



efterklang:

PART OF AFRY

PM – MARKVIBRATIONER VID SILOOMRÅDET.  
DETALJPLAN LARSBO 4 M.FL. TÖREBODA KOMMUN

D0150431

**Projektnummer:** D0150431  
**Revision:** [01]  
**Dokumenttyp:** PM – Markvibrationer vid Siloområdet  
**Datum:** 2024-04-18

**Kund:** Töreboda kommun  
**Kontaktperson:** Dan Harryzon

**Uppdragsansvarig:** Kristoffer Hultberg, T: +46 72 206 48 34, kristoffer.hultberg@efterklang.org  
**Handläggare:** Gustav Vågfelt, T: +46 72 202 70 53, gustav.vagfelt@efterklang.org  
**Granskare:** Erik Olsson, T: +46 72 204 02 52, erik.olsson@efterklang.org

## Sammanfattning:

Efterklang har fått i uppdrag av Töreboda kommun att göra en utredning av markvibrationer (komfortvibrationer) i samband med detaljplan för Siloområdet i Töreboda. Det finns planer för hotellverksamhet samt att bygga ett flertal bostadshus på området. Fastigheterna i fråga är Töreboda Larsbo 3, 4 och 5.

Nära planområdet går Västra Stambanan genom Töreboda. Då tunga gods- och persontåg passerar genereras vibrationer i spårsystemet och underliggande mark vilka beroende på magnitud, frekvens och markens beskaffenhet kan spridas i omgivningen. Målet med utredningen är således att undersöka om markvibrationer kan spridas och orsaka komfortstörningar i framtida byggnader inom planområdet. Mätning av vibrationer har genomförts i enlighet med metod beskriven i svensk standard SS 460 48 61. Erhållna data för ett flertal tågpassager i mätpunkterna har jämförts mot applicerbara riktvärden i vedertagna standarder och skrivelser gällande komfortvibrationer i byggnader.

I standarderna ISO 2631 och SS 460 48 61 presenteras den mänskliga känseltröskeln för helkroppsvibrationer som 0,2 mm/s i frekvens- och tidsvägt RMS-värde (Root-Mean-Square över 1 sekund komförtvägt med filtret  $W_m$ ). Den vibrationsnivå som kan orsaka mätbar sömnpåverkan ligger på 0,4 mm/s  $V_w$  RMS(S). Vid 0,7 mm/s  $V_w$  RMS(S) uppger den svenska standarden att ca 1/3 personer upplever sig störda. Trafikverkets skrivelse TDOK 2014:1021 presenterar 0,4 mm/s  $V_w$  RMS(S) som riktvärde vilket ej bör överskridas i bostäder. Nattetid får detta värde överskridas maximalt fem gånger per natt, men får ej överstiga 0,7 mm/s  $V_w$  RMS(S).

Uppmätta vibrationer under 20st av de högsta nattpassagerna har sammanställts i denna utredning. Mätresultaten visar på att vibrationsnivåer i befintliga byggnader (mätt på bottenplatta inne i byggnad på Larsbo 5 på 60m och i grundmur på silobyggnad på Larsbo 4 på 130m) på grund av tåginducerade vibrationer ligger under känseltröskeln enligt ISO 2361 / SS 460 48 61 (mindre än 0,2 mm/s  $V_w$  RMS(S)). Uppmätta högsta värden har marginal till riktvärdet 0,4 mm/s  $V_w$  RMS(S) enligt TDOK 2014:1021. Efterklang bedömer att det ej föreligger någon risk för komfortstörningar i framtida byggnader på platsen, förutsatt byggnader på planområdet uppförs med likvärdig grundläggning som hos befintliga konstruktioner. Därtill bör egenfrekvensen hos bjälklaget avstämmas mot vibrationstoppar i uppmätta störspektra.

Mätningen och mätutvärderingens fokus är vibrationer från spårtrafik men mätning omfattar i förekommande fall även vägtrafik. Vibrationer från vägtrafik förekommer oftast vid skador eller ojämnheter i vägbanan. De högsta uppmätta registreringarna kan kopplas till spårtrafik och registreringar vid tillfällen då tåg inte passerar bedöms komma från lokal vägtrafik. Ingen av dessa är dock i närheten av riktvärden.

