

A photograph of a modern apartment building with many balconies, set against a dramatic orange and red sunset sky. The building is on the left side of the frame, and the sky fills the right side. The balconies are white and have dark railings. The sky is a mix of deep orange and red, with some clouds visible.

efterklang:

PART OF AFRY

SMARTA URBANA TRAFIKZONER – RAPPORT A
VIBRATIONSMÄTNING, STOCKHOLM

211376

Projektnummer:	211376
Revision:	00
Dokumenttyp:	Smarta urbana trafikzoner – RAPPORT A
Datum:	2022-06-07
Kund:	Trafikverket
Kontaktperson:	Ann-Karin Salmi
Uppdragsansvarig:	Niklas Törnqvist, T: [+46 70 184 57 47], niklas.tornqvist@efterklang.org
Kvalitetsansvarig:	Mats Hammarqvist, T: [+46 70 184 74 33], mats.hammarqvist@efterklang.org

Sammanfattning:

Slutsatsen från mätningen 2022-05-05 var att hastigheten på lastbilen hade större betydelse än lastvikten för komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på våning 4 vid Tegelviksgatan 42B i Stockholm, se *diagram 3*. Skillnaden i axellast var dock liten, faktor 1.1-1.2 (10-20%), och hastigheterna skiljde med en faktor 2.0 (100%). Det gick även att konstatera att om lastbilen passerade en ojämnhet eller skarv ökade vibrationshastigheten i bjälklaget markant vilket motsvarar en mycket stor skillnad i ojämnhet.

Slutsatsen var också att oavsett hastighet och lastvikt för lastbilen så låg komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget under riktvärdet för måttlig störning 0,4 mm/s enligt Svensk Standard SS 460 48 61. "Vibration och stöt - Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader".

Dessa slutsatser drogs dock med relativt få störningsfria passager. Önskvärt hade varit att få fler störningsfria passager för varje scenario för att säkrare konstatera möjliga avvikelser.

Mätresultaten från passerande bussar visar att komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på fjärde våningen i huset var mellan 0,2 och 0,3 mm/s i vertikalled. Dessa vibrationer är således högre än då lastbilen passerade.

Slutsatsen från vibrationsgivaren på väggen, se *bild 1*, är att vibrationsförloppen i fasaden är motsvarande eller något lägre än de i bjälklaget på plan 4, se Bilaga 3.

Resultatet rörande bästa metod för att få köra så mycket last som möjligt genom Stockholms gator:

1. Kör med så låg hastighet som möjligt
2. Inventera och reparera skador i befintlig gata som ska trafikeras (sneda brunna, kanter, undvik sträckor med farthinder typ gupp)
3. Lastskillnader spelar mindre roll om det bara några få kubik i skillnad

Datum	Rev	Beskrivning	UPPRÄTTAD	QA	GODKÄND
2022-06-07	00	Rapport A – Smarta urbana trafikzoner	NTO	MHA	X

Efterklang

INNEHÅLLSFÖRTECKNING:

1	INLEDNING:	4
2	BEDÖMNINGSGRUNDER:	4
2.1	KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER	4
3	MÄTNING:	4
4	RESULTAT:	5
5	SLUTSATS:	7
6	MÄTNINGENS UTFÖRANDE:	8
6.1	DATUM, MÄTPERSONAL, MÄTPLATS OCH MÄTMETODER	8
6.2	MÄTINSTRUMENT	8
BILAGA 1 – BILDER SAMT MÄTPUNKTER		8
BILAGA 2 - KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER		12
BILAGA 3 – GRAFER ÖVER ENSKILLDA PASSAGER		13

1 INLEDNING:

Efterklang har fått i uppdrag att utföra vibrationsmätningar för att undersöka hur störningsrisken inne i ett hus skiljer, beroende på om en lastbil åker förbi med hög eller låg hastighet samt om den har hög eller låg vikt.

Undersökningen utfördes genom att mäta komfortstörande vibrationer i ett äldre hus belägen på lera, då en lastbil med olika vikt och hastighet körde förbi utanför.

För tydlighetens skull så redovisar denna utredning vibrationer som kan vara störande men som inte skadar byggnader vid aktuella vibrationshastigheter. Vibrationsnivåer, som skadar byggnader, från trafik i drift- och byggskedet är mycket sällsynta. Enligt en internationell inventering av erfarenhet inom forskningsuppdraget SBUF projekt nr 9026 - Byggtrafikinducerade vibrationer i byggnader krävs att vibrationsnivåerna måste vara mycket höga, över ca 20 mm/s för att ge påvisbara skador. Detta gäller även för indirekta vibrationsskador, dvs. att vibrationerna skulle orsaka sättningar som i sin tur skulle ge skador. Det finns riktvärden området 2 till 5 mm/s för frekvensområdet 2-80 Hz vilket troligen är säkert i överkant och har begränsat med bevis.

