

PM

UPPDRAG DP Tingshuset utredningar	UPPDRAGSLEDARE Lena Eveby	DATUM 2018-06-26
UPPDRAGSNUMMER 12601198	UPPRÄTTAD AV Gábor Felcsuti	GRANSKAD AV Perry Ohlsson

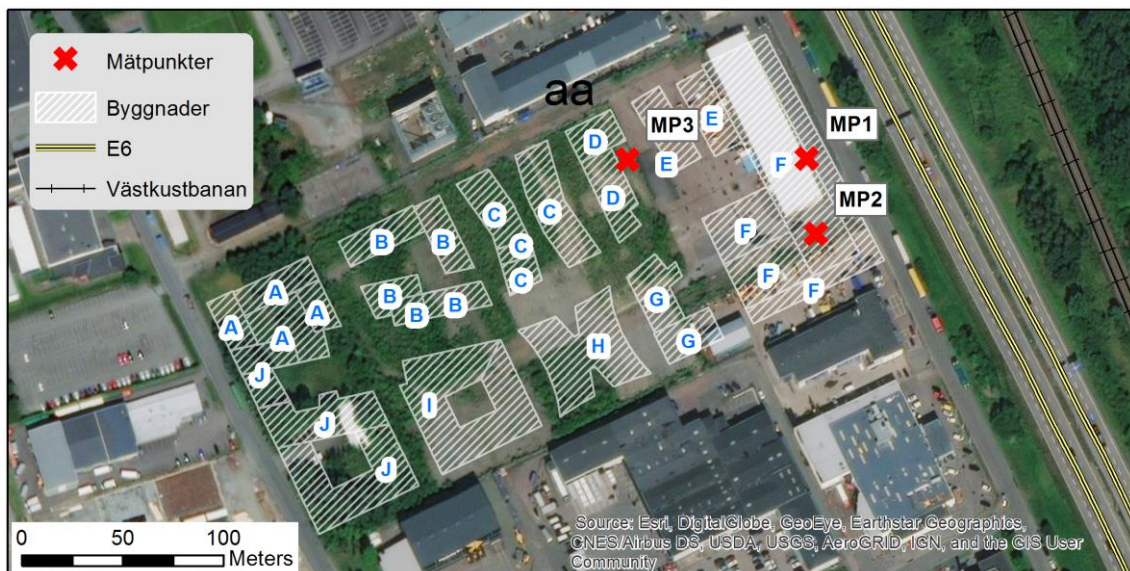
Vibrationsutredning, detaljplan för Tingshuset 13, Mölndal

I detta PM redovisas vibrationsutredningen till detaljplan för Tingshuset i Mölndals kommun. Detaljplanområdet angränsas på östra sidan av högratifierad väg och järnväg, E6:an och Västkustbanan, som skapar risk för störande komfortvibrationer i planerad bebyggelse. I detta PM redovisas resultat av vibrationsmätningar och analys av detta gällande förekomsten av komfortstörande vibrationer, samt förslag gällande utformning och placering av bebyggelse i området i förhållande till dessa.

Förutsättningar

Beskrivning av området

Det aktuella detaljplanområdet ligger i Mölndal, väster om Kungsbackaleden/E6 och Västkustbanan. Det finns även gator i närområdet och det kommer att tillkomma lokalgata i norra respektive södra planområdesgränsen. En översiktsbild av området visas i Figur 1. Trafikuppgifter för väg- och järnvägstrafiken framgår av Tabell 1 och Tabell 2. Den föreslagna bebyggelsen kommer utgöras av en blandning av verksamheter såsom kontor med labbmiljö, hotell och centrumverksamhet och även bostäder i den västra delen av området (A, B, I och J). Enligt förslag ligger ett parkerings hus vid östra fastighetsgränsen (F på Figur 1) och en hotellbyggnad direkt bakom parkeringshuset (E på Figur 1).



Figur 1. Detaljplanområdet.

Markförhållanden

Enligt SGU:s jordardskarta¹ utgörs övre jordlagret av glacial lera med mindre inslag av berg vid västra sidan av området.

