

## PM VIBRATIONSUTREDNING SVENSKA MÄSSAN PROJEKT + ONE



Göteborg 2022-06-10



UPPDRAGSNAMN  
Svenska Mässan vibrationsutredning

UPPDRAGSNUMMER  
10339118

FÖRFATTARE  
Olle Goffe /Martin Lewis

DATUM  
2022-06-10

**Konsult:**

WSP Sverige AB

**Kontaktpersoner:**

Olle Goffe E-post

[olle.goffe@wsp.com](mailto:olle.goffe@wsp.com)

**WSP Sverige AB**

Box 13033

402 51 Göteborg

Besök: Ullevigatan 19

Tel: +46 10-722 50 00

**wsp.com**

**Kund:**

Stiftelsen Svenska mässan genom  
Serneke Sverige AB

Joachim Hult E-post

[joachim.hult@svenskamassan.se](mailto:joachim.hult@svenskamassan.se)

Anna Tirén E-post

[Anna.tiren@serneke.se](mailto:Anna.tiren@serneke.se)

UPPDRAGSNAMN  
Svenska Mässan vibrationsutredning

UPPDRAGSNUMMER  
10339118

FÖRFATTARE  
Olle Goffe /Martin Lewis

DATUM  
2022-06-10

ÄNDRINGSDATUM

Granskad av  
David Lewin

Godkänd av  
Olle Goffe

## Sammanfattning

WSP Akustik har fått i uppdrag av Stiftelsen Svenska Mässan att genomföra en bedömning av risker för stömljud och komfortvibrationer i kommande utbyggnad, Svenska Mässans lokaler benämnt +ONE vid korsvägen i Göteborg. Störkällorna som skall bedömas är närliggande spårvagns och vägtrafik samt framtida tågtrafik i Västlänkelntunneln vid station Korsvägen.

I denna rapport redovisas preliminär fackmannamässig bedömning utifrån utförda mätningar i befintlig Mässhall samt tillgängligt underlag från TrV rörande omgivningspåverkan runt Västlänkelntunneln.

Beräknade stömljuds- och uppmätta vibrationsnivåer från väg och spårvagnstrafik i befintlig Mässhall är lägre än de riktvärden som anges i befintlig detaljplan. Vi bedömer att förutsättningar för att komfortvibrations- och stömljudsstörning från spårvagns och vägtrafiken i närområdet av den kommande nya utbyggnaden är liten.

Vad gäller Västlänkelntunneln bör fördjupade undersökningar utföras.

De beräkningar TrV utfört (utan stömljudsisolerande åtgärder) visar att stömljudsnivån i befintlig mässhall kommer att ligga mellan 35 och 40 dBA. Då planerad utbyggnad kommer att ske närmare Västlänkelntunneln kommer nivån i kommande utbyggnad att bli högre. Då inga stömljuds-isolerande åtgärder eller hänsyn till spårväxlar tagits med i TrVs beräkning bör fördjupade studier och ev. beräkningar utföras för att säkerställa stömljudsnivån.

Vad gäller komfortvibrationsstörning från tågtrafiken i Västlänkelntunneln bör en fördjupad utredning fokusera på förutom störnivån även störsignalens dominerande frekvenser. Information om dessa är viktig för att undvika förstärkningseffekter i konstruktionsdelar såsom bjälklag. Om resonansfrekvensen hos bjälklagen ligger på eller i närheten av störsignalens dominerande frekvenser kan oönskade effekter uppstå som kan resultera i stömljuds och/eller komfortstörningar i kommande utbyggnad.

Förvärrande omständigheter kan vara:

- Om byggnadens betongkonstruktion är vek och förstärker vibrationer.
- Rumsegenskaper: stömljudet påverkas av rummets volym och efterklangtid.
- Entresolplan med veka bjälklag kan förstärka vibrationer
- Antagen ytojämnhet av räl och hjul. Om Trafikverket anser att högre ytojämnhet skall användas kommer stömljudsnivåerna öka. I skrivande stund har Trafikverket inte fastställt vilken spårytojämnhet som skall användas i beräkningar (beror på vilket spårunderhåll som planeras för stationsområdet).
- Typ av växlar i norra delen av Station Korsvägen.

## Inledning

### BAKGRUND

Stiftelsen Svenska Mässan har under en längre period arbetat för att kunna ta in större kongresser, mässor och andra arrangemang till Göteborg. Som ett led i detta har antalet hotellplatser ökat kraftigt genom utbyggnaden av de tre hotelltornen Gothia Towers. Som ett led i denna utveckling planerar nu Svenska mässan att uppföra ytterligare ett torn väster om de tre befintliga. Utbyggnaden ”+One” består av en ny huvudentré till Gothia Towers, samt nybyggnation av en högre kontors, restaurang och hotell byggnad, med ev. kategoribostäder. Planområdet ligger i centrala Göteborg, i direkt anslutning till huvudentrén till Svenska Mässan. Området omfattar delar av fastigheterna Heden 34:16, 34:21 och 34:22.



Bild 1. Fotomontage av Svenska Mässans nya entré samt tornet +ONE (Tham &Vingård Arkitekter)

I söder byggs ett entresolplan som bärs upp av pelare. Entresolplanet ansluter mot tornet +ONE. Tornet kommer att bli 140 meter högt. Byggnaden planeras för hotell, restaurang, kontor samt alternativt även för kategoribostäder.

