor och vid vilka radier (< 100 m) som risken för missljud är högre vilket kan beaktas i planeringen och delvis åtgärdas genom smörjning, slipningsåtgärder eller körinstruktioner.

Vid växlar har en schabloniserad ökning på 6 dB i källstyrka tillämpats i beräkningarna av luftburet buller.

5.4 MAKROEFFEKTER

En utbyggd infrastruktur med spårtrafik bidrar till att färre åker bil och därigenom minskas bland annat bulleremissionerna i hela staden. Dessa makroeffekter beaktas dock inte i denna utredning.

5.5 TRAFIKPROGNOS

Bullerberäkning utgår från maximal trafikering med 6-min trafik i rusningstrafik. Detta motsvarar 150 avgångar i varje riktning och medför således 300 spårvagnspassager per dygn¹.

Bullerberäkningarna är genomförda för följande fall:

- Vägtrafikbuller 2015 (dagens vägtrafikflöde)
- Vägtrafikbuller 2030 (prognostiserat vägtrafikflöde)
- Buller från den planerade Kistagrenen (300 spårvagnspassager per dygn)

5.5.1 SPÅRTRAFIK

Kistagrenen kommer att trafikeras främst av den nya spårvagnstypen A35. Källdata tillämpas från källstyrkemätningar gjorda under andra halvåret 2015 då vagnarna var relativt nya. Underhåll av bana, justeringar på vagnar och förbättrade körinstruktioner bedöms kunna komma att göra vagnarna något mer tystgående framöver.

¹ Vid trafikstarten av Kistagrenen bedöms behovet motsvara 7,5-minuterstrafik. Med ökade behov från pågående exploatering och genom att nya vagnar inhandlas ökar turtätheten upp till 6-minuterstrafik kring 2030.

Trafikprognosen avser 150 avgångar i varje riktning år 2030. Detta medför således 300 spårvagnspassager per dygn. Längden på tågen i bullersimuleringarna är satt till 60 meter.

Spårvagnens hastighet för varje etapp anges i Tabell 1. För bullerberäkningen har spårvagnens maximala hastighet per etapp antagits gälla på hela etappen. Hastigheterna är uppdaterade enligt preliminär hastighetsprofil daterad 2015-11-10. Hastighetssänkningar vid hållplatser har inte beaktats.

Tabell 1. Spårvagnens hastighet för varje etapp i bullerberäkningarna.

Hastighet	km Start	km Slut	Ettappstart	Ettappslut
50	2+100	2+600	Norra Ulvsunda	Bromma Blocks
70	2+600	3+000	Bromma Blocks	Bromma flygplats
50	3+000	3+600	Bromma flygplats	Bällstavägen
70	3+600	4+500	Bällstavägen	Mälarbanan
40	4+500	7+590	Mälarbanan	Norra Ursvik
80	7+590	8+000	Norra Ursvik	Tunnel under E18
40	8+000	9+000	Tunnel under E18	Kista centrum
30	9+000	1+0000	Kista centrum	Tunnel under E4
20	10+000	10+130	Tunnel under E4	Helenelund

Buller från spårtrafik på övriga spår har inte beaktats.

5.5.2 VÄGTRAFIK

Informationen om vägtrafikflöden har kommit från Ramböll (jan 2015). Trafiken avseende E4 är hämtade ur *Arbetsplan, Beskrivning, E4 Förbifart Stockholm, Huvudprognos 2035*. För bedömningen av bullernivåer från vägtrafik har följande trafikflöden används:

Tabell 2. Vägtrafikflöden för år 2015 och prognos för år 2030.

Väg	ÅDT 2015 ¹⁾	ÅDT 2030 ¹⁾	Andel tung trafik ²⁾	Hastighet (km/h) ³⁾
Artillerivägen	1 200	4 000	3 %	30
Danmarksgatan	17 000	17 000 ⁴⁾	5 %	50 ⁶⁾
E18	45 000	65 000	10 %	70
E4 Uppsalavägen	137 430	120 000 ⁵⁾	8 %	80
Enköpingsvägen	25 000	45 000	10 %	70
Hanstavägen	7 000	7 000 ⁴⁾	5 %	50
Isafjordsgatan ⁴⁾	500	500	95 % (bussgata)	30
Karlsbodavägen	6 000	8 000	5 %	50
Kavallerivägen	4 000	5 000	3 %	50
Kistagången	500	500	95 % (bussgata)	30
Ridvägen	500	2 500	5 %	30
Rissneleden	6 000	8 000	5 %	50
Ulvsundavägen	40 000	55 000	10 %	70

1) Antal fordon under ett årsmedeldygn.

2) Andel tungtrafik år 2015 och 2030

3) Avser skyltad hastighet

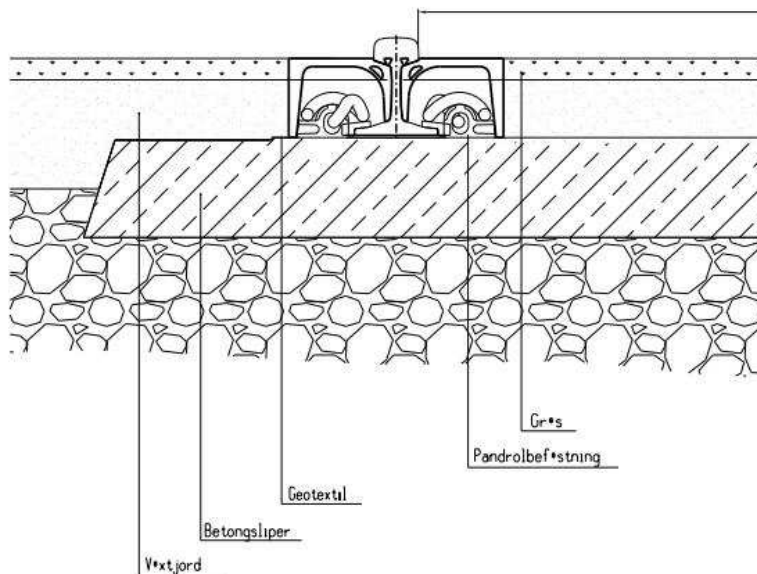
4) Uppskattat värde av författaren (Trafikinfo/prognos saknas)

5) Gäller för färdigställd Förbifart Stockholm.

6) Staden har uppgett max hastighet 40 km/h på Danmarksgatan

5.6 SPÅRUPPBYGGNAD

Den planerade spåruppbyggnaden består av räلتypen 50E3 (BV50) med Pandrolbefästning i betongslipers på underliggande ballast, se Figur 5. Detta klassas som ett normalt ballastspår ur stomljud- och vibrationssynpunkt. Källdata för fordonstypen A35 finns i dagsläget endast för gatuspår, spår i gräs kan ge viss dämpning av luftburet buller men påverkar inte stomljudsallstring.