2 BEDÖMNINGSGRUNDER:

2.1 KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER

Med komfortvibrationer i hus avses mätningar utförda enligt Riktvärden ur Svensk Standard SS 460 48 61. "Vibration och stöt - Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader".

Se vidare under bilaga 02.

3 MÄTNING:

Vibrationsmätningarna genomfördes under dagen 2022-05-05. Mätningen i huset utfördes mitt av byggnaden och i mitten av rummet, på fjärde våningen vid Tegelviksgatan 42B i Stockholm, se bild 1, 2 och 4, under Bilaga 1.

Totalt gjordes mätningar på 3 vanliga passager och en passage över en skarv i vägbanan, se bild 1 och 3, under Bilaga 1. Vardera av dessa 4 passager utfördes för 4 olika scenarion:

- 5 kubik cement i 15 km/h
- 5 kubik cement i 30 km/h
- 6 kubik cement i 15 km/h
- 6 kubik cement i 30 km/h

Sammanlagt utfördes 16 passager.

Detta var en minskning av antalet passager från den ursprungliga planen pga. körschema och trafik. På grund av att vägen inte var avstängd då lastbilen passerade samt att mätningen utfördes i en lokal där verksamhet pågick, förekom oönskade störningar. Detta resulterade i att bara 2 vanliga passager och en passage över en skarv för varje scenario kunde tas med i resultatet då störningarna gjorde att de övriga resultaten ej var representativa, se mer under avsnittet -Resultat. Detta ger att 12 passager presenteras i rapporten.

Vibrationsmätningen i huset utfördes av en tri-axiella geofon (sigicom V12) som mätte komfortvibrationer som var kopplad till en insamlingsenhet (Sigicom IM), se bild 2. En ytterligare vibrationsgivare monterades på fasaden av huset för att mäta vibrationerna i stommen, se bild 1, Bilaga 1. Detta för att se om avvikelse fanns från vibrationerna i bjälklaget (komfortvibrationer). Då huset var K-märkt kunde endast befintliga håll användas.

4 RESULTAT:

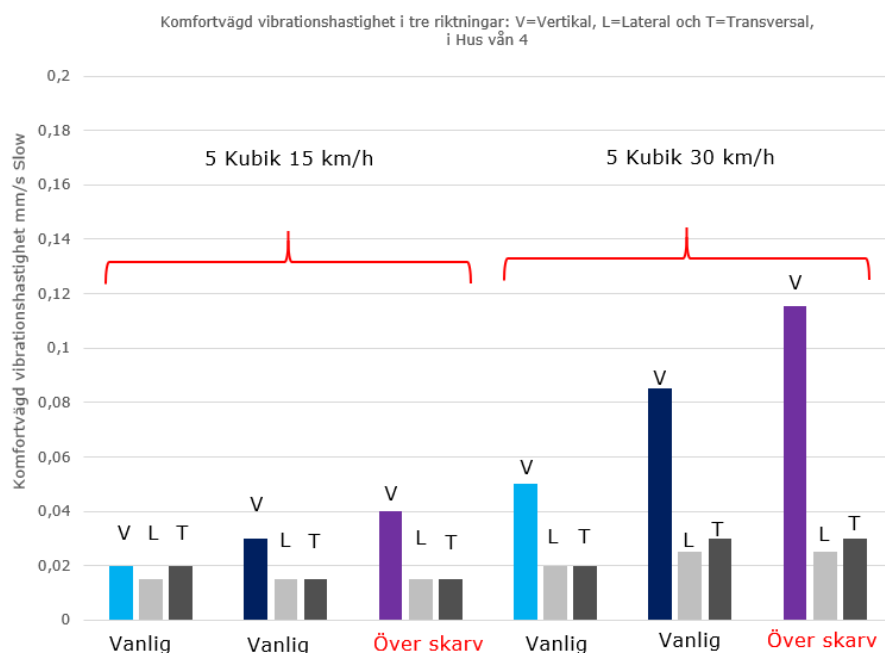


Diagram 1, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikal-, lateral- och transversal-led vid 6 lastbilspassager, uppdelade i 15 och 30 km/h för 5 kubiks last.