Med pålgrundläggning minskar risk för vibrationer. Om mindre byggnader utan pålgrundläggning används för bostadsändamål bedöms risk för överskridande av vibrationsriktvärde 0,4 mm/s finnas, särskilt om egenfrekvenser för byggnadens konstruktionsdelar sammanfaller med ovan nämnda frekvensband så att vibrationer förstärks.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING:

<b>1</b>	<b>INLEDNING OCH UPPDRAGSBESKRIVNING:</b>	<b>5</b>
1.1	BESKRIVNING AV MÄTPLATS:	5
<b>2</b>	<b>RIKTVÄRDEN FÖR BEDÖMNING AV KOMFORTVIBRATIONER I BOSTAD:</b>	<b>7</b>
2.1	TRAFIKVERKETS TDOK 2014:1021:	7
2.2	SVENSK STANDARD SS 460 48 61 SAMT INTERNATIONELL STANDARD ISO 2631:	7
2.3	KOMMENTARER GÄLLANDE BYGGNADSSKADOR RELATERAT TILL MARKVIBRATIONER:	7
<b>3</b>	<b>MARKVIBRATIONSMÄTNING:</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>MÄTRESULTAT:</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>UTVÄRDERING OCH KOMMENTARER:</b>	<b>13</b>

## 1 INLEDNING OCH UPPDRAGSBESKRIVNING:

Efterklang har fått i uppdrag av Töreboda kommun att göra en utredning av markvibrationer (komfortvibrationer) i samband med detaljplan för Siloområdet i Töreboda. Det finns planer för hotellverksamhet samt att bygga ett flertal bostadshus på området. Fastigheterna i fråga är Töreboda Larsbo 3, 4 och 5.

Nära planområdet går Västra Stambanan genom Töreboda. Då tunga gods- och persontåg passerar genereras vibrationer i spårsystemet och underliggande mark vilka beroende på magnitud, frekvens och markens beskaffenhet kan spridas i omgivningen. Målet med utredningen är således att undersöka om markvibrationer kan spridas och orsaka komfortstörningar i framtida byggnader inom planområdet. Mätning av vibrationer har genomförts i enlighet med metod beskriven i svensk standard SS 460 48 61. Erhållna data för ett flertal tågpassager i mätpunkterna har jämförts mot applicerbara riktvärden i vedertagna standarder och skrivelser gällande komfortvibrationer i byggnader.

Utredningen omfattar vibrationsövervakning vid fastigheterna i tre punkter över ungefär en veckas tid. Detta är för att mäta vibrationer i området över längre tid och för att mäta in ett erforderligt antal tågpassager. Resultaten från mätningen och efterföljande analys är sammanställt i detta PM.

### 1.1 BESKRIVNING AV MÄTPLATS:

De aktuella fastigheterna är Töreboda Larsbo 3, 4 och 5, se Figur 1 nedan. I nuläget finns det flera byggnader på dessa fastigheter. Efterklang valde ut två byggnader av olika utformning och på olika avstånd från tågspåren där mätare placerades för att få en bild av hur vibrationerna sprids i området och in i befintliga konstruktioner. En mätare placerades inne på golvet i enplansbyggnaden på Larsbo 5. Den information om grundläggning som erhållits är att byggnaden troligen är grundlagd på en ca 2 decimeter tjock betongplatta. Den andra mätaren placerades i grundmuren (ca 0,5m över mark) på den höga silobyggnaden. Efterklang har ej erhållit information om grundläggningen av denna byggnad.

Mer information om mätpunkter och givarnas montering till befintliga konstruktioner kan läsas i Avsnitt 3 "Markvibrationsmätning" nedan.

Enligt Sverige Geologiska Undersökning (SGU) är jordarten på platsen genomgående lera/silt med ett skattat jorddjup på 5 till 10m. Som kan avläsas i Figur 2 sträcker jordarten lera/silt över stora delar av närområdet, även järnvägssystemet är beläget ovanpå denna marktyp. Det närmsta avståndet mellan närmsta räl och fastighetsgräns är ca 50m.

I samband med planen är en geoteknisk undersökning framtagen (WSP Projekterings PM Geoteknik). Jordlagerföljden på planområdet sammanfattas där med ca 0,5-1 m av fyllnadsmaterial ovan en torrskorpa bestående av lera med en mäktighet på ca 2-3m som underlagras av silt med en mäktighet på ca 4m innan friktionsjord påträffas.



FIGUR 1: FLYGFOTO SOM VISAR AKTUELLA FASTIGHETER SAMT NÄRLIGGANDE JÄRNVÄG (BILD FRÅN LANTMÄTERIET). PLANOMRÅDET ÄR MARKERAT MED BLÅFÄRGAD LINJE.



FIGUR 2: BILD SOM VISAR MARKTYP I OMRÅDET (BILD FRÅN KARTVERKTYGET PÅ SGU.SE). PLANOMRÅDET ÄR MARKERAT MED BLÅFÄRGAD LINJE.

