

Backaplan DP2

Vibrationsutredning



Uppdragsnr: 107 16 30 Version: 1
2020-07-03

Uppdragsgivare: Balder Projektutveckling AB / Skandiafastigheter AB
Uppdragsgivarens kontaktperson: Linus Theorin
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare och handläggare: Andreas Sigfridsson
Teknikansvarig: Andreas Sigfridsson

1	2020-07-03	Vibrationsutredning	Andreas Sigfridsson	Marcus Andersson	Andreas Sigfridsson
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

Sammanfattning

Inför ny detaljplan, Backplan DP2, har Norconsult AB, Team Akustik, fått i uppdrag att utreda risken för komfortstörande markvibrationer inom planområdet.

Vibrationsmätningar har utförts i 3 mätpunkter inom planområdet samt i en kontrollpunkt nära Hamnbanan för möjlighet att korrelera uppmätta nivåer med tågpassager. Vibrationsmätningarna utfördes under 7 dygn från 2020-06-07 till 2020-06-14 och resultaten visar på relativt låga komfortnivåer i mark. Maximalt uppmättes 0,58 mm/s vägd RMS i vertikal riktning för mätpunkt 2. Genom att sortera bort enstaka händelser som bedöms beror på fordonstrafik eller andra yttre störningar överskrids ej gränsen 0,4 mm/s vägd RMS, vilket betecknar gränsen för "Måttlig störning" enligt svensk standard.

För ett flerplanshus skulle egenfrekvenser i byggnaden kunna ge upphov till högre komfortvärden om egenfrekvens och den exciterande markvibrationens frekvens sammanfaller. Vid beräkning av responsspektra på uppmätta vibrationsdata med en antagen förstärkningsfaktor på $Q=10$ (normal förstärkningsfaktor vid låga frekvenser), visar resultaten att viss risk för komfortstörningar inom planområdet föreligger. Vibrationer från Hamnbanan bedöms framför allt uppstå inom frekvensområdet 2,5 – 5,0 Hz och då framför allt i vertikal riktning. Genom att bjälklagskonstruktion dimensioneras med egenfrekvens > 5 Hz reduceras risk för komfortstörningar.

Störningar beräknas även kunna uppstå inom frekvensområdet 8-12 Hz, med dessa är mer kortvariga och ett utrymme kan endast matcha vid en frekvens. Erfarenhetsmässigt visar också mätningar att för markvibrationer från fordonstrafik till stora tunga byggnader är övergångsfaktor från mark till byggnad snarare omkring 0,4 vilket medför en halvering av redovisade resultat från responsspektraberäkningar inom detta frekvensområde. Genom att bygga tunga källargrund alternativ pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud kan risken reduceras.

Viss risk föreligger även i horisontell riktning i området närmaste Hamnbanan (MP2), även dessa responsspektraberäkningar ger maximala nivåer inom samma frekvensområde dvs 2,5 – 5,0 Hz.

I samtliga responsspektraberäkningar har en faktor 0,8 använts för övergång från mark till byggnad. Denna faktor är svår att med säkerhet fastställa beroende på olika byggnaders grundläggning och tyngd. Enligt den geotekniska utredningen består området av lera med stora djup vilket kan medföra pålning etc av andra orsaker vilket är positivt även ur vibrationssynpunkt.

Möjliga principiella åtgärder för att minimera komfortstörningar:

- Bygga tung källargrund
- Vid platta på mark; pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud.
- Bjälklagskonstruktioner dimensioneras med egenfrekvens > 5 Hz.
- Beakta horisontella störfrekvenser vid 2-5 Hz för området närmast Hamnbanan (MP2)

Genom dimensionering av nybyggnader enligt en eller flera av dessa principer, är det enligt vår bedömning realistiskt att bebygga bostäder inom planområdet med avseende på gällande riktvärden.

För ny spårväg bedöms risken för komfortstörande vibrationer som liten om avståndet mellan planerade byggnader och räl är minst 10 meter och bjälklag dimensioneras med egenfrekvens > 6 Hz.

Risk för komfortstörningar för de planerade byggnaderna med avseende på spår och fordonstrafik föreligger inom planområdet men anses som liten om ovan nämnda risker beaktas.

Innehåll

1	Uppdrag och bakgrund	5
2	Riktvärden	5
2.1	Komfortvibrationer	5
2.1.1	Svensk standard	5
2.1.2	Trafikverkets riktlinjer	5
2.1.3	Trafikkontorets riktlinjer	5
3	Förutsättningar	6
3.1	Underlag	6
3.2	Utredningsområde	6
3.3	Geoteknik	6
4	Genomförande och metodik	7
5	Resultat - Komfortvibrationer	8
5.1	Mätningar	8
5.2	Överföring av vibrationer från mark till byggnad	10
5.3	Responsspektraberäkningar	10
5.4	Nordtest metod NT ACOU 082	13
5.5	Sammanställning av resultat	14
6	Kommentarer till resultat	15
6.1	Komfortvibrationer	15
6.1.1	Mät punkt 1 och 2	15
6.1.2	Mät punkt 3	16

Bilaga 1 – Vibrationsrapport komfortmätningar Backaplan DP2.pdf

1 Uppdrag och bakgrund

Inför ny detaljplan, Backplan – DP2, har Norconsult AB, Team Akustik, fått i uppdrag att utreda risken för komfortstörande markvibrationer inom planområdet.

