



NCC PROPERTY DEVELOPMENT AB

KV. KUNGSFISKEN, MÖLNDAL

Utredning av risk för komfortstörande vibrationer

TEKNISK PM, DETALJPLAN

Göteborg 2018-08-28

NCC Teknik, Avd. Geoteknik

Uppdragsledare: Lars Hall (LHa)
Handläggare: Lars Hall (LHa)
Vibrationsmätningar: P-O Bjelkström
Granskning: Ayaz Nerway
Uppdragsnummer: 8038255
Dokumentbeteckning: PM-G01
Datum: 2018-08-28
Revidering:

NCC Infrastructure
NCC Teknik
411 04 Göteborg

Besöksadress
Gullbergs Strandgata 2
ncc.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	ORIENTERING	2
2	Aktuellt område och planerade byggnader	2
3	GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	2
3.1	Topografi.....	3
3.2	Jordlagerföljd och jordegenskaper	3
3.3	Geohydrologiska förhållanden	3
3.4	Sättningsförhållanden	3
3.5	Stabilitetsförhållande	3
4	VIBRATIONER	4
4.1	Allmänt	4
4.2	Gällande norm	5
4.3	Utförda vibrationsmätningar	7
5	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	9
5.1	Geoteknik.....	9
5.2	Vibrationer.....	9
5.3	Dimensioneringsförutsättningar.....	10

FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR

	Bilaga
Vibrationsmätningar	B
Vibrationsmätningar: Plan över mätpunkter	B1
Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, enskilda mätserier	B2
Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, sammanlagda mätserier	B3

1 ORIENTERING

NCC Property Development AB planerar att bygga tre större kontorsbyggnader med hotell inom fastigheten Kungsfisken i Mölndals centrum. De planerade byggnaderna ligger utmed Mölndals bro och i närheten av en bussväg och en spårväg. Väg E6 och Västkustbanan finns också i närområdet av aktuell fastighet. Utifrån mängden bil- och spårbunden trafik i närområdet, har det under projekteringsarbetet för detaljplanen bedömts kunna finna risk för komfortstörande vibrationer i de planerade byggnaderna. NCC Teknik har därför, av NCC Property Development AB, fått i uppdrag att översiktligt bedöma risken för komfortstörande vibrationer i planerade byggnader orsakad av omgivande trafik.

För att kunna göra en bedömning av risken för komfortstörande vibrationer utfördes det, inom aktuellt uppdrag, mätning av markvibrationer orsakad av väg och spårbunden trafik i närområdet. I föreliggande PM:et redovisas resultat från analysarbetet av utförda mätning och genomförd riskbedömning av komfortstörande vibrationer i planerade byggnader.

2 AKTUELLT OMRÅDE OCH PLANERADE BYGGNADER

Aktuell fastighet (se *Bilaga B1*) är ett kvarter som ligger i den södra delen av Mölndals centrum och avgränsas av lokalgator i väst och norr (Nygatan, resp. Brogata). I öst avgränsas fastigheten av en bussväg. Öster om bussvägen finns ytterligare trafikleder som en spårväg, en lokalväg (Göteborgsvägen), E6:an och en järnväg (Västkustbanan). I syd avgränsas området av en vägbro (Mölndals bro).

Aktuellt kvarter upptar en yta på ca 16 400m². Kvarteret har idag tre befintliga byggnader utmed denna norra delen av fastigheten, samt hårdgjorda ytor för ett torg och lastområde i dess södra del (se *Bilaga B1*). De två västra befintliga byggnaderna kommer att bevaras och byggas på. Tre helt nya byggnader planeras att byggas i den södra delen av aktuell fastighet, samt en ny byggnaden planeras att uppföras i läget för den befintliga byggnaden i nordöstra delen av aktuell fastighet. De nya byggnaderna kommer att ha mellan 3 och 17 våningar, samt ha verksamheter som kontor, livsmedelsbutik, garage och hotell. Ett torg utmed och i nivå med bron i syd planeras också. För vidare detaljer om planerade byggnader och anläggningar inom aktuell fastighet, se *mimomolndal.se*.

3 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

Geoteknisk utredning för detaljplanen till aktuell fastighet finns redovisad i följande PM:

- "PM Geoteknik". Kv. Kungsfisken. Uppdragsnummer 105 11 41. Datum 2017-10-02, Utförd av Norconsult AB på uppdrag av Mölndals Stad.

En sammanställning av resultat från tidigare geotekniska undersökningar saknas dock i utförd geoteknisk utredning. De geotekniska förhållandena sammanfattade i föreliggande avsnitt baseras därför helt utifrån vad som står i "PM Geoteknik".

Viss information har även hämtats från planbeskrivning tillhörande detaljplanen för aktuell fastighet given i dokument:

- "Planbeskrivning". Detaljplan för Kv. Kungsfisken. Samrådshandling upprättad den 2018-04-10, Utförd av Mölndals Stad.

3.1 Topografi

Aktuell fastighet ligger mitt i en dalgång omgiven av berg. Öster om aktuellt område finns stora trafikleder och en kulverterad å (Mölnalsån).

Kvarteret är bebyggt i dess norra del och utgörs idag av hårdgjorda ytor i dess södra del. Markytan är flack och sluttar svagt ned mot öst med en marknivå varierande mellan +3,5 i öst och +4,5 i väst (höjdsystem RH 2000).

3.2 Jordlagerföljd och jordegenskaper

Enligt "PM Geoteknik" utgörs jorden inom aktuellt kvarter överst av fyllning med en mäktighet mellan 1 och 3m. Fyllningen utgörs av friktionsjord och byggavfall. Under fyllning följer torrskorpelera ned till ca 2,5m djup (nivå ca +1,5) under markytan. Därunder följer en lera ned till ca 24m djup (nivå ca -20). Leran underlagras av friktionsjord ned till berg. Friktionsjorden har, enligt samma källa, en mäktighet varierande mellan 10 och 25m.

Den översta delen av leran, ned till nivå ca -4,5, ska enligt "PM Geoteknik" var gyttjig. Leran har här en odränerad skjuvhållfasthet kring 12kPa och en densitet kring 1,45 t/m³. Under nivå -4,5, så ökar lerans odränerade skjuvhållfasthet med djupet med ca 1,9kPa/m för att vid nivå -20 ha en odränerad skjuvhållfasthet kring 40 kPa. Leran under nivå -4 har en densitet kring 1,6t/m³. **Vågutbredningsfarten** för markvibrationer (ytvågor och skjuvvågen) i den gyttjiga leran, beräknad utifrån empiriska samband, ligger kring 70 m/s.

3.3 Geohydrologiska förhållanden

Grundvattenytan i området ligger i torrskorpelerans nedre del (nivå ca +1,5) eller följer rådande vattenstånd i den närliggande Mölnalsån. Enligt *molndalsan.se*, så varierar vattennivån i Mölnals centrum normalt mellan +1,25 och +2,0. Enligt "Planbeskrivningen", så kommer åtgärder vidtas utmed ån, så att ett högsta högvattenstånd på +2,9 inte kommer att överskridas efter år 2022 vid aktuellt område. Då aktuell fastighet har en marknivå över +3,5, så finns således ingen risk för översvämning av marken inom aktuellt kvarter. Detta även med nuvarande höjdsättning.

Mätningar av porvattentryck i leran visar, enligt "PM Geoteknik", på ett tryck som ökar något mer än en hydrostatisk fördelning ned till rådande grundvattentryck i den undre akviferen (d.v.s. friktionsjorden under leran). Enligt "PM Geoteknik" har den undre akviferen en grundvattentrycknivå kring +4,0.

3.4 Sättningsförhållanden

Enligt "PM Geoteknik" är leran i området svagt överkonsoliderad (OCR=1,05–1,2) med pågående krypsättningar. Enligt samma PM, så har de pågående sättningarna idag en sättningshastighet kring 0,5–1 cm/år. Detta är mycket stor sättningshastighet och indikerar att det istället är pågående konsolideringsättningar (dvs OCR~1) i området.

