

Teknikspecifikt PM för Detaljplan

Skår - Blandad stadsbebyggelse vid Almedals fabriker, Göteborg

# Vibrationsutredning

Teknikansvarig  
Mats Hammarqvist  
Teknikområde

Datum  
2022-02-21  
Version

Projekt ID  
210398

Rapport-ID  
Vibrationsutredning  
Kund  
Wallenstam, Platzer, Svenska hus

## Vibrationsutredning

Teknikspecifikt PM för Detaljplan

Skår - Blandad stadsbebyggelse vid Almedals fabriker,  
Göteborg

## Innehållsförteckning

|       |                                                                                         |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Bakgrund .....                                                                          | 5  |
| 2     | Underlag .....                                                                          | 7  |
| 2.1   | Geoteknik.....                                                                          | 7  |
| 3     | Metod .....                                                                             | 9  |
| 3.1   | Mätningar.....                                                                          | 11 |
| 3.2   | Beräkningar.....                                                                        | 12 |
| 3.2.1 | Spårburen trafik.....                                                                   | 12 |
| 3.2.2 | Vägtrafik.....                                                                          | 13 |
| 4     | Riktvärden.....                                                                         | 14 |
| 4.1   | Riktvärden Svensk Standard .....                                                        | 14 |
| 4.2   | Riktlinjer Trafikverket .....                                                           | 15 |
| 4.3   | Trafikkontoret Göteborg .....                                                           | 15 |
| 4.3.1 | Riktvärden för människor i byggnader, vid planering .....                               | 16 |
| 4.3.2 | Riktvärden för åtgärder i befintlig miljö.....                                          | 16 |
| 4.4   | Riktlinjer Buller och Vibrationer – Trafikförvaltningen Stockholms läns landsting ..... | 16 |
| 5     | Resultat .....                                                                          | 16 |
| 5.1   | Uppmätta vibrationer.....                                                               | 16 |
| 5.1.1 | Frekvensinnehåll .....                                                                  | 19 |
| 5.2   | Beräknade markvibrationer från Mölndalsvägen/spårväg .....                              | 20 |
| 6     | Slutsats.....                                                                           | 20 |

## Bilagor

|               |                                              |
|---------------|----------------------------------------------|
| Bilaga 1..... | Vibrationshastigheter under hela mätperioden |
|---------------|----------------------------------------------|

## Sammanfattning

Det förekommer vibrationer i marken inom detaljplanen som kan innebära höga vibrationer i framtida byggnader. Hänsyn till detta krävs vid projektering av byggnader och grundläggning.

För bostäder behöver byggnaderna utformas så att byggnadens grundläggning och stomme inte förstärker den uppmätta vibrationen i mark. Utan anpassningar bedöms vibrationshastigheten i byggnaderna vara i storleksordningen 1,0 mm/s. Det kan innebära behov av en pålad grundläggning med spetsburna pålar, bjälklag som har sina egenfrekvenser  $> 10$  Hz och ett styvare/tyngre garageplan som har en större utbredning som knyter samman fler av bostadshusen. För endast källare under enskild byggnad saknas verifiering att det reducerar vibrationer upp i byggnaden i någon större omfattning. Vibrationerna ökar oftast något på högre plan.

Motsvarande åtgärder kan krävas för kontor beroende på vilket riktvärde som ska klaras. Inom kontor brukar högre vibrationshastigheter accepteras. Utförs inte byggnaden med hänsyn till markvibrationerna finns dock stor risk för att vibrationshastigheterna blir över  $v_w = 1,0$  mm/s vilket bedöms som sannolikt störande vid passager av godståg. Vi har inte haft möjlighet att identifiera vibrationshastigheter dagtid från persontåg då det pågått byggarbeten på platsen. Passagerartåg vid likvärdiga hastigheter som godståg ger lägre vibrationshastigheter till omgivningen.

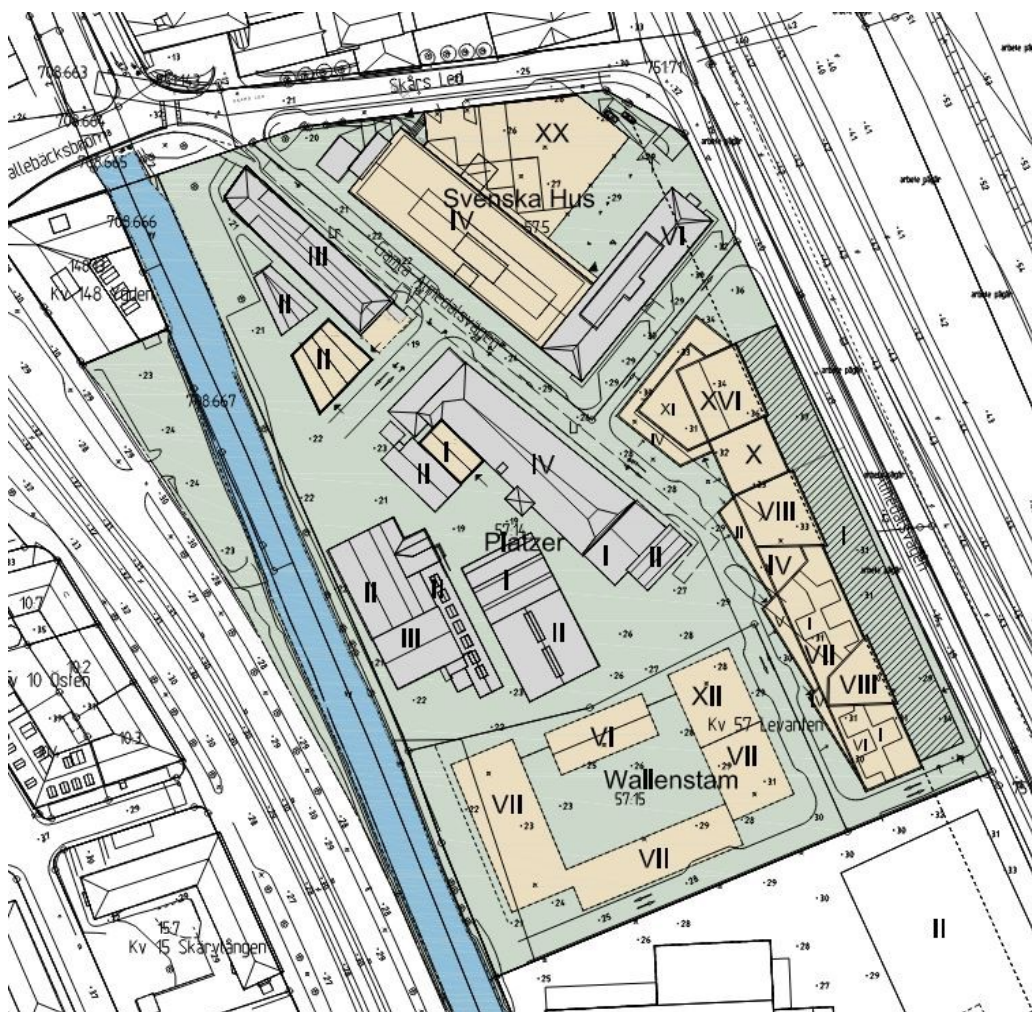
Planbestämmelse för vibrationer inom bostäder rekommenderas då det inte finns några nationella råd från Naturvårdsverket eller Boverket.

# 1 Bakgrund

Göteborgs Stad ska ta fram en detaljplan vid Almedal : Skår - Blandad stadsbebyggelse vid Almedals fabriker, Göteborg.