## 2 RIKTVÄRDEN FÖR BEDÖMNING AV KOMFORTVIBRATIONER I BOSTAD:

### 2.1 TRAFIKVERKETS TDOK 2014:1021:

Som praxis i Sverige används idag Trafikverkets riktlinje TDOK 2014:1021 version 3.0 "Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg" för bedömning av vibrationsstörningar från infrastruktur. TDOK 2014:1021 anger riktvärden gällande vibrationsstörningar i bostäder och vårdlokaler från väg- och järnvägstrafik. Dessa riktvärden är vad Trafikverket anser ge en god eller i vissa fall godtagbar miljö gällande vibrationer. Utöver denna skrivelse finns inga tydliga vibrationskrav rörande komfortvibrationer. Denna handling tillämpas vid nybyggnation/väsentlig ombyggnad av infrastruktur.

Trafikverkets TDOK 2014:1021 anger som riktvärde att de maximala förekommande vibrationsnivåerna i bostäder och vårdlokaler orsakat av väg- och järnvägstrafik, bör understiga 0,4 mm/s  $V_w$  RMS(S) (Root-Mean-Square över 1 sekund, komfortvägt med filtret  $W_m$ ). Riktvärdet får ej överskridas mer än fem gånger per natt och måste understiga 0,7 mm/s  $V_w$  RMS(S).

### 2.2 SVENSK STANDARD SS 460 48 61 SAMT INTERNATIONELL STANDARD ISO 2631:

Känsltröskel och hur olika komfortvibrationsnivåer statistiskt relaterar till mänsklig störning återfinns i den svenska standarden SS 460 48 61 samt den internationella standarden ISO 2631. SS 460 48 61 beskriver även mätmetod för komfortvibrationer i byggnader. Denna vägledning är avsedd för icke tillfälliga störningar i bostäder. Tillfälliga störningar kan utgöras av sprängningar i bergtäkter och gruvor samt vibrerande arbeten från byggprojekt som pågår under en begränsad tidsperiod.

I standarden ISO 2631-1 beskrivs den mänskliga känsltröskeln för vibrationer. Enligt standarden ligger denna tröskel i ensiffervärde på ungefär 0,2 mm/s  $V_w$  RMS(S) (Root-Mean-Square över 1 sekund, komfortvägt med filtret  $W_m$ ). Standarden beskriver dessutom känsltröskel över frekvens då människan har olika känslighet vid olika vibrationsfrekvenser. Det är dock ensiffervärde som brukar användas vid bedömning mot riktvärde.

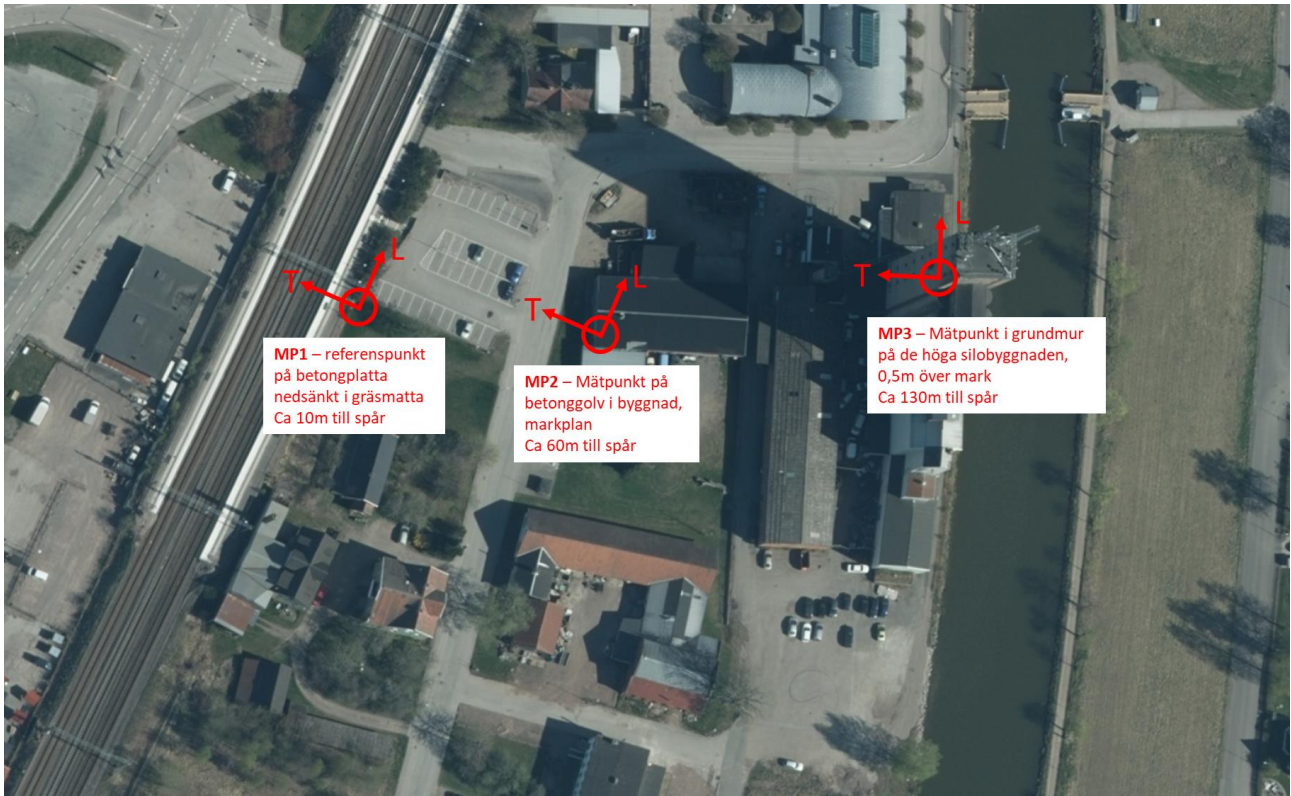
Enligt SS 460 48 61 startar mätbar påverkan på sömn vid en vibrationsnivå av 0,4 mm/s  $V_w$  RMS(S). Ungefär 1/3 personer upplever sig som störda av vibrationer då nivån uppgår till 0,7 mm/s  $V_w$  RMS(S). Riktvärdena bör tillämpas vid nyetableringar och vid nybebyggelse. De kan tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder. Riktvärdena bör tillämpas mer strikt för bostäder nattetid eftersom störd sömn är den viktigaste hälsomässiga konsekvensen av vibrationer.