3.5 Stabilitetsförhållande

Mölnalsån är kulverterad vid aktuellt område och totalstabiliteten kan bedömas som tillfredställande under befintliga förhållanden.

4 VIBRATIONER

4.1 Allmänt

4.1.1 Vibrationskällor

När ett fordon åker på en väg uppstår dels en nedsjunkning ("grop") runt fordonet p.g.a. dess tyngd, dels åstadkommer varje hjul en snabb tryckförändring i marken. På detta sätt överföres hela tiden energi från fordonet till marken. Är vägbanan dessutom ojämn tillkommer stötvågor. Energin sprids sedan i form av spänningsvågor (ytvågor, skjuvvågor och kompressionsvågor) till omgivningen och ger upphov till rörelser i marken (s.k. markvibrationer)

För att trafikinducerade markvibrationer ska få en sådan storlek att de är märkbara, krävs förekomst av lösa jordarter under och i anslutning till vibrationskällan (vägen). Detta beroende på att i lösare material blir dels sjunkningen större och inducerar därmed större dynamiska låg-frekventa krafter i jorden. Vidare är materialdämpningen (friktionen) mindre i lösa jordarter och vibrationer dämpas därför inte ut med avståndet lika mycket som i fasta jordarter. Vibrationsstörningar från trafik kan åtgärdas med olika typer av metoder inom samtliga led i transmissionsprocessen för vibrationer, d.v.s. från fordonsfart, vägbanan, vägens undergrund och utbredning i jord, samt överföring till och inom byggnaden.

Till byggnader överförs spänningsvågorna genom dess grundkonstruktion. Typ av grundläggningssätt påverkar därför storleken av de trafikinducerade vibrationerna som uppstår i byggnader. En styv och tung byggnad påverkas t.ex. mindre av markvibrationer än en mjuk (flexibel) och lätt byggnad. Däremot kan en styv och tung byggnad vara känsligare för vibrationsskador än en flexibel byggnad. I de fall den dominerande frekvensen i markvibrationerna överensstämmer med en av byggnadens egenfrekvenser kan stora vibrationer uppkomma (s.k. resonans) i byggnaden. Vibrationer förstärks normalt med höjden av byggnaden då den blir mer och mer flexibel ju högre den är. För en byggnad utsatt för markvibrationer, uppstår därför normalt störst vibrationer i de översta våningarna.

4.1.2 Förstärkningsåtgärder

Åtgärder för att minska nivå på trafikinducerade markvibrationer, kan antingen utföras vid källan, i spridningszonen eller vid mottagaren.

Vägen och dess grundläggning

Vid källan är målet att minska storleken på de inducerade markvibrationerna. För vägtrafik åtgärdas det enklast genom att försöka minska trafikflödet, minska genomfart av tung trafik, samt genom att sänka tillåten fordonsfart. Andra enkla åtgärder är ett periodiskt underhåll av vägbanan för att få bort ojämnheter som kan skapa vibrationer. Vidare bör farthinder av typen vägbulor tas bort och ersättas med andra hinder som inte genererar markvibrationer (ex. vägvägar). Förstärkning genom att göra vägbanken och dess grundläggning styvare, t.ex. med kalkcementpelare, är en effektiv åtgärd för att minska storleken på inducerade markvibrationer vid väg på lös lera.

Vågbarriär

Vågbarriärer för att minska spridningen av markvibrationer, kan antingen bestå av öppna slitsar eller slitsar/barriärer fyllda med ett material som har en styvhet eller densitet som avsevärt skiljer sig från omgivande jord. För att barriärerna ska ha god effekt, bör de vara lika djupa som våglängderna för de ytvågor med lägst frekvens som man vill dämpa. För att kunna dämpa vibrationer med frekvenser ned till 10Hz, så krävs en relativt djup barriär (>9m). Bredden för en öppen barriär med luft eller vatten har inte någon betydelse för dämpningen av vibrationer. För en fylld barriär, så har bredden på barriärer betydelse för effekten av dämpningen och den kan behöva vara relativt bred (>3 m) för att ha någon effekt på vibrationer med frekvenser ned till 10Hz.

Dimensionering av vågbarriärer kan utföras utifrån riktlinjer framtagna från numeriska beräkningar. För att öka tillförlitligheten i dimensionering kan numeriska beräkningar utföras med resultat från vibrationsmätningar.

Byggnadens grundläggning

Minskning av överföring av markvibrationer in i byggnaden uppnås enklast genom att göra byggnaden tyngre och med en styvare bottenplatta. Detta gör också att en pågrundlagd byggnad är mer vibrationskänslig jämfört med en byggnad grundlagd med platta på mark.

I byggnaden

Grundregeln för att se till att stora vibrationer inte uppstår i ett hus, är att se till att byggnadens och bjälklagens egenfrekvenser inte överensstämmer med de dominerande frekvenserna i markvibrationerna. Byggnaden kan annars, som nämnts tidigare, hamna i resonans, med stora vibrationer som följd. Det åstadkommes enklast genom att göra bygganden och dess bjälklag styvare, så att dess egenfrekvenser blir högre än de dominerade frekvenserna i de trafikinducerade markvibrationerna. Analys för bedömning av risk för komfortstörande vibrationer i byggnader och analys av förstärkningsåtgärder, kan utföras i numeriska beräkningar och med plats-specifika mätresultat från trafikinducerade markvibrationer som indata.

4.2 Gällande norm

4.2.1 Skador

Risken för **skador på byggnader** p.g.a. markvibrationer från väg- och järnvägstrafik är normalt mycket små. Erfarenhetsmässigt ger vibrationsnivåer lägre än 2mm/s (toppvärde), inga skador på byggnader. Högre vibrationsnivåer (>2 mm/s), orsakade av väg- och järnvägstrafik, förekommer främst i områden närmast järnvägar (<50m) i flexibla lätta byggnader grundlagda på lös lera och där trafiken består av tunga godståg eller höghastighetståg. Någon speciell norm för att bedöma risken för vibrations-skador på byggnader pga. trafikinducerade markvibrationer finns dock inte. Närmaste normer är *SS-460 48 66* och *SS-02 52 11* avseende riktvärden för skadliga vibrationer i byggnader orsakade av byggnadsverksamhet (sprängning, pålning, spontning, schaktning och packning).

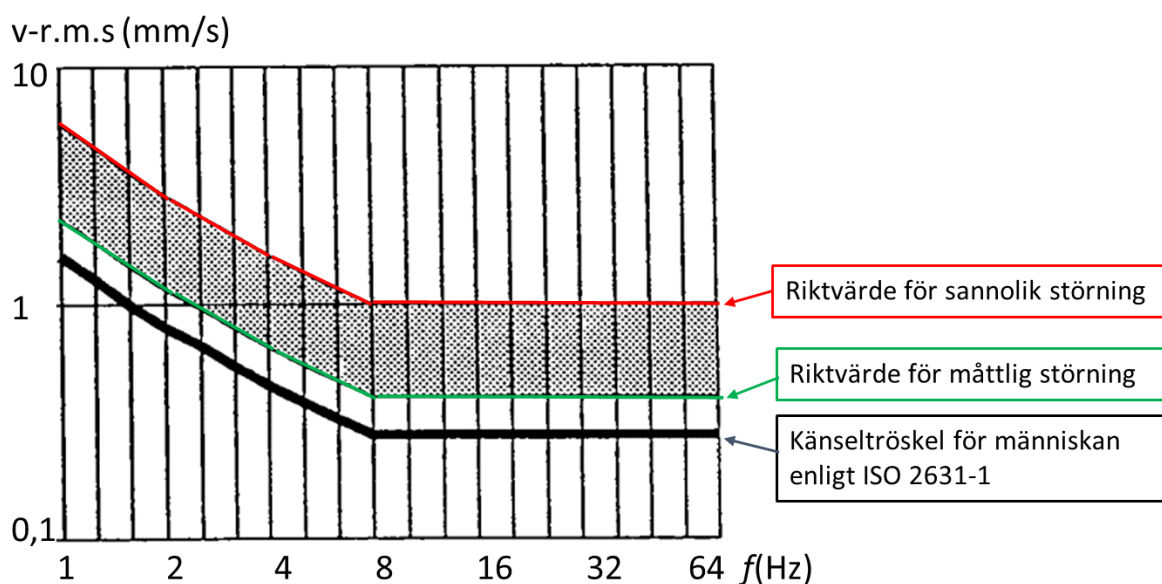
4.2.2 Komfortstörning

För **människors komfort i byggnader** är dock kraven på vibrationer mycket striktare då människokroppen kan uppfatta mycket små vibrationer. Gällande svensk norm för bedömning av komfortstörande vibrationer i byggnader är följande:

- "Vibrationer och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader". SS-460 48 61. Fastställd 1992-09-09. Publicerad av Swedish Standard Institut.