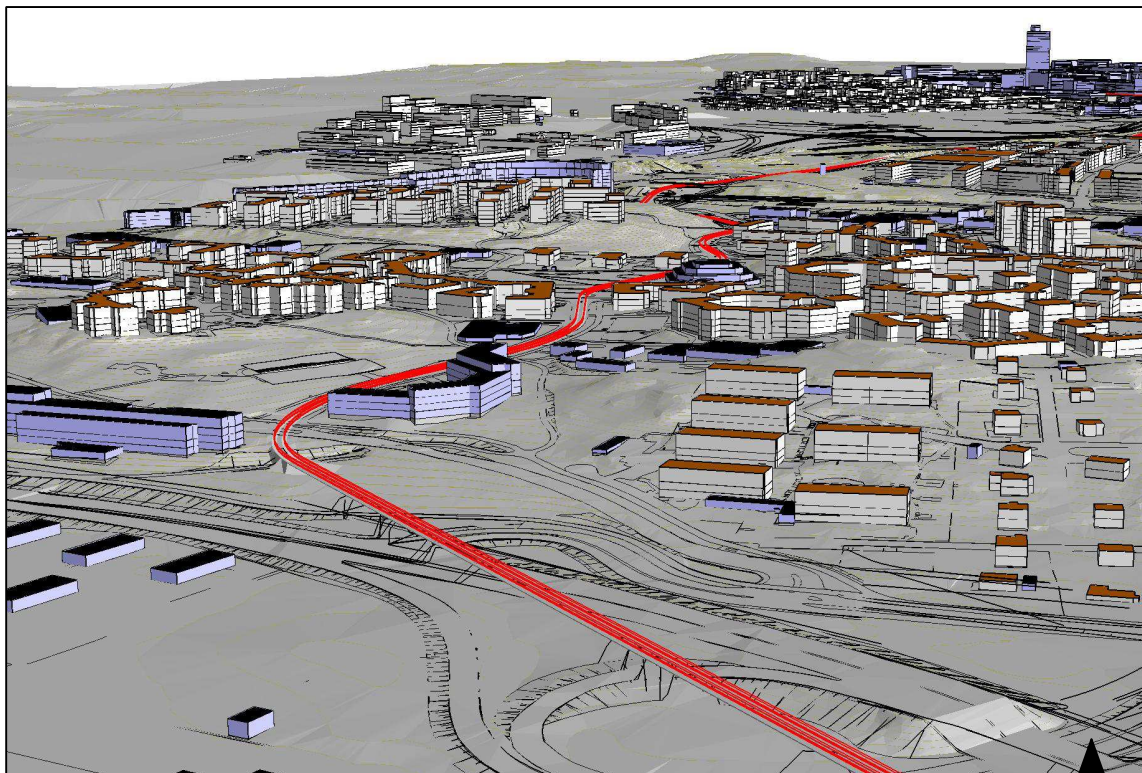
Figur 5. Principiell bild på planerad spåruppbyggnad.

6 METODBESKRIVNING

6.1 LUFTLJUD I DRIFTSKEDET

För såväl väg- och spårtrafik har de så kallade Nordiska beräkningsmodellerna, rev 1996 använts. Beräkningsmodellen finns beskriven i Naturvårdsverkets rapport 4953 respektive Naturvårdsverkets rapport 4635

Beräkningarna har genomförts med programmet SoundPlan (version 7.4) från Braunstein + Berndt GmbH. Programmet utnyttjar tredimensionella digitalkartor över området, även inkluderande byggnader. Utbredningsdämpning, markabsorption, skärmning, reflektioner mm., hanteras automatiskt av programmet i enlighet med rådande beräkningsmodeller.



Figur 4. 3D-vy från programmet SoundPlan i vilket bullersimuleringarna görs. Bilden visar sträckan genom Rissne söderifrån. I bakgrunden ses Ursvik och Kista.

6.2 STOMLJUD OCH VIBRATIONER I DRIFTSKEDET

6.2.1 STEG 1 – RISKAVSTÅND

Baserat på erfarenheter från mätningar inom projektet Spårväg City samt enligt den amerikanska FTA-modellen "Screening" [6] har följande riskavstånd från spårmittagits fram:

- Riskavstånd för stömljud för att innehålla Trafikförvaltningens mål om 30 dBA maximal ljudnivå: **50 meter** utan åtgärd under spår.
- Riskavstånd för komfortvibrationer för att innehålla Trafikförvaltningens mål om högst 0,4 mm/s: **15 meter** utan åtgärd under spår.

Byggnader som ligger innanför riskavståndet löper risk att få överskridande nivåer av stömljud (> 30 dBA Slow) samt komfortvibrationer (> 0,4 mm/s). Dessa byggnader bör identifieras och kategoriseras (bostäder, skolor, hotell mfl.).

6.2.2 STEG 2 – ÖVERSIKTLIG BERÄKNING

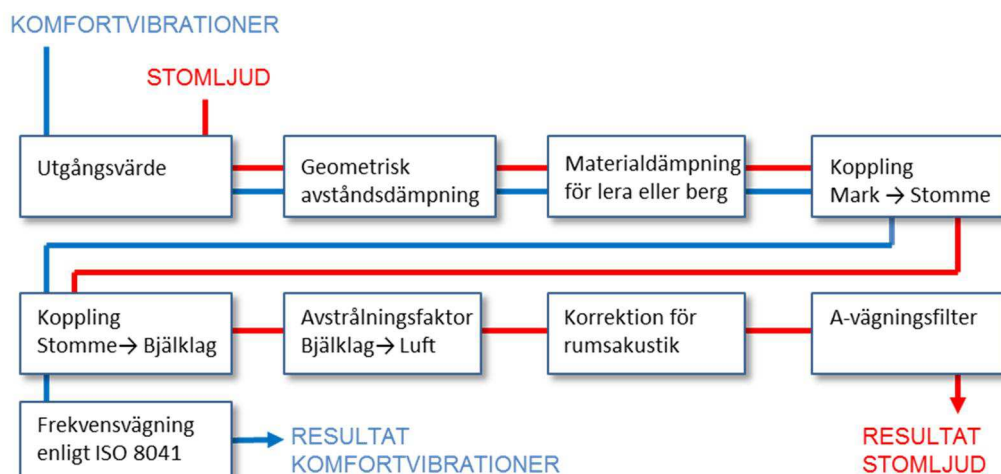
I de fall där risk inte kan uteslutas i Steg 1 bör en översiktlig bredbandsberäkning utföras (exempelvis enligt FTA-modellen [6] "General Vibration Assessment") där hänsyn tas till spårssystem, geologiska förhållanden, tåghastighet, byggnadens grundläggning mm.

Om den översiktliga beräkningen fortfarande visar på att risk föreligger bör diskussion föras om det är lämpligt att gå vidare till Steg 3 eller om åtgärder kan dimensioneras baserat på aktuell information.

6.2.3 STEG 3 – DETALJERAD BERÄKNING

Med information från vibrationsmätningar på aktuell plats samt uppmätt källstyrka från aktuell spårvagn (oberoende kraftspektrum) kan en mer detaljerad beräkning utföras där även hänsyn

tas till vibrationernas frekvensinnehåll (exempelvis enligt FTA-modellen [6] "Detailed Vibration Analysis"), se beräkningsmodellens uppbyggnad i Figur 6 nedan. Om den detaljerade beräkningen visar att risk fortfarande föreligger bör åtgärder dimensioneras så att risk för överskridanden minimeras.



Figur 5. Beräkningsmodellens uppbyggnad för komfortvibrationer och stomljud. Generellt kan sägas att komfortvibrationerna är vibrationer vid låga frekvenser medan stomljudet alstras av de mer höfrekventa vibrationerna.

7 BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR DRIFTSKEDET

7.1 LUFTBURET BULLER

Vid nyprojektering av spår anger Trafikförvaltningen följande riktvärden för luftburet buller i driftskedet.