Mätresultaten analyseras och förväntade vibrationsnivåer beräknas för planerade byggnader och utmynnar i en riskanalys för planområdet.

2 Riktvärden

2.1 Komfortvibrationer

2.1.1 Svensk standard

Frekvensvägning

Frekvensvägningen för riktvärdet dokumenteras i "SS 460 48 61: Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader" (*Svensk Standard 1992*). Frekvensvägningen viktar vibrationer lägre för frekvenser som understiger 8 Hz, på grund av att människans känslighet för vibrationshastigheten avtar för frekvenser under 8 Hz. Denna frekvensvägda vibrationshastighet kallas ofta för "komfortvärde".

Störning

Enligt dokumentet SS 460 48 61 utgör komfortvärdet 0,4 mm/s nedre gränsen för ett amplitudintervall betecknat "måttlig störning". Enligt standarden anses mycket få människor uppleva vibrationer under skiktet "måttlig störning" som störande. Riktvärdet 0,4 mm/s som komfortvärde är ca 30% högre än människors känseltröskel enligt ISO 2631-1.

Enligt dokumentet SS 460 48 61 utgör komfortvärdet 1,0 mm/s gränsen för sannolik störning. Över denna gräns är vibrationerna kännbara och upplevs av många som störande.

Dessa riktvärden kan enligt standarden tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder. Riktvärdena bör tillämpas mer strikt för bostäder nattetid.

2.1.2 Trafikverkets riktlinjer

Trafikverkets riktlinjer (TDOK 2014:1021) för bl a vibrationer från trafik på väg och järnväg, anger för bostäder och vårdlokaler riktvärdet: **maximal vibrationsnivå, 0,4 mm/s vägd RMS inomhus**. Detta avser vibrationsnivå nattetid (kl 22–06) och får överskridas högst fem gånger per trafikårsmedelnatt. Vibrationsnivån får dock inte överskrida 0,7 mm/s vägd RMS.

2.1.3 Trafikkontorets riktlinjer

Trafikkontorets riktlinjer (TH 2018:2 – 2019-03-18) för vibrationer utgår de från samma riktvärden som Trafikverket tillämpar vid nybyggnation. Men med tanke på de lokala förutsättningarna med relativt mycket lera kan ett spann behövas till dagens planeringsnivå. 0,4 mm/s vägd RMS eftersträvas om det kan ske med små kostnader. 0,4 – 0,6 mm/s vägd RMS bör uppnås om det kan ske med rimliga kostnader. För åtgärder i befintlig miljö ska bli aktuella ska nivån uppgå till minst 1,0 mm/s vägd RMS.

3 Förutsättningar

3.1 Underlag

- *PM Geoteknik, Backa DP2 Markundersökning* (Ramböll)
- *PM_Geoteknik, Backa 172:1* (Ramböll)

3.2 Utredningsområde

Aktuellt planområde presenteras i **figur 3.1**.



Figur 3.1. Aktuellt planområde för vibrationsutredning.

3.3 Geoteknik

Enligt geotekniska utredning för planområdet så utgörs jordlagren överst av fyllnadsmassor med uppmätta mäktigheter på ca 0,5-2,5 m.

De naturliga jordlagren under fyllningen utgörs av lera med relativt stora mäktigheter. Enligt nu utförda undersökningar har lera konstaterats ned till minst ca 40 m alternativt ca 50 m djup, varvid sonderingar har avbrutits utan stopp. Vid undersökningar inom fastigheten Backa 172:1 utfördes jordbergsondering. Lera konstaterades då till mellan 57 m och 100 m djup. Under leran finns friktionsjord som når ner till mellan 59 m och 113 m djup. Friktionsjorden vilar på berg.

4 Genomförande och metodik

Mätningen utfördes i 3 riktningar för mätpunkterna 1–3 som presenteras i **figur 4.1** (MP 1 - MP 3), tvärs-, vertikalt och i längsgående riktningar sett till Hamnbanan. Mätpunkter är utvalda med avseende på risk för komfortstörande vibrationer från Hamnbanan och spårväg. Mätssystemet har mätt kontinuerligt med sparad tidsdata per 35 sekunder för händelser med vibrationsnivå över viss triggernivå. Mätningen ägde rum under 7 dygn från 2020-06-07 till 2020-06-14, se bilaga 1 för mer information. En kompletterande mätpunkt 4 (vertikal riktning) monterades i cykeltunnel under Hamnbanan för jämförelse med spårtrafik till övriga mätpunkter.



Figur 4.1. Placering av mätpunkter inom utredningsområdet.

MP1, placerades på ett avstånd från mätpunkt till Hamnbanan ca 230 m (Lundbyleden, ca 130 m).

MP2, placerades på ett avstånd från mätpunkt till Hamnbanan ca 140 m (Lundbyleden ca 40 m).

MP3, placerades på ett avstånd från mätpunkt till Hamnbanan ca 360 m (Lundbyleden ca 300 m).
Avstånd till spårväg ca 30 m.