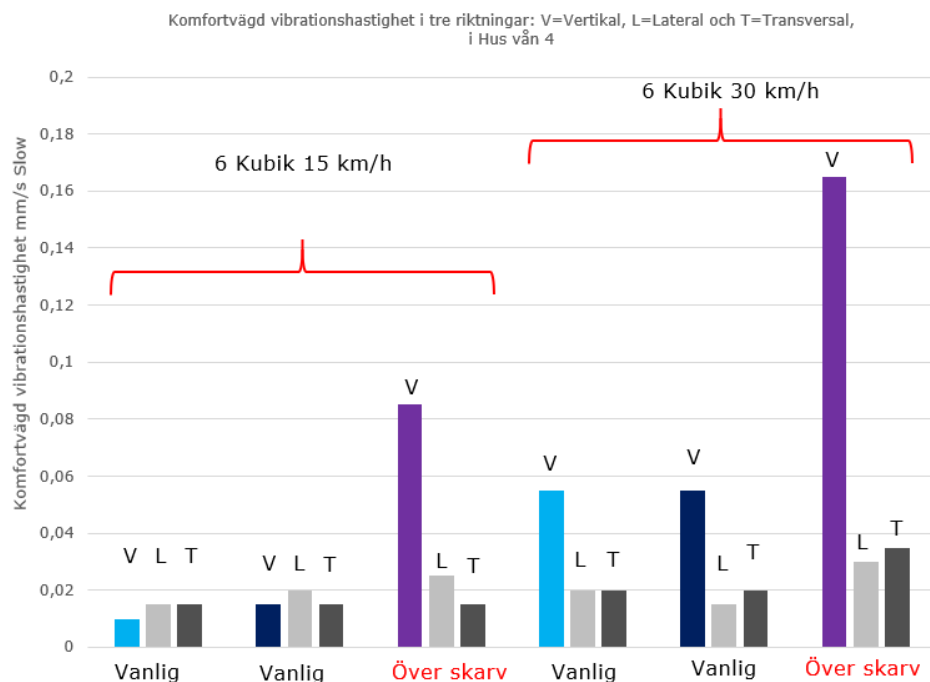


Diagram 2, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikal-, lateral- och transversal-led vid 6 lastbilspassager, uppdelade i 15 och 30 km/h för 6 kubiks last.

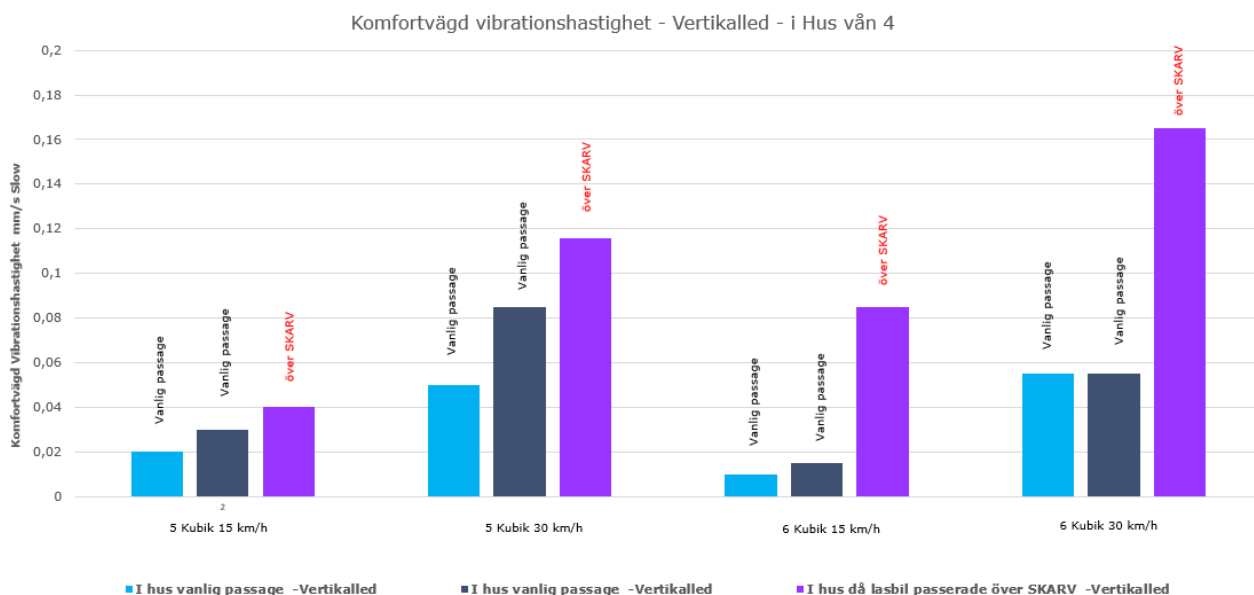


Diagram 3, visar komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på fjärde våningen i huset - vertikalled vid 12 lastbilspassager, uppdelade i 4 scenario : 5 kubik 15 km/h, 5 kubik 30 km/h, 6 kubik 15 km/h, 6 kubik 30 km/h.