Tabell 3. Mål för högsta ljudnivå i dB(A) vid nybyggnation och väsentlig ombyggnation av spårinfrastruktur

	Dygnsekvivalentnivå dBA	Maximalnivå dBA FAST
Utomhus		
Uteplats invid fasad	55	70
Rekreatiomsområden.	55 ¹	-
Friluftsområden	40 ¹	-
Skolor (skolgård)	55	-
Inomhus		
Bostadsrum	30	45
Undervisningslokaler	-	45
Vårdlokaler	-	45
Arbetslokaler för tyst verksamhet	-	60
Hotell	30 ¹	45 ¹

1) Tillämpas inte vid väsentlig ombyggnation

Utöver ovanstående bör även 60 dB(A) ekvivalentnivå utomhus innehållas invid fasad vid nybyggnation av spårinfrastruktur och åtgärder i befintlig miljö, förutsatt att inte avsteg medges i gällande detaljplan och ev. järnvägsplan.

Ovanstående riktvärden kommer från Infrastrukturpropositionen 1996/97:53, Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus (FoHMFS 2014:13), Buller från

spårburen linjetrafik utgiven av Banverket och Naturvårdsverket, Riktvärden för trafikbuller i andra miljöer än för boende, vård och undervisning, Skolgård Motala, Miljööverdomstolen Avd. 13, Avgörandedatum: 2000-09-04, Målnummer: M 238-00, beslut från Miljö- och Hälso- och skyddsnämnden i Stockholm 25 okt 2010 §21 och 6 mars 2012 §22, SS 25268 samt SS 25267:204.

Riktvärdena för utomhusmiljöer avser frifältsvärden utanför fönster/fasad och förutsätter vidare beräknade ljudnivåer enligt de nordiska beräkningsmodellerna för vägtrafikbuller och spårtrafikbuller. (Naturvårdsverket Rapport 4653 respektive Naturvårdsverket Rapport 4935)

För mer information samt definitioner hänvisas till *Riktlinjer Buller och vibrationer* från Trafikförvaltningen, Stockholms Läns Landsting, referens [2].

7.2 KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER

Vid nyprojektering av spår anger Trafikförvaltningen följande riktvärden för komfortvibrationer i driftskedet.

Tabell 4. Vibrationsnivå för övervägande av åtgärd vid väsentlig ombyggnad eller nyanläggning av spår.

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	1,0	Krav

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. Åtgärder som bedöms tekniskt genomförbara begränsas till spår (över- och underbyggnad) då åtgärder på befintliga byggnadsstommar ligger utanför Trafikförvaltningens rådighet. För mer info samt definitioner hänvisas till *Riktlinjer Buller och vibrationer*, referens [2].

Utöver ovanstående riktvärden avseende komfortvibrationer måste även hänsyn tas till eventuella vibrationskrav för vibrationskänslig utrustning som kan finnas i byggnader längs med spåret.

7.3 STOMLJUD I BYGGNADER

Det finns idag inga nationella riktvärden gällande stomljud i driftskede, detta hanteras genom projektspecifika mål baserat på tidigare erfarenheter. I Tabell 5 nedan anges Trafikförvaltningens förslag på planeringsmål gällande stomljudnivå för övervägande av åtgärd vid väsentlig ombyggnad av spårtrafik. Trafikförvaltningen baserar sina planeringsmål på Stockholms stads *Hjälpreda för miljöfrågor i stadens planering*, Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus (FoHMF 2014:13) och Ljudklassning av utrymmen i byggnader svensk standard SS 25268.

Tabell 5. Mål för högsta ljudnivå i dB(A) vid nybyggnation av spårinfrastruktur, utrymmen för sömn och vila samt för undervisning och vård

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

8 BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR BYGGSKEDET

8.1 BULLER

För anläggningsskedet gäller riktvärden enligt Naturvårdsverkets allmänna råd för buller från byggplatser (NFS 2004:15). Riktvärdena återges i Tabell 6.

Värdena för ekvivalent ljudnivå är angivna som frifältsvärden under dag, kväll respektive natt. För permanentbostäder, fritidshus och vårdlokaler finns även ett värde för maximal ljudnivå (tidsvägning Fast), L_{AFmax} , nattetid under tiden 22–07.

Tabell 6. Riktvärden för buller från byggplatser (NFS 2004:15) i dBA

Område	Vardagar			Lördag, söndag och helgdag		
	Dag 07-19, L_{eq} , dBA	Kväll 19-22, L_{eq} , dBA	Natt 22-07, L_{eq}/L_{max} , dBA	Dag 07-19, L_{eq} , dBA	Kväll 19-22, L_{eq} , dBA	Natt 22-07, L_{eq}/L_{max} , dBA
Bostäder, vårdlokaler, vid fasad	60	50	45/ 70*	50	45	45/ 70*
Bostäder, vårdlokaler inne	45	35	30/ 45	35	30	30/ 45
Undervisningslokaler, vid fasad	60	-	-	-	-	-
Undervisningslokaler inne	40	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet, vid fasad	70	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet**, inne	45	-	-	-	-	-

*) Gäller ej för vårdlokaler

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

I de fall verksamhet pågår under endast en del av tidsperioderna redovisade ovan, beräknas den ekvivalenta ljudnivån för den tid som verksamheten pågår.

Beroende på byggverksamhetens varaktighet tillåts högre ljudnivåer:

- För längst 2 månader – 5 dBA högre ljudnivåer från exempelvis pålning och spontning

- För högst 5 min/ timme – 10 dBA högre ljudnivåer dagtid
- För verksamheter begränsad i tid och med kortvariga händelser – en höjning på sammanlagt högst 10 dBA.

Riktvärden är vägledande och inte bindande. Om riktvärdena utomhus inte kan innehållas utifrån tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt rimliga åtgärder bör målet vara att uppfylla riktvärdena för buller inomhus.

Buller från trafik till och från byggplatsen bör bedömas efter riktvärdena för trafikbuller. Men trafik inom byggplatsen räknas som byggbuller.

8.2 VIBRATIONER I BYGGNADER

8.2.1 SKADLIGA VIBRATIONER FÖR BYGGNADER (RISKANALYS)

Riktvärden avseende att minimera risken för markvibrationer som kan skada byggnader anges i svensk standard SS 02 52 11 *Vibration och stöt – Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader orsakade av pålning, spontning, schaktning och packning*.

Riktvärdena i standarden tar inte hänsyn till eventuella komfortstörande vibrationer från pålning/ spontning som personer som vistas i byggnaderna kan uppleva, ej heller till sannolikhet för skador på vibrationskänslig utrustning. Inför byggskedet rekommenderas därför att ett kontrollprogram upprättas som redovisar hur skadliga vibrationsnivåer för byggnader kan kontrolleras under byggtiden. Vidare bör det i kontrollprogrammet fastställas riktvärden för aktuella byggnader samt anges hur kontrollmätningar mm ska utföras.

8.2.2 KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER

I avsnitt 7.2 i denna rapport hänvisas till Svensk Standard SS 460 48 61 (1992) "Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader"

Dessa riktvärden är inte avsedda att tillämpas på tillfälliga aktiviteter som bygg- och anläggningsarbeten men kan ge en fingervisning om vad människor upplever som störande.

8.3 STOMLJUD I BYGGNADER

De enda riktvärden som berör stomljud under byggtiden är totalkraven på ljudnivå inomhus som redovisats i Tabell 6.

9 BULLER I DRIFTSKEDET

I detta kapitel redogörs för resultatet av bullerberäkningar för driftskedet. Resultatet av beräkningen återfinns i rapportens bilagor.