MP4, avstånd till Hamnbanan 0 m, monterades på betongvägg i cykeltunnel under Hamnbanan

Från mätresultaten väljs sedan de registreringar i de olika mätpunkterna som har högst amplitud, de jämförs sedan med ovan redovisade riktvärden

För nya byggnader inom området kommer vibrationsnivåerna att vara starkt beroende av den nya byggnadens egenskaper. För att bedöma vibrationsrisk väljs den högsta uppmätta registreringen från

trafik ut och därefter beräknas en maximalt förväntad vibrationsnivå. Detta utförs genom två metoder, dels med beräkningar av responspektra för byggnaden, dels med Nordtest metod NT ACOU 082. De båda metodernas resultat jämförs därefter med gällande riktlinjer och utmynnar i en riskanalys för de nya byggnaderna inom planerat område.

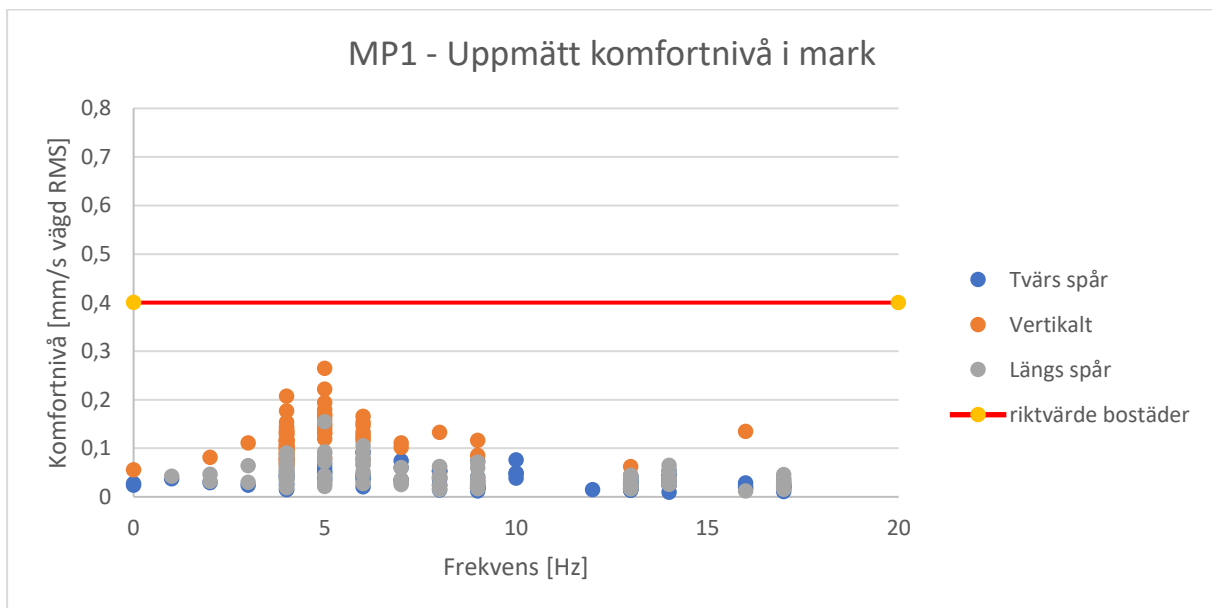
Analyser har utförts i Matlab med hjälp av Abravibe samt egna skript.

5 Resultat - Komfortvibrationer

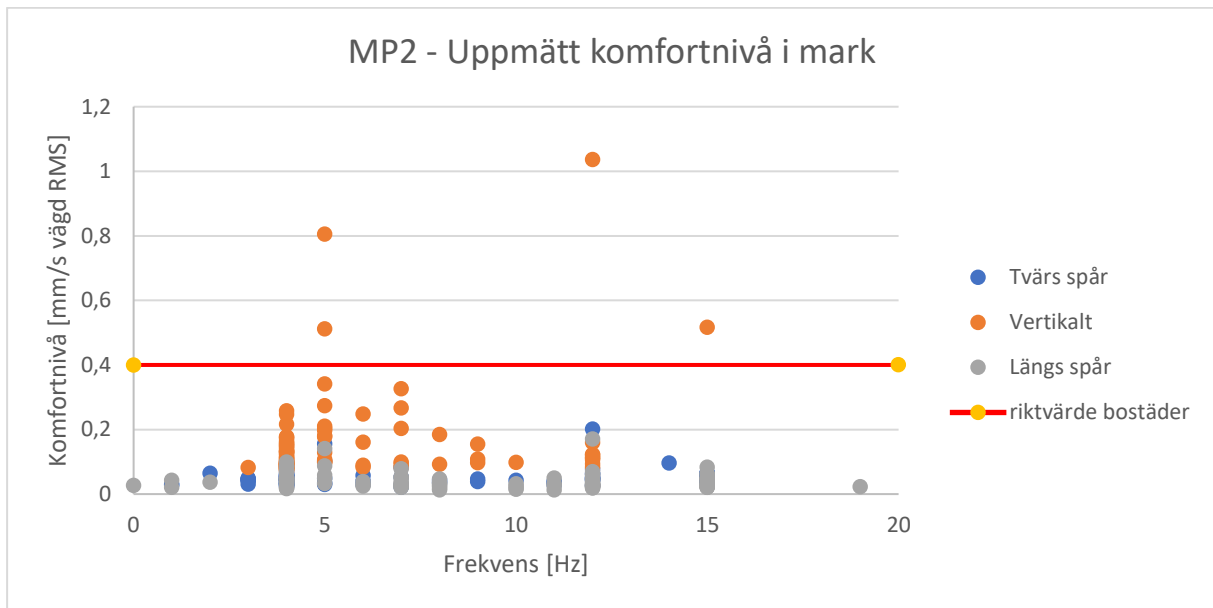
5.1 Mätningar

Från mätresultaten i bilaga 1 erhålls att den högsta uppmätta komfortnivån uppstår i MP2, vilket kan förklaras av att denna mätpunkt är placerad närmast Hamnbanan. De fyra kraftigaste registreringarna kan inte korreleras till MP4 och uppstår antagligen p.g.a. fordonstrafik i närheten av mätpunkt, dessa registreringar har sedan inte tagits med i fortsatta analyser.