### 2.3 KOMMENTARER GÄLLANDE BYGGNADSSKADOR RELATERAT TILL MARKVIBRATIONER:

Generellt uppkommer ej byggnadsskador från vibrationsnivåer som har magnitud i paritet med de nivåer som orsakar komfortstörningar i byggnader. Den vibrationsnivå som krävs för att orsaka skador i byggnader är i storleksordningen 10 till 100 större än de värden som normalt ger komfortstörningar för människor.

## 3 MARKVIBRATIONSMÄTNING:

Markvibrationsmätningar med ett så kallat komfortvägningsfilter ( $W_m$ ) genomfördes enligt metod beskriven i SS 460 48 61 på aktuell plats. Totalt valdes tre mätpunkter ut som förseddes med geofoner vilka registrerar vibrationsnivåerna över tid i tre riktningar, vertikalt V, lateralt L (i horisontalplanet) och transversellt T (i horisontalplanet). Dessa kan också spela in tidssignal vid specifika vibrationshändelser som därefter kan användas för att räkna fram vibrationernas frekvensfördelning. Vibrationsmätningen utfördes genom övervakning i dessa mätpunkter under ca en veckas mättid. Figur 3 presenterar den använda mätupställningen.



FIGUR 3: MÄTUPPSTÄLLNING VID SILOOMRÅDET (BILD FRÅN LANTMÄTERIET). PILARNA T OCH L VISAR MÄTRIKTNINGAR I HORIZONTALPLANET.

Mät punkt 1 (MP1) placerades nära spårssystemet för att säkerställa att vibrationshändelser som tas i beaktning faktiskt är orsakade av tågpassager. Denna referenspunkt underlättar därmed att sortera bort vibrationsstörningar som inte är relevanta för denna utredning, exempelvis gångtrafik och stötar från dörrar inne i byggnaderna. Mätaren placerades på en markplatta nedsänkt i gräsmattan på ca 10m från närmsta räl, se Figur 4. Mät punkt 2 (MP2) monterades på en komfortmätningsskiva inne i byggnaden på fastigheten Larsbo 5, se Figur 5. MP2 placerades med ett avstånd på ca 60m från spår. Mät punkt 3 (MP3) monterades i grundmuren på den höga silobyggnaden, östra delen av fasaden (närmst Göta kanal), se Figur 6. Mätaren monterades ca 0,5m över mark med hjälp av en betongexpander. Avståndet mellan MP3 och närmsta spår var ca 130m.



FIGUR 4: MÄTPUNKT 1, REFERENSPUNKT CA 10M FRÅN SPÅR.





FIGUR 5: MÄTPUNKT 2, CA 60M FRÅN SPÅR.



FIGUR 6: MÄTPUNKT 3, CA 130M FRÅN SPÅR (HÖGER BILD ÄR TAGEN FRÅN GOOGLE MAPS).

Den använda mätutrustningen finns angiven i Tabell 1 nedan.

TABELL 1: ANVÄND MÄTUTRUSTNING.

Instrument	Modell	Serienummer	Intern-ID
Geofon	Sigicom V12	3520	VP412
Geofon	Sigicom V12	20810	VP468
Geofon	Sigicom V12	3510	VP411
Datalogger	Sigicom INFRA Master	IM786	AL200
Datalogger	Sigicom INFRA Master	IM1986	AL248
Datalogger	Sigicom INFRA Master	IM1783	AL238

Använd mätutrustning och deras placering finns registrerade i internt mätprotokoll. Mätdata ligger arkiverat på databas för framtida eventuella kompletterande analyser om det krävs. Instrumenten är kalibrerade med spårbarhet till nationella och internationella referenser enligt vårt kvalitetssystem. Datum för senaste kalibrering finns angivet i vår kalibreringslogg.