Det ska även påpekas att bullersimuleringarna är gjorda med en kombination av dagens befintliga byggnader och den planerade bebyggelsen där de framtida byggnadsvolymer är "kända", d.v.s. har kommit tillräckligt långt i planeringen och har en tillräckligt detaljerad plan. Alla framtida byggnader är således inte beaktade i bullerberäkningen, men förutsätts lokaliseras och konstrueras med hänsyn till spårvägen.

9.1 STOCKHOLM

9.1.1 BROMMA-ULVSUNDA

(Bilagor numrerade 01-02)

Inga bostäder finns inom influensområdet från spårvägen. Inte heller några vibrationskänsliga verksamheter har inrapporterats.

9.1.2 MARIEHÄLL

(Bilagor numrerade 03-05)

Vägtrafikens akustiska bidrag

Ljudet från vägtrafiken på Ulvsundavägen och Bromma Flyg dominerar den akustiska miljön i området. Det akustiska bidraget från vägtrafiken beräknas till 60-70 dBA ekvivalent ljudnivå och beräknas öka cirka 2 dBA enheter till prognos-år 2030.

Maximal ljudnivå beräknas idag och år 2030 vid mest utsatta bostadshus uppgå till 74 dBA.

Tvärbanans akustiska bidrag

Om man endast bedömer ljudet från Kistagrenen beräknas ekvivalent ljudnivå vid mest utsatta bostad till 56 dBA. Detta är lägre än bidraget från vägtrafiken och berör samma fasad på övre våningsplan.

Maximal ljudnivå från Tvärbanan vid mest utsatta bostadshus beräknas uppgå till 74 dBA vilket ger oförändrat läge i jämförelse med buller från vägtrafiken.

Kurvskrik

Tvärbanan har en skarp kurva vid 3+350 meter. Risk för kurvskrik föreligger. Om kurvskrik uppkommer bedöms detta ljud endast kunna förnimmas utomhus då kurvan ligger relativt långt ifrån bostäderna i Mariehäll.

Samlad bedömning

Som boende i Mariehäll kommer man höra Tvärbanan utomhus. Inomhus bedöms risken för störning som mycket liten. Detta på grund av att ljudet från spårtrafik ligger i ett frekvensområde som dämpas bra av en "normal" fasad/yttervägg.

Bullerskyddsskärmen utmed Ulvsundavägen kommer även skydda från Tvärbanans ljud. I samband med byggnationen av tvärbanan, vars sträckning delvis går igenom det nuvarande flygplatsområdet behöver även åtgärder mot så kallat markbuller från flygplanen utföras. Dessa redovisas i separat rapport. Stationsmiljön för hållplats Bromma Flygplats är belägen med exponering för flygplatsens buller. Ljudnivåerna på perrongen beräknas inte uppnå hälsovådliga nivåer enligt folkhälsomyndighetens krav i FoHMFS 2014:1, men någon bullerskärmande åtgärd mellan hållplatsen och området där flygplanen ställs upp och taxar rekommenderas för bättre komfort och för att underlätta hörbarhet av utrop och orientering för exempelvis synskadade. Högre krav bör även ställas på den visuella informationen då akustiska signaler och utrop tidvis kan bli svåra att uppfatta.

Ökningen av ekvivalent ljudnivå på grund av Tvärbanan beräknas bli mindre än 1 dBA-enhet. Den maximala ljudnivån förblir oförändrad.

Den samlade bedömningen av framtida ljudmiljö blir därför att Tvärbanan inte medför några negativa konsekvenser.

9.1.3 SOLVALLA

(Bilagor numrerade 04-05)

Vägtrafikens akustiska bidrag

Idag exponeras området för ekvivalenta ljudnivåer från Ulvsundavägen upp emot 60-65 dBA ekvivalent ljudnivå. År 2030 beräknas ljudnivån öka med ytterligare 2 dBA enheter.

Maximal ljudnivå beräknas idag och år 2030 vid mest utsatta bostadshus uppgå till 68 dBA.

Tvärbanans akustiska bidrag

Beaktas endast det akustiska bidraget från den nya Tvärbanan beräknas inga bostäder få nivåer över riktvärde 55 dBA ekvivalent ljudnivå vid fasad eller 70 dBA maximal ljudnivå vid byggnadsansluten uteplats/balkong. Mest utsatta bostadsbyggnad får 54 dBA ekvivalent ljudnivå respektive 68 dBA maximal ljudnivå.

Kurvskrik

Tvärbanan har inga skarpa kurvor i närheten. Risk för kurvskrik föreligger således inte.

Samlad bedömning

För Solvalla blir det akustiska bidraget från den planerade Tvärbanan litet. Den akustiska miljön i bostadsområdet domineras av buller från spårtrafiken på Mälarbanan samt från vägtrafiken på Ulvsundavägen.

Den befintliga bullerskyddsskärmen utmed Ulvsundavägen reducerar även ljudet från den planerade Tvärbanan. Bedömningen är att ljudet från Tvärbanan knappt kommer vara hörbart i Solvalla.

Ökningen av ekvivalent ljudnivå på grund av Tvärbanan beräknas bli mindre än 1 dBA-enhet. Den maximala ljudnivån förblir oförändrad.

Den samlade akustiska bedömningen blir därför att Tvärbanan inte medför några negativa konsekvenser.

9.1.4 KISTA

(Bilagor numrerade 12-13)

Vägtrafikens akustiska bidrag

Bostäderna närmast Danmarksgatan i Kista beräknas ha en ekvivalent ljudnivå om 60 dBA från vägtrafiken idag och trafiken bedöms ha samma flöde år 2030, vilket medför en oförändrad bullersituation i framtiden.

Maximal ljudnivå beräknas idag och år 2030 vid mest utsatta bostadshus uppgå till 70 dBA.

Tvärbanans akustiska bidrag

Då Tvärbanan byggs beräknas det akustiska bidraget från banan uppgå till cirka 51 dBA vid bostäderna längs Danmarksgatan, vilket är väl under riktvärdet 55 dBA. Den maximala ljudnivån beräknas bli upp till 65 dBA. Buller från tvärbanan vid befintliga studentbostäder ovanpå centrumbyggnaden bedöms klara riktvärden. För sträckningen vidare genom Kista innebär Tvärbanan en ny bullerkälla i stadsmiljön. Huvudsakligen finns verksamheter i fastigheterna som påverkas och längs Kistagången finns sedan tidigare busstrafik. För flera av fastigheterna kan dock fasadljudisoleringen behöva ses över då maximal ljudnivå vid fasad uppgår till ca 77 dBA respektive 61 dBA ekvivalent ljudnivå. I kv. Skalholt planeras ändring av användningen från lokaler till nya bostäder. Detta kommer sannolikt orsaka överskridanden av bullerriktvärden för bostäder på de fasader som vetter mot tvärbanan, där den beräknade ekvivalenta ljudnivån blir

upp till 66 dBA och den maximala ljudnivån 83 dBA. Ljudnivån är hög till stor del på grund av växelläge vid fastigheten Skalholt 1.

Kurvskrik

Risk för kurvskrik föreligger vid kurvan där Tvärbanan korsar tunnelbanan och för de två kurvorna kring Jan Stenbecks torg.

Samlad bedömning

Vad gäller bostäder är den huvudsakliga negativa påverkan på planeringen i kv. Skalholt som exponeras för höga ljudnivåer på grund av närheten till spåret och växelläget. I övrigt är det främst lokaler längs Kistagången som påverkas av ljudnivåer från spårvägen. För flertalet av dessa lokaler kan kraven som gäller inomhusnivåer sannolikt innehållas då de är dimensionerade med avseende på busstrafik i Kistagången, undersökningar krävs för att säkerställa att fasader mot utrymmen med krav på låga ljudnivåer har tillräcklig ljudisolering.