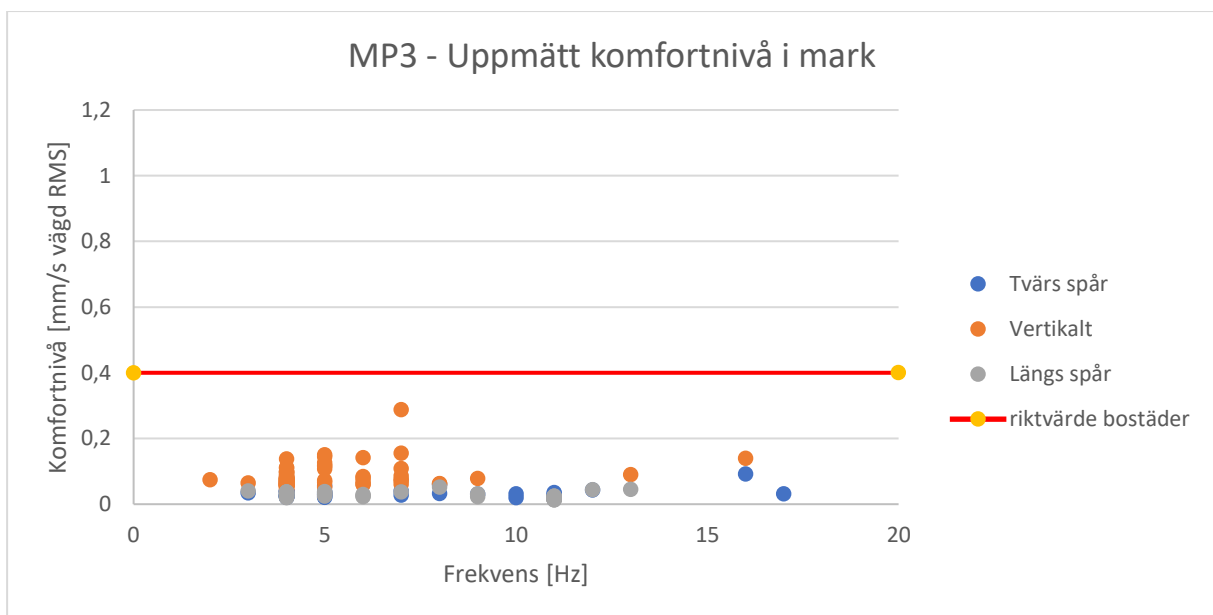
I figur 5.1 - 5.4 presenteras uppmätta komfortnivåer i mark för respektive mätpunkt. Resultaten redovisas mot dominant frekvenskomponent (acceleration) för respektive registrering och har begränsats upp till 20 Hz för MP1 – MP3. Resultat från MP4 redovisas inte i denna rapport utan används endast för korrelation med spårburen trafik på Hamnbanan.



Figur 5.1. Uppmätta komfortnivåer i mark för mätpunkt 1.



Figur 5.2. Uppmätta komfortnivåer i mark för mätpunkt 2.



Figur 5.3. Uppmätta komfortnivåer i mark för mätpunkt 3.

5.2 Överföring av vibrationer från mark till byggnad

På sockeln av en byggnad är vibrationerna lägre än vad de skulle ha varit i marken i samma läge utan byggnad. Med källargrund är husgrundens motstånd mot vibrationer större än för grund utan källare. Det finns i den allmänt använda Nordtest metod NT ACOU 082 schablonvärden för att uppskatta vibration i husgrund relativt vibration i mark utan husgrund:

- Husgrund utan källare, vibration i vertikal riktning 0,8
- Husgrund med källare, vibration i vertikal riktning 0,4

I denna utredning används **faktorn 0,8** för övergång från mark till grund på byggnad. Denna faktor är starkt beroende av byggnadens grundläggning, tyngd etc.

För fordonstrafik (kan också ses som mer av en punktexcitering) och stora tunga byggnader har betydligt lägre övergångsfaktor från mark till byggnad uppmätts i andra uppdrag och ofta omkring 0,2 – 0,4 beroende på grundläggning etc. Dessa störningar inträffar ofta runt 8-10 Hz och är mer kortvariga, ca 2-4 sekunder.