## 4 MÄTRESULTAT:

För att säkerställa störningsfria vibrationshändelser orsakade av tågpassager har data utvärderats nattetid (kl. 22-06). Därtill används enbart data där en tydlig topp i vibrationsnivå har uppmätts vid referenspunkten (MP1). Trafikverket har försett Efterklang med tågföringen förbi aktuell mätplats under mätperioden, vilket ytterligare hjälper till att få fram relevanta tidpunkter att läsa av data under.

Tabell 2 presenterar 20st vibrationshändelser vid MP1 och den samtida responsen i MP2 och MP3 under mätperioden från 2024-02-05 till 2024-02-12. Dessa data visar de högsta uppmätta nivåerna från tågpassager under mätperioden på ca en vecka. Tabell 3 presenterar tågföringen för passagera i Tabell 2.

TABELL 2: VIBRATIONSNIVÅER UNDER DE 20 HÖGSTA TÅGPASSAGERNA UNDER MÄTPERIODEN. RIKTNINGAR; V = VERTIKALT, L = LATERALT OCH T = TRANSVERSELLT.

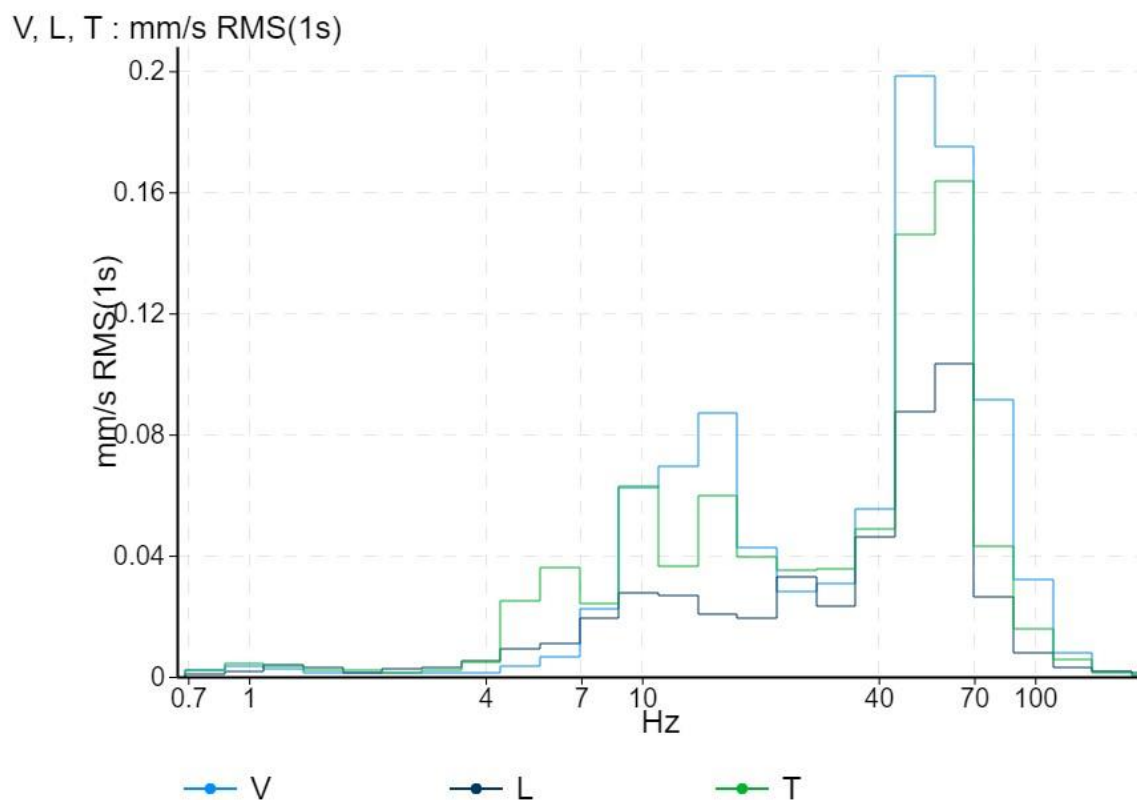
mm/s RMS 1s komfortvägt Wm		MP1 (ref) ca 10m			MP2 ca 60m			MP3 ca 130m		
Passager		V	L	T	V	L	T	V	L	T
P1	2024-02-05 23:01	0,370	0,145	0,175	0,015	0,040	0,025	0,005	0,005	0,005
P2	2024-02-05 23:43	0,385	0,300	0,410	0,015	0,015	0,010	0,005	0,010	0,005
P3	2024-02-06 00:07	0,470	0,255	0,295	0,020	0,040	0,030	0,005	0,010	0,010
P4	2024-02-06 23:33	0,300	0,150	0,250	0,010	0,010	0,010	0,005	0,005	0,005
P5	2024-02-07 00:58	0,305	0,120	0,200	0,010	0,010	0,015	0,005	0,005	0,005
P6	2024-02-07 02:24	0,305	0,215	0,225	0,010	0,010	0,010	0,005	0,005	0,010
P7	2024-02-07 23:33	0,315	0,115	0,190	0,010	0,010	0,015	0,005	0,005	0,005
P8	2024-02-08 00:31	0,245	0,140	0,200	0,010	0,015	0,015	0,005	0,010	0,015
P9	2024-02-08 01:20	0,245	0,135	0,220	0,010	0,010	0,010	0,005	0,005	0,005
P10	2024-02-08 23:31	0,350	0,205	0,315	0,015	0,010	0,010	0,005	0,005	0,005
P11	2024-02-09 00:13	0,250	0,180	0,285	0,025	0,020	0,035	0,005	0,005	0,005
P12	2024-02-09 02:01	0,350	0,210	0,240	0,010	0,015	0,010	0,005	0,005	0,005
P13	2024-02-09 03:49	0,380	0,180	0,310	0,015	0,010	0,010	0,005	0,005	0,005
P14	2024-02-09 22:54	0,275	0,135	0,135	0,010	0,020	0,020	0,005	0,005	0,005
P15	2024-02-10 01:06	0,205	0,080	0,145	0,010	0,015	0,015	0,005	0,010	0,010
P16	2024-02-10 02:29	0,280	0,115	0,135	0,010	0,015	0,010	0,000	0,005	0,005
P17	2024-02-10 23:02	0,135	0,055	0,100	0,015	0,005	0,010	0,005	0,010	0,010
P18	2024-02-12 02:01	0,275	0,160	0,190	0,010	0,015	0,010	0,005	0,010	0,010
P19	2024-02-12 02:50	0,300	0,120	0,205	0,010	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
P20	2024-02-12 03:21	0,420	0,200	0,255	0,015	0,010	0,010	0,005	0,010	0,010