En sammanfattning av tidigare utförda geotekniska utredningar framgår av *PM Geoteknik*² och sammanfattas kort nedan. Enligt den utgörs jorden av fyllning som underlagras av lera, som sitter på fiktionsjord som vilar på berg. Lerans mäktigheter varierar inom området mellan 10 och 30 meter, friktionsjordens mäktighet är 0-5 m. Grundvattenytan ligger ca 0.1-0.3 meter under markytan. Med hänsyn till rådande geologiska förutsättningar rekommenderar PM:et preliminärt att byggnaderna grundläggs med pålar.

I förhållande till vibrationer bedöms det att dessa geotekniska förutsättningar ger marken en måttlig till stor förmåga att transportera vibrationer.

Vibrationskällor

Vibrationer i marken uppkommer genom att tåget sätter marken under spåret i rörelse, vars utslag ökar med fordonens vikt och hastighet. Därför är det gods- och snabbtåg som är dimensionerande när det gäller vibrationer från spårtrafik och tunga fordonspassager när det gäller vägtrafik.

Cirka 180-200 meter öster om planområdet ligger Västkustbanan, trafikuppgifter framgår av Tabell 1. Spåruppbyggnad, växlar och spårets slitage har inte undersökts, även om dessa faktorerna kan påverka komfortvibrationer.

Ungefär 45 meter från östra sidan av området ligger Kungsbackaleden/E6, dessutom kommer lokalgator att byggas intill planområdet där tunga passage förekommer. Trafikuppgifter³ enligt Tabell 2.

Tabell 1. Tåguppgifter för järnvägsstrafiken på västkustbanan; antal tåg per årsmedeldygn för nuläge och 2030.

Tågtyp	Nuläge 2018	Prognosår 2030	Medellängd, meter	Maxlängd, meter	Hastighet, km/h
Gods	23	30	571	645	100
Snabbtåg, X2	3	5	165	165	200
Pendeltåg, X60	87	120	97	225	160
IR, X50-54	11	15	114	165	180-200
Regional, X31-X32	50	90	117	160	140
Pendeltåg, X10	13	-	142	150	140

¹ Sveriges geologiska undersökning, online karta, <https://apps.sgu.se/geokartan/#mappage>, hämtad 2018-05-28.

² *PM Geoteknik (utkast)*, Erik Martinsson, Sweco Civil AB, inhämtades 2018-05-30.

³ *Trafikunderlag från Atkins och ÅF bestående av nulägesituationen (Trafikflöden nuläge.pdf) och en framtida trafiksituation år 2040 (2040 worst case m Tingshuset u TPL.PNG).*

Tabell 2. Vägtrafik nuläge och prognosår 2040 och; trafiksiffror gäller för forden per dygn.

Gata	Årsdygnstrafik, nuläge	Årsdygnstrafik, 2040	Hastighet, km/h	Andel tung trafik
E6 Kungsbackaleden	71 210 f/d	84 400 f/d	80 km/h	10%
Pepparredsleden	8020 f/d	10 100 f/d	70 km/h	9%
Aminogatan	10 250 f/d	14 900 f/d	50 km/h	9%
Taljegårdsgatan	2990 f/d	5800 f/d	50 km/h	15%
Kärragatan – norr planområdet	660 f/d	6900 f/d	50 km/h	15%
Kärragatan – söder planområdet	660 f/d	3000 f/d	50 km/h	15%
Kråketorpsgatan – norr planområdet	970 f/d	850 f/d	50 km/h	15%
Kråketorpsgatan – mitt för planområdet	970 f/d	3000-5300 f/d	50 km/h	15%
Kråketorpsgatan – söder planområdet	970 f/d	3000-5300 f/d	50 km/h	15%
Tillkommande vägar – norr om planområdet	-	3450 f/d	50 km/h	15%
Tillkommande vägar – söder om planområdet	-	2000 f/d	50 km/h	15%

Vibrationer från trafik, riktvärden

Komfortvibrationer i bostäder

Generella riktvärden för vibrationer i bostadsmiljö saknas. Bedömning avseende komfortvibrationer utförs med handledning av Svensk Standard SS 460 48 61 som anger riktvärdena i Tabell 3. Riktvärdet avser maximala RMS-värden med tidsvägning "slow" som är frekvensvägd enligt ISO 8041 inom frekvensområdet 1-80 Hz. Riktvärdet gäller för vibrationshastigheter uppmätt "på de platser där vibrationsnivåerna är som högst och där vibrationerna upplevs som mest besvärande", genrellt sett i mitten av det golv/bjälklag som har den längsta spännvidden i en byggnad.