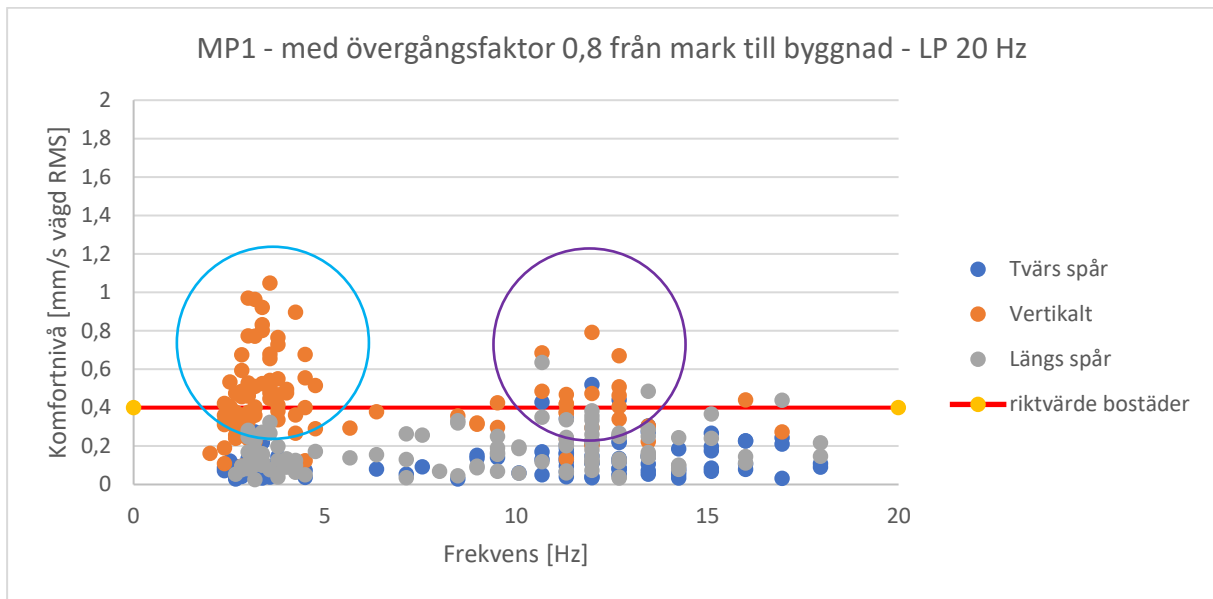
5.3 Resonsspektraberäkningar

För ett flerplanshus skulle egenfrekvenser i byggnaden kunna ge upphov till högre komfortvärden om egenfrekvens och den exciterande markvibrationens frekvens sammanfaller. Vid beräkning av responsspektra på uppmätta vibrationsdata med en antagen förstärkningsfaktor på $Q=10$ (normal förstärkningsfaktor vid låga frekvenser), skulle ett komfortvärde på **1,8 mm/s vägd RMS** kunna erhållas i ett "värsta fall" för MP2 då egenfrekvenser i byggnad sammanfaller med markvibrationens frekvens (vertikalt). Resultaten är korrigerade med en faktor 0,8 för övergång från mark till byggnad. För vertikal riktning är det egenfrekvenser i bjälklag som är av intresse och för horisontell riktning är det egenfrekvenser i grund och byggnad som är av intresse.

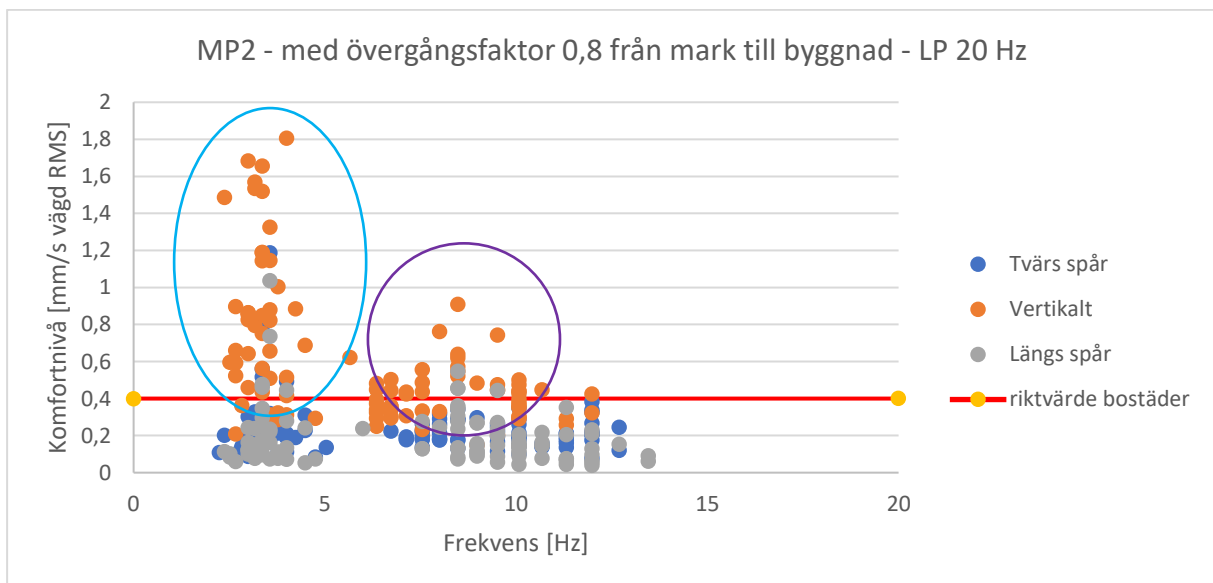
För samtliga registreringar i mark över tröskelnivå har responsspektra beräknats och maximal komfortnivå (som inträffar vid viss frekvens) från dessa beräkningar presenteras nedan i **figur 5.4 – 5.7** för de olika mätpunkterna. Data har filterats för 1 - 20 Hz då syfte med denna analysmetod är att utreda risker vid de lägsta egenfrekvenserna för byggnadskomponenter.