## UPPDRAG

WSP Akustik har fått i uppdrag av Stiftelsen Svenska Mässan att utreda risken för komfort- och stomljudsstörning till kommande utbyggnation av Svenska Mässan från närliggande väg och spårvagnstrafik. I uppdraget ingår också att med utgångspunkt från tillgängliga utredningar bedöma hur Västlänkens Station Korsvägen kan påverka Svenska Mässans kommande utbyggnad. I uppdraget ingår också att bedöma möjligheten att ha kategoribostäder i tornet +ONE.

I de fall befintlig underlag inte bedöms tillräckligt för att belysa kommande risker föreslå vilka kompletterande fördjupade utredningar som bör utföras för att säkerställa ev. störningsrisker.

## AVGRÄNSNING

I denna rapport redovisas preliminär fackmannamässig bedömning utifrån mätresultat från utförda fältmätningar samt litteraturstudier av TrVs underlag för järnvägsplan, Trafikkontorets planer för väg och spårvagnstrafik för området Korsvägen samt Göteborgs stads detaljplan för Västlänken, station Korsvägen samt erfarenheter från WSPs arbeten vid Hamnbanan och Centralstationsbyggnaden i Göteborg.

## Område för utbyggnad av Svenska Mässan +ONE

I Bild 2 nedan redovisas det geografiska läget för kommande utbyggnation av Svenska Mässan.



Bild 2 Geografiskt läge för kommande utbyggnation +ONE

## Störkällor

### VÄSTLÄNKEN

En tågtunnel för pendeltåg byggs under centrala Göteborg. En underjordisk station uppförs vid Korsvägen söder om Svenska Mässan. I Bild 3 redovisas tågstationens geografiska läge. Tågstationen blir fyrspårig där de två mittersta spåren används för genomfart och de två yttre spåren används för angöring till stationen. Avståndet till närmsta spår är ca 70 m. Stationstunneln vid korsvägen grundläggs med pålning och går sedan in i Liseberget i en bergtunnel.



Bild 3 Västlänkens Station Korsvägen (Källa open streetmap)

### Förutsättningar

I korthet:

- Tågfordon: Pendeltåg typ X60 med hastighet 80 km/h.
- Inga spårskarvar men växlar finns i bergtunneln vid Liseberget
- Spår: I dagsläget lutare det åt Ballastfritt spår Sonnevile LVT-HA
- Ytojämnhet spår + hjul: typiskt för pendeltågslinje. I skrivande stund ej fastställt av Trafikverket.
- Tunnelkonstruktion och grundläggning: "Cut and cover" betongtunnel, pålad till berg samt övergång från betongtunnel till bergtunnel vid Liseberget. Övergångskonstruktionen okänd i skrivande stund
- Markparametrar: Lera under "cut and cover" tunneln samt bergtunnel vid Liseberget
- Byggnadskonstruktion + ONE: Pålgrundläggs. Övrig detaljerad konstruktion för byggnaden saknas i dagsläget.

## Kollektivtrafik samt biltrafik

Efter ombyggnad av Korsvägen kommer spårvagnstrafiken i stort ha samma spårlägen i förhållande till i dag men med nya hållplatser. I Bild 4 nedan redovisas spårlägen i grått samt körvägar för busstrafik och biltrafik markerade med blå linjer.



Bild 4 Illustration från Trafikkontoret (bearbetad av WSP).

Närmsta avstånd till spårvagnsspår för kommande utbyggnad av Svenska mässans entresol är ca 8 m och för vägtrafiken ca 5 m.

### Förutsättningar

- Spår underbyggnad för spårvagnsspåren okänd, vi förutsätter likartad underbyggnad och spårtyp som befintliga spårvagnsspår.
- Vi förutsätter samma spårvagnstyper som i dag trafikerar Örgrytevägen och Skånegatan (M25, M21 och M31)

## Områdets geologi

Då vibrationer och stömljud sprids olika bra i olika geologiska material har dessa naturligtvis en stor betydelse för bedömning av risk för vibrations och stömljudspåverkan. Ur den geotekniska undersökningen PM Geoteknik, SWECO Nr 12706482 daterad 2019-05-31 framgår att detaljplaneområdet utgörs överst av fyllning till ca 1 – 4 m djup, vilket följs av lera av varierande

mäktighet där lermäktigheten ökar från områdets östra och södra delar mot nordväst. Största dokumenterade lerdjupet är 23 m. Leran är överst utbildad som torrskorpa. Därunder följer friktionsjord som vilar på berg. Djupet till bergytan varierar mellan 7 – 26 meter.

## Grundläggning av +ONE

I ovanstående geotekniska utredning framgår att på grund av de ogynnsamma grundförhållandena med sättningkänslig lera av varierande mäktighet kommer planerad byggnation och tyngre sättningkänsliga konstruktioner troligen behöva grundförstärkas med stödpålar till berg.

## Bedömningsgrunder

Aktuella krav för stömljud och vibrationer är enligt "Detaljplan för Västlänken, Station Korsvägen med omgivning inom stadsdelarna Heden, Johanneberg och Lorensberg i Göteborg granskningshandling augusti 2017.

## Stömljud och vibrationer

Inom planområdet finns risk för att stömljud och vibrationer uppkommer till följd av att tågtrafiken passerar i tunnel under mark.

Nedanstående bild 5 redovisar TrVs stömljudsprediktering för området runt Station Korsvägen.