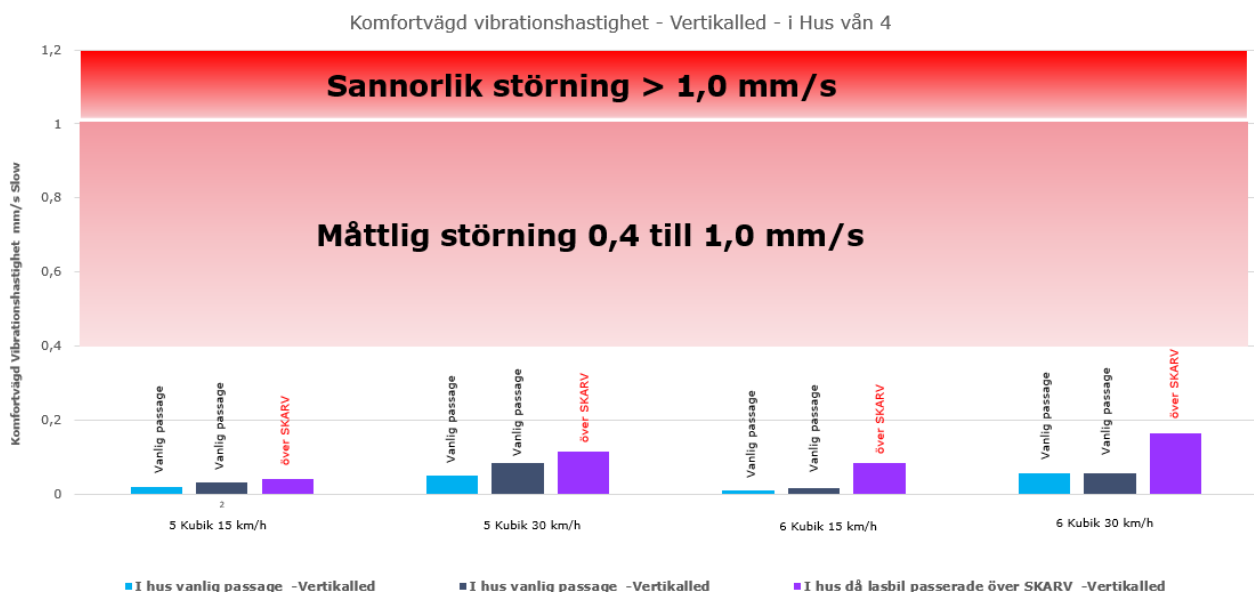


Diagram 4, visar samma diagram 3 men jämfört med Riktvärden ur Svensk Standard SS 460 48 61. "Vibration och stöt - Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader", se vidare Bilaga 2.

Grafer över olika passager och scenarion presenteras i Bilaga 3.

Under mätningen 2022-05-05 förekom även bussar som passerade skarven och ett brunnslock på rätt sida vägen (österut). Då passerades skarven från en högre nivå till lägre, till skillnad från när lastbilen passerade. Detta kan ge olika vibrationsförlopp.

Resultaten från busspassagera visar att komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på fjärde våningen i huset var mellan 0,2 och 0,3 mm/s i vertikalled vilket är högre än för lastbilar.

5 SLUTSATS:

Till en början konstaterades att vibrationerna i lateral- och transversalled, se bild 4, ej var de dominerande vibrationsriktningarna och låg långt under måttlig störning 0,4 mm/s, se diagram 1 och 2, samt bilaga 2 – *Riktvärden ur Svensk Standard SS 460 48 61. "Vibration och stöt - Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader"*.

Resultatet visar att vertikalled är den dominerande riktningen som vibrationerna exciteras.

Därför jämfördes komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled för 3 olika passager för 4 olika scenarion. Två vanliga passager av lastbil och en passage över en skarv, se bild 1 och 3. De 4 olika scenarierna var: 5 kubik 15 km/h, 5 kubik 30 km/h, 6 kubik 15 km/h, 6 kubik 30 km/h.

Slutsatsen från resultatet var att hastigheten på lastbilen hade större betydelse än lastvikten för komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på våning 4 vid Tegelviksgatan 42B i Stockholm, se *diagram 3*. Hastigheten fördubblas. Vilket även vibrationerna gör. Skillnaden i last gav inga signifikanta skillnader sannolikt för att axellasten endast hade en liten procentuell skillnad då tjänstevikten (olastat fordon) sannolikt är över 10 ton och en kubik extra last kanske inte är mer än 1-2 ton.

Det gick även att konstatera att om lastbilen passerade en ojämnheter eller skarv ökade vibrationshastigheten i bjälklaget markant. Den procentuella skillnaden mot ojämnheter i vägbana utan skarv bedöms stor.

Översiktliga jämförelser för olika parametrar kan utföras enligt beräkningsmodell framtagen vid Transport and Road Research Laboratory i England.

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

FORMEL 1 TRAFIKINDUCERADE VIBRATIONER I BYGGNADSFUNDAMENT

med följande beteckningar:

PPV	vibrationernas topphastighet, Peak Particle Velocity [mm/s]
a	vägbaneojämnheter (topp-till-topp) [mm]
v	maximal hastighet på passerande fordon [km/h]
t	markfaktor, se tabell
p	0,75 om vägojämnheten endast finns i det ena hjulspåret, annars 1,0
r	avstånd till vägbanan [m]
x	avståndspotens, se tabell

Slutsatsen var också att oavsett hastighet och lastvikt för lastbilen så låg komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget under riktvärdet för måttlig störning 0,4 mm/s.