Tabell 3. Riktlinjer gällande komfortvibrationer, SS 460 48 61.

Bedömning	Vibrationshastighet enligt SS 460 48 61
Knappt/ej kännbar för människor	<0,1 mm/s
Måttlig störning	0,4-1 mm/s
Sannolikt störning	>1 mm/s

Stomljud

Fenomenet att vibrationer i mark överförs till byggnader och genererar hörbart ljud kallas för stomljud och förekommer huvudsakligen i frekvensområdet 20-300 Hz. Stomljud uppstår vanligtvis i hårda jordarter/berg och är mindre typisk för mjuk mark såsom lera, då vibrationsväggar i detta frekvensområde dämpas mycket mer effektivt av dessa markförhållanden.

Det finns inga nationella krav på stomljud från trafik. Då stomljud från trafik förekommer, kan man tillämpa riktlinjer för buller inomhus på grund av yttre ljudkällor, vilka ska uppfyllas av den kummulativa ljudnivån orsakad av luft- och stomburet ljud som förekommer samtidigt.

Byggnadsskador

Vibrationsnivåer som riskerar att orsaka byggnadsskador är ovanliga från väg- och spårtrafik. Det finns ingen Svensk Standard som kan tillämpas specifikt för att beräkna riktvärden för skada på byggnader med avseende på vibrationer orsakade av trafik.

Ett bra hjälpmedel att utgå ifrån i nuläget är *Svensk Standard SS 02 52 11*⁴. Med dess vägledning framgår ett gränsvärde för normala bostadsbyggnader på 4-6 mm/s⁵ som kan leda till byggnadsskador. Detta gränsvärde är inte direkt tillämpligt på grund av annorlunda frekvensinnehåll och varaktighet av vibrationer från trafik och markarbete. Däremot ger det en indikation på skadenivån. Eftersom gränsvärdet är minst en storleksordning högre än riktvärdet för komfortnivån, bedöms att vibrationer från trafik inte riskerar byggnadsskador i detta projekt.

Vibrationskänsliga instrument

Planerade forskningsverksamhet på området kan eventuellt inkludera vibrationskänsliga utrustning. Generella krav finns ej, utan en bedömning får göras för varje enskilt fall. För vibrationskänsliga utrustning ska leverantörskrav tillämpas.

Uppskattning av komfortnivå

Ett pålitligt sätt att bedöma risken för höga vibrationer i ett område är att mäta vibrationsnivåer i mark och befintlig bebyggelse på platsen.

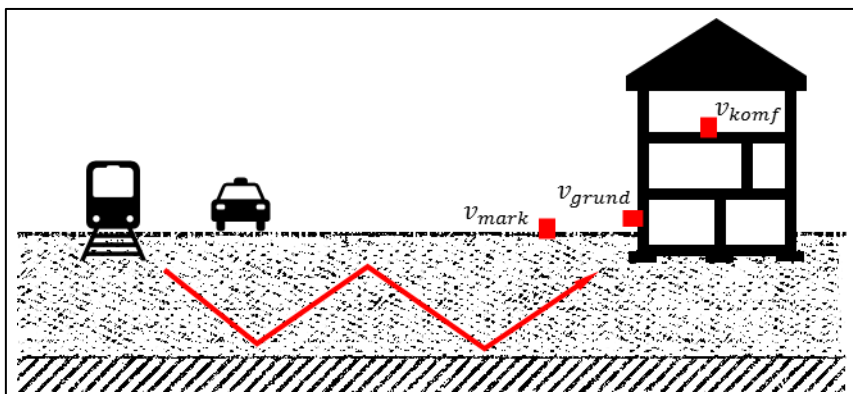
Utifrån genomförda mätningar i mark, erfarenhetsbaserade tumregler gällande kopplingsfaktorer mellan mark-grundläggning samt förstärkningsfaktor, har komfortnivån inomhus i planerade byggnader uppskattats, se Tabell 4 och Tabell 5. Beteckning och schematisk sammanställning visas i Figur 2.

$$v_{grund} = \text{kopplingsfaktor} \cdot v_{mark}$$

$$v_{komf} = \text{kopplingsfaktor} \cdot \text{förstärkningsfaktor} \cdot v_{mark}$$

⁴ Svensk Standard SS 02 52 11 Vibration och stöt – Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader orsakade av pålning, sponning, schaktning och packning

⁵ Gränsvärdet gäller i vertikal riktning i bärande del av huskonstruktionen, till exempel på grundmur.