<b>Max</b>	0,470	0,300	0,410	0,025	0,040	0,035	0,005	0,010	0,015
<b>Medel</b>	0,308	0,161	0,224	0,013	0,015	0,014	0,005	0,007	0,007

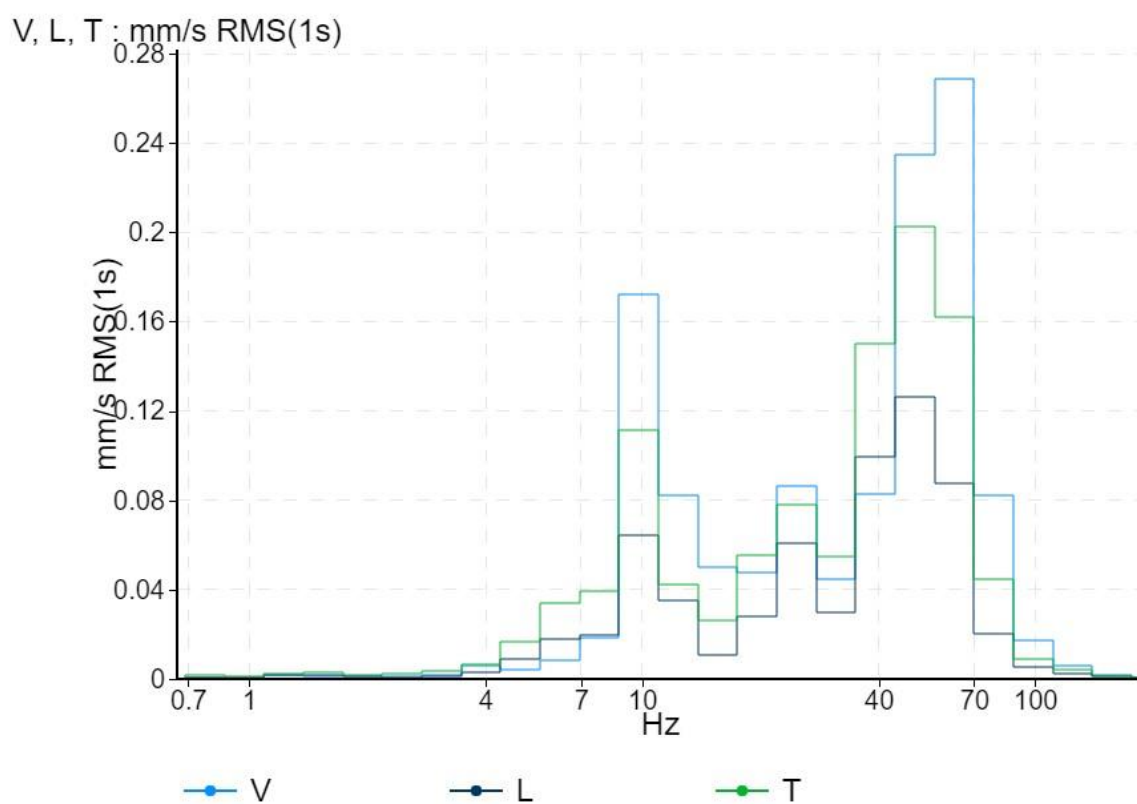
På grund av väldigt låga vibrationsnivåer i MP2 och MP3 kunde ej frekvensdata i dessa punkter erhållas. Däremot var nivåerna i MP1 så pass höga att en tidssignalinspelning kunde triggas under passage i denna punkt. Uppmätt frekvensinnehåll vid passage har sammanställts för två passager. I Figur 7 och 8 nedan presenteras typiska frekvensinnehåll i MP1 under tågpassage.