Dessa slutsatser drogs dock med relativt få störningsfria passager. Önskvärt hade varit att få fler störningsfria passager för varje scenario för att säkrare konstatera möjliga avvikelser.

Bussarna som passerade på rätt sida vägen över skarven genererade således högre komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på våning 4 än lastbilen.

Slutsatsen från vibrationsgivaren på väggen, se *bild 1*, var att vibrationsförloppen i fasaden är motsvarande eller något lägre än de i bjälklaget på plan 4, se Bilaga 3.

6 MÄTNINGENS UTFÖRANDE:

6.1 DATUM, MÄTPERSONAL, MÄTPLATS OCH MÄTMETODER

<i>Datum:</i>	2022-05-05
<i>Personal:</i>	Niklas Törnqvist, Johan Västerlund, Efterklang / ÅF Infrastructure AB
<i>Plats:</i>	Tegelviksgatan 42B i Stockholm
<i>Mätmetoder:</i>	Svensk Standard SS 460 48 61. "Vibration och stöt - Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader".

6.2 MÄTINSTRUMENT

<i>Instrument</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Intern beteckning</i>
Insamlingsenhet	Sigicom	IM	AL 182
Vibrationsgivare	Sigicom	V12	VP305, VP419

Instrumenten är kalibrerade med spårbarhet till nationella och internationella referenser enligt vårt kvalitetssystem. Datum för senaste kalibrering finns angivet i vår kalibreringslogg.

BILAGA 1 – BILDER SAMT MÄTPUNKTER



Bild 1, visar Tegelviksgatan 42B i Stockholm samt var i huset mätningen utfördes.



Bild 2, visar den tri-axiella geofonen (sigicom V12) som mätte komfortvibrationer samt insamlingsenheten (sigicom IM) som var placerade mitt i rummet på fjärde våningen vid Tegelviksgatan 42B i Stockholm.



Bild 3, visar en närbild av skarven som lastbilen körde över. Höjdskillnad före och efter skarven är ca 2 cm.

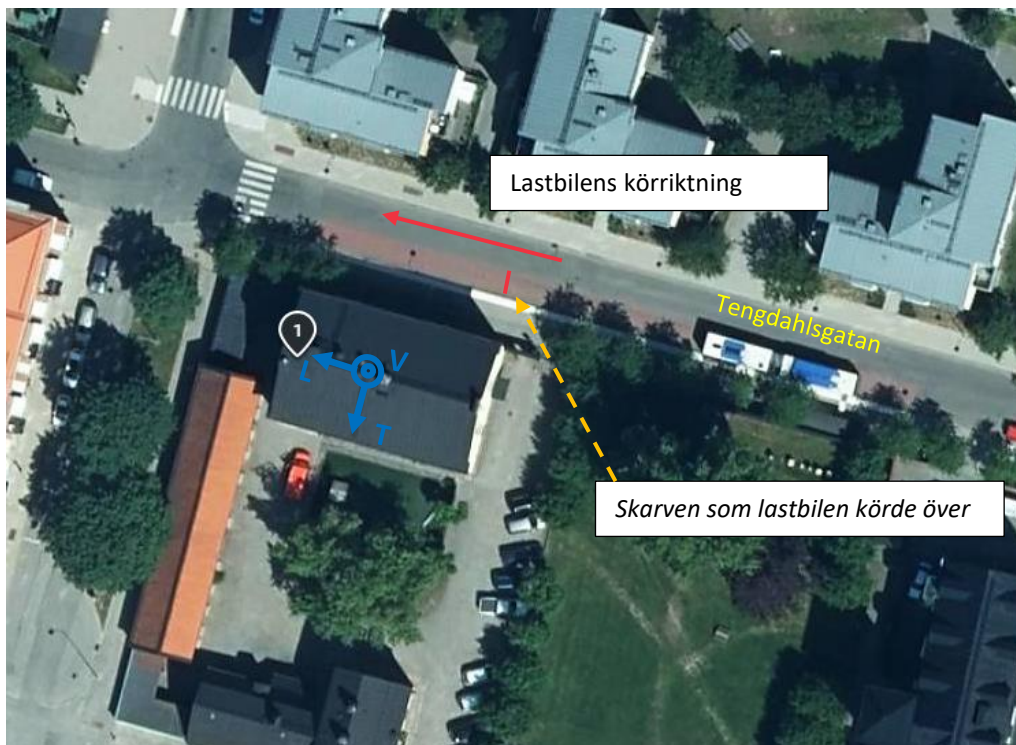


Bild 4, visar en översiktsskild och lastbilens körriktning, samt riktningen på den tri-axiella geofonen (sigicom V12) inne i huset på plan fyra.

Vertikalled (V-led)

Vertikala vibrationer

Lateralled (L-led)

Horisontella vibrationer i vägens längsriktning

Transversalled (T-led)

Horisontella vibrationer tvärs vägen



Bild 5, visar lastbilen (testfordonet) då mätningen började.



Bild 6, visar lastbilen (testfordonet) då mätningen avslutades.