Planområdet ligger mellan Mölndalsvägen och E6 norr om Kallebäcksmotet. Planens syfte är att möjliggöra en blandad stadsbebyggelse med bostäder, kontor och lokaler i bottenvåningarna, som ett led i omvandlingen av Mölndalsåns dalgång till en mer stadsmässig blandstad. Detaljplanen föreslår ett kvarter med bostäder i sydvästra delen av planområdet och byggnader för kontor utmed den östra delen. Mot Gamla Almedalsvägen ska bottenvåningar innehålla lokaler för centrumverksamhet. Bebyggelsen tillåts i 5-7 våningar samt två högre delar med 16 våningar. Inom området bedöms att det kan inrymmas 200-250 bostäder och ca 58 000 kvm kontor, lokaler och andra verksamheter.

AFRY har fått i uppdrag att komplettera underlaget med en vibrationsutredning. Som en del i detaljplanearbetet har AFRY utrett hur vibrationer från omkringliggande infrastruktur, främst järnvägen, påverkar om planen är genomförbar med hänsyn till vibrationer och om bebyggelse behöver anpassas med avseende på vibrationer.



Figur 1 Utredningsområde. Bostäder inom kvarter märkt Wallenstam och verksamheter och kontor i övriga byggnader.

Orsaken till kompletteringen är Trafikverkets samrådssvar som redovisas.

## Vibrationsutredning vid planering av ny bebyggelse

### Behov av utredning

Vibrationsutredningar ska utföras i samband med framtagande av detaljplaner och bygglov, utom när det är uppenbart onödigt. Hänsyn ska även tas till framtida trafik.

Behovet av vibrationsutredningar beror primärt på fyra olika faktorer: vibrationskällan, markens geologi, avstånd till bebyggelse som ska skyddas, samt byggnadskonstruktion och grundläggning. Vibrationskällan har stor betydelse för uppkomst av vibrationer. Källan kan vara vägtrafik, eller person- eller godståg. Ju tyngre fordonet är, desto större risk för vibrationer. Markgeologin är också betydelsefull. I lös mark kan till exempel vibrationer från tåg fortplantas långa sträckor till relativt höga kännbara nivåer. Lera, sand, silt, torv och andra lösa jordarter ökar risken för vibrationer upptill ett antal hundra meter. En annan grundläggande faktor är avståndet mellan spår eller väg och planerade byggnader. De planerade byggnadernas förstärkningsfaktor är också en viktig parameter, som varierar kraftigt. I ett exempel där riktvärdet för byggnaden intill en väg överskreds var vibrationerna i husets grundmur relativt beskedliga, men vibrationerna förstärktes av stommen eller bjälklaget. Utformningen av planerad bebyggelse är därmed viktig för att förhindra vibrationer i byggnaden. Kommunen bör alltid ta ställning till behovet av vibrationsutredningar. Trafikverket anser att bedömningar om behov av vibrationsutredningar längs järnväg bör göras inom 200-300 meter från järnvägen. Även behov av vibrationsutredningar till följd av vägtrafik behöver bedömas. Dessa kan dock oftast begränsas till ett avstånd av ca 50 meter från infrastrukturen. Om kommunen bedömt att en vibrationsutredning inte behövs så bör kommunen presentera motivering och underlag för den bedömningen.”

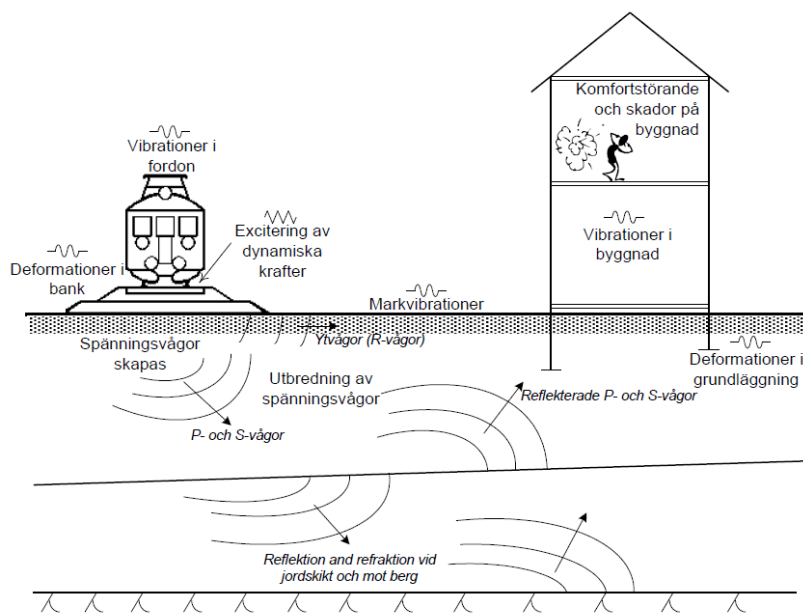
### Vibrationsmätning

Vibrationsmätning bör utföras enligt Svensk Standard - *SS 460 48 61 Vibration och stöt – Mätning och riktvärden* och i utredningar där inga befintliga byggnader finns får *SS 460 48 61* användas i tillämplar omfattning vid mätning i mark. Viktigt att samtliga passager bör registreras i sin helhet med sådan mätutrustning att signalerna senare kan analyseras med avseende på t.ex. resonanseffekter och dominerande frekvenser. Mättiden för varje passage bör pågå från strax innan givarna börjar reagera på fordonets ankomst till dess ”lugnet åter lagt sig”. Vid passage av långa godståg blir insamlingstiden 30–35 sekunder. För att spegla trafikeringens olika variationer så bör mätperioden uppgå till en vecka.

### Rapportering

Rapportering bör också ske i tillämplbara delar enligt *SS 460 48 61* samt enligt Banverkets och Naturvårdsverkets riktlinjer *Buller och vibrationer från spårburen linjetrafik- riktlinjer och tillämpning*. För att Trafikverket skall kunna bedöma vibrationsmätningen bör mätningen redovisas i vibrationshastighet mm/s gärna med dominerande frekvenser. För att utredningen skall vara fullständig krävs att det finns en bedömning av vibrationsnivå för planerad byggnad med hänseende till grundläggning, byggnadsstomme, bjälklag och antal våningsplan. Är ovannämnda faktorer okända bör det finnas en bedömning av vad som är möjligt att bygga avseende konstruktion och våningsplan.

Figur 2 Trafikverkets samrådssvar - notera att metod som beskrivs gäller befintliga hus. Vissa metodjusteringar för mätning är nödvändiga vid mätningar i mark för prognoser.



Figur 3 Schematisk beskrivning hur vibrationer i mark uppstår från fordonet och överförs till byggnad (Källa: Jord- och bergdynamik, IVA Rapport 206)

## 2 Underlag

- Vägtrafikinformation från "PM Underlag miljöbedömning Lindholmen", WSP 2020-04-15
- Mätinformation vibrationer från Trafikverket/Västlänken – kontrollmätning av vibrationer från byggverksamhet -Almedalsvägen MP 130 (2020-01-01–2021-12-21) – PEAK-värden
- Mätinformation vibrationer från Trafikverket/Västlänken – kontrollmätning av vibrationer från byggverksamhet -Lyckholms Bryggeri MP 129 (2018-04-01–2019-08-01) – PEAK-värden
- PM Geoteknik - Almedals fabriker, Skår 57:14 m. fl., INHOUSE TECH, 2015-10-22

### 2.1 Geoteknik

Följande underlag har använts för att avgöra geotekniska förutsättningar för vibrationsutredningen:

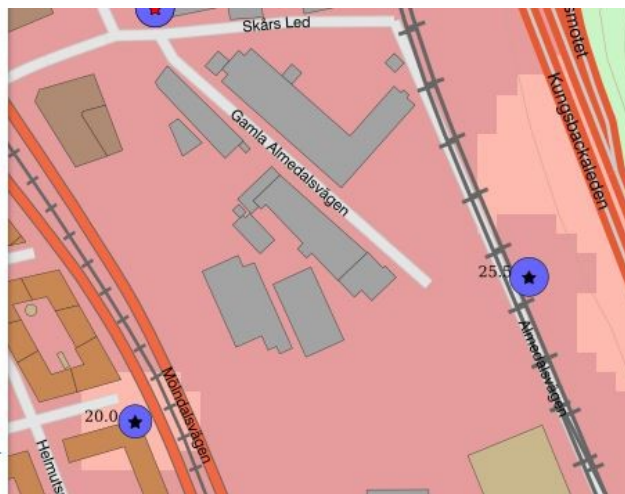
- PM Geoteknik - Almedals fabriker, Skår 57:14 m. fl., INHOUSE TECH, 2015-10-22
- SGU:s Kartvisare "Jordarter 1:25 000–1:100 000"
- SGU:s Kartvisare , Jorddjup
- [https://gis.swedgeo.se/metodik\\_kvicklara/](https://gis.swedgeo.se/metodik_kvicklara/)



Figur 4 SGU - Kartvisaren "Jordarter 1:25 000-1:100 000" med en översiktlig bild av jordarternas läge och jordartsföljd (skala 1:25000 i detta område).

Postglacial lera

Jorddjup 10x10m raster, skattat jorddjup till berg (m)



Figur 5 SGU - jorddjupskarta (20-30 meter på platsen)

Vid kontroll för risk för kvicklera så kan detta vara ett område där det förekommer.

Enligt PM geoteknik förekommer gyttja i planens nordvästliga del och mer generellt finns en siltig lera med låg skjuvhållfasthet ( $\tau_{fu} = 12 \text{ kPa}$ ) och hög sensitivitet (möjlig kvicklera). Området har ett övre lager med fyllning med begränsad mäktighet. Geotekniken indikerar stor risk för spridning av vibrationer inom området.

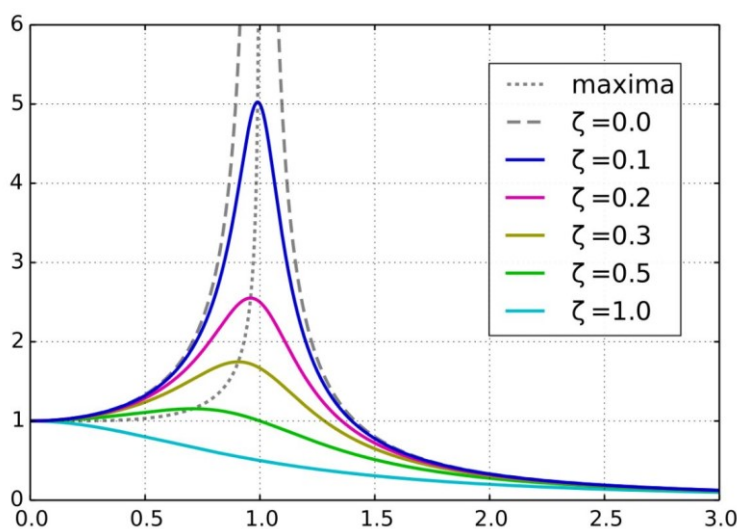
### 3 Metod

Utredningen har valt att göra mätningar av vibrationshastigheter från järnvägstrafiken. Avståndskorrigerings har utförts med egenutvecklad semi-empirisk beräkningsmodell.

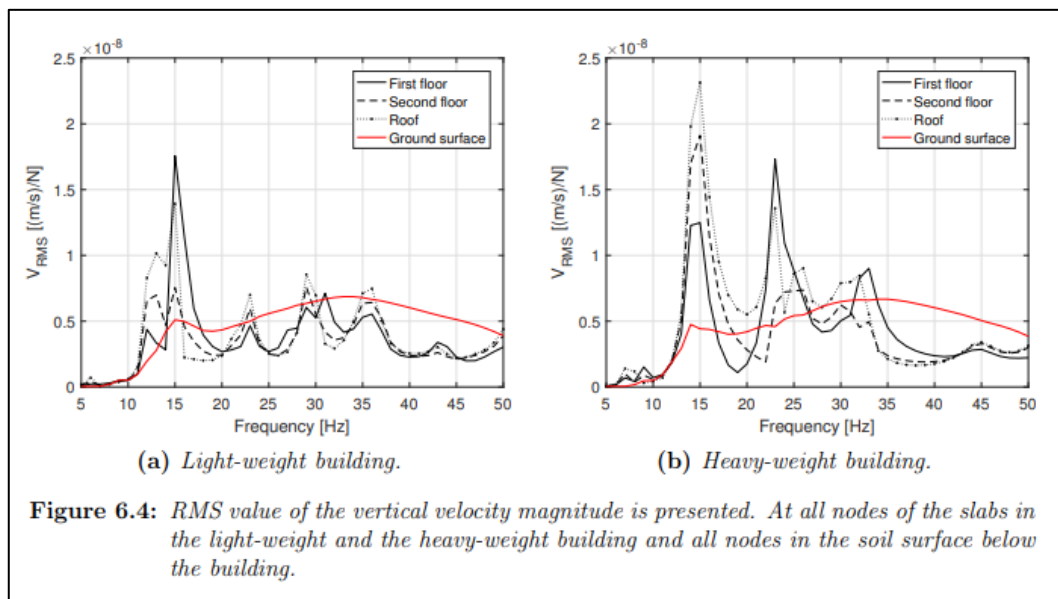
Översiktlig beskrivning av geologi på platsen har inhämtats från SGU:s jordartskarta på nätet samt utförda geoteknikutredningar i området.

För att bedöma risken för vibrationer i framtida byggnader har vi inventerat vilken så kallad förstärkningsfaktor som normalt kan förekomma vid byggnader. En generell utredning som sammanställer detta är "Analysis and Estimation of Residential Vibration Exposure from Railway Traffic in Sweden", Chalmers/TrV, (Arnesson, Analysis and Estimation of Residential Vibration Exposure from Railway Traffic in Sweden, 2016) som innehåller en sammanställning av mätningar inom ett mycket stort antal hus längs Sveriges järnvägar. Förstärkningsfaktor Q har i denna utredning visat sig vara som mest ca 1,5.

Vi har tagit viss hänsyn till hur markvibrationerna kan förstärkas till byggnad då frekvensen i mark överensstämmer med bjälklag och byggnad. Det finns fall då förstärkningsfaktorn kan vara så stor som  $Q = 10$  i nästan odämpade konstruktioner (Figur 6). Det kan dock konstateras att då denna redovisas i NT ACOU 082 Buildings: "Vibration and shock, evaluation of annoyance" så avser den överföringen från hussockel till våningsplan. Vi har dock antagit att bjälklaget har en överföringsfaktor relativt mark på  $Q=3-4$  vid lätt byggnad trähus med regelstomme, normala dämpningar, för flerbostadshus (Figur 7) och kring  $Q = 2$  för betongstommar. Detta är värden med stor standardavvikelse. Det saknas idag underlag som visar hur en byggnad i korslaminerat trä påverkas av vibrationer i marken. Värdena grundar sig dels på Trafikverkets inventeringar där de utrett överföringsfaktorer för ett stort antal från mark till byggnad, dels på examensarbete från Lunds Universitet (Rickard Torndahl, 2017). Trafikverkets utredning anger lägre överföringsfaktor i normalfallet. Vi förutsätter en något ofördelaktig anpassning av byggnadens egenfrekvenser och markens egenfrekvenser.