I normen anges riktvärden för bedömningar av risk för komfortstörning i byggnader p.g.a. vibrationer, samt vägledning för hur dessa ska mätas. I normen, så skiljer man mellan måttlig störning och sannolik störning där riktvärden för måttlig störning bör tillämpas vid nybebyggelse av bostadshus. Riktvärden för **sannolik störning** kan tillämpas för kontorsbyggnader och befintliga bostäder under dagtid. Under nattetid för befintliga bostäder bör, enligt normen, riktvärden för **måttlig störning** användas. Riktvärdena i normen är frekvensberoende och redovisas i *Figur 4.1.1*.

För **planerade byggnader** inom aktuell fastighet, så kommer inga delar att nyttjas för bostäder. Dock så kommer hotellverksamhet finnas i del av den höga byggnaden. För dessa våningsplan, med planerad hotellverksamhet, bör riktvärden för måttlig störning tillämpas för bedömning av risk för komfortstörning. För övriga våningsplan och övriga byggnader med kontors- och affärslokaler, så kan riktvärden för sannolika störning användas.



Figur4.1.1 Riktvärden för komfortstörning av vibrationer (r.m.s.-värde för partikelhastighet) enligt norm SS-460 48 61.

Det bör observeras att riktvärden i den svenska normen för komfortstörning inte är avsedda att tillämpas på tillfälliga aktiviteter som bygg- och anläggningsarbeten, och ej heller för bergtäkter och gruvdrift. Normen SS-460 48 61 är därför inte tillämplig för markvibrationer från byggnadsverksamheter med tillhörande byggtrafik.

4.3 Utförda vibrationsmätningar

4.3.1 Vibrationskällor

Trafikslagen som kan orsaka markvibrationer är många för aktuellt område (se *Bilaga B1*). Närmast finns bussväg alldeles öster om planområdet. Ytterligare 15m österut finns en spårväg och alldeles öster om den går Göteborgsvägen. De stora trafiklederna med E6/E20 och Västkustbanan ligger ca 70m, resp. ca 100m öster om planområdet. Enligt uppgift kan broskarven i Mölndals bro även ge upphov till markvibrationer.

4.3.2 Mätuppställning

Vibrationsmätningar för kontroll av markvibrationsnivån inom aktuellt området, utfördes den 6 augusti 2018 mellan kl. 9:30 och kl. 11:15. Mätningarna utfördes i 4st punkter på markytan i en linje vinkelrätt vägarna och järnvägarna på avstånden 25m, 35m, 50m och 80m från närmaste bussväg (mätpunkter 1,2,3 och 4 i *Bilaga B1*). Vidare utfördes en oövervakad långtidsmätning under ca 2 dygn (mellan kl. 11:15 den 6 augusti och kl. 12:30 den 8 augusti) i mätpunkt 50m (mätpunkt 3) från bussväg för att kunna fånga upp ev. stora markvibrationer från godstågstrafik.

Mätningarna utfördes med geofoner med en resonansfrekvens på 1Hz. Det betyder att dessa givare mäter vibrationer korrekt ned till ca 0,5Hz, medan vibrationer med lägre frekvens (<0,5Hz) är dämpade och med uppmätta lägre värden jämfört med de verkliga. Dessa geofoner valdes mot bakgrund av att bil- och järnvägstrafik inducerar markvibrationer som erfarenhetsmässigt huvudsakligen ligger inom frekvensintervallet 1 - 20Hz. Mätningarna utfördes i den vertikala riktningen i samtliga mätpunkter, då det är i den riktning vågrörelse är som störst för de aktuella ytvågorna. Vibrationerna mättes digitalt med en samplingsfrekvens på minst 1000 Hz.

Under mätningarna gjordes försök med att mäta markvibrationer separat från olika trafikslag. Området är dock mycket trafikerat, så att få rena mätningar utan påverkan från andra vibrationskällor var mycket svårt.

4.3.3 Mätresultat

Totalt mättes markvibrationer för 26st olika mätserier under den övervakande vibrationsmätningen. Dessa mätserier var fördelade på 8st busspassager, 10st spårvagnspassager, 3st mätningar av vibrationer från E6:an, 1st godstågspassage och 4st mätserier av vibrationer från bron. Vid den oövervakade långtidsmätning, så var överskreds aldrig triggnivå på 0,2mm/s (toppvärde) och gav därför ingen ytterligare mätserie.

En detaljerad analys utfördes sedan av de uppmätta markvibrationerna. Arbetet omfattade frekvensanalys och beräkning av r.m.s.-värden för samtliga mätningar och mätpunkter. Vidare har påverkan från de olika trafikslagen studerats. Resultaten från denna analys sammanfattas i *Tabell 4.2.1*. I *Bilaga B2* redovisas r.m.s.-värden mot frekvens för resp. trafikslag där högst markvibrationer har uppmätts. I *Bilaga B3* redovisas högsta uppmätta vibrationer r.m.s.-värden mot frekvenser utvärderad från samtliga mätningar, samt med jämförelse mot riktvärden för bedömning av komfortstörning enligt svensk norm.

Tabell 4.2.1 Sammanställning av resultat från utförd vibrationsmätning

Vibrationskälla	Mätpunkt och avstånd till källa	Uppmätta markvibrationer		
		Toppvärde	r.m.s-värde	Dominerande frekvenser
Buss (kl. 10:08)	1 - 25m	0,39mm/s	0,09mm/s	1,9 -4,2 Hz
-"-	2- 35m	0,32mm/s	0,07mm/s	1,9 -4,2 Hz
-"-	3 - 50m	0,20mm/s	0,12mm/s	1,9-3,5 Hz
-"-	4 - 80m	0,35mm/s	0,14mm/s	1,9 -4,2 Hz
Spårvagn (kl. 10:37)	1 - 40m	0,37mm/s	0,14mm/s	2.2 -3,3 Hz
-"-	2- 50m	0,45mm/s	0,10mm/s	2-3.6 Hz
-"-	3 - 75m	0,37mm/s	0,11mm/s	2-3.6 Hz
-"-	4 - 95m	0,46mm/s	0,10mm/s	2-3.6 Hz
E6:an (kl. 9:29)	1 - 75m	0,21mm/s	0,02mm/s	1,8 -4,2 Hz
-"-	2- 95m	0,10mm/s	0,02mm/s	1,8 -3,2 Hz
-"-	4 - 140m	0,09mm/s	0,02mm/s	1,8 -3,2 Hz
Mölnalds bro (kl. 9:36)	1 - 20m	0,31mm/s	0,05mm/s	2,2-4,2 Hz
-"-	2- 20m	0,13mm/s	0,02mm/s	1,8 -3,2 Hz
-"-	3- 20m	0,18mm/s	0,05mm/s	1,8-2,5 Hz
-"-	4 - 20m	0,13mm/s	0,04mm/s	1,8-2,5 Hz
Godståg (kl. 10:19)	1 - 25m	0,33mm/s	0,07mm/s	2,0Hz, 4,0Hz, 6.0 Hz
-"-	2- 35m	0,21mm/s	0,05mm/s	1,8 -3,5 Hz, 6.0 Hz
-"-	3-50m	0,16mm/s	0,08mm/s	1,8 -3,5 Hz, 6.0 Hz
-"-	4-80m	0,09mm/s	0,05mm/s	1,8 -3,5 Hz, 6.0 Hz
Samtliga	1 - 25m	0,39mm/s	0,14mm/s	1,4 -6.5 Hz
-"-	2- 35m	0,45mm/s	0,10mm/s	1,4 -6.5 Hz, 15Hz
-"-	3-50m	0,37mm/s	0,11mm/s	1,4 -4,5 Hz, 10Hz
-"-	4-80m	0,46mm/s	0,14mm/s	1,8 -6,2 Hz, 15.0 Hz

Resultaten från analysen visar på att de uppmätta markvibrationerna i området var låga jämfört riktvärden för komfortstörning. Uppmätta markvibrationer visar på toppvärden mellan 0,01 och 0,45mm/s, samt med utvärderade r.m.s-värden mellan 0,02 och 0,15mm/s. Merparten av rörelseenergin för samtliga uppmätta markvibrationerna låg i frekvensintervallet mellan 1,5 och 6,5 Hz, samt med en tydlig topp kring 3 Hz.