Risken för kurvskrik och påverkan på bostäder och lokaler medför att den samlade akustiska bedömningen blir att Tvärbanan medför vissa negativa konsekvenser.

9.2 SUNDBYBERG

9.2.1 VÄSTRA DUVBO

(Bilagor numrerade 05-06)

Vägtrafikens akustiska bidrag

Ljudet från vägtrafiken på Ulvsundavägen och Järnvägsgatan dominerar den akustiska miljön vid bostäderna i Västra Duvbo. Den ekvivalenta ljudnivån uppgår till 60-65 dBA och beräknas öka med 1-2 dBA enheter fram till år 2030.

Maximal ljudnivå beräknas idag och år 2030 vid mest utsatta bostadshus uppgå till 74 dBA.

Tvärbanans akustiska bidrag

Om man endast bedömer ljudet från Tvärbanan beräknas varken ekvivalent- eller maximal ljudnivå nå upp till gällande riktvärden. Mest utsatta bostadshus får 50 dBA ekvivalent respektive 64 dBA maximal ljudnivå.

Kurvskrik

Tvärbanan har inga skarpa kurvor i närheten. Risk för kurvskrik föreligger således inte.

Samlad bedömning

Ökningen av sammanlagd ekvivalent ljudnivå på grund av Tvärbanan beräknas bli mindre än 0,5 dBA enheter. Den maximala ljudnivån förblir oförändrad.

De beräknade ljudnivåerna är låga. Tvärbanan kommer sannolikt inte höras vid bostäderna. Akustiskt bedöms Tvärbanan inte orsaka några negativa konsekvenser avseende buller.

9.2.2 RISSNE

(Bilagor numrerade 06-07)

Vägtrafikens akustiska bidrag

Idag, år 2015, har några fastigheter längs Kavallerivägen trafikbullernivåer nära och över riktvärdet 55 dBA ekvivalent ljudnivå. Fram till år 2030 beräknas ljudnivån från vägtrafiken öka med cirka 1-2 dBA enheter.

Den maximala ljudnivån från vägtrafiken beräknas såväl idag som för år 2030 uppgå till 70-75 dBA.

Tvärbanans akustiska bidrag

Spårdragningen genom Rissne, längs Kavallerivägen medför att spåret hamnar nära bostadsbyggnader, således kommer ljudtillskottet från den planerade Tvärbanan att bli av betydelse.

Mest utsatta bostadshus beräknas få ekvivalenta nivåer från Tvärbanan upp mot 60 dBA vilket överskrider riktvärdet 55 dBA.

Bullersimuleringarna visar att de mest utsatta bostadshusen kommer få maximala ljudnivåer från Tvärbanan på upp emot 77 dBA vid fasad. Detta överskrider riktvärdet 70 dBA för uteplats.

Samlad bedömning

Om Tvärbanan byggs beräknas den ekvivalenta ljudnivån öka. För de allra flesta bostäder blir ökningen i storleksordningen 2-3 dBA. Den maximala ljudnivån förblir för de flesta bostäder oförändrad, dock kommer antalet riktvärdesöverskridande bullerhändelser att öka.

Med ljudisolerande fasadåtgärder kan man skapa en oförändrad eller till och med bättre akustisk inomhusmiljö än den idag, även om Tvärbanan byggs.

Akustiskt bedöms Tvärbanan ge måttligt negativa konsekvenser.

Bullerreducerande åtgärder

Bullersimuleringarna visar att de mest utsatta bostadshusen kommer få maximala ljudnivåer från Tvärbanan på upp emot 75 dBA vid fasad. Då finns en risk att ljudnivån inomhus överskrider riktvärdet 45 dB maximal ljudnivå. För att kunna bedöma hur den akustiska inomhusmiljön blir rekommenderas att bostädernas ljudisolering mot yttre ljudkällor inventeras. Detta kan göras genom mätning av ytterväggens ljudisolering eller bedömningar utifrån konstruktionsritning.

Att med bullerskyddsskärmar reducera buller från den planerade Tvärbanan bedöms för sträckningen genom Rissne som svårt. En skärm skulle främst ha effekt för de lägre våningsplanen samtidigt som en oönskad barriäreffekt är oundviklig med en sådan lösning. För vissa platser kan barriäreffekter vara önskvärda ur trafiksäkerhetssynpunkt och en skärm kan därmed vara en rationell lösning, men för aktuell sträckning har inte någon sådan sträcka identifierats.

Den primära åtgärden föreslås därför bli ljudisolerande insatser vid fönster/fasad så att riktvärdena inomhus kan innehållas. Även lokala bullerskyddsåtgärder för att luddämpa uteplatser kan bli aktuella.

9.2.3 JÄRVAKILEN

(Bilagor numrerade 09)

Mellan Ursvik och Kista ligger natur- och kulturlandskapet Järvakilen. Kistagrenens sträckning över Järvakilen går parallellt med E18. Bullertillskottet från Tvärbanan bedöms vara försumbart i relation till ljudet från E18.

Den akustiska vistelsemiljön i Järvafältet bedöms vara opåverkad. Sannolikt kommer inte ljudet från Tvärbanan vara hörbart.

9.2.4 VÄSTRA URSVIK

(Bilagor numrerade 8-10)

Vägtrafikens akustiska bidrag

Den ekvivalenta ljudnivån från vägtrafiken beräknas ligga på 55 - 60 dBA idag 2015 samt år 2030.

Maximal ljudnivå beräknas idag och år 2030 vid mest utsatta bostadshus uppgå till 60 dBA.

Tvärbanans akustiska bidrag

Beaktas endast det akustiska bidraget från den nya Tvärbanan beräknas inga bostäder i Ursvik få nivåer över riktvärdet 55 dBA ekvivalent ljudnivå vid fasad eller 70 dBA maximal ljudnivå vid

byggnadsansluten uteplats/balkong. I bullersimuleringarna beräknas mest utsatta byggnad få 46 dBA ekvivalent- respektive 57 dBA maximal ljudnivå från Tvärbanan. Beräknade värden ligger därmed under gällande riktvärden.

Kurvskrik

Tvärbanan har inga skarpa kurvor i närheten. Risk för kurvskrik föreligger således inte.

Samlad bedömning

För de befintliga bostadshusen i Ursvik blir det akustiska bidraget från den planerade Tvärbanan försumbart. Den akustiska miljön i det nya bostadsområdet domineras idag och år 2030 av vägtrafikbuller från E18 (f.d. Kymplingelänken).

Ljudet från Tvärbanan bedöms bli hörbart i utomhusmiljön, dock kommer inte ljudet från Tvärbanan bidra till några riktvärdesöverskridande nivåer.

Ökningen av sammanlagd ekvivalent ljudnivå på grund av Tvärbanan beräknas vid några enstaka lägen bli 1 dBA-enhet, men för de allra flesta bostadshus beräknas ingen ökning av den ekvivalenta ljudnivån förekomma. Den maximala ljudnivån förblir oförändrad.

Den samlade akustiska bedömningen blir därför att Tvärbanan inte medför några negativa konsekvenser.

9.3 SOLLENTUNA

(Bilagor numrerade 14)

Behandlas i separat rapport 259135_R02

10 STOMLJUD OCH VIBRATIONER I DRIFTSKEDET

10.1 UTREDNINGRESULTAT

10.1.1 PÅVERKAN PÅ MÄNNISKAN

I Steg 1 (se avsnitt 6.2.1 för beskrivning) har riskområden identifierats i Solvalla, Rissne, Ursvik, Kista och Helenelund. Risken avser i huvudsak riktvärdesöverskridande stomljudsnivåer i befintliga och/eller planerade byggnader.