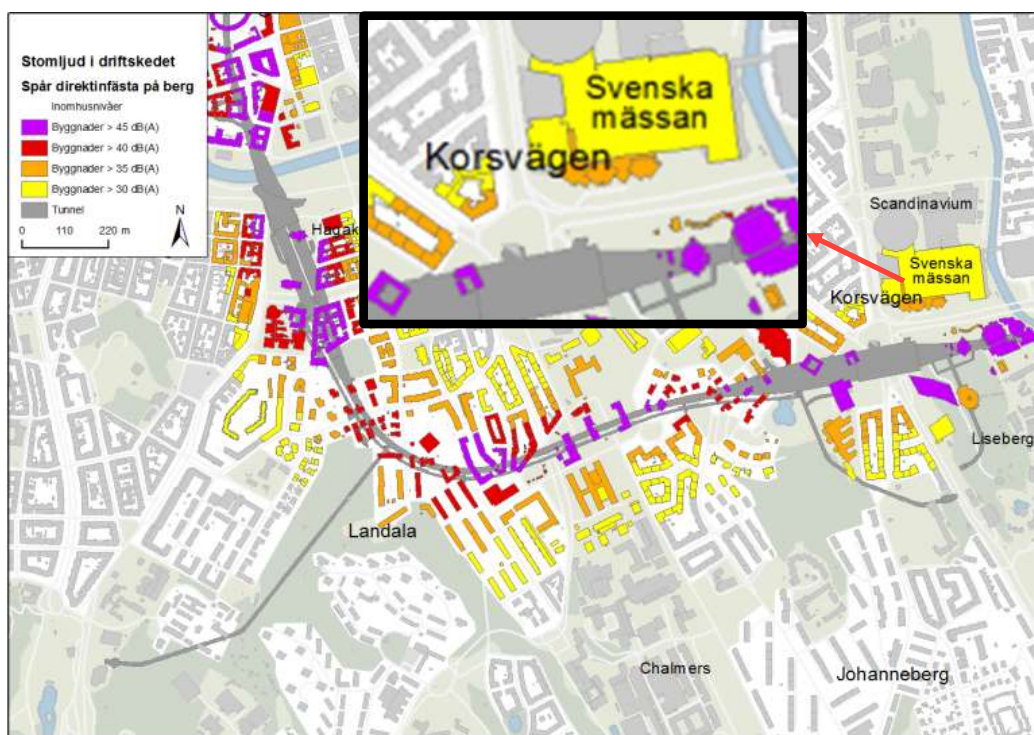


Bild 5. Beräknade stömljudsnivåer inomhus i byggnader vid obalasterat spår i driftskedet utan stömljudsdämpande åtgärder, sträckan Station Haga - Station Korsvägen, hämtad från Trafikverket, underlag för järnvägsplaner, Underlagsrapport Ljud, stömljud och vibrationer daterad 2014-09-01.



## Stomljud

För stomljud gäller projektspecifika riktvärden, framtagna i samråd mellan Naturvårdsverket, Länsstyrelsen och Göteborgs miljöförvaltning. Samtliga värden avser maximala ljudnivåer [slow].

- 25-30 dB(A) i konsertsalar, opera, ljudstudios och andra känsliga byggnader
- 30 dB(A) i bostäder, vårdlokaler, kyrkor och hotell
- 35 dB(A) i teatrar, skolor, bibliotek, konferenscentra
- 40 dB(A) i kontor och liknande utrymmen.

I planen finns en bestämmelse för störningsskydd. Denna innebär att maximal ljudnivå inomhus i kontor inte får överskrida 40 dB(A) på grund av stomljud från järnvägsanläggning inklusive järnvägstrafik i tunnel.

## Komfortvibrationer

För vibrationer tillämpas riktvärden enligt Trafikverkets riktlinje och tillämpningsdokument Buller och vibrationer från spårburen linjetrafik (Dnr.02-4235/SA60 2006-02-01). Vibrationsnivåerna avser inomhus i permanentbostäder, fritidsbostäder och vårdlokaler.

- 0,4 mm/s [RMS]

I Trafikverkets, underlag för järnvägsplaner, Underlagsrapport Ljud, stomljud och vibrationer daterad 2014-09-01 beskrivs risken för komfortstörande vibrationer. "Det finns heller ingen risk för vibrationsnivåer som överskrider riktvärden för komfortstörande vibrationer inom bostäder utmed de avsnitt som spåren går i tunnel. Det förutsätts att betongtunnlarna kommer dessa att vara grundlagda på ett sådant sätt att de inte sätter sig, vilket innebär betongplatta som är grundlagd med pålar eller slitsmurar. Tunnelvärsnittet kommer även att fungera som en lastfördelande balk, som även det reducerar risken för vibrationer till omgivningen."

## STOMLJUDSMÄTNING

Stomljudsmätning har utförts i tre rum belägna i Mässhallarnas källarplan.

## Utförande

För dokumentation av befintliga komfortvibrationsstörningar och stomljudsstörningar har fältmätningar utförts på kvällen 19:00 till 23:45 2022-04-12 i Svenska Mässans lokaler. Västlänkenprojektet hade under aktuell period ingen vibrationsalstrande verksamhet som bedömdes kunna störa mätningarna. Stomljuds-nivån mättes i rum i källarplan som i samråd med beställaren bedömdes som minst påverkade av Mässans egen verksamhet, fläktar pumpar mm. Mätningen har i tillämpliga delar utförts enligt SS-EN ISO 10052/16032. En korrektion av integrationstiden från fast till slow med 2 enheter har utförts enligt Naturvårdsverkets utredning

”Stomljud, Beskrivning och genomgång av riktvärden för spår – och vägburen trafik” WSP 2015-11-17. För geografisk orientering av mätpunkterna se Bild 6.