Bild 7, visar lastbilen (testfordonet) då den var på väg över skarven. Lastbilen körde då mot färdriktningen för att få samma färdriktning som vid en vanlig passage.

BILAGA 2 - KOMFORTVIBRATIONER I BYGGNADER

Med komfortvibrationer i hus avses vibrationer i frekvensområdet 1-80 Hz vilket bedöms vara relevant för mekaniska vibrationer som påverkar människokroppen. Mätning sker enligt svensk standard SS 460 48 61 "Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader". I standarden anges att "resultatet skall uttryckas som det maximala effektivvärdet (rms-värdet) med tidsvägning S av den vägda accelerations- eller hastighetsnivån"¹. Vägningarna används för att anpassa den uppmätta vibrationssignalen till hur människokroppen uppfattar den.

I ovan nämnda standard finns även riktvärden för bedömning av komfort i byggnader, se **Error! Reference source not found..**

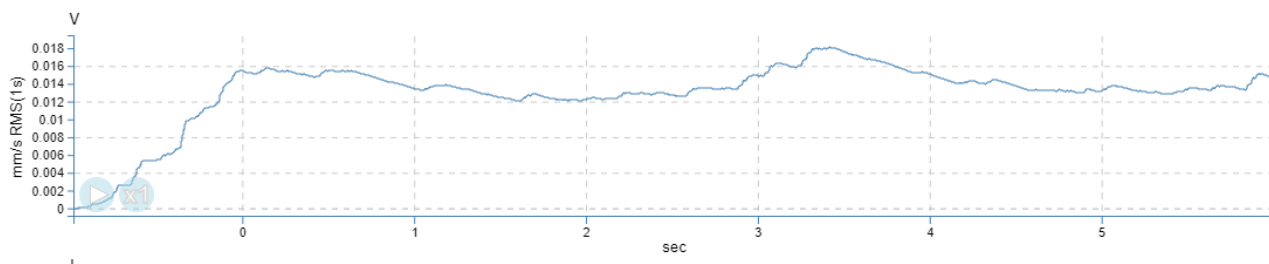
Enligt standarden bör riktvärdena "tillämpas vid nyetablering och vid nybebyggelse. De kan tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder. Riktvärdena bör tillämpas mer strikt för bostäder nattetid."

TABELL 1: RIKTVÄRDEN UR SVENSK STANDARD SS 460 48 61. "VIBRATION OCH STÖT - MÄTNING OCH RIKTVÄRDEN FÖR BEDÖMNING AV KOMFORT I BYGGNADER".

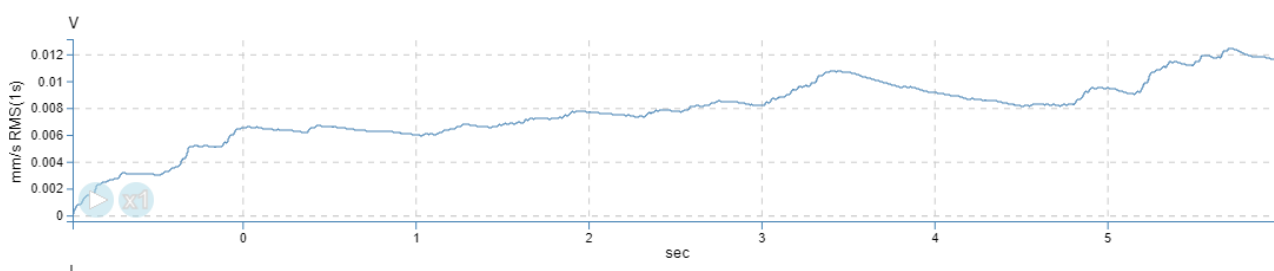
	Komfortvägd vibrationshastighet:
Måttlig störning:	0,4 - 1,0 mm/s
Sannolik störning:	>1,0 mm/s

¹ S=Slow

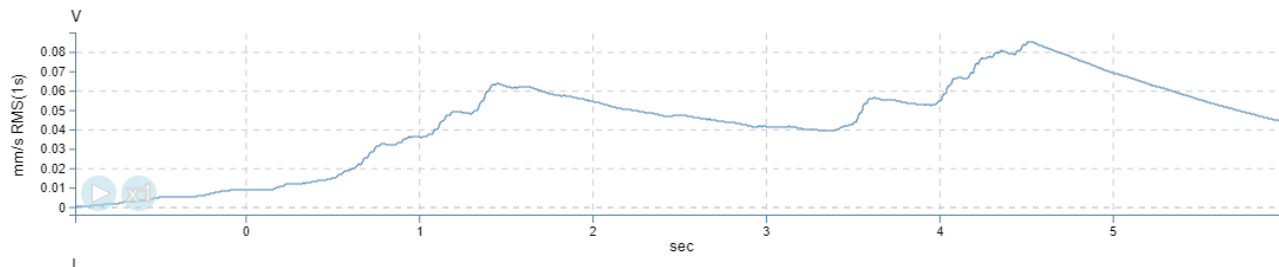
BILAGA 3 – GRAFER ÖVER ENSKILLDA PASSAGER