I Steg 2 (se avsnitt 6.2.2 för beskrivning) har byggnader identifierats som bedöms bli dimensionerande för ev. åtgärder gällande stomljud- och vibrationsnivåer inom resp. riskområde, se resultat i Tabell 7. Översiktliga beräkningar har sedan utförts till utvalda punkter/byggnader. Se detaljerad redovisning i resultatbilagor *AK_Lv* och *Lp*.

Tabell 7. Översiktlig beräkning av stomljud och vibrationer (enl. Steg 2) i några utvalda punkter/byggnader inom resp. riskområde.

Område	KM spår	Stomljud (dBA)	Vibrationer (mm/s)	Byggnad/utrymme
Solvalla	4+150	34	0,07	Planerad bostadsbyggnad
	4+500	21	0,05	ATG:s serverhall
Rissne	5+650	52	0,10	Befintlig bostadsbyggnad (Artilleristen 4)
	5+850	40	0,14	Befintlig byggnad med skola och bibliotek (Kasernen 1)
	6+100	51	0,09	Befintlig bostadsbyggnad (Solskiftet 7)
Ursvik	6+600	37	0,10	Planerad bostadsbyggnad
	7+100	52	0,10	Planerad bostadsbyggnad
	7+600	57	0,18	Planerad bostadsbyggnad
Kista	9+300	46	0,30	Befintlig kontorsbyggnad (Skaholt 1), ska göras om till bostäder
	9+600	49	0,07	Befintlig kontorsbyggnad (Isafjord 4) med laboratorium
	9+950	19	0,01	Befintlig hotellbyggnad (Victoria Tower Hotel)
Helenelund	10+150	36	0,09	Planerad bostadsbyggnad

Resultaten i Tabell 7 visar att det finns en betydande risk för riktvärdesöverskridande stömljudsnivåer i nästan samtliga riskområden, medan risken för riktvärdesöverskridande komfortvibrationer är relativt liten. Projektet rekommenderas att gå vidare med Steg 3, dvs vibrationsöverföringsmätningar på aktuell plats, för att få ett mer detaljerat underlag för åtgärdsdimensionering.

10.1.2 PÅVERKAN PÅ VIBRATIONSKÄNSLIG UTRUSTNING

Det är inte bara människan som påverkas negativt av vibrationer. Även teknisk utrustning kan påverkas.

Electrumlaboratoriet i Kista

I samband med förstudien för Tvärbanans dragning genom Kista gjorde WSP Akustik en utredning huruvida vibrationer från Tvärbanan kunde påverka utrustningen inom Electrum.

WSP akustik bedömer att en byggnation av spårväg på Kistagången inte ska medföra hinder för att nuvarande verksamheten ska kunna fortsätta. Vid spårvagnspassager är det inte vibrationsstörningarna från spårvägen som kommer att vara begränsande för labbet utan den normala verksamheten i huset som ger de högsta vibrationsnivåerna. För mer information hänvisas till referens [8].

Ericsson EMF Research Laboratory

WSP Akustik har även utrett huruvida Kistagrenens dragning för Ericssons laboratorium i hus 2 kan orsaka problem för känslig elektronisk utrustning.

WSP bedömer att en byggnation av spårväg på Kistagången inte skall medföra hinder för att det tänkta labbet skall kunna brukas i Ericssons hus 2. För att ha en marginal till kraven bör en vibrationsisolering av spåruppbyggnaden utföras, skriver WSP. För mer information hänvisas till referens [9].

Serverhall ATG Solvalla

Vid travbanan i Solvalla så ligger en serverhall ca 15 m från det planerade spåret. Vibrationsnivån på golvet i serverhallen har beräknats till 0,05 mm/s (se Tabell 7 samt bilaga *AK_Lv och Lp_05-1.pdf*), vilket uppfyller vibrationskriteriet VC-A. Detta är en nivå som normalt är lämplig för optiska mikroskop (400x förstoring), precisionsvägning och optiska balanser mm. Ingen information har i nuläget erhållits gällande vibrationskänsligheten för aktuella servrar hos ATG.

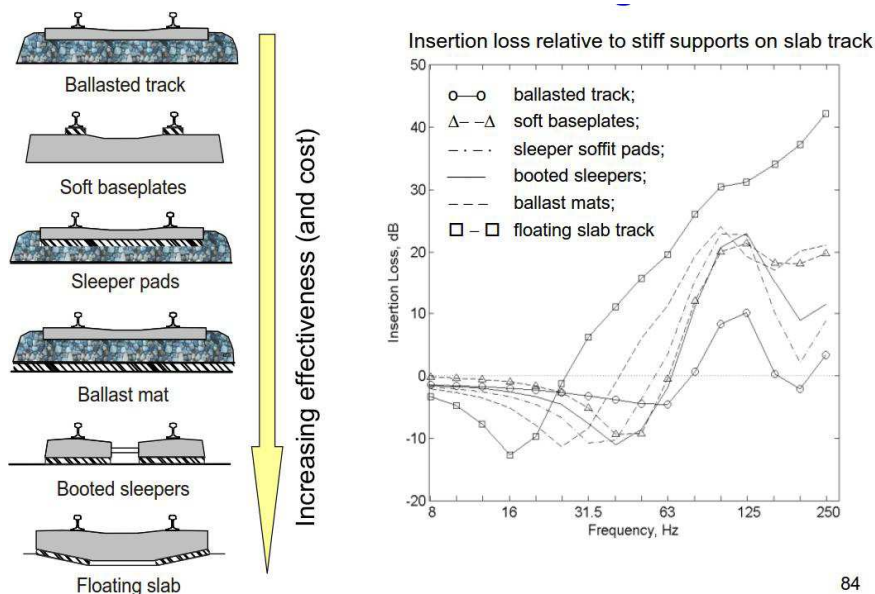
10.2 ÅTGÄRDER MOT STÖMLJUD OCH VIBRATIONER

Utredningsresultaten tyder på att åtgärder måste införas för att klara riktvärdena avseende stömljud i befintlig bebyggelse i Rissne och Kista samt planerad bebyggelse i Ursvik och Helenelund.

Troligtvis måste en vibrationsisolerande spårkropp införas, se exempel i Figur 6 och 7 nedan. Vi rekommenderar därför att projektet går vidare med Steg 3, dvs vibrationsöverföringsmätningar på aktuell plats, för att få bättre underlag till detaljdimensionering av lämpliga åtgärder samt kunna fastställa åtgärdsomfattningen i längsled.

Utöver de åtgärder som dimensioneras i planeringen så är det även viktigt med ett utarbetat underhållsprogram som omfattar både slipning och svarvning av ytan hos hjul och räler samt plan för justering av spårlägesfel till följd av sättningar mm.

Byggnadernas placering och avstånd från spåret, dess grundläggning, bjälklagens styvhet och konstruktioner/ ytskikt hos väggar, golv och tak är också av betydelse. Om en byggnad måste placeras inom riskavståndet kan eventuellt hela byggnaden ställas på vibrationsisolerande material. Vid fasadinfästning av kontaktledningar bör även vibrationsisolerande material monteras mellan fasad och ledning.