Högsta markvibrationer uppmättes från buss- och spårvagnstrafik med r.m.s.-värden upp till 0,15mm/s. Trafiken på E6:an gav markvibrationer med r.m.s.-värden på upp till 0,02mm/s. Godstågs gav markvibrationer med r.m.s.-värde upp till 0.08mm/s. Trafiken på Mölndals bro bedömdes, enligt mätningarna, orsaka markvibrationer med r.m.s.-värden upp till 0,05mm/s.

De uppmätta markvibrationerna har en tydlig avståndsdämpning från trafikällorna, dvs har minskade vibrationsnivåer mot väst och från trafiklederna i öst. Dock har i vissa fall högre markvibrationer uppmätts i givaren längst väst (mät punkt 4) än jämfört med givarna i mitten av mätsektionen (mät punkter 2 och 3). Det kan möjligen bero på samtidiga markvibrationer från trafik på lokalvägen väster om området eller orsakade av lastarbete vid lastkajen inom området.

5 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

5.1 Geoteknik

Geotekniska rekommendationer inför det vidare projekteringsarbetet för planerade byggnader och dess grundläggning ges i "PM Geoteknik". En del uppgifter i PM:et bör dock kontrolleras (t.ex. uppgiften om en den mycket stora sättningshastigheten i område). En sammanställning av resultaten från de tidigare utförda geotekniska undersökningarna inom fastigheten saknas också och bör utföras inför den vidare projekteringen. Det kan även bli nödvändigt med kompletterande geotekniska undersökningar för att klargöra vissa frågeställningar (t.ex. bestämning av förväntade pålstoppnivåer).

5.2 Vibrationer

Analysen av de uppmätta markvibrationerna från väg och spårbunden trafik i närområdet (se *Bilaga B3*), visade på r.m.s.-värden som låg minst ca 0,35mm/s under riktvärdet för måttlig komfortstörning, resp. minst 0,95mm/s under riktvärdet för sannolik komfortstörning. Skillnaden mellan riktvärden och uppmätta värden var ännu större kring 3Hz, dvs kring den frekvens där merparten av rörelseenergin låg för samtliga uppmätta markvibrationer. För att väg och spårbunden trafik i närområdet ska kunna orsaka komfortstörande vibrationer i planerade byggnader, så krävs det en förstärkning av markvibrationer med en faktor mer än 5 ggr för ett överskridande av riktvärdet för måttlig komfortstörning, resp. en faktor större än 10 ggr för överskridande av sannolik komfortstörning. Det krävs således en mycket stor förstärkning för att markvibrationer från omgivande trafik ska kunna orsaka komfortstörande vibrationer i planerade byggnader. Risken för att komfortstörande vibrationer ska kunna uppstå i planerade byggnader, pga. väg- och spårbunden trafik i närområdet, kan därför bedömas som liten.

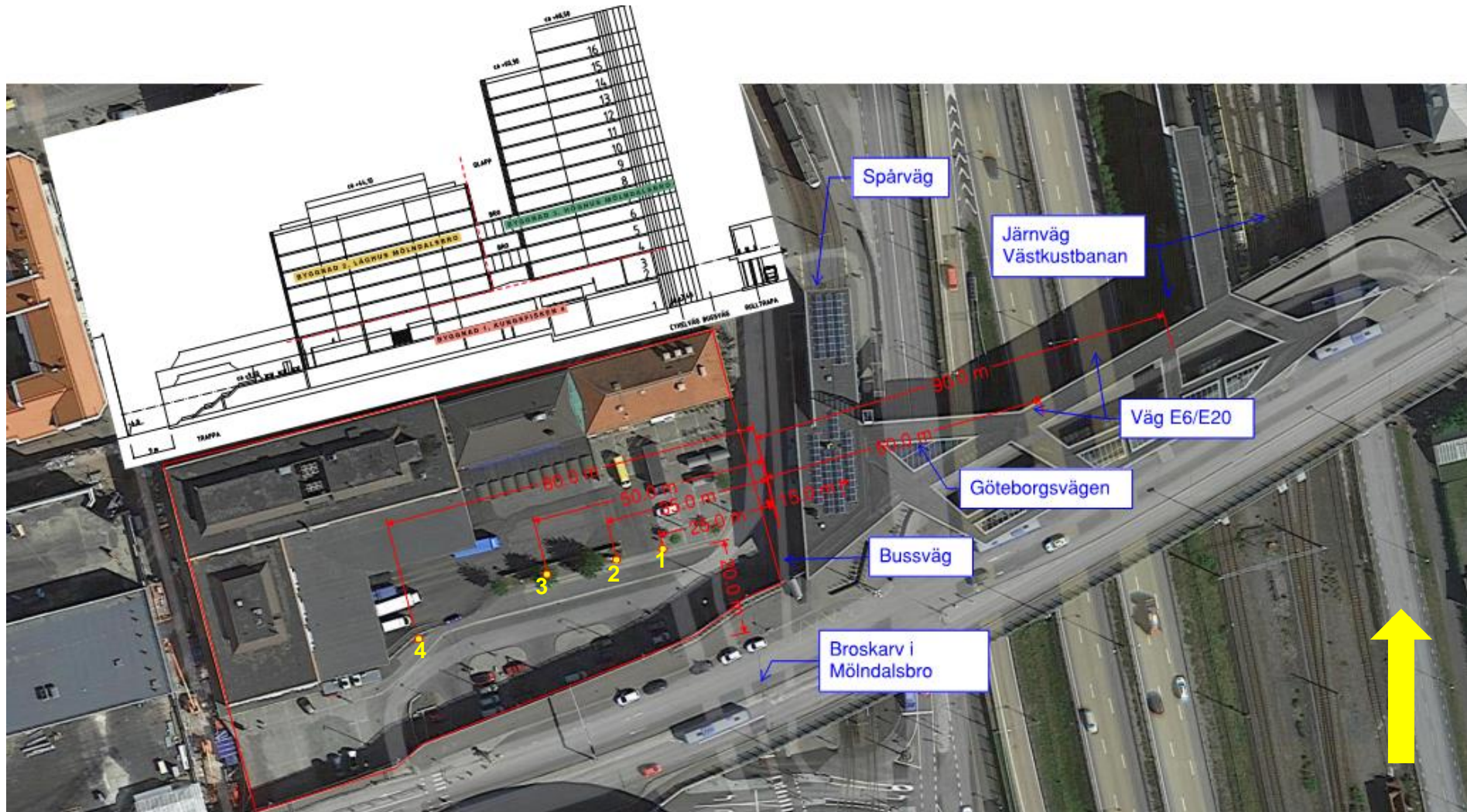
Del av planerade byggnader kommer dock att ha bilgarage och andra verksamheter som kan ge vibrationsstörningar inom andra delar av dessa byggnader. För dessa byggnader, kan det bli nödvändigt att beräkna vibrationsnivåer m.h.a. numeriska program för kontroll att komfortstörande vibrationer inte uppstår för delar av dessa byggnader där det finns kontors- och hotellverksamheter.