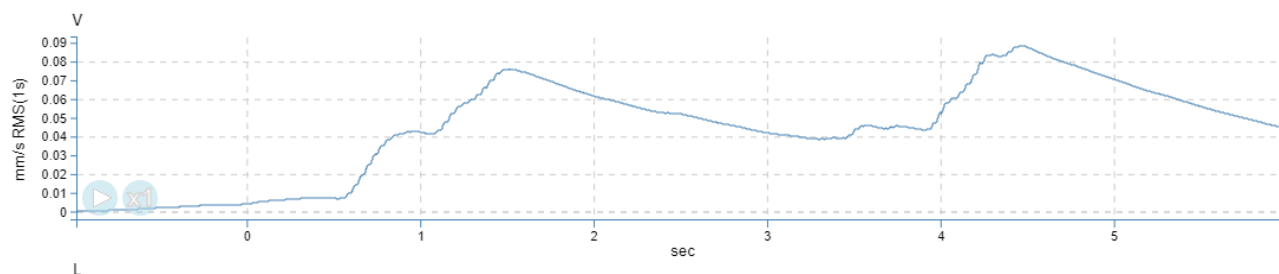
Graf 1, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled på fjärde våningen i huset under en störningsfri passage av en lastbil i 15 km/h som har 5 kubiks last.



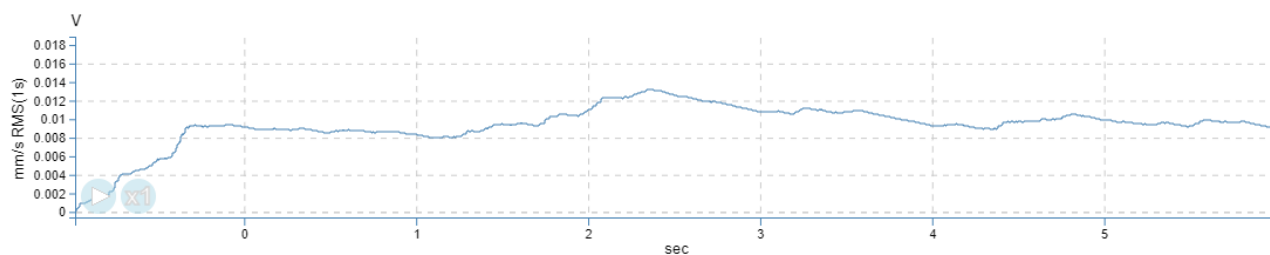
Graf 2, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled i fasaden i huset under samma störningsfri passage som i graf 1 av en lastbil i 15 km/h som har 5 kubiks last.



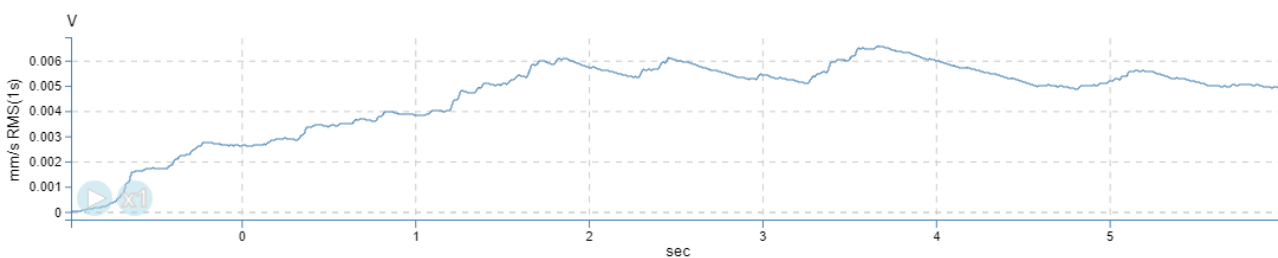
Graf 3, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled på fjärde våningen i huset under en störningsfri passage av en lastbil i 30 km/h som har 5 kubiks last.



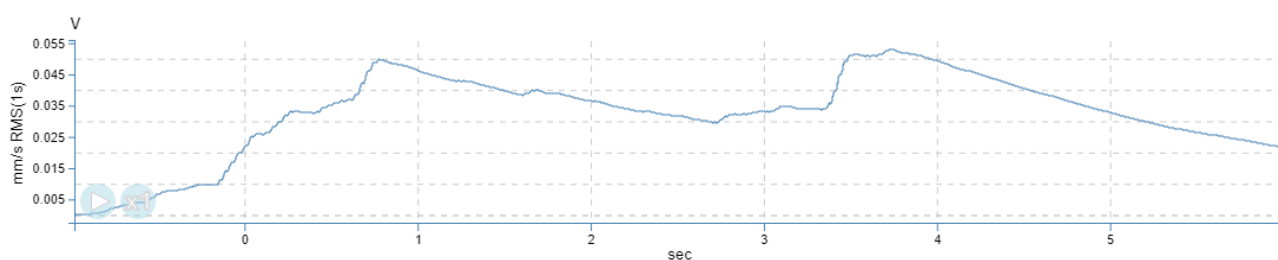
Graf 4, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled i fasaden i huset under samma störningsfri passage som i graf 3 av en lastbil i 30 km/h som har 5 kubiks last.