Figur 6. Olika vibrationsreducerande åtgärder kopplat till kostnader. Diagrammet visar insatsisoleringen som funktion av frekvensen för olika åtgärder relativt spår på stumt underlag, exempelvis betong. Bild: Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton.



Figur 6. Principskiss för vibrationsreducerande matta under spårkroppen. Denna lösning är aktuell i gatumiljö. Spåren kan då sänkas ner i betongfundamentet. Bild: RubberGreen Industrie SA.

11 BULLER OCH VIBRATIONER I BYGGSKEDET

Avgörande för hur stor påverkan byggbuller, vibrationer och stömljud har på omgivningen, är avståndet mellan byggarbetsplatsen och aktuell fastighet samt typ av arbetsmoment och arbetsmetod. Generellt gäller att ju längre avstånd till bullerkällan samt ju tystare och mer bullerskyddad arbetsmetod, desto lägre bullernivåer uppnås.

Byggbuller vid nyanläggning av spår kan grovt delas in i följande kategorier:

- Buller från anläggningsarbeten
- Buller från byggtransporter på allmän väg utanför arbetsområdet
- Förändrade bullernivåer från vägtrafik på grund av omlagda vägar

De mest bullrande momenten under entreprenadarbetena kommer att vara begränsade till helgfri måndag - fredag 07-19. Bullrande arbeten under övrig tid kan förekomma i enstaka fall.

11.1 BULLER FRÅN ANLÄGGNINGSARBETEN

I Tabell 1 listas en sammanställning av de arbetsmoment som bedöms bullerkritiska för lägen där det är fri sikt till bostäder och skolor mm inom tätorterna utefter ombyggnadssträckan.

Tabell 8. Sammanställning av arbetsmoment som bedöms bullerkritiska

Arbetsmoment	Kommentar
Lednings- omläggningar/ förberedelsearbeten.	Bullerkritiskt moment då arbeten pågår nära befintliga bostäder, skolor etc. För vissa arbeten är val av arbetsmetod kritiskt. Exempelvis bör asfaltsågning minimeras till förmån för att skära asfalt med en trissa.
Spontning	Vibrerad spontning orsakar mindre buller jämfört med slagen spont.
Rivning av befintliga betongkonstruktioner	Vid rivningsarbeten nära befintliga bostäder/skolor är valet av rivningsmetod avgörande för bullernivån. Bilning av betong orsakar oftast mycket höga bullernivåer. Knipning eller knäckning av betong kan i vissa fall vara ett tystare alternativ. Även bilning med vatten kan övervägas.
Anläggningsarbeten, spårläggning	Vissa moment i spårläggning orsakar höga bullernivåer
Byggarbete under kväll, natt och helg	Under kväll, natt och helg är riktvärdena för byggbuller striktare jämfört med vardagar dagtid. Generellt är det alltid svårt att bedriva arbeten nära befintliga bostäder under dessa perioder utan att överskrida riktvärden. Detta kommer dock endast ske i undantagsfall.

11.1.1 LUFTBURET BULLER

Tabell 9, 10 och 11 nedan kommer från tidigare mätningar och avser fallet med platt mark, d.v.s. inga hinder mellan källa och mottagare. Samtliga värden skall tolkas som ungefärliga, men ger ändå en indikation på nivåer som kan förkomma.

Tabell 9. Ungefärlig bedömning av ekvivalent bullernivå från förberedande byggverksamhet utan bullerskyddsåtgärder för olika avstånd i meter.

Arbetsmoment	10 m	20 m	40 m	80 m
Anläggningsarbeten t ex ledningsomläggning (grävskopor, hjulastare etc.)	65 dBA	59 dBA	53 dBA	47 dBA
Rivning av betongstrukturer med bilning	93 dBA	87 dBA	81 dBA	75 dBA
Bergborrning	94 dBA	88 dBA	80 dBA	74 dBA
Schaktning	88 dBA	82 dBA	76 dBA	70 dBA
Rivning av betongstrukturer med sågning, knäckning och knipning	86 dBA	80 dBA	74 dBA	68 dBA

Tabell 10. Ungefärlig bedömning av ekvivalent bullernivå vid anläggning och spårläggning utan bullerskyddsåtgärder.

Arbetsmoment	10 m	20 m	40 m	80 m
Pålning	98 dBA	92 dBA	86 dBA	80 dBA
Spontning, vibrerad	83 dBA	77 dBA	71 dBA	65 dBA

Spontning, slagen	93 dBA	87 dBA	81 dBA	75 dBA
Sekantpålning, slitsmur, schaktning och hantering av massor	65 dBA	59 dBA	53 dBA	47 dBA
Betongpumpning*	80 dBA	74 dBA	68 dBA	62 dBA
Spårläggning	65 dBA	62 dBA	59 dBA	56 dBA

*Avseende arbetsmomentet betongpumpning ingår formning och vibrering samt ändamålsenliga transportvägar inom tätort. Transporterna är bullerkritiskt moment om gjutning pågår kväll och natt.

Tabell 7. Exempel på maximal bullernivå "FAST" från spårarbeten och övrigt anläggningsarbete utan bullerskyddsåtgärder.

Arbetsmoment	10 m	20 m	40 m	80 m
Tippning, plogning och borstning av ballast	98 dBA	92 dBA	86 dBA	80 dBA
Kapning av räl, spårlyft och vibrering	93 dBA	87 dBA	81 dBA	75 dBA
Asfaltsågning	94 dBA	88 dBA	82 dBA	76 dBA
Asfalt skärs med trissa (alternativ till asfaltsågning)	70 dBA	64 dBA	58 dBA	52 dBA

11.1.2 MARKVIBRATIONER FRÅN ANLÄGGNINGSARBETEN

I de lägen byggarbetsplatser ligger i nära anslutning till befintliga byggnader föreligger risk för kännbara vibrationer från vissa arbetsmoment. Vid arbeten i omedelbar anslutning till byggnader finns också risk för vibrationsskador t.ex. sprickbildning.

De mest vibrationskritiska arbetsmomenten under byggtiden är pålning, spontning, sprängning, bilning, packning, vibrering samt tunga transporter som kör på ojämna vägar. Hur stor den slutliga risken blir, bedöms utifrån bland annat avståndet från den plats där vibrationskritiska aktiviteter pågår till befintliga byggnader samt lokala geotekniska förhållanden.

11.2 BULLER FRÅN BYGGTRANSPORTER

Transporter till och från arbetsplatsen sker via befintligt gatunät. För att minimera bullerstörningar till omgivande bebyggelse bör trafiken i möjligaste mån dirigeras till mindre bullerkänsliga lägen som t.ex. gator inom industriområden.

För vissa sträckor och lägen i tätort kan anläggning av provisoriska broar och vägar vara aktuellt. Det är då av största vikt att körbanan anläggs plan och jämn samt att skarvar utförs utan nivåskillnader och glapp som kan ge ett upphov till "dunkljud" vid varje fordonspassage. Vidare riskerar provisoriska broar av stål att öka trafikbullret.

I samband med byggnation av spår kan vissa gator behöva omdirigeras. Exempelvis kan det vara aktuellt att tillfälligt stänga av vägar som korsar spårvägen. Vissa gator kommer att få mindre trafik eller stängas helt medan andra kan komma att få mera trafik vilket kan leda till tillfälligt ändrade trafikbullernivåer. Tillfälliga byggvägar kan vara nödvändiga.