TABELL 3: TÅGFÖRINGSTABELL UNDER MÄTPERIODEN. ERHÅLLEN FRÅN TRAFIKVERKET. TÅGSLAG; GT = GODSTÅG, RST = RESANDETÅG.

Tågföring (info från Trafikverket)					
Passage	Tidpunkt	Tågnr.	Tågslag	Längd	Vikt (ton)
P1	23:00	34586	GT	430	755
P2	23:43	59833	GT	90	263
P3	00:06	34590	GT	284	1161
P4	23:33	59833	GT	74	185
P5	00:58	59823	GT	96	216
P6	02:24	32853	GT	496	1204
P7	23:33	451	RST	165	365
P8	00:31	35655	GT	509	1628
P9	01:20	59823	GT	97	216
P10	23:31	59833	GT	74	185
P11	00:13	34590	GT	318	665
P12	02:01	32853	GT	515	1149
P13	03:49	55657	GT	552	801
P14	22:54	42580	GT	515	1153
P15	01:05	30114	GT	625	1270
P16	02:29	42592	GT	570	1081
P17	23:01	10068	RST	275	591
P18	02:01	34953	GT	503	1475
P19	02:50	41961	GT	<i>Saknas</i>	<i>Saknas</i>
P20	03:21	55755	GT	478	1420



FIGUR 7: TYPISKT FREKVENSIINNEHÅLL I MP1 UNDER TÅGPASSAGE (DATA FRÅN PASSAGE 2024-02-06 KL. 23:33).



FIGUR 8: TYPISKT FREKVENSIINNEHÅLL I MP1 UNDER TÅGPASSAGE (DATA FRÅN PASSAGE 2024-02-09 KL. 03:49).

Ur Figur 7 kan det utläsas att vibrationstoppar uppmätt i MP1 för denna passage ligger i spannen 10-16 Hz samt 40-80 Hz. Ur Figur 8 återfinns vibrationstoppar vid 10 Hz och i banden runt 50 Hz. Totalt har 9st störspektrum från tågpassage i MP1 studerats. Generellt finns det två toppar där vibrationsenergin är koncentrerad kring, tersbanden 10 till 12,5 Hz och i banden runt 50 Hz. Utmärkande för låga frekvenser är återkommande vibrationstopp i tersbandet 10 Hz.

## 5 UTVÄRDERING OCH KOMMENTARER:

Mätresultaten visar på att vibrationsnivåerna i MP2 och MP3 p.g.a. markvibrationer inducerade av tågpassager ligger under känseltröskeln enligt ISO 2361 / SS 460 48 61 (mindre än 0,2 mm/s  $V_w$  RMS(S)). Utefter analyserade data orsakar därmed tågpassager ej kännbara vibrationer vid mätpositionerna.

I MP2 är vibrationsnivåerna genomgående låga. Maximala vibrationshändelser i denna punkt ligger på 0,025, 0,040 och 0,035 mm/s  $V_w$  RMS(S) (V, L respektive T). Det är alltså med god marginal till det vedertagna riktvärdet 0,4 mm/s  $V_w$  RMS(S) enligt TDOK 2014:1021. Medelvärdena i MP2 ligger på 0,013, 0,015 och 0,014 mm/s. Vibrationsnivåerna är så pass låga att Efterklang bedömer att det inte föreligger någon risk för störningar på grund av komfortvibrationer i framtida byggnader, förutsatt byggnader på planområdet uppförs med likvärdig grundläggning som hos befintliga konstruktioner. Enligt

I en litteraturstudie genomfört under ett examensarbete på Teknisk Akustik, Chalmers Tekniska Högskola, har en tabell med förstärkningsfaktorer av vibrationer från grund till bjälklag sammanställts (Arnesson, 2016). Dessa faktorer presenteras i Tabell 4 nedan.