5.3 Dimensioneringsförutsättningar

Projektering, utförande och kontroll av permanenta och temporära grundkonstruktioner utförs i lägst **geoteknisk kategori 2** (GK 2) och ska dimensioneras i lägst **säkerhetsklass 2** (SK 2). Byggnaderna ska dimensioneras, så att vibrationer i byggnaderna underskrider riktvärdet för måttlig komfortstörning och sannolik komfortstörning vid hotell-, resp. kontorsverksamhet

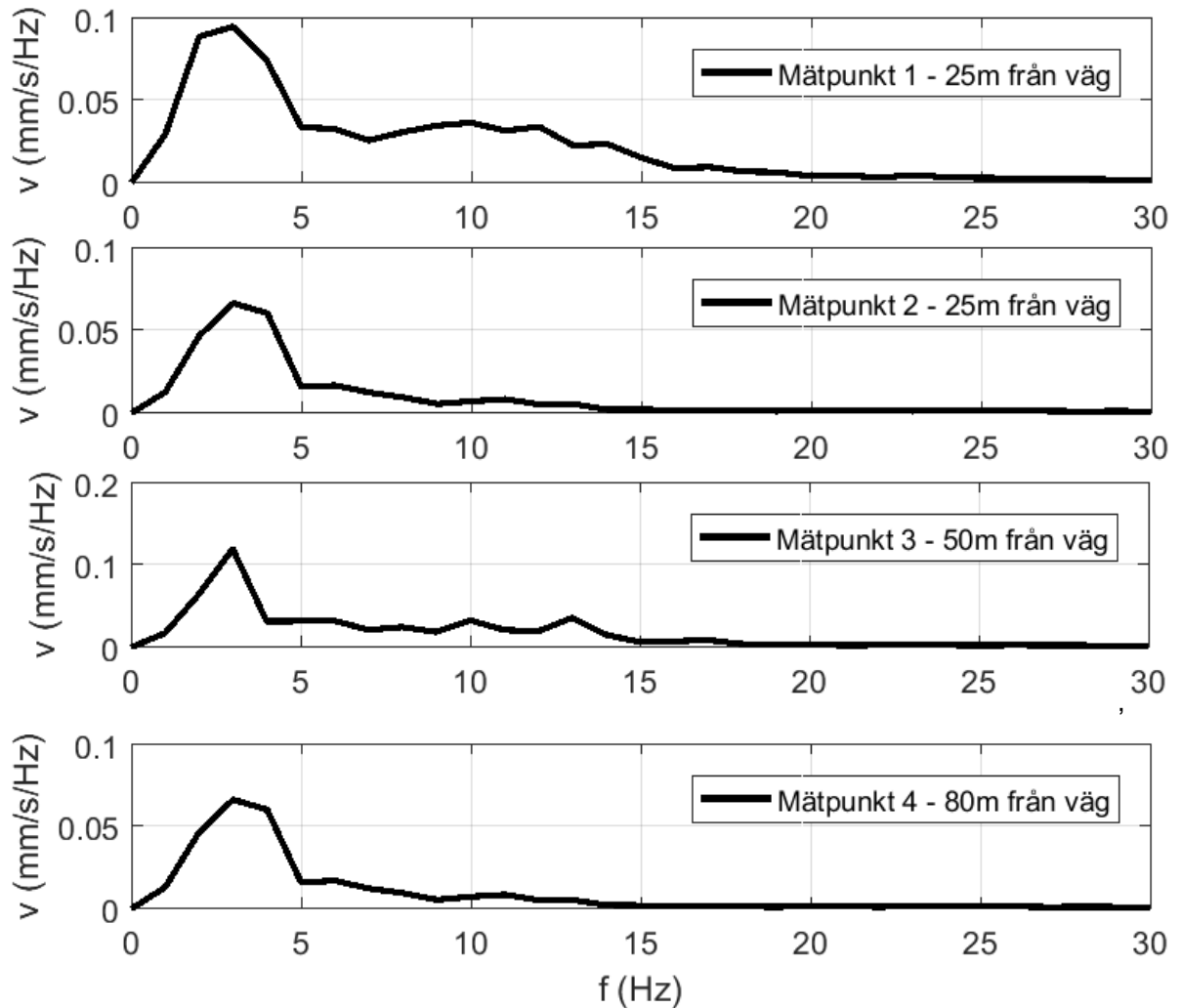
Gällande föreskrifter vid dimensionering av grundkonstruktioner tillhörande både byggnader och vägar är Eurokod enligt dokument *SS-EN-1997-1* och med nationella val enligt Boverket tillämpningsdokument *BFS 2015:5 EKS 10*. Riktvärden för komfortstörning för vibrationer är enligt norm *SS-460 48 61*.

Vibrationsmätningar: Plan över mätpunkter



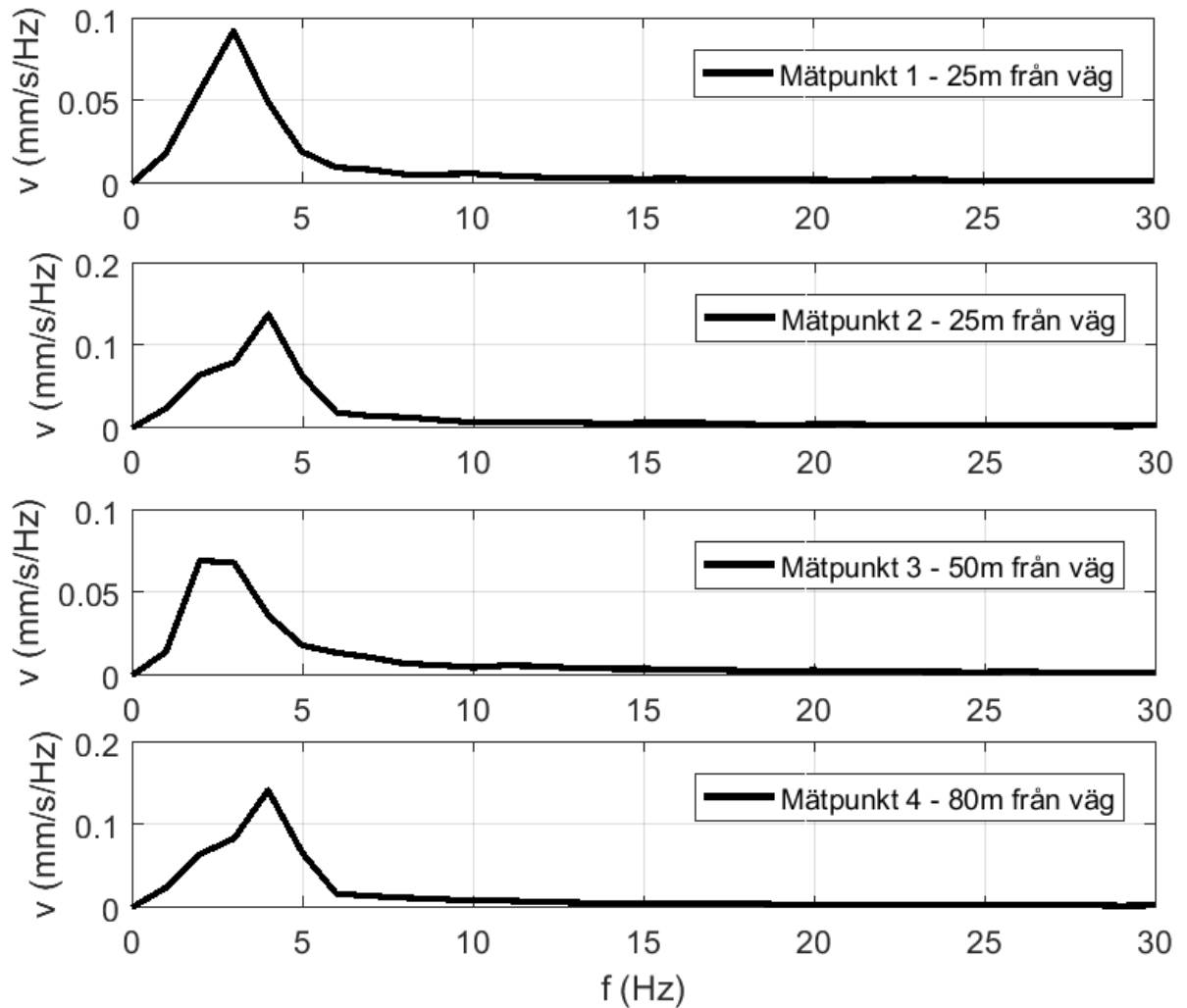
Figur B1.1 Aktuellt kvarter (inom röda linjer) med planerade byggnader och markering av närliggande trafikleder med olika trafikslag, samt visning av läget för mätpunkter för utförd vibrationsmätning (röda cirklar med gul fyllning). Skiss på byggnader och satellitfoto över området har hämtats från "Planbeskrivning" (se Avsnitt 3).