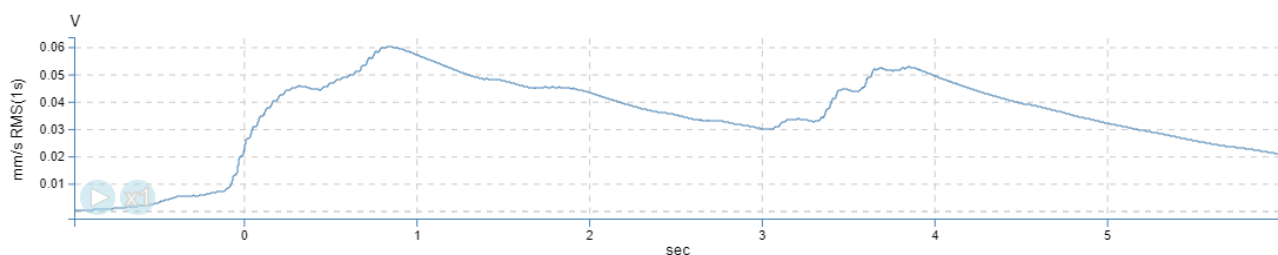
Graf 5, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled på fjärde våningen i huset under en störningsfri passage av en lastbil i 15 km/h som har 6 kubiks last.



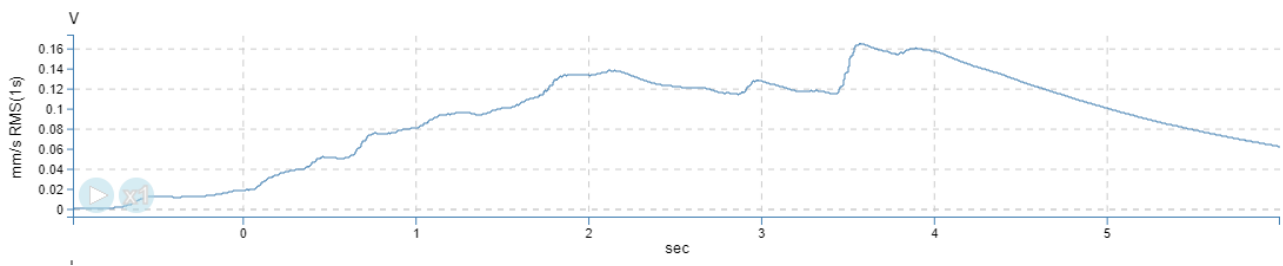
Graf 6, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled i fasaden i huset under samma störningsfri passage som i graf 5 av en lastbil i 15 km/h som har 6 kubiks last.



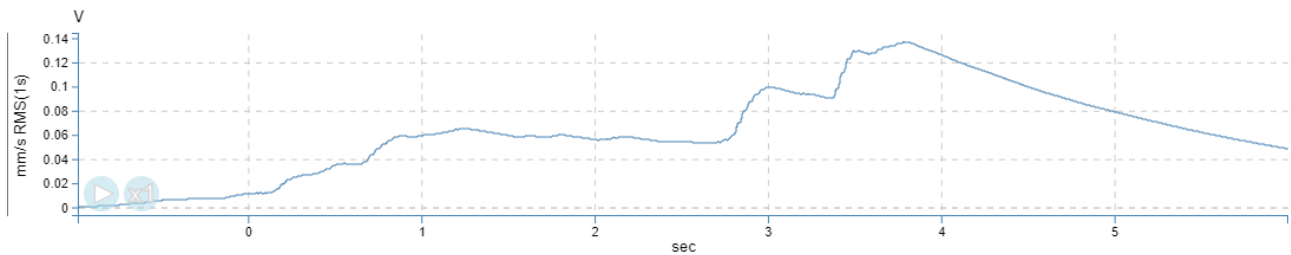
Graf 7, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled på fjärde våningen i huset under en störningsfri passage av en lastbil i 30 km/h som har 6 kubiks last.



Graf 8, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled i fasaden i huset under samma störningsfri passage som i graf 7 av en lastbil i 30 km/h som har 6 kubiks last.



Graf 9, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled på fjärde våningen i huset under en störningsfri passage över en **SKARV** av en lastbil i 30 km/h som har 6 kubiks last.



Graf 10, visar komfortvägd vibrationshastighet i vertikalled i fasaden i huset under samma störningsfri passage över en **SKARV** som i graf 9 av en lastbil i 30 km/h som har 6 kubiks last.