Figur 2. Punkter för erfarenhetsbaserade uppskattning av komfortvibrationer.

Tabell 4. Kopplingsfaktor från mark till grund.

Grundläggning	Kopplingsfaktor
pålad grund (spetsburna pålar)	0,3
pålad grund (mantelburna pålar)	0,4
källare som platta i mark	0,4
platta på mark	0,6

Tabell 5. Förstärkningsfaktor i byggnad

Bjälklagstyp	Förstärkningsfaktor
betong, korta spännvidder	1
betong, långa spännvidder	3
styvt träbjälklag	2
vekt träbjälklag	4-6

Mätutförande

Mätmetod

Obevakad mätning har utförts mellan 2018-05-21 och 2018-05-31 i tre punkter samtidigt inom planområdet. En punkt placerades på den befintliga byggnadens grundmur (MP1), en punkt placerades i marken vid östra fastighetsgränsen (MP2) och en punkt låg längre in i området (MP3). Beskrivning av mätpunkter samt mätinstrument finns i Bilaga 2.

Ett periodiskt toppvärde registrerades varje minut under mätperioden med syfte att få en statistisk bild av vibrationernas fördelning under dygnet. Utöver dessa sparades ett tidkurvförlopp när momentana vibrationshastigheten överskred en förinställd nivå (se Bilaga 2). Vibrationssignaler uppmätts med tidsvägning "Slow" och behandlades enligt filterprofilen i SS 480 40 61.

Mätresultat

Den högsta uppmätta vibrationshastighet på befintliga husets grundmur var 0.23 mm/s under mätperioden. Kurvförloppets karaktär samt frekvensanalysen (se Bilaga 2) tyder på att denna var orsakad av ett tågpassage. Kurvförloppets varaktighet (10-15 sekunder) indikerar ett långt tåg såsom godståg.

Liknande analys för de fem högsta uppmätta komfortvägda vibrationshastigheterna har påvisat att dessa är orsakade av tågpassage. För att ge en statistisk bild visar resultattabellen, Tabell 6, ett intervall för vibrationshastigheter, det vill säga den lägsta och högsta komfortvägda vibrationsnivå utifrån de 5 högsta tågpassage.

På frekvensdiagrammet (Bilaga 2) ser man toppar med varierande storlek vid 1.8 Hz och dess övertoner (dvs 3.6 Hz, 5.4 Hz, 7.1 Hz och 10.9 Hz), som är förmodligen orsakade av tågens passering över någon ojämhet på rälsen. Samtidigt var dominerande frekvenser för mätningar i marken 3.6 Hz och 5.4 Hz. Detta tyder på att frekvenser kring 3-6 Hz förstärks vid vågutbredningen i mark.

Vägtrafik orsakar förmodligen vibrationer, men kan inte direkt identifierats på samma sätt som för tågtrafik. Eftersom högsta uppmätta mätvärden kunde direkt kopplas till tågtrafik, bedöms vägtrafiken inte vara dimensionerande för vibrationer i planområdet.

Frekvensinnehåll över 20 Hz är hade väldigt låg amplitud i mätta vibrationsförlopp, vilket innebär låg risk för förekomst av stomljud.

Tabell 6. Mätresultat; vibrationsnivåer från de 5 tågpassagerna som orsakade högsta komfortvägda vibrationsnivåer.

Mätpunkt	Position	Maxvärde, min-max, mm/s
MP1	grundmur	0,19-0,23
MP2	mark	0,15-0,22
MP3	mark	0,10-0,14

Bedömning av komfortnivå inomhus

I Tabell 7 redovisas även intervaller för uppskattade komfortnivåer enligt kapitel "Uppskattning av komfortnivå" på sida 4. Den lägsta gränsen i intervallerna är beräknad med en kopplingsfaktor på 0.3 och en förstärkningsfaktor 2; medan högsta värdet i intervallen är beräknad med kopplingsfaktor 0.4 och förstärkningsfaktor 3. Detta är typisk för byggnader i betong med pålad grundläggning enligt Tabell 4 och Tabell 5.