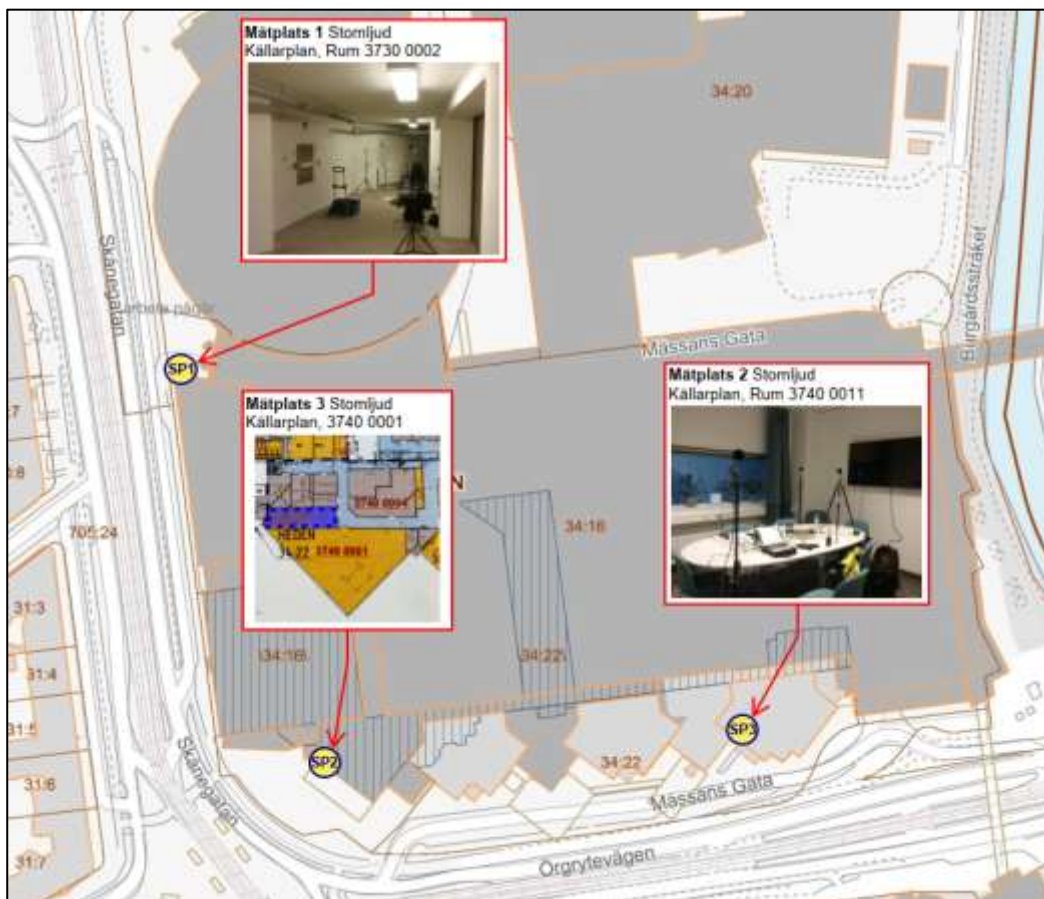


Bild 6. Mätpunkternas geografiska läge

Tre fasta mikrofonspositioner användes varav en placerad i rumshörn och de övriga i efterklangsfältet.

För verifiering av utifrånkommande signal monterades en accelerometer i källarvägg mot spårvagn och vägfrafiken i samtliga rum där mätning utfördes.

En korrektion har utförts för efterklangstid på uppmätta ljudtrycksnivåer med stöd av SS-EN 10052/16032. Uppmätt A-vägd ljudnivå har minskats med 3 dB i helt omöblerade rum utan ljudabsorberande material.

Avsteg:

Signal brusförhållandet skall för att säkerställa mätresultaten vara minst 10 enheter. Signal brusförhållandet var vid mätpunkt 1 max 6 enheter. Vid mätpunkt två var signal brusförhållandet 0-

1 enhet vilket innebär att uppmätta signaler ligger i nivå med bakgrundsbruset. För mätpunkt 3 var signal brusförhållandet som mäst 9 enheter .

## MÄTPLATS 1

I källarförråd som var omöblerat och saknade ljudabsorbenter. Ytterväggen var mot Skånegatan.

En mättekniker var placerad med uppsikt över spårvagnsspåren samt vägtrafiken på Skånegatan och varskodde mätpersonalen då spårvagnar eller tyngre fordon passerade.

Mättiden var satt till 30 sekunder /passage. Avståndet till skånegatan var ca.10 m och till närmsta spårvagnsspår var det ca 16 m.

Totalt mättes 17 passager varav 8 passager uteslutits p.g.a. yttre störningar såsom spoljud i rör eller slag i dörrar.

Nedan i tabell 1 redovisas normaliserad ljudtrycksnivå för 9 passager.

Total A-vägd ljudtrycksnivå dB

Event	LAeq (Passage)
Bakgr 1	24
Bakgr 2	25
Spårvagnspassage 1	30
Spårvagnspassage 2	30
Spårvagnspassage 3	31
Spårvagnspassage 4	36
Spårvagnspassage 5	28
Spårvagnspassage 6	33
Spårvagnspassage 7	33
Spårvagnspassage 8	31
Spårvagnspassage 9	26
<b>Medel tot</b>	<b>31</b>

Tabell 1. Uppmätt ljudtrycksnivå vid mätplats 1

Mätresultaten visar att riktvärdet för bostadsrum överskrids, för en enstaka passage med 6 enheter.

Om antalet våningsplan ökar så brukar tumregeln vara att ljudtrycksnivån sjunker med 3 enheter / våningsplan.

I detta fall innebär det att bostadsrum inte bör finnas i källarplanet eller nästkommande plan utan först på tredje planet om hänsyn skall tas till den högsta passagen som uppmätts. Om medelvärdet tillämpas kan bostadsrum finnas på 1:a planet ovanför källarplanet.