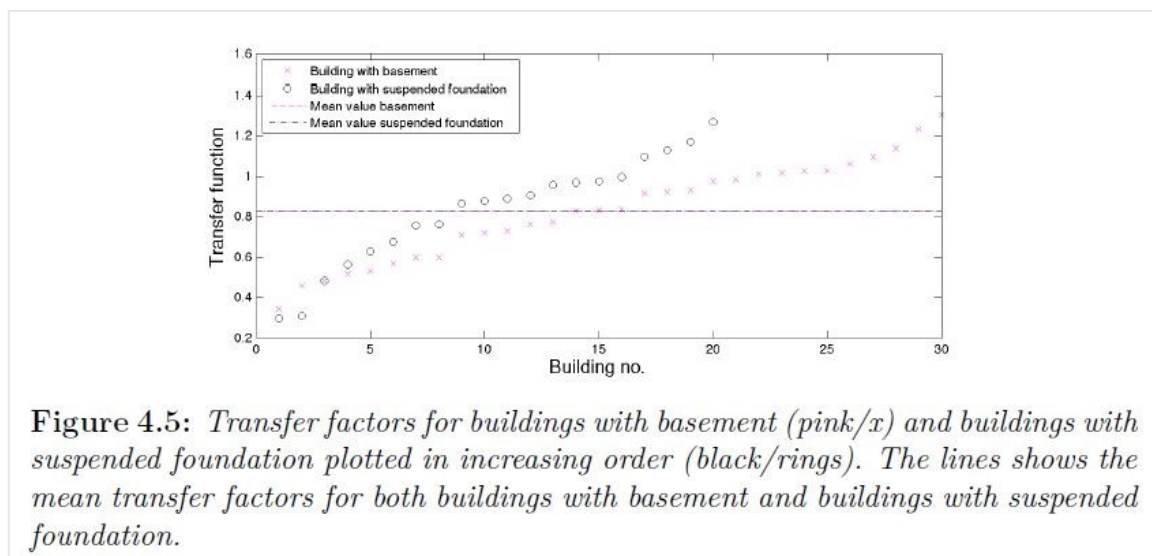
Figur 6 Amplitudrespons för ett enfrihetsgradssystem vid en **kontinuerlig** harmonisk vibration vid diskreta frekvenser  $\omega/\omega_0$  beroende av dämpningskvot (dämpning relativt kritisk dämpning).



Figur 7 Exempel på beräkningsmässig respons hos trähus relativt tung byggnad med pelare och bjälklag i betong. Röd linje avser vibrationshastighet i mark. (Rickard Torndahl, 2017)

Husets respons förutsätter att hus är utformat enligt följande eller likvärdigt dokument:

- Design of floor structures for human induced vibrations, JRC – ECCS cooperation
- Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk - Byggnaders samt gång- och cykelbroars brukbarhet med hänsyn till svängningar och vibrationer ISO 10137:2007, IDT)- SS-ISO 10137:2008



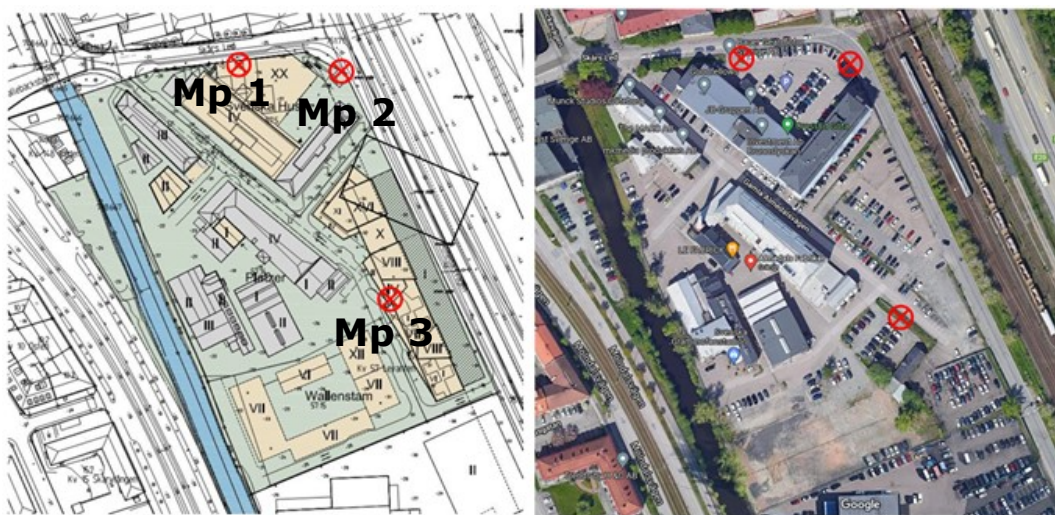
Figur 8 Uppmätt förstärkningsfaktor i 52 hus i svensk geologi. Stor inventering utförd på uppdrag av Trafikverket (Arnesson, Analysis and Estimation of Residential Vibration Exposure from Railway Traffic in Sweden, 2016). Notera att det endast är en delmängd av husen som är flerbostadshus.

Orsaken till val av metod är följande:

- Då det finns en befintlig järnväg så är det enklast att mäta vibrationshastigheter på plats.
- Bedömning av förstärkningsfaktorer varierar stort mellan olika byggnader. Vi har genom utförd inventering av typiska förstärkningsfaktorer valt ett värde som vi bedömer ligga på säkra sidan (dialog har förts med Lunds universitet)
- Att göra en analytisk modell i FEM eller liknande är en omfattande arbetsuppgift som är känslig för val av ingående material och knutpunkters egenskaper.

Beräkning med enklare beräkningsmodell har lägre tillförlitlighet än mätningar på plats men har utförts för att bedöma risk för vibrationer från spårväg och tung trafik på Mölndalsvägen.

### 3.1 Mätningar



Vibrationsmätning har i tillämpliga delar utförts enligt Svensk Standard - SS 460 48 61 Vibration och stöt – Mätning och riktvärden. I utredningar där inga befintliga byggnader finns får SS 460 48 61 användas med vissa modifikationer för att mäta i mark. Montage sker med givaren nedgrävd i marken där jorden packas väl kring givaren för att mark och givare ska samverka.

På grund av pågående arbete inom västlänkens byggarbetsplats så har de tio högsta passagerarnas maximala vibrationshastigheter identifierats via tidssignal och presenteras i denna rapport. Passager har valts ut nattetid för att reducera risk för ovidkommande störningar.



## 3.2 Beräkningar

Översiktliga beräkningar har utförts med avseende på spårvagnar och tung vägtrafik som bussar och lastbilar på Mölndalsvägen. Det bör dock poängteras att det inte finns någon standardiserad nationell beräkningsmodell för att beräkna vibrationer från spårvagnar eller bussar. Det finns ramverk för att utföra beräkningar till exempel SS-ISO 14837-1:2005, Vibration och stöt – Markburet buller och markburna vibrationer från järnvägstrafik eller NT ACOU 082 Buildings: "Vibration and shock, evaluation of annoyance".

### 3.2.1 Spårburen trafik

För att framförallt korrigera vibrationshastigheter till avstånd för planerade byggnader så används en egenutvecklad semi-empirisk modell, "Beräkning av vibrationshastighet från tågtrafik", ver. 1-0-2020 som använts i flertalet infrastrukturprojekt och successivt kontrollerats inom olika projekt. I denna utredning har beräkningar endast skett med avsikt att beräkna förväntade vibrationshastigheter på avstånd som motsvarar planerade byggnader.

Mycket översiktliga beräkningar har utförts för att bedöma risk för vibrationer från spårvagnstrafik på Mölndalsvägen.

Spårvagnsbana (Vignolspår) på Mölndalsvägen är i denna utredning utformad med grundläggning motsvarande begränsad fyllning/ballast (friktionsmaterial) och slät spår- eller vägyta. Beräkningar visade låga förväntade vibrationshastigheter på aktuella avstånd.