TABELL 4: FÖRSTÄRKNINGSFAKTORER AV VIBRATIONER FRÅN GRUND TILL BJÄLKLAG INNE I BYGGNAD (ARNESSON, 2016, CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA).

Bjälklag	Förstärkningsfaktor
Betongbjälklag med kort spännvid	1
Betongbjälklag med lång spännvid	3
Styvt träbjälklag	3
Vekt träbjälklag	6

Vid omräkning från vibration i grund till bjälklag med hjälp av förstärkningsfaktorerna ovan bör resultaten enbart tolkas som en grov fingervisning av resulterande vibrationer på bjälklaget. I verkligheten beror vibrationerna av en mängd faktorer såsom antal våningsplan, byggnadens dynamiska egenskaper och hur dessa kopplar till vibrationsfrekvenser i störspektrum.

Räknat med en förstärkningsfaktor på 3 i MP2 uppskattas vibrationer på bjälklag i vertikalled till ca 0,1 mm/s  $V_w$  RMS(S). Detta värde ligger fortfarande under känseltröskeln enligt ISO 2631 och SS 460 48 61 (0,2 mm/s  $V_w$  RMS(S)). Det uppskattade förstärkta värdet har fortfarande en god marginal till riktvärdet 0,4 mm/s  $V_w$  RMS(S) TDOK 2014:1021.

I MP2 är i MP3 mättes vibrationsnivåer som högst 0,005, 0,010 och 0,015 mm/s  $V_w$  RMS(S) (V, L respektive T). Medelvärdet för de 20 passagera i denna punkt är 0,005, 0,007 samt 0,007 mm/s  $V_w$  RMS(S) (V, L respektive T). Uppmätta värden har stora marginaler till tidigare presenterade riktvärden. Räknat med förstärkningsfaktor 3 erhålls förstärkta värden som även de understiger riktvärde. Maximalt uppskattas förstärka vibrationer från grund till bjälklag till 0,045 mm/s  $V_w$  RMS(S).

Frekvensinnehållet av vibrationerna i MP2 och MP3 inne i befintliga byggnader kunde inte erhållas under mätningen (på grund av för låga nivåer för att trigga i gång inspelning av tidssignal). Frekvensfördelning av vibrationerna i MP1 mättes under ett flertal passager (9st). Då dessa vibrationer sprids från spårssystemet genom mark till mottagare (framtida byggnader) försvagas vissa frekvenser på grund av faktorer relaterat till spridning och dämpning. Störspektrum kan därmed se annorlunda ut vid mottagare (även överföringen från mark till grund påverkar

frekvensfördelningen). Vid konstruktion av framtida bjälklag är det ur komfortvibrationssynpunkt viktigt att avstämma bjälklagets egenfrekvens mot dominerande störfrekvenser. Enligt uppmätta passagers frekvensindelning i MP1 kan det fastslås att vibrationsenergin vid denna punkt till stor del ligger i frekvensspannet 10 till 12,5 Hz samt i banden kring 50 Hz. Utmärkande för låga frekvenser i MP1 är återkommande vibrationstopp i tersbandet 10 Hz. Därmed bör egenfrekvensen hos framtida bjälklag designas så att den ej sammanfaller med nämnda frekvensband.

Då vibrationsnivåerna uppmätta i befintliga konstruktioner på plats är så pass låga bedömer Efterklang att byggnadsskador på grund av markvibrationer orsakade av tågpassager kan uteslutas.

Vibrationsstörningar i byggnad kan även orsakas av tung vägtrafik. Mätningen och mätutvärderingens fokus är vibrationer från spårtrafik men mätning omfattar i förekommande fall även vägtrafik. De högsta registreringarna kan kopplas till spårtrafik och registreringar vid tillfällen då tåg inte passerar bedöms komma från lokal vägtrafik. Ingen av dessa är i närheten av riktvärden.

Vibrationer från vägtrafik förekommer oftast vid skador eller ojämnheter i vägbanan. Busstrafik över farthinder är ett exempel. Som princip för att minska risk för vibrationer från vägtrafik på närliggande lokalgata; låg hastighet, jämn väg bana, tung styv väggkropp, långt avstånd till känslig byggnad samt pålgrundlagd byggnad.

I den geotekniska rapporten (WSP projekterings-PM Geoteknik) skrivs att byggnader generellt behöver pålgrundläggas men att mindre byggnader eventuellt kan grundläggas på mark. Med pålgrundläggning minskar risk för vibrationer. Om mindre byggnader utan pålgrundläggning används för bostadsändamål bedöms viss risk för överskridande av vibrationsriktvärde 0,4 mm/s finnas, särskilt om egenfrekvenser för byggnadens konstruktionsdelar sammanfaller med ovan nämnda frekvensband så att vibrationer förstärks.