Ljudnivån från passerande tyngre fordon såsom bussar och lastbilar ligger i nivå med bakgrundsnivån och ligger med marginal under 30 dB(A).

## MÄTPLATS 2

Mätningen utförd i mindre konferensrum i källarplan som var möblerat. Avstånd till Örgrytevägen var ca 15 m och till spårvagnsspåren ca 20 m. Rummets yttervägg vetter mot Örgrytegatan.

En mättekniker var placerad med uppsikt över spårvagnsspåren samt vägtrafiken på Örgrytevägen och varskodde mätpersonalen då spårvagnar eller tyngre fordon passerade.

Mättiden var satt till 30 sekunder /passage.

Totalt mättes 8 passager varav 5 passager uteslutits p.g.a. yttre störningar såsom splojud, stegljud eller slag i dörrar.

Nedan redovisas normaliserad ljudtrycksnivå för 3 passager.

Total A-vägd ljudtrycksnivå dB

Passage nr	LAeq (passage)
Bakgrund 1	24
Bakgrund 2	23
Passage 1	22
Passage 2	23
Passage 3	24
<b>Medel tot</b>	<b>23</b>

Tabell 2. Uppmätt ljudtrycksnivå mätplats 2

Mätresultaten visar att riktvärdet för bostadsrum inte överskrids.

I detta fall innebär det att bostadsrum kan finnas i källarplanet

Ljudnivån från passerande tyngre fordon såsom bussar och lastbilar ligger i nivå med bakgrundsnivån och ligger därmed med marginal under 30dB(A).

## MÄTPLATS 3

Mätningen utförd i det gamla bankvalvet som vid mättillfället innehöll ett möbrellager. Ytterväggen var mot Skånegatan.

En mättekniker var placerad med uppsikt över spårvagnsspåren samt vägtrafiken på Skånegatan och varskodde mätpersonalen då spårvagnar eller tyngre fordon passerade.

Mättiden var satt till 30 sekunder /passage. Avståndet till Skånegatan var ca.10 m och till närmsta spårvagnsspår var det ca 16 m.

Totalt mättes 12 passager varav 6 passager uteslutits p.g.a. yttre störningar såsom knaster från elarmaturer, passerande människor eller slag i dörrar.

Nedan i tabell 3 redovisas normaliserad ljudtrycksnivå för 6 passager.

#### Totalt A-vägd ljudtrycksnivå

Passage nr	LAeq (passage)
Bakgrund 1	26
Passage 1	30
Passage 2	35
Passage 3	22
Passage 4	31
Passage 5	23
Passage 6	30
<b>Medel tot</b>	<b>31</b>

Tabell 3. Uppmätt ljudtrycksnivå mätplats 3

Tre av passagerna överskrider riktvärdet 30 dB(A). Maximalt uppmätt nivå för en passage är 35 dB(A). Om vi antar en reduktion med 3 enheter /våningsplan inneär detta att det inte bör finnas bostadsrum på de två våningsplanen ovanför källarplanet.

### Sammanfattning av spårvagns och vägtrafikgenererade stomljud

Om vi halverar avståndet till kommande utbyggnad från spårvagnsspåren på Skånegatan innebär det (för en linjekälla) att ljudnivån ökar med ca 3 enheter. Det innebär att vi i Mätplats 1 och mätplats 3 får en medelljudnivå på 34 dB(A) Följden blir att bostadsrum inte bör förläggas på vångnigsplanen under 2 :e våningen ovanför källarplanet. För mätpunkt 2 med motsvarande resonemang kan bostadsrum finnas i källarvåningen.

### Komfortvibrationemätning

Komfortvibrationemätning har utförts i två mätpunkter i befintlig Mässhall. I bild 7 nedan visas mätpunkternas geografiska läge.