### 3.2.2 Vägtrafik

En formel för att skatta vägtrafikinducerade vibrationer i byggnadsfundament, beroende av passerande tung trafik redovisas i **Fel! Hittar inte referenskälla..** Modellen är framtagen vid Transport and Road Research Laboratory i England. Det bör även noteras att modellen inte hanterar styvhetsskiften i underlaget där vägytan är kontinuerlig med det finns en underjordisk förstyvning. Exempel på detta är övergång från viadukt till mjuk mark, från betongplattor som används för att stabilisera spårvagnsspår till mjuk mark samt vid kulvertar och rör som korsar gata i mjuk mark.

Beräkningmodellen är vidareutvecklad och anpassad av ÅF Ljud och Vibrationer för att prediktera komfortstörande vibrationer och för utvärdering enligt SS 4604861, bland annat genom Vägverkets beräkningshandledning och en mängd mätresultat som ÅF Ljud och Vibrationer genomfört.

Vägyta har ansatts vara slät utan några sneda brunnar eller andra ojämnheter. VägbanEOjämhet är ansatt till max 10 millimeter.

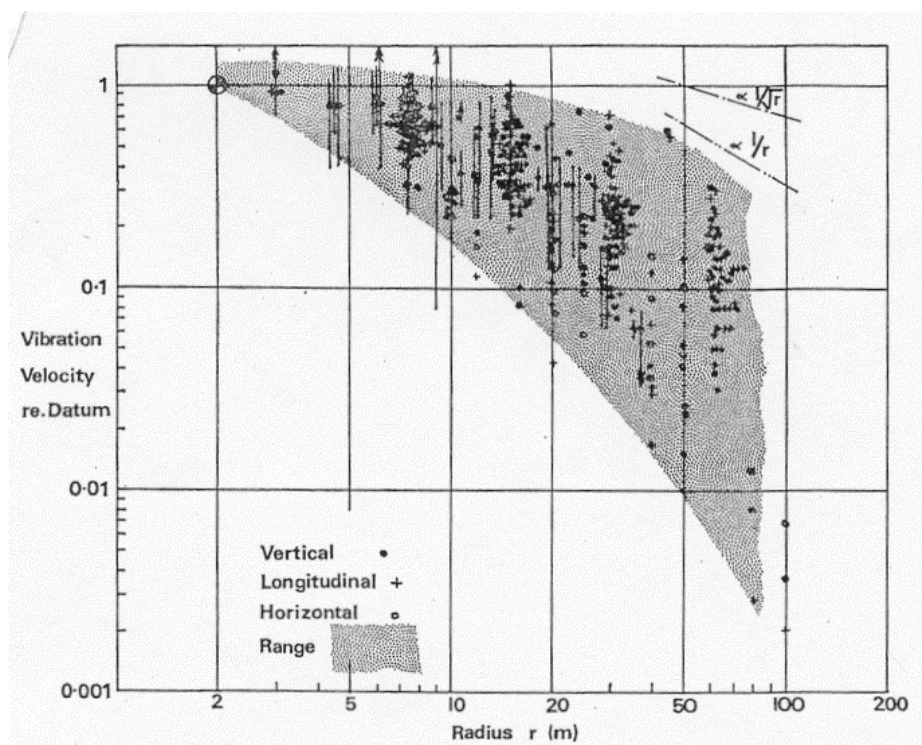
Vid bedömning av risk för obehagsupplevelser i byggnaden behövs en uppskattning av vibrationerna uppe i själva stommen. Vibrationerna kan då öka jämfört med vibrationen i husgrunden på grund av resonanser i golv och väggar. I allmänhet är det golven som är avgörande, och en korrektionsfaktor i storleksordningen 2,0 är inte helt ovanlig.

$$PPV = 0.028 \cdot a \cdot \frac{v}{48} \cdot t \cdot p \cdot \left(\frac{r}{6}\right)^x$$

*Trafikinducerade vibrationer i byggnadsfundament. Obs räknar fram topp till topp-värden (PPV)*

med följande beteckningar:

|            |                                                                           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <i>PPV</i> | <i>vibrationernas topphastighet, Peak Particle Velocity [mm/s]</i>        |
| <i>a</i>   | <i>vägbanEOjämhet (topp-till-topp) [mm]</i>                               |
| <i>v</i>   | <i>maximal hastighet på passerande fordon [km/h]</i>                      |
| <i>t</i>   | <i>markfaktor, 3 för lös lera</i>                                         |
| <i>p</i>   | <i>0,75 om vägojämheten endast finns i det ena hjulspåret, annars 1,0</i> |
| <i>r</i>   | <i>avstånd till vägbanan [m]</i>                                          |
| <i>x</i>   | <i>avståndspotens</i>                                                     |



Figur 9 Exempel på minskning av markvibration med avståndet för att exemplifiera riskavstånd.  
(Källa: Transport and Road Research Laboratory)

## 4 Riktvärden

Det finns idag inget tydligt vibrationskrav rörande komfortstörande vibrationer. En sammanställning har utförts inom Nationell samordning av omgivningsbuller där de konstaterar att omgivningsbuller och vibrationer hanteras olika av flera svenska myndigheter. Naturvårdsverket har till uppdrag att samordna myndigheternas arbete för att effektivisera, stärka och tydliggöra samarbetet. Inom detta arbete finns en sammanställning av underlag för att ta fram ett framtida vibrationsråd från Svenska Myndigheter. Trafikverkets riktlinjer används idag ofta vid störningar från infrastruktur. På nationell nivå finns det inga uttryckliga riktvärden för kontor.

### 4.1 Riktvärden Svensk Standard

Markvibrationer kan ge påverkan både på människor och på byggnader. Känslig utrustning kan också påverkas och i extrema fall finns det en risk att skador på byggnader och andra konstruktioner kan uppstå. Människor kan uppleva vibrationer på olika sätt främst beroende på frekvensområde (relevant frekvensområde är 1-80 Hz) eller som ljud.

TABELL 1 RIKTVÄRDEN FÖR KOMFORT I BYGGNADER ENLIGT SVENSK STANDARD SS 460 48 61 "VIBRATION OCH STÖT – MÄTNING OCH RIKTVÄRDEN FÖR BEDÖMNING AV KOMFORT I BYGGNADER". RIKTVÄRDEN NEDAN AVSER VÄGD HASTIGHET

|                   | Vägd hastighet [RMS 1s] | Upplevelse                                              |
|-------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| Måttlig störning  | 0,4 – 1,0 mm/s          | Ger i vissa fall anledning till klagomål                |
| Sannolik störning | > 1 mm/s                | Kännbara vibrationer och upplevs av många som störande. |

Enligt den bedömning som gjorts i samband med framtagningen av angivna riktvärden i svensk standard, anses mycket få människor uppleva vibrationer under skiktet "Måttlig störning" som störande då detta ligger mycket nära känseltröskeln.

Riktvärdena bör tillämpas vid nyetableringar och vid nybebyggelse. De kan tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder. **Riktvärdena bör tillämpas mer strikt för bostäder nattetid eftersom störd sömn är den viktigaste hälsomässiga konsekvensen av vibrationer.** Riktvärdena kan vidare användas som målsättning för långsiktig förbättring av vibrationsförhållanden i befintliga miljöer. Industri- och affärsbyggnader saknar riktvärden.

## 4.2 Riktlinjer Trafikverket

I Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg, TDOK 2014:1021, som gäller från 2016-01-01, beskrivs riktvärde som konkretisering av vad Trafikverket anser vara en god eller i vissa fall godtagbar miljö. Riktvärdena utgör Trafikverkets målnivå vid genomförande av skyddsåtgärder mot höga vibrationsnivåer inom **bostäder och vårdlokaler**.