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, enskilda mätserier



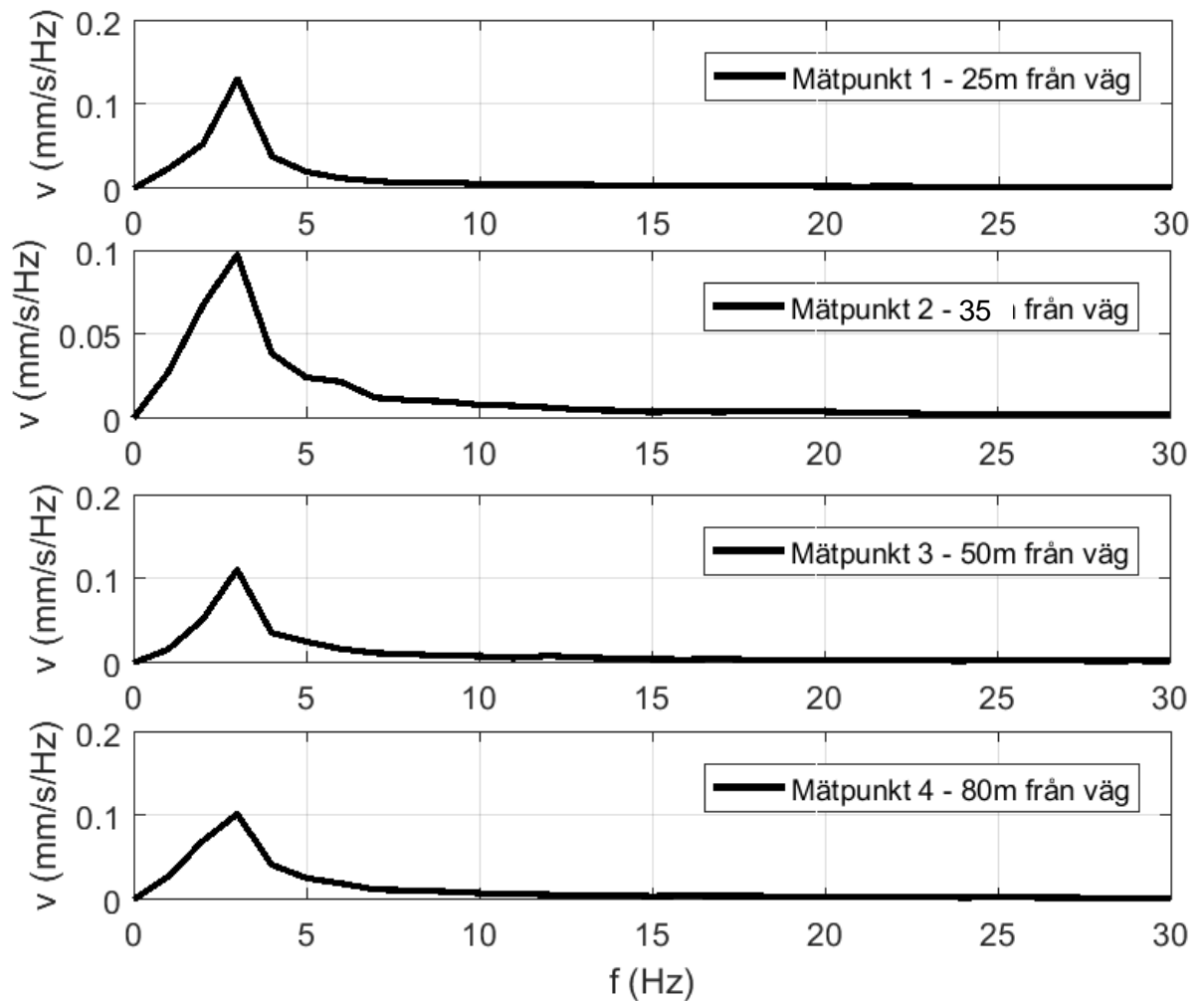
Figur B2.1 Utvärderat frekvensvägt r.m.s.-värde av uppmätta markvibrationer inducerade av **busspassage** på bussvägen kl. 9:42 den 2018-08-06 vid mätpunkter (a) 25m, (b) 35m, (c) 50 och (d) 80m från bussväg. Mät

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, enskilda mätserier



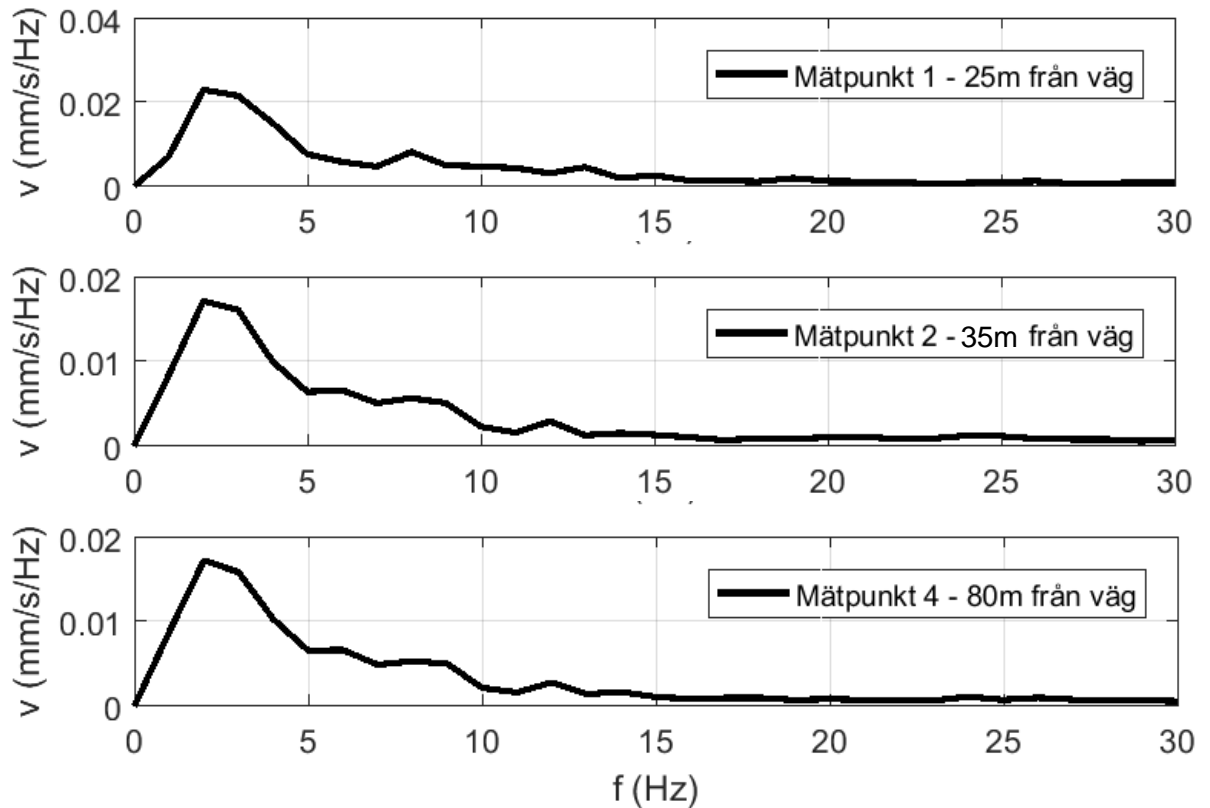
Figur B2.2 Utvärderat frekvensvägt r.m.s.-värde från markvibrationer från **busspassage** på bussvägen kl. 10:08 den 2018-08-06 vid mätpunkter (a) 25m, (b) 35m, (c) 50 och (d) 80m från bussväg.