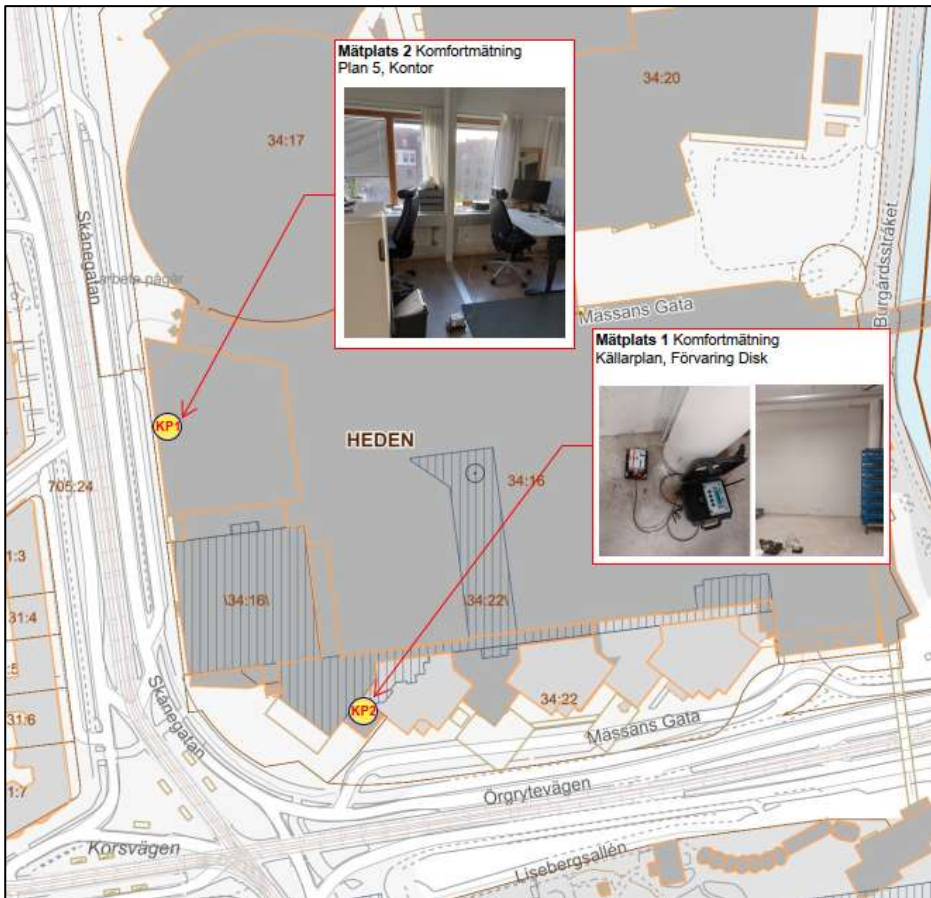


Bild 7. Mätpunktsplacering för komfortvibrationsmätningarna

## KOMFORTVIBRATIONS MÄTPUNKT 1

Vi kan konstatera att komfortmätningen påverkats av aktiviteter inne i Mässhallarna vi har därför valt att studera komfortvibrationsnivåer efter 24:00 och fram till 06:00.

I Diagram 1 nedan redovisas mätdata från mätpunkt 1 som var belägen i källarplan.

I Diagram 1 nedan redovisas 2 minuters intervalldata med maximalt uppmätt komfortvibrationsnivå (mm/s RMS)

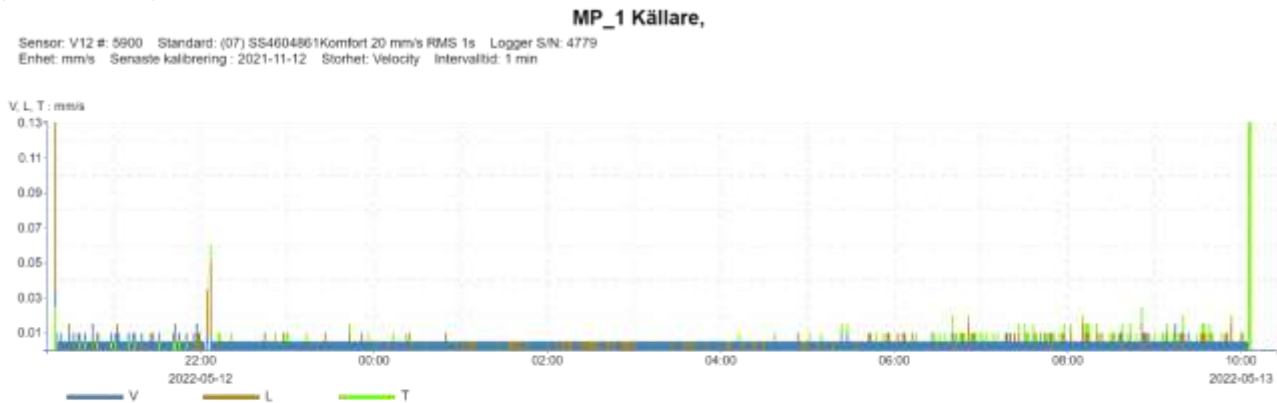


Diagram 1. Uppmätt svängningshastighet i mätpunkt 1

De anomala nivåerna som syns i diagrammet ovan är orsakade av intern aktivitet nära givaren. Från 22:00 till 10:00 har maxnivåer på 0,02 mm/s RMS uppmätts. Om likt tidigare avståndet till väg och spårvagnstrafik halveras förväntas komfortvibrationsnivån stiga till max 0,05 mm/s RMS. Riktvärdet är 0,4 mm/s RMS. Bedömningen blir att det inte föreligger risk för komfortstörande vibrationer från bil eller spårvagnstrafik i källarplanet på Mässhallarna. De horisontella svängningarna ökar med ökat antal våningsplan men inte heller här syns någon risk då förstärkningen kan vara upp till 800 % av uppmätt nivå utan att 0,4 mm/s överskrids.

## KOMFROTVIBRATIONS MÄTPUNKT 2

Denna mätpunkt är belägen i rum på plan 5 som vetter mot Skånegatan.

I nedanstående Diagram redovisas 2 minuters intervalldata med maximalt uppmätt komfortvibrationsnivå (mm/s RMS).

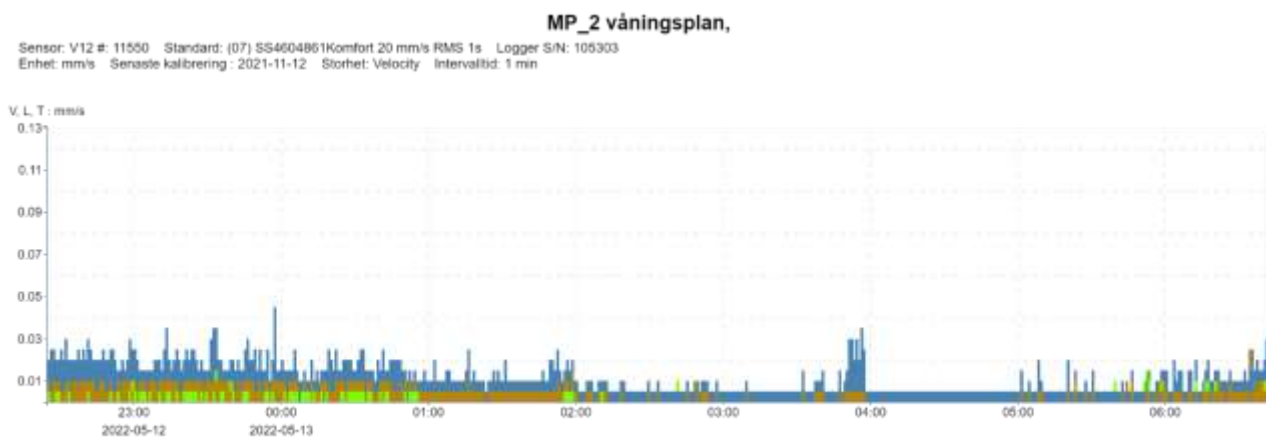


Diagram 2. Komfortvibrationsnivåer plan 5.