Riktvärde för maximal vibrationsnivå för planeringsfall nybyggnad är 0,4 mm/s vägd RMS vilket avser vibrationsnivå nattetid (22-06). Riktvärdet gäller i bostadsrum i permanentbostad och fritidsbostad samt i vårdlokaler avseende utrymme för sömn och vila, eller utrymme med krav på tystnad. Värdet får överskridas högst fem gånger per trafikårsmedelnatt men får dock inte överskrida  $v_w=0,7$  mm/s vägd RMS.

Med maximal vibrationsnivå avses den högsta vibrationsnivån i samband med en enskild vibrationshändelse under en viss tidsperiod. Komfortvibrationer uttrycks som det maximala effektivvärdet (RMS-värdet) med tidsvägning S (slow enligt SS IEC 651) av den vägda hastighetsnivån i mm/s (1–80Hz).

**Det finns inga riktlinjer för skola, kontor, industrier och liknande verksamheter.**

## 4.3 Trafikkontoret Göteborg

Trafikkontoret i Göteborg tog 2006 fram ett Miljöprogram för trafiken i Göteborg som stödande dokument som avstamp för deras konkreta handlingsplaner. Där specificerades deras syn på vilka vibrationsnivåer som inte skulle överskridas.

För närvarande gäller, Principbeslut om hantering av vibrationer TN § 111/15.

#### 4.3.1 Riktvärden för människor i byggnader, vid planering

En komfortvägd vibrationshastighet på  $v_w=0,4 - 0,6$  mm/s [RMS] ska eftersträvas i permanentbostäder, fritidsbostäder och vårdlokaler. Det gäller i utrymmen där människor vistas stadigvarande.

Känsletröskeln för individer varierar inom vida gränser, bl.a. beroende av vilket psykologiskt tillstånd personen befinner sig i och vad personen för tillfället sysslar med.

*(Enligt Trafikverkets tekniska dokument TDOK 2014:1021 ver 2.0 anges att om vibrationsnivåerna uppgår till mellan 0,4 mm/s och 0,7 mm/s och riktvärden för buller överskrids ska ett särskilt övervägande göras om vilka skyddsåtgärder som är tekniskt möjliga och ekonomiskt rimliga beaktat den totala störningssituationen)*

#### 4.3.2 Riktvärden för åtgärder i befintlig miljö

Riktvärde ska eftersträvas i permanentbostäder, fritidsbostäder och vårdlokaler. Det gäller utrymmen där människor vistas stadigvarande, 1,0 mm/s vägd RMS.

*(Enligt Trafikverkets tekniska dokument TDOK 2014:1021 ver 2.0 utförs åtgärd om vibrationsnivåerna uppgår till mer än  $v_w=1,4$  mm/s nattetid (22-06) och får överskridas högst fem gånger per trafikårsmedelnatt. Åtgärder övervägs även längs järnväg om vibrationsnivån  $v_w=0,7$  mm/s överskrids fler än fem gånger per årsmedelnatt och om minst en av dessa störningshändelser överskrider 1,4 mm/s)*

### 4.4 Riktlinjer Buller och Vibrationer – Trafikförvaltningen Stockholms läns landsting

I Stockholm finns riktlinjer för vibrationer vid utbyggnad av lokal infrastruktur spårtrafik. Vid spårburen trafik används följande riktlinjer. I kontor för tyst verksamhet bör ej komfortvägd vibrationsnivå vid nybyggnation av spårinfrastruktur överskrida  $v_w=0,4$  mm/s. I affärslokaler ska ej komfortvägd vibrationsnivå vid nybyggnation av spårinfrastruktur överskrida  $v_w=1,0$  mm/s.

Dock bör målsättningen vara att innehålla  $v_w=0,4$  mm/s vid nybyggnation.

## 5 Resultat

### 5.1 Uppmätta vibrationer

Uppmätta vibrationshastigheter i mark redovisas i tabeller (Figur 10-13) . Kontroll har utförts för att säkerställa att det inte är aktiviteter inom byggarbetsplatsen som ger uppmätta värden. Detta har utförts genom att titta på tidssignalen för händelsen samt att kontrollera att tågpassagen påverkar alla mätpunkter vid passage.

|                  |          |                     |                  |                  |
|------------------|----------|---------------------|------------------|------------------|
| Avstånd          | 60 m     |                     |                  |                  |
|                  |          | Maximala RMS-värden |                  |                  |
|                  |          | Vertikalt           | Parallellt räls  | Vinkelrätt räls  |
| Tidpunkt         | Mätpunkt | RMS 1s -<br>mm/s    | RMS 1s -<br>mm/s | RMS 1s -<br>mm/s |
| 2021-11-26 01:09 | MP1      | 0,39                | 0,07             | 0,05             |
| 2021-11-26 04:10 | MP1      | 0,17                | 0,05             | 0,05             |
| 2021-11-27 00:29 | MP1      | 0,14                | 0,03             | 0,04             |
| 2021-11-27 05:25 | MP1      | 0,17                | 0,03             | 0,05             |
| 2021-11-28 03:29 | MP1      | 0,17                | 0,05             | 0,04             |
| 2021-11-29 03:40 | MP1      | 0,23                | 0,04             | 0,07             |
| 2021-11-29 01:34 | MP1      | 0,12                | 0,03             | 0,03             |
| 2021-11-25 21:17 | MP1      | 0,26                | 0,06             | 0,07             |
| 2021-11-26 01:31 | MP1      | 0,31                | 0,07             | 0,05             |
| 2021-11-26 20:56 | MP1      | 0,17                | 0,03             | 0,04             |
|                  |          |                     |                  |                  |
|                  | Max      | 0,39                | 0,07             | 0,07             |

 Figur 10 Mätpunkt 1 - Komfortvägda värden  $v_w$  [mm/s]

|                  |          |                     |                  |                  |
|------------------|----------|---------------------|------------------|------------------|
| Avstånd          | 10 m     |                     |                  |                  |
|                  |          | Maximala RMS-värden |                  |                  |
|                  |          | Vertikalt           | Parallellt räls  | Vinkelrätt räls  |
| Tidpunkt         | Mätpunkt | RMS 1s -<br>mm/s    | RMS 1s -<br>mm/s | RMS 1s -<br>mm/s |
| 2021-11-26 01:09 | MP2      | 0,42                | 0,09             | 0,10             |
| 2021-11-26 04:10 | MP2      | 0,28                | 0,08             | 0,11             |
| 2021-11-27 00:29 | MP2      | 0,33                | 0,14             | 0,15             |
| 2021-11-27 05:25 | MP2      | 0,44                | 0,21             | 0,21             |
| 2021-11-28 03:29 | MP2      | 0,32                | 0,16             | 0,14             |
| 2021-11-29 03:40 | MP2      | 0,46                | 0,11             | 0,16             |
| 2021-11-29 01:34 | MP2      | 0,23                | 0,15             | 0,15             |
| 2021-11-25 21:17 | MP2      | 0,40                | 0,13             | 0,16             |
| 2021-11-26 01:31 | MP2      | 0,35                | 0,10             | 0,16             |
| 2021-11-26 20:56 | MP2      | 0,30                | 0,15             | 0,14             |
|                  |          |                     |                  |                  |
|                  | Max      | 0,46                | 0,21             | 0,21             |