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, enskilda mätserier



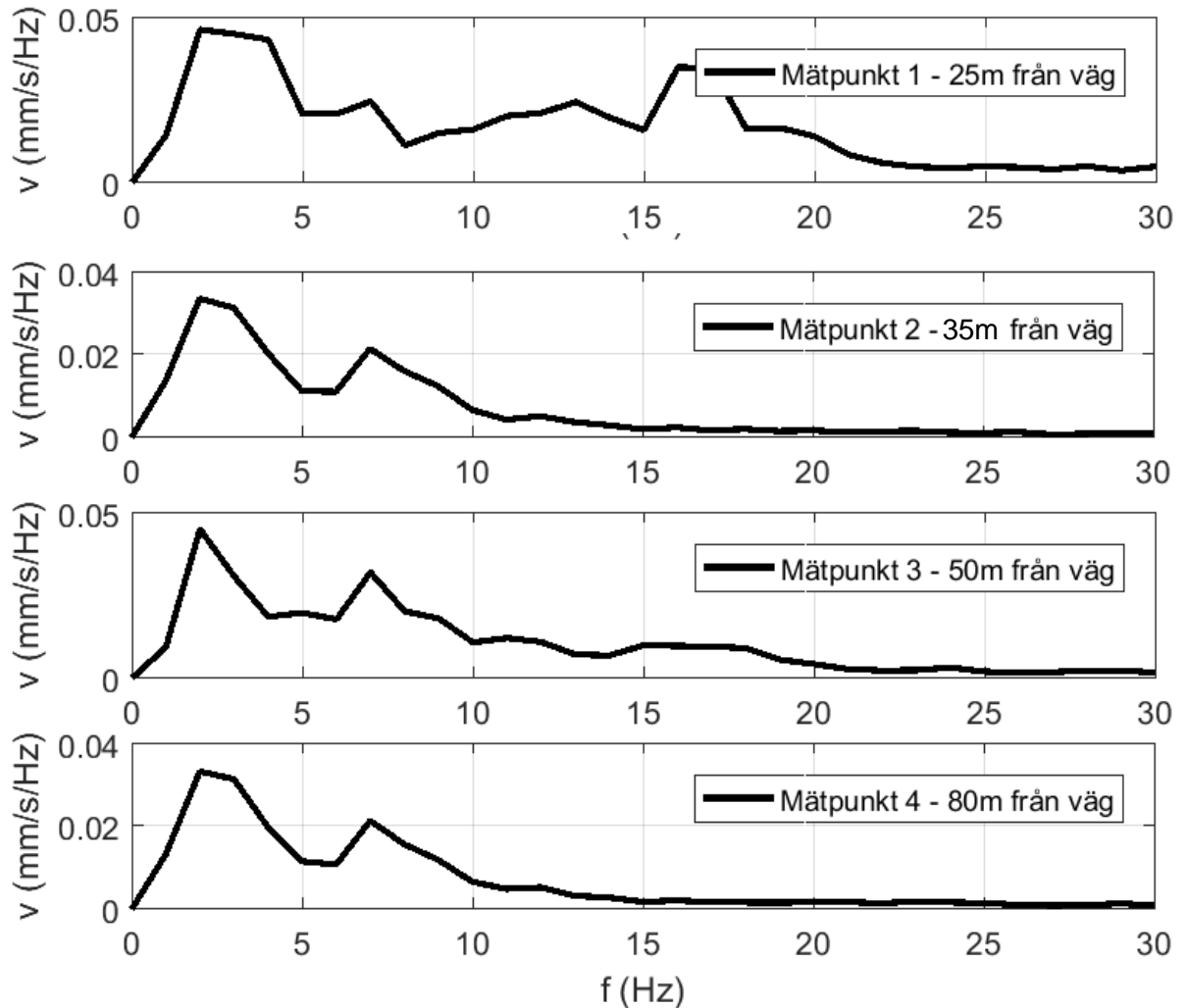
Figur B2.3 Utvärderat frekvensvägt r.m.s.-värde från markvibrationer från spårvagnspassage (kl. 10:37 den 2018-08-06) vid mätpunkter (a) 25m, (b) 35m, (c) 50 och (d) 80m från bussväg.

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, enskilda mätserier



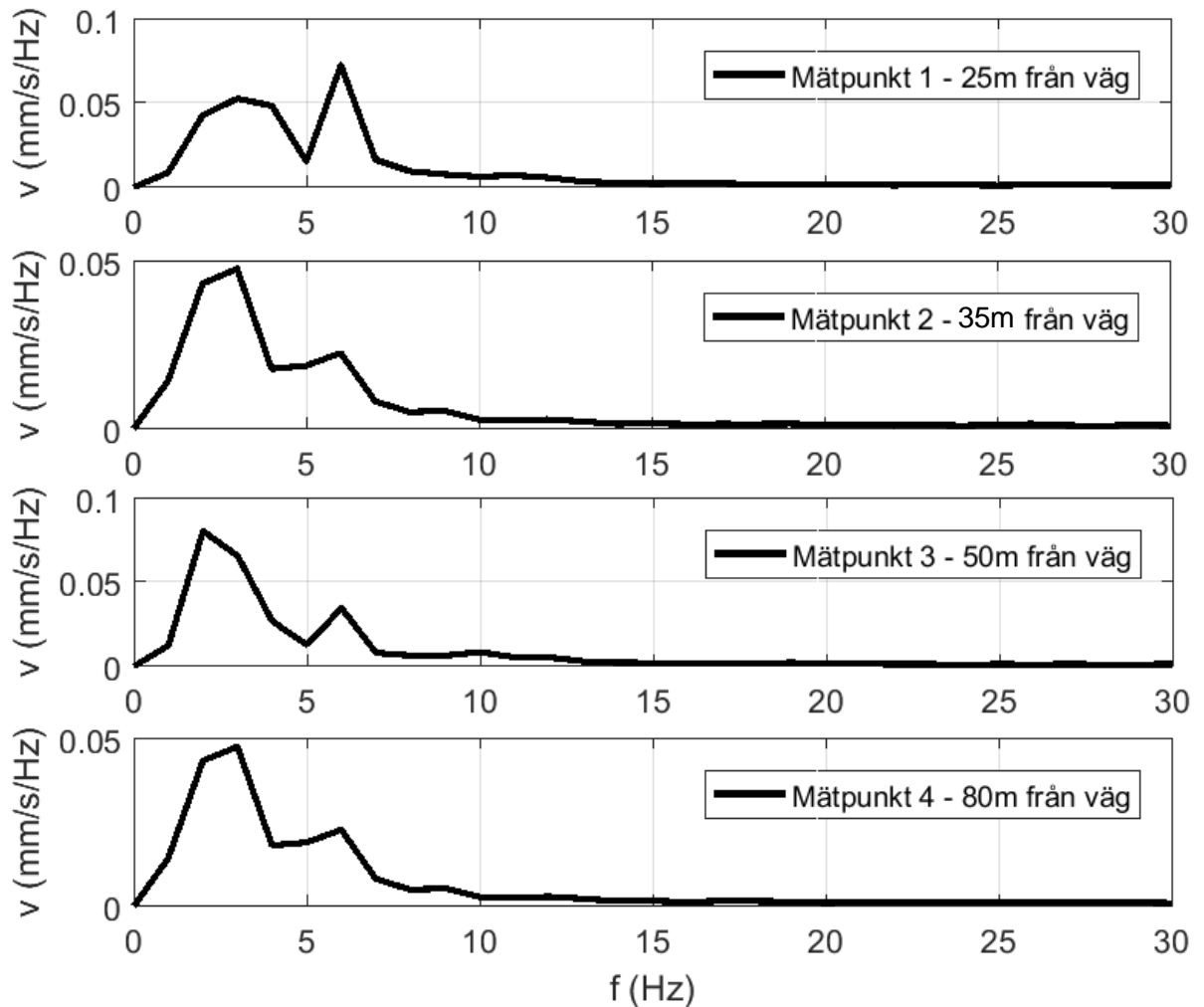
Figur B2.4 Utvärderat frekvensvägt r.m.s.-värde från markvibrationer från **vägtrafik på E6:an** (kl. 9:29 den 2018-08-06) vid mätpunkter (a) 25m, (b) 35m och (c) 80m från bussväg