De beräknade vibrationsnivåerna skall ses som ett "worst case", och bedömningar av deras amplituder bör sedan utföras med hänsyn till vibrationskälla, frekvens och risken för att störning sammanfaller med någon byggnadsdel i de planerade byggnaderna inom utredningsområdet.

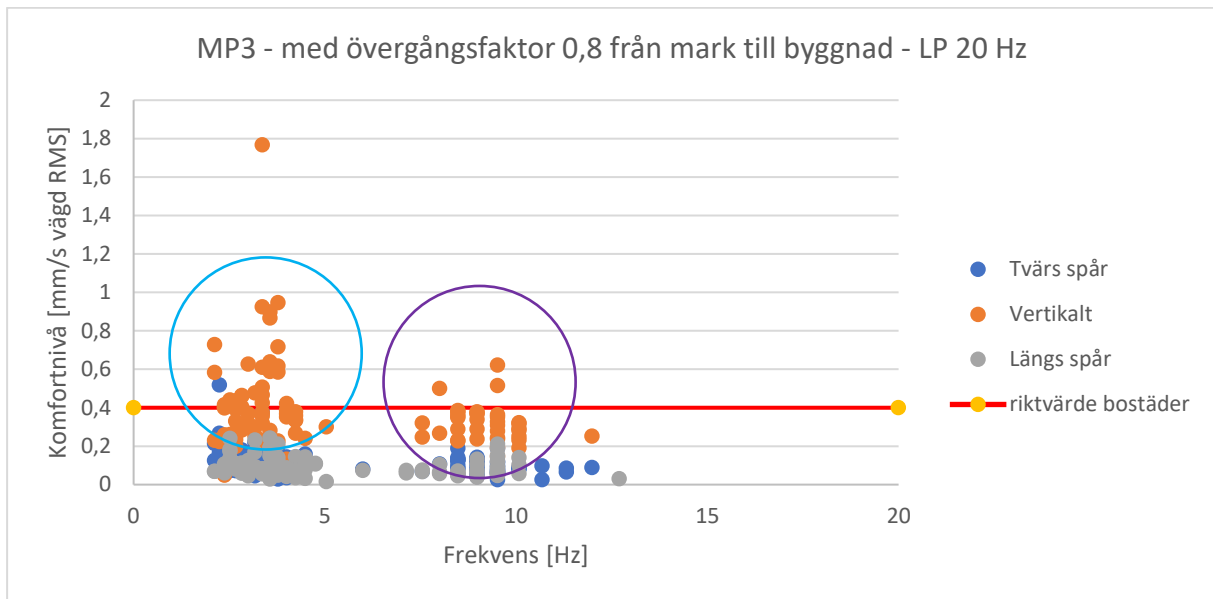
Två typer av störningar kan urskiljas där vi framför allt har godståg med registreringar inom frekvensområdet 2,5 – 5,0 Hz (blå ring) sedan en annan typ av störning inom cirka 8 – 12 Hz (lila ring). Stickprovsanalyser av dessa störningar inom 8 – 12 Hz visar att de troligen uppstår från fordonstrafik dvs ej spårburen trafik.



Figur 5.4 Högsta komfortnivå från responsspektraberäkningar ($Q=10$) och vid vilken frekvens den uppträder för registreringar där tröskelvärdet i mark överskridits, mätpunkt 1. Resultat vid högre frekvenser än 20 Hz har filtrerats bort.



Figur 5.6 Högsta komfortnivå från responsspektraberäkningar ($Q=10$) och vid vilken frekvens den uppträder för registreringar där tröskelvärdet i mark överskridits, mätpunkt 2. Resultat vid högre frekvenser än 20 Hz har filtrerats bort samt de 4 högsta registreringarna från komfortmätning i figur 5.2 p.g.a. störningar från fordon.



Figur 5.7 Högsta komfortnivå från responspektraberäkningar ($Q=10$) och vid vilken frekvens den uppträder för registreringar där tröskelvärdet i mark överskridits, mätpunkt 3. Resultat vid högre frekvenser än 20 Hz har filtrerats bort.

5.4 Nordtest metod NT ACOU 082

För uppskattning av vibrationsnivå i vertikal riktning på golv relativt uppmätt vibrationsnivå i vertikal riktning i husgrund finns följande schablonvärden: för uppräkningsfaktorer:

- Envåningshus, eller första våningen i tvåvåningshus, med träbjälklag *4
- Övre våningen i tvåvåningshus med träbjälklag *10
- Flervåningshus med betongbjälklag *2,5

För uppskattning av vibrationsnivå i horisontell riktning på golv/vägg relativt uppmätt vibrationsnivå i vertikal riktning i husgrund finns följande schablonvärden för uppräkningsfaktorer:

- Envåningshus, eller första våningen i tvåvåningshus, med träbjälklag *1,8
- Övre våningen i tvåvåningshus med träbjälklag *10
- Flervåningshus med betongbjälklag *1,1

Bakom dessa schablonvärden döljer sig mätningar med stor spridning i mätresultaten. Starkt påverkande faktorer är hur den aktuella, uppmätta vibrationens frekvensinnehåll "matchar" egenfrekvenser i den aktuella byggnaden. Markvibrationens frekvensinnehåll påverkas av typen av trafik (vikt, hastighet, hjulavstånd, spårkvalitet) samt marktyp. En byggnads egenfrekvenser är beroende av bärande konstruktioners spännvidder, styvhet och vikt.