Maximalt uppmätt komfortvibrationsnivå under mätperioden var 0,045 mm/s RMS. Här är det den vertikala mätriktningen som är helt klart dominant varför vi kan avfärda eventuell horisontell förstärkning i byggnaden. Då den vertikala vibrationsnivån normalt avtar med ökande våningshöjd kan vi inte förvänta oss högre vertikala svängningshastigheter med ökande antal våningsplan. Om vi även här minskar avståndet till källan med 50 % skulle nivån maximalt stiga till ca 0,09 mm/s RMS. Det innebär att nivån kan öka med över 400% utan att riktvärdet 0,4 mm/s RMS överskrids.

## SLUTSATS KOMFORTVIBRATIONER

Mätningarna visar att det inte föreligger någon risk för komfortstörande vibrationer från spårvagns, buss eller lastbilspassager. Uppmätta nivåer ligger med bred marginal under riktvärdet 0,4 mm/s RMS.

## Stomljud och komfortvibrationer från Västlänkartunneln

Station Korsvägen innehåller 4 spår och ett växelläge finns i bergtunneln vid Liseberget. Genereringen av vibrationer från tåg varierar beroende på om det är inbromsande/accelererande eller passerande. Cut and Cover tunneln är pålgrundlagd med stålörspålar för att sedan övergå i bergtunnel vid Liseberget. Övergången mellan mindre styv grundläggning och den styva berggrundläggningen kan orsaka vibrationsspridning som är svår att förutsäga. Det kan vara både stomljud och komfortvibrationsgenererande vibrationer. Då avståndet till närmsta spår är relativt långt, ca 70 m bedöms sannolikheten för stomljuds och/eller komfortvibrationsstörning som mindre troligt. Osäkerheter i denna bedömning kvarstår dock.

Då vi inte i TrVs material kan finna predikteringar för komfortvibrationer eller stomljud uppstår en situation där endast sannolikheten för störning går att uttala sig om. Då det är mycket dyrt att i efterhand vidta åtgärder mot stomljud och komfortvibrationer i en färdigbyggd byggnad föreslår vi



fördjupade studier rörande stomljud och vibrationers påverkan på +ONE. Att få information om påförda vibrationers frekvensinnehåll kan ge konstruktörerna viktig information vid dimensionering av stomme och bjälklag för byggnaden. Att ha exempelvis bjälklagsresonanser som överensstämmer med dominerande störfrekvens från passerande tåg i Västlänktunneln kan förstärka stomljuds och komfortvibrationenivån kraftigt framför allt på veka entresolbjälklag eller HDF bjälklag.

## Förslag på fördjupade undersökningar

Vi föreslår följande fördjupade studier för att säkerställa påverkan på +ONE:

Vi behöver säkerställa från TrV vilken spårunderbyggnad som beslutats i Station Korsvägen samt vilken typ av växlar som valts i Lisebergstunneln. Om trafikverket fattat beslut i ovannämnda bör de också kunna redovisa vilken effekt åtgärden har haft på omgivningsstörningen. Någon sådan har i skrivande stund ej kunnat hittas.

I de fall TrV inte kan redogöra för omgivningspåverkan föreslår vi en beräkning med en beräkningsmetode i överensstämmelse med ISO standard 14837–1:2005 Vibrations och stöt Findwave®. Det är ett numeriskt beräkningsprogram för att prediktera vibrationer och mark- och strukturburet ljud från tåg. Programmet använder finita differensmetoden i elastisk media i tre dimensioner i tidsdomän och är utvecklad av Rupert Taylor Ltd, England. I programmet modelleras järnvägen med räls och till exempel ballast. Den exciterande kraften från en tågpassage representeras för varje hjul av massor och fjädrar som rör sig med tågets hastighet över cellerna i rälen. Genom rörelseekvationer i tre dimensioner ger detta upphov till att alla typer av mekaniska vågfenomen förekommer i modellen. Vibrationer alstras både av den gravitationsbestämda lastens rörelse och av tåghjulens rörelse över spårjämnheter.

– Markburet buller och markburna vibrationer från järnvägstrafik. Programvaran har bland annat använts i Västlänken järnvägsutredningen, Citytunneln i Malmö, Tvärbanan i Stockholm, Hamnbanan i Göteborg, Östra uppgången Västlänkens centralstation i Göteborg, Metron i Köpenhamn, Jubilee Line och Cross Rail i London, HS2 i England med flera.

## Referenser

- A. *Gothenburg Central – Rail-induced Vibration Assessment – Modelling Methodology*, 70081891, Jorge de Avillez, WSP UK, May 2022).