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, enskilda mätserier



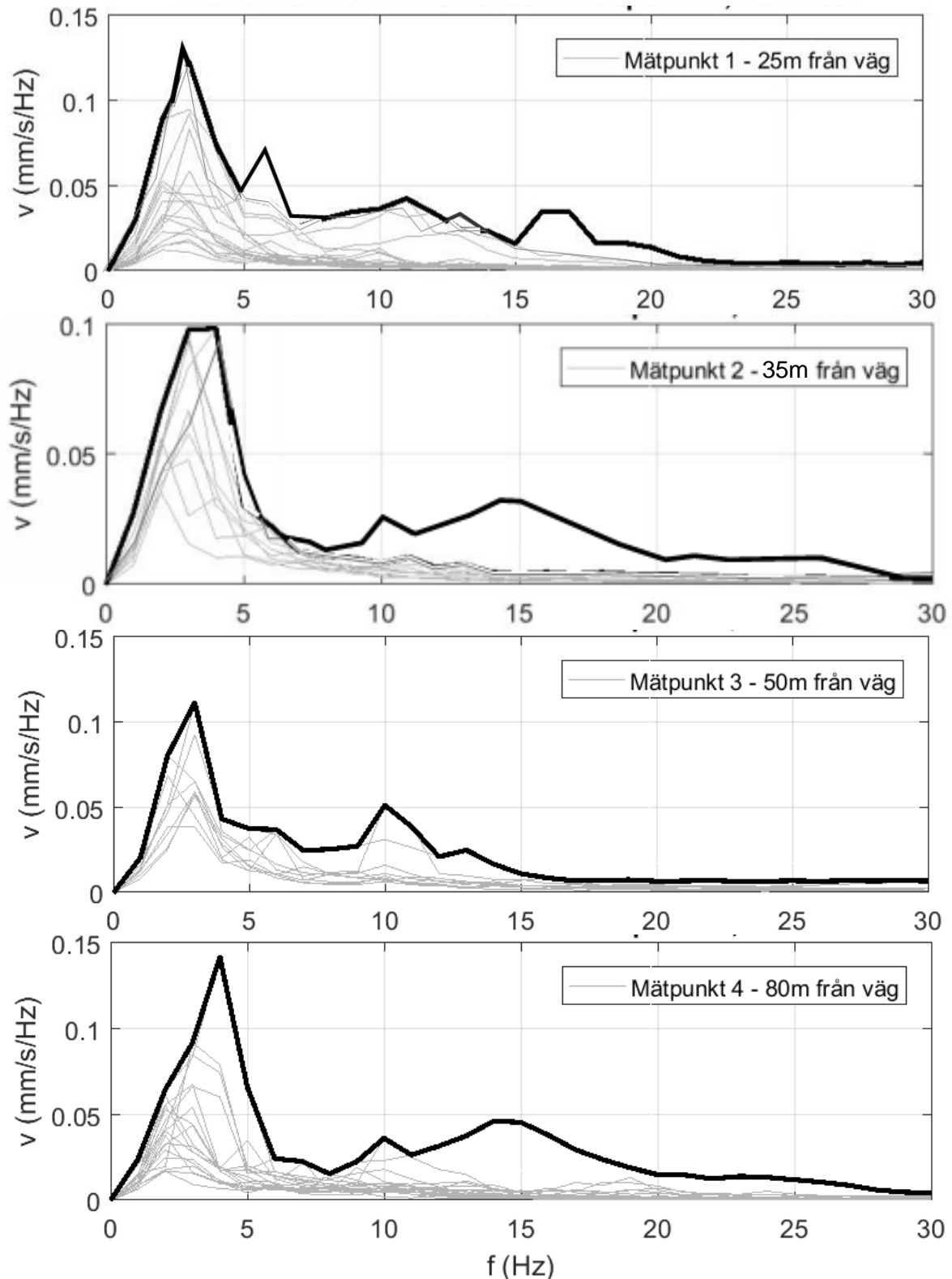
Figur B2.5 Utvärderat frekvensvägt r.m.s.-värde från markvibrationer från **vägtrafik på Mölndals bro** (kl. 9:36 den 2018-08-06) vid mätpunkter (a) 25m, (b) 35m, (c) 50 och (d) 80m från bussväg.

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, enskilda mätserier



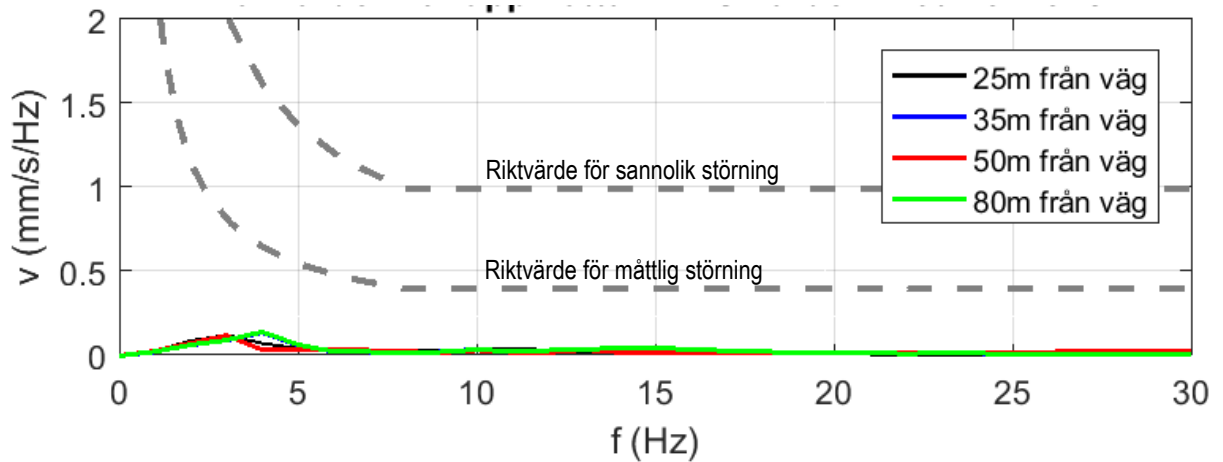
Figur B2.6 Utvärderat frekvensvägt r.m.s.-värde av uppmätta markvibrationer inducerade av tågpassage (kl. 10:19 den 2018-08-06) vid mätpunkter (a) 25m, (b) 35m, (c) 50 och (d) 80m från bussväg.

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, sammanlagda mätserier



Figur B3.1 Utvärderat frekvensvägt maximalt r.m.s.-värde av uppmätta markvibrationer sammansatt från samtliga mätningar utförda den 2018-08-06 för mätpunkter (a) 25m, (b) 35m, (c) 50 och (d) 80m från bussväg.

Vibrationsmätningar: Frekvensvägt r.m.s.-värde, sammanlagda mätserier



Figur B3.2 Utvärderat frekvensvägt maximalt r.m.s.-värde pga. markvibrationer utifrån **samtliga mätningar** utförda den 2018-08-06 för mätpunkter (a) 25m, (b) 35m, (c) 50 och (d) 80m från bussväg, samt jämförelse mot riktvärden enligt norm SS-460 48 61 för bedömning av komfortstörning.