 Figur 11 Mätpunkt 2 - Komfortvägda värden  $v_w$  [mm/s]

|                  |          |                     |                 |                 |
|------------------|----------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Avstånd          | 45 m     |                     |                 |                 |
|                  |          | Maximala RMS-värden |                 |                 |
|                  |          | Vertikalt           | Parallellt räls | Vinkelrätt räls |
| Tidpunkt         | Mätpunkt | RMS 1s - mm/s       | RMS 1s - mm/s   | RMS 1s - mm/s   |
| 2021-11-26 01:09 | MP3      | 0,15                | 0,06            | 0,08            |
| 2021-11-26 04:10 | ej trigg | x                   | x               | x               |
| 2021-11-27 00:29 | MP3      | 0,14                | 0,05            | 0,06            |
| 2021-11-27 05:25 | MP3      | 0,15                | 0,06            | 0,08            |
| 2021-11-28 03:29 | MP3      | 0,24                | 0,07            | 0,08            |
| 2021-11-29 03:40 | MP3      | 0,30                | 0,07            | 0,11            |
| 2021-11-29 01:34 | MP3      | 0,20                | 0,05            | 0,06            |
| 2021-11-25 21:17 | MP3      | 0,48                | 0,13            | 0,16            |
| 2021-11-26 01:31 | ej trigg | x                   | x               | x               |
| 2021-11-26 20:56 | MP3      | 0,17                | 0,07            | 0,07            |
|                  |          |                     |                 |                 |
|                  | Max      | 0,48                | 0,13            | 0,16            |

 Figur 12 Mätpunkt 3 - Komfortvägda värden  $v_w$  [mm/s]

För att uppskatta förväntad vibrationshastighet för avstånd till framtida kontor så har en linjär interpolation utförts mellan Mp1 och Mp2 värden. Detta bör ge en marginell överskattning av vibrationshastigheten i mark då avståndsdämpningen är exponentiell.

|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
|                  | Vertikalt                   |
|                  | RMS 1s - mm/s               |
| Tidpunkt         | Interpolerat värde 15 meter |
| 2021-11-26 01:09 | 0,42                        |
| 2021-11-26 04:10 | 0,27                        |
| 2021-11-27 00:29 | 0,31                        |
| 2021-11-27 05:25 | 0,41                        |
| 2021-11-28 03:29 | 0,30                        |
| 2021-11-29 03:40 | 0,44                        |
| 2021-11-29 01:34 | 0,21                        |
| 2021-11-25 21:17 | 0,38                        |
| 2021-11-26 01:31 | 0,34                        |
| 2021-11-26 20:56 | 0,29                        |

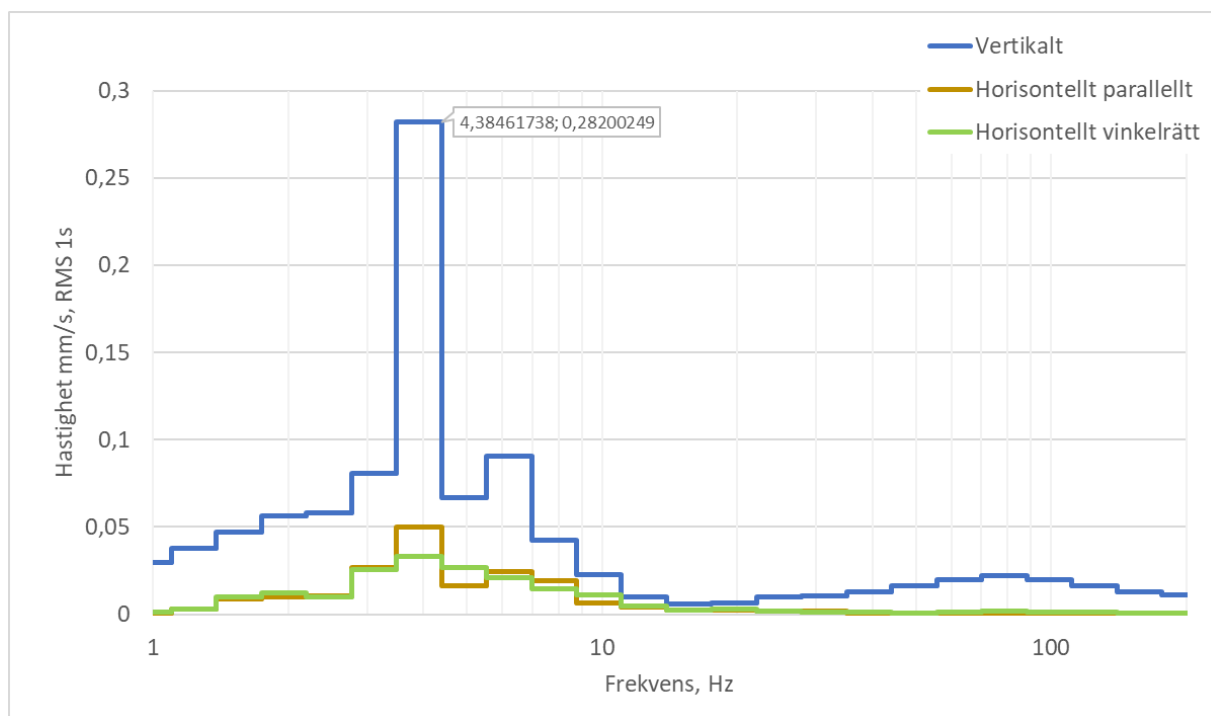
Figur 13 Beräknad vibrationshastighet i mark vid närmaste kontorsfasader.

Mätning i Mp 3 motsvarar förväntat vibrationshastighet i mark vid bostäder enligt beräkningar då skillnaden i avstånd är liten.

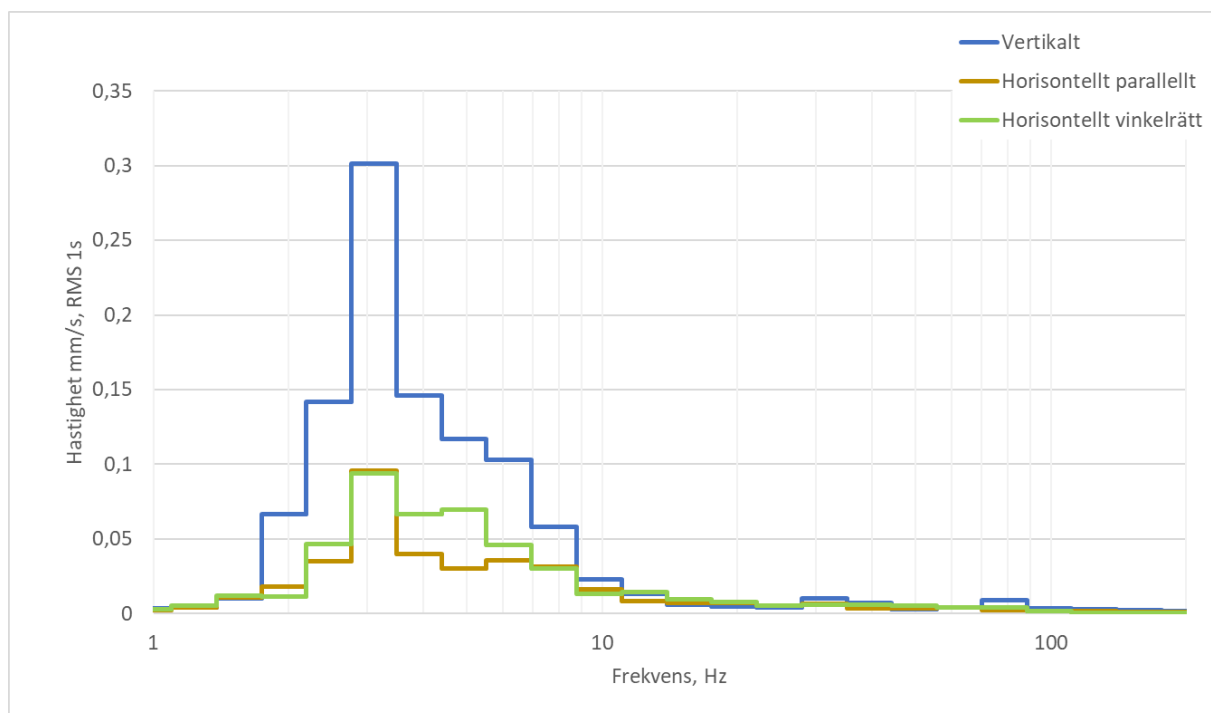
### 5.1.1 Frekvensinnehåll

Frekvensinnehållet är viktigt för att avgöra risken att störande vibrationer uppstår inom byggnader. Vid resonans är ökande vibrationer, relativt uppmätt i mark, inom byggnaden ett faktum.