## Använd mätutrustning

### STOMLJUDSMÄTNING

Utrustning	Typ	Serienummer	Kalibrerad t.o.m
Analysator	Soundbook 4 ch	MS01	2023-02
Calibrator ljud	LarsonDavis Cal 200	3141	2023-03
Mikrofon	IPC MK 42	2250331	2022-12
Mikrofon	IPC MK 43	1868807	2022-12
Mikrofon	IPC MK 44	1902162	2022-12
Calibrator acc	IMI 699A02	282	2022-12
Accelerometer	PCB 393A03	7265	2022-12

### KOMFORTVIBRATIONSMÄTNING

Utrustning	Typ	Serienummer	Kalibrerad t.o.m.
Analysator	Sigicom	4779	2022-11
Analysator	Sigicom	105303	2022-11
3-riktningsgivare	Sigicom V12	5900	2022-11
3-riktningsgivare	Sigicom V12	11550	2022-11

## Information om vibrationer och stomljud (källa: WSP)

### Stomljud alstring, spridning och påverkan

#### *Källan - fordon*

Stomljud, markvibrationer och luftljud kan uppkomma från såväl spårburna som vägfordon i rörelse. Fordonens hastighet och totala vikt är viktiga parametrar vid såväl stom- som markvibrationsalstring men uppkomsten är mer komplex. Genereringen från spårburna fordon påverkas även av fordonens ofjädrade massor, boggiernas uppbyggnad, hjulens konstruktion och slitage, rälsens vikt och slitage, typ av rälbefästning och pads, sliperstyp, ballast och underballast.

Då ett spårburet fordon är i rörelse uppstår initialt vibrationer i hjul och räl. Även ett nytt hjul eller ny räl har små ojämnheter som vid dess kontakt under färden skapar vibrationer. Vibrationerna sätter hjulet och rälen i svängning och rörelserna fortplantas till omgivande medier, d.v.s. till underliggande mark och till atmosfären.

#### *Slitage*

Med tiden så blir såväl de spårburna fordonens hjul som rälsen allt mer sliten. Slitagets storlek och tillväxthastighet beror dels på trafiktätheten men även på tågens vikt och hastighet. Genom ett återkommande underhåll av lok och vagnar med hjulsvarvning samt regelbunden slipning av rälsen så kan stomljudet hållas på en så låg och jämn nivå som möjligt. Hjulsvärning är även viktig att utföra då s.k. hjulplattor uppstått för att undvika störningar från dessa periodiska ljudtoppar. Nämnda åtgärder har även stor betydelse för luftburet buller och ger en positiv effekt i boendemiljöer där trafiken går ovan jord.

#### *Vibrationer till stomljud.*

De vibrationer i rälen som transmitteras till underliggande banvall och vidare ut i omgivande mark kan nå fram till närliggande bostäder. Där kan vibrationerna fortplantas i golv, väggar och tak och sedan ge upphov till stomljud i fastigheternas utrymmen. Markens egenskaper har stor betydelse för markvibrationens spridning och amplitud, och därmed också hur stomljudet upplevs i omgivande byggnader. Om spåren går på eller i berg ovan mark eller genom en tunnel så kan vibrationerna föras vidare långa sträckor ( $\geq 100$  m) innan de reducerats till så låga nivåer att stomljudsstörningar inte uppstår i byggnader. Att stora variationer i överföring ändå förekomma på grund av sprickfyllnaders beskaffenhet. I de fall spåren går på jordarter med stor elasticitet som t.ex. lera så minskar risken för stomljudsstörningar men samtidigt ökar risken för konventionella vibrationer. Anledningen är att dessa jordarter har en hög dämpning av frekvenser som överför stomljud, men en liten dämpning av låga frekvenser som kan leda till komfortstörande vibrationer.

#### *Mottagare byggnader*

Allt ljud som kommer in i en byggnad, vare sig det kommer utifrån via omgivande atmosfär eller om det kommer ifrån marken genom grundläggning, golv och väggar, påverkas av rumsstorlek och av efterklangstid. Efterklangstiden är ett mått på hur snabbt ett ljud "dör ut" efter att det upphör och den påverkas av bl.a. möblering och ljudabsorberande ytor i rummet. I ett stort rum med hårda material i golv, väggar och tak och gles möblering blir efterklangstiden längre än i ett litet,

normalmöblerat rum med material som är ljudabsorberande på golv, möbler och väggar. En lång efterklangstid leder till att ett ljud får längre varaktighet och att den ekvivalenta bullernivån blir högre i rummet än om efterklangstiden skulle varit kort. Brist på ljudabsorberande material kan också medföra det att bullrets frekvensinnehåll går högre upp i registret än om det funnits absorberande material. Generellt så ökar antalet föremål i ett rum den s.k. diffusionen, vilket akustiskt innebär energiförluster vilket också reducerar efterklangstiden. Uppmätt ljudnivå kan variera mellan 0 - 5 dBA mellan ett helt omöblerat rum och ett normalmöblerat rum.

### *Transienta stomljud*

Stomljud kan även överföras som energirika, kortvariga bullertoppar s.k. transienter. Exempel på bullertoppar kan vara då tågens hjul rullar över spårskarvar. Skarvspår är i dag mindre vanliga då man i samband uppgradering eller nybyggnad av banor byter den skarvade rälsen mot helsvetsad räls. Avbrott i rälen förekommer dock fortfarande i form av s.k. isolerskarvar, syftet är där att sektionera banan och ingår som en del i signalsystemet för en säker trafikering. Skarvar förekommer även i växlar och korsningar. Ett liknande distinkt och periodiskt buller alstras av s.k. hjulplattor. Hjulplattor är benämningen på avgränsade skador på hjulens kontaktytor som uppstått vid "nöd- eller tjuvbromsning" då hjulen låsts och glidit på rälsen. Denna typ av hjulskador förekommer bland alla typer av spårburna fordon men är vanligast i godståg.