Maximal uppmätta vibrationsnivåer i mark för respektive mätpunkt (vertikal riktning) har använts som ingångsdata. För övergång från mark till byggnad har en faktor 0,8 används. Schablonvärdena ovan har sedan använts för att beräkna vibrationsnivåer för ett flervåningshus med betong- respektive träbjälklag, resultaten presenteras i **tabell 5.1**.

Tabell 5.1 Beräknade maximala komfortvärden för byggnad med betong- respektive träbjälklag baserade på maximalt uppmätta vibrationsnivåer i vertikal riktning enligt tabell 5.2. Beräkningar utförda enligt Nordtest metod NT ACOU 082.

Registrering	NT ACOU 082 Horisontellt (vägd RMS [mm/s]) Betong / Trä	NT ACOU 082 Vertikalt (vägd RMS [mm/s]) Betong / Trä
MP1	0,19 / 1,8	0,44 / 1,8
MP2	0,30 / 2,7	0,68 / 2,7
MP3	0,13 / 1,2	0,30 / 1,2

5.5 Sammanställning av resultat

För det maximalt registrerade mätresultatet har sedan de med högst amplitud från de båda utvärderingsmetoderna valts ut och sammanställts i **tabell 5.2** och **tabell 5.3**, för vertikal respektive horisontell riktning. Enstaka avvikande registreringar för MP2 och MP3 har redigerats bort. Båda metoderna har använt en faktor 0,8 för övergång från mark till byggnad, vilket enligt Nordtest metod NT ACOU 082 motsvarar husgrund utan källare. Dvs beroende på grundläggning kan denna övergång från mark till byggnad möjligen reduceras ytterligare, framför allt med avseende på fordonstrafik.

För vertikal riktning är det egenfrekvenser i bjälklag som är av intresse och för horisontell riktning är det egenfrekvenser i grund och byggnad som är av intresse.

Tabell 5.2 Sammanställda resultat med högsta nivåer i vertikal riktning från uppmätt komfortnivå i mark och utvärderingar med de båda responsmetoderna är korrigerade med avseende på övergång från mark till byggnad.

Mätpunkt	Komfortnivå i mark Vertikalt vägd RMS [mm/s]	Responspektra Vertikalt vägd RMS [mm/s]	NT ACOU 082 Vertikalt vägd RMS [mm/s] (Betong / Trä)
MP1	0,26 (5 Hz)	1,0 (3,6 Hz)	0,44 / 1,8
MP2	0,34 (5 Hz)	1,8 (4,0 Hz)	0,68 / 2,7
MP3	0,28 (7 Hz)	0,95 (3,8 Hz)	0,30 / 1,2

Tabell 5.3 Sammanställda resultat med högsta nivåer i horisontell riktning från uppmätt komfortnivå i mark och utvärderingar med de båda responsmetoderna är korrigerade med avseende på övergång från mark till byggnad.

Mätpunkt	Komfortnivå i mark Horisontellt vägd RMS [mm/s]	Responspektra Horisontellt vägd RMS [mm/s]	NT ACOU 082 Horisontellt vägd RMS [mm/s] (Betong / Trä)
MP1	0,15 (5 Hz)	0,63 (11 Hz)	0,19 / 1,8
MP2	0,20 (12 Hz)	0,55 (8,5 Hz)	0,30 / 2,7
MP3	0,09 (16 Hz)	0,52 (2,2 Hz)	0,13 / 1,2

6 Kommentarer till resultat

6.1 Komfortvibrationer

I samtliga responspektraberäkningar har en faktor 0,8 använts för övergång från mark till byggnad. Denna faktor är svår att med säkerhet fastställa beroende på olika byggnaders grundläggning och tyngd.

6.1.1 Mät punkt 1 och 2

Uppmätta nivåer är generellt låga i mark och komfortnivåer i mark överskrider gränsen 0,4 mm/s vägd RMS endast vid något enstaka tillfälle vilket betecknar gränsen för "Måttlig störning" enligt svensk standard. Dessa enstaka händelser i MP 2 överskrider och bedöms bero på yttre störningar och avviker även från resultat i bilaga 1, dessa har därför redigerats bort i denna analys. Maximalt uppgick komfortnivåer i mark för vertikal riktning till 0,26 respektive 0,34 (0,58 enligt bilaga 1) mm/s vägd RMS för MP1 respektive MP2.