Mätningar visar att frekvensinnehållet i marken finns främst under 10 Hz. De dominerande frekvenserna vid utvärderade passager är genomgående under 10 Hz. I bilden redovisas två passager med höga vibrationshastigheter. Det finns passager med frekvenstoppar inom 5-10 Hz men bidraget vid högre frekvenser är begränsat. Byggnader och grundläggning bör undvika egenfrekvenser under 10 Hz.



Figur 14 Passage 1, mätt i Mp1 med dominant frekvensinnehåll vid 4 Hz.



Figur 15 Passage 8, mätt i Mp3 med dominant frekvensinnehåll vid 3 Hz.

## 5.2 Beräknade markvibrationer från Mölndalsvägen/spårväg

Beräkningar visar att risken för vibrationer från trafik på Mölndalsvägen är låg på grund av avstånd. Viss försiktighet rekommenderas dock på grund av markens egenskaper. Vibrationer kan skapas på grund av farthinder eller andra diskontinuiteter och spridas till omgivningen. Viss hänsyn till geotekniken på platsen rekommenderas vid val av byggnadsstommar och byggnadernas grundläggning. Farthinder av typen gupp bör undvikas även på lokalgator.

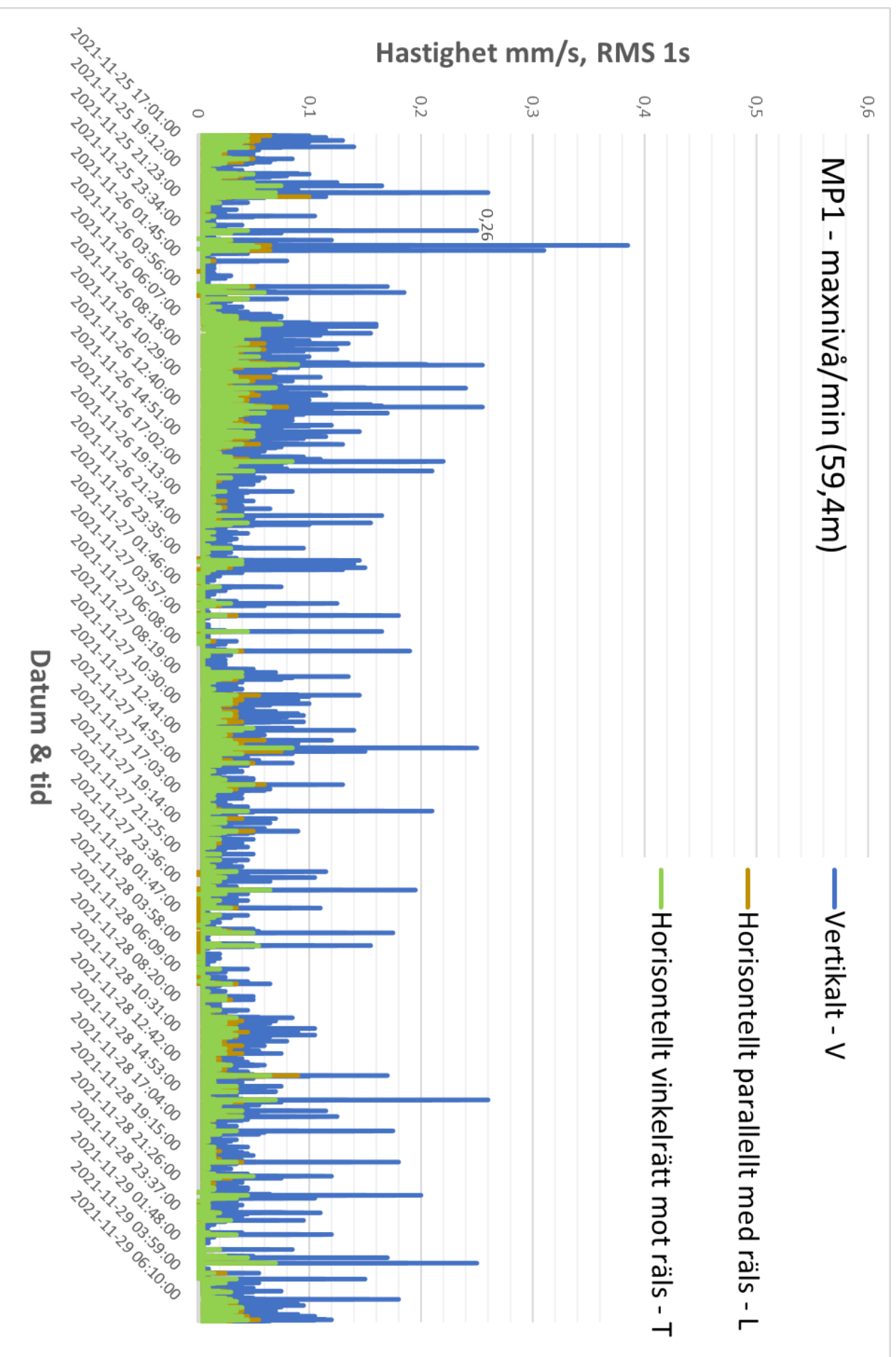
## 6 Slutsats

Det förekommer vibrationer i marken som kan innebära höga vibrationer i framtida byggnader. Hänsyn till detta krävs vid projektering av byggnader och grundläggning.

För bostäder behöver byggnaderna utformas så att byggnadens grundläggning och stomme inte förstärker den uppmätta vibrationen i mark. Utan anpassningar beräknas att vibrationshastigheten i byggnaderna kan vara i storleksordningen  $v_w = 1,0$  mm/s utifrån mätta vibrationshastigheter i mark. Resultatet är beroende på utformning av framtida byggnader och deras grundläggning. Det kan innebära behov av en pålad grundläggning med spetsburna pålar, bjälklag som har sina egenfrekvenser  $> 10$  Hz och ett styvare/tyngre garageplan som har en större utbredning som knyter samman flera av bostadshusen. För endast källare under enskild byggnad saknas verifiering att det reducerar vibrationer upp i byggnaden i någon större omfattning. Vibrationerna ökar oftast något på högre plan.

Motsvarande åtgärder kan krävas för kontor beroende på vilket riktvärde som ska klaras. Inom kontor brukar högre vibrationshastigheter accepteras. Utförs inte

byggnaden med hänsyn till markvibrationerna finns dock stor risk för att vibrationshastigheterna blir över  $v_w = 1,0$  mm/s vilket bedöms som sannolikt störande vid passager av godståg ( $v_w = 0,8-1,6$  mm/s). Vi har inte haft möjlighet att identifiera vibrationshastigheter dagtid från persontåg då det pågått byggarbeten på platsen. Passagerartåg vid likvärdiga hastigheter som godståg ger lägre vibrationshastigheter till omgivningen.



0,6

## MP2 - maxnivå/min (8,4m)