11.3 INFORMATION TILL NÄRBOENDE OCH VERKSAMHETER

I samband med omfattande byggnationer utgör byggbuller oftast en störning som omgivningen inte kan skydda sig från. Flera undersökningar visar att information till de kringboende är av stor vikt. Den störande byggverksamheten tolereras bättre om närboende informeras om syftet med projektet, samt vilka arbetsmoment som är aktuella, vilken tid på dygnet arbetena utförs, hur länge olika moment beräknas pågå samt vilka skyddsåtgärder som kommer att vidtas.

Information till de kringboende bör ske planerat, i väl anpassad omfattning, fortlöpande och alltid inför ett arbete som förväntas ge höga bullernivåer.

Entreprenörens skyldigheter

För gott resultat avseende kontroll på byggbullret bör det redan vid entreprenadupphandlingen tydligt redovisas vilka bullerkrav som föreligger, samt hur bullerfrågorna ska beaktas och vilka delar som ingår i entreprenörens åtagande. Exempelvis kan det åläggas entreprenören att presentera bullerprognoser innan arbetena startar samt planering av bullerskyddsåtgärder och uppföljande bullermätningar. I detta sammanhang ska även preciseras hur och när redovisning av bullerberäkningar och mätningar ska ske.

Generella skyddsåtgärder

Nedan ges exempel på skyddsåtgärder under byggskedet:

- Generellt bör entreprenören välja så tysta arbetsmetoder/entreprenadmaskiner som möjligt.
- Vid speciellt bullriga arbetsmoment ska, där så är möjligt, bullerskyddsobjekt placeras nära utrustningen. För arbetsmoment som sker i olika positioner är det en fördel att använda mobila bullerskyddskärlar som flyttas med utrustningen.
- Det är brukligt att avgränsa arbetsplatsens yttre gräns med någon form av byggstaket för de sträckor som angränsar till bostäder. För att erhålla viss bullerdämpning till omgivning kan avgränsningen utföras med tätt plank, tätt monterat mot mark.
- Byggbodar, containers etc. placeras, om möjligt, så att de även utgör ett bullerskydd.
- Anpassning görs av arbetstiden för speciellt bullriga moment, där så är möjligt.

12 REFERENSER

1. **C. Ericsson, M.E. Nilsson och G. Pershagen.** *Report 6553: Environmental noise and health - Current knowledge and research needs.* Stockholm : Naturvårdsverket, 2013.
2. **STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT.** *Geodynamik i praktiken.* Linköping : STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT, 2000.
3. **Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting.** *Riktlinjer Buller och vibrationer DOK. ID: 346217.* Stockholm : Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting, 2014.
4. **Naturvårdsverket, Banverket.** *Buller från spårtrafik, Nordisk beräkningsmodell 4935.* Stockholm : Naturvårdsverket förlag, 1996.
5. **SGU.** Jordartkartan. [Online] SGY, den 08 01 2015. <http://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100-tusen-sv.html>.
6. **Federal Transit Administration.** *TRANSIT NOISE AND VIBRATION IMPACT ASSESSMENT FTA-VA-90-1003-06.* Washington, DC : Federal Transit Administration, 2006.
7. *Preventing railway Squeal Noise through railhead optimisation.* **Hiensch, E.J.M.** Utrecht : DeltaRail.
8. **Walter, PO.** *Ny dragning av Tvärbanan genom Kista Vibrationsutredning för Electrum Laboratory TR 10126641 R02.* Stockholm : WSP Akustik, 2009.
9. —. *Ny dragning av Tvärbanan genom Kista Vibrationsutredning för hus 2 hos Ericsson.* Stockholm : WSP Akustik, 2009.
10. **Banverket och Naturvårdsverket.** *BULLER och VIBRATIONER från spårburen linjetrafik Dnr.S02-4235/SA60. u.o. : Banverket och Naturvårdsverket, 2006.*

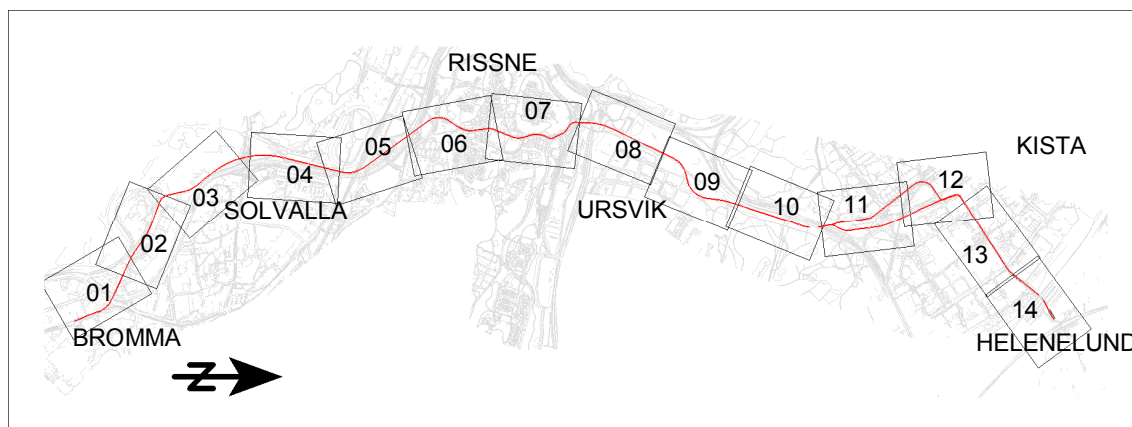
13 UNDERLAGSFÖRTECKNING

- Baskarta för sträckan Ulvsunda – Kista erhållen från Stadsmiljö- och serviceförvaltningen, Sundbybergs stad 2015-01-19 (Innehåller även delar ur Stockholm stad)
- Spårlinje i 3D erhållen från Ramböll 2015-01-14. [3D linje mb59020.dgn] samt [3D linje mb590370_B0001.dgn]
- Spårlinje vid Helenelund erhållen 2015-03-30 från Trafikförvaltningen [mb59098-P002B.dxf]
- Alternativ spårlinje för Ärvinge (endast i plan) erhållen från Ramböll 2015-02-10. [mb59081_006P.dwg]
- Baskarta för Sollentuna erhållen från Ramböll 2015-02-10
- Trafikflödesuppgifter för vägtrafik erhållen från Ramböll 2015-02-13
- Excelfil som innehåller information om spåret går i tunnel eller på bro etc. erhållen 2015-02-04 från Hans Annevall, Trafikförvaltningen
- Arbetsplan, Beskrivning, E4 Förbifart Stockholm, Upprättad den 5 maj 2011 Huvudprognos 2035.
- Geoteknisk förstudie och kompletterande sonderingar i Helenelund
- Planerad bebyggelse i kv. Hoppet, White Ark/Tyrens 2015-11-15

BILAGOR

Tabell 8. Tabell över bifogade bilagor (totalt 68 stycken).

Filnamn	Antal	Beskrivning
AK_LAeq_Spår_2030_01-14	14	Ekvivalent ljudnivå år 2030 endast från planerad Tvärbana
AK_LAmax_Spår_2030_01-14	14	Maximal ljudnivå år 2030 endast från planerad Tvärbana
AK_Diff_LAeq_2030_01-14	14	Skillnad i ekvivalent ljudnivå år 2030 med och utan Tvärbanan. Avser endast fasad.
AK_LAeq_Väg_2030_01-14	14	Ekvivalent ljudnivå från vägtrafik år 2030. Avser endast fasad.
AK_Lv och Lp_05-14	12	Översiktlig beräkning av stomljud och vibrationer i byggnader från planerad Tvärbana



Figur 7. Översiktskarta för bilagornas position utmed sträckningen.