Beräkningar av responspektra och "värsta fall" visar att maximalt skulle komfortnivåer kunna uppgå till **1,8 mm/s vägd RMS** för mätning i MP 2 med en faktor 0,8 för övergång från mark till byggnad. De maximala nivåerna är framför allt lågfrekventa och uppstår mellan 2,5 – 5 Hz, för vertikal riktning är det egenfrekvens i bjälklag som är av intresse och normalt ligger egenfrekvens för bjälklag inom 5 – 10 Hz. Genom att sortera bort dessa lågfrekventa maxnivåer medför istället **0,9 mm/s vägd RMS** vid 8,5 Hz störst risk för komfortstörning i MP2. För MP 1 är motsvarande **0,8 mm/s vägd RMS** vid 12 Hz. För fordonstrafik och vibrationer i mark är erfarenheten att en faktor 0,4 mer relevant för övergång från mark till byggnad då det tal om stora tunga byggnader. Dvs en halvering av resultaten för responspektraberäkningarna för fordonstrafik inom frekvensområdet 8-12 Hz.

Risk för vibrationsstörningar föreligger därmed i området kring mät punkt 1 och 2, men kräver då någon typ av förstärkning av de planerade byggnader för respektive frekvensområde. Principiella åtgärder för att reducera vibrationsnivåer är att byggnad byggs med tung källgrund, pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud samt styva bjälklagskonstruktioner med hög egenfrekvens.

För horisontell riktning uppgår responspektraberäkningar till cirka 0,6 mm/s vägd RMS vid 8,5 Hz respektive 11 Hz. För det lägre frekvensområdet uppgår de till 0,32 mm/s vägd RMS vid 3,5 Hz för MP1 och för MP2 till 0,44 mm/s vägd RMS vid 4,0 Hz. Överslagsmässigt kan egenfrekvens i horisontell riktning för byggnad beräknas genom $48/H$ där H motsvarar byggnadshöjd i meter. Genom att uppföra byggnad med hög sidostyvhet för hög lägsta egenfrekvens kan vibrationsnivåer reduceras. För en 6-våningsbyggnad skulle schablonmässigt egenfrekvens beräknas till cirka $48/18=2,7$ Hz.

Genom att beakta en eller flera av dessa alternativ för åtgärder bedöms det möjligt att bebygga området i närheten av MP 1. Främst är det av vikt att inte byggnader medför att egenfrekvenser i byggnader förstärker inkommande vibrationer från spårtrafik.

- Pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud.
- Bjälklagskonstruktioner dimensioneras med egenfrekvens > 5 Hz.
- Beakta horisontella störfrekvenser vid 2-5 Hz för området närmast Hamnbanan (MP2)

6.1.2 Mät punkt 3

För MP 3 uppmättes maximalt komfortnivåer i mark till 0,28 mm/s vägd RMS i vertikal riktning vilket ej överskrider gränsen 0,4 mm/s vägd RMS. Responsspektraberäkningar visar att komfortnivåer skulle kunna uppgå till 0,95 mm/s vägd RMS i vertikal riktning med en faktor 0,8 i övergång från mark till byggnad. För horisontell riktning uppgår responsspektraberäkning till 0,52 mm/s vägd RMS vid 2,2 Hz.

Vibrationsstörningar från Hamnbanan bör teoretiskt vara ca 20% lägre jämfört med mät punkt 1 men denna mät punkt är även nära belägen spårvagnstrafik som normalt genererar vibrationstörningar inom samma frekvensområde som godståg (2-6 Hz).

Viss risk för vibrationsstörningar föreligger alltså även för området kring mät punkt 3 men kräver även här en matchning av egenfrekvens i bjälklag. Även här rekommenderas att bjälklag dimensioneras till en egenfrekvens över 5 Hz. För horisontell riktning är det endast en registrering under 7 dygn som resulterar i att responsspektraberäkningar överskrider 0,4 mm/s vägd RMS och risk för störning bedöms därmed som liten.

Genom att beakta en eller flera av dessa alternativ för åtgärder bedöms det möjligt att bebygga området omkring MP 3.

- Pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud.
- Styva bjälklagskonstruktioner med hög egenfrekvens (> 5 Hz)

6.2 Planerad spårväg

Erfarenhet från tidigare mätningar i mark för spårväg visar att på 14 meter uppmättes cirka 0,4 mm/s vägd RMS i mark. Med en övergångsfaktor på 0,8 från mark till byggnad samt en avståndskorrigeringsfaktor skulle man kunna erhålla 0,38 mm/s vägd RMS på cirka 10 meters avstånd från spårväg.

Det är då starkt beroende av markförhållanden och hastighet på spårvagnar för aktuell sträcka, dvs med ökad hastighet ökar teoretiskt vibrationsamplituderna.

Enligt tidigare stycke för responsspektrumberäkningar innebär ett avstånd på 10 meter att ingen förstärkning inom byggnad tillåts utan att risk för vibrationstörningar föreligger. Erfarenhetsmässigt från tidigare mätningar erhöles att vibrationer från spårväg uppstår inom frekvensområdet 2 – 6 Hz.

För att beakta risk för vibrationer från spårväg bör båda dessa kriterier uppfyllas:

- Minsta avstånd från räl till byggnader: 10 meter
- Bjälklagskonstruktioner med egenfrekvens > 6 Hz.

Om avståndet är större minskar sedan vikten av egenfrekvens i bjälklag är högre än 6 Hz men krävs relativt stora avstånd för att kunna uteslutas som kriterier. Normalt ligger egenfrekvens för bjälklag inom 5 – 10 Hz vilket medför att detta kriterium normalt inte är en stor kostnadsdrivande del men bör kontrolleras för de planerade byggnaderna.