En bedömning har gjorts på antal överskridande nattetid 22-06 baserad på fördelning av uppmätta vibrationsnivåer i periodiska mätningar. Detta utgår ifrån samma antagande på koppling- och förstärkningsfaktor angivna i det föregående stycket.

Uppskattningen tyder på att komfortnivåer klarar riktvärdet 0,4 mm/s med marginal vid MP3, 80 meter från östra gränsen, och följaktligen även längre västerut inom området. Dock kan måttligt störande vibrationer förekomma vid västra fastighetsgränsen (MP1 och MP2), särskilt när det gäller höga byggnader med långa (>8 m) bjälklagspännvidder.

Enligt angivna trafikuppgifter förväntas antal passerande godståg öka med 30% till 2030. Detta bedöms inte innebära en signifikant ökning i antal överskridande av komfortvibrationshastigheter.

6 (11)

PM
2018-06-

Tabell 7. Uppskattad komfortnivåer.

Mätpunkt	Uppskattad antal överskridande 22-06 ^{a)}	Uppskattad komfortnivå inomhus, mm/s
MP1	0-2	0,4-0,5
MP2	0-1	0,1-0,3
MP3	0	0,1-0,2

a) Uppskattade värden gäller för en medelnatt under hela mätperioden. Intervallen uppges för de tågpassager som orsakade de 5 högsta vibrationsnivåer under mätperioden

Slutsats och förslag till utformning av planområdet

Resultat av analysen tyder på att den dominerande vibrationskällan är tågtrafik som kan ge upphov till överskridande av riktvärdet gällande komfortvibrationer inom 80 m från östra planområdesgränsen. Det bedöms att vägtrafik på E6 ger marginal påslag.

Vid utformning av ny bebyggelse inom planområdet rekommenderas det att beakta följande synpunkter:

- Enligt rådande geologiska förhållandena har marken en bra förmåga att transportera vibrationer. Därför rekommenderas det att planerade byggnaderna i området grundläggs på ett nedre jordlag/berg med mindre vibrationer, det vill säga anläggs med pålad grundläggning. Spetsburna pålning som går ner till fasta jordlagret är att föredra framför mantelburna pålning när det gäller komfortvibrationer.
- Undvik placering av byggnader som är vibrationskänsliga nära Kungsbackaleden/E6 och Västkustbanan, i synnerhet 0-80 meter från östra planområdesgränsen. Enligt aktuella planförslaget ligger ett parkeringshus på östra fastighetsgränsen vilken är en bra placering i förhållande till vibrationsnivåer.
- Störande komfortvibrationer kan förekomma för långa byggnader (mer än exv 15-20 meter), som har långa bjälklagspänvidde (mer än 8 meter) och som ligger 0-80 meter från östra planområdesgränsen. Val av bärande element i dessa byggnader bör utformas så att dess egenfrekvens inte hamnar i resonans med dominerande frekvens i mark, vilken är 3-6 Hz. Detta kan vara aktuellt för hotellet som är planerat precis bakom parkeringshuset.
- Ur vibrationssynvinkel är det bättre att bygga vibrationsutsatta byggnader i betong (vilken vanligtvis har högra materialdämpning än stålstomme).
- Byggnader som planeras innehålla forskningsverksamhet och därmed eventuell vibrationskänslig utrustning, bör placeras mitt i området snarare på östra sidan av området, långt ifrån spårlinjen.
- Det finns liten kunskap om samverkan av komfortvibrationer och buller på människors komfort. Det kan dock vara bra att sätta högre ljudisoleringskrav på bullerutsatta fasad för de byggnader där störande vibrationer kan förekomma samtidigt.

- På grund av markens goda förmåga att transportera vibrationer är det viktigt att vibrationer från vibrationsalstrande aktiviteter såsom spointing och pålning övervakas under byggtiden under etapp 2.

8 (11)

PM
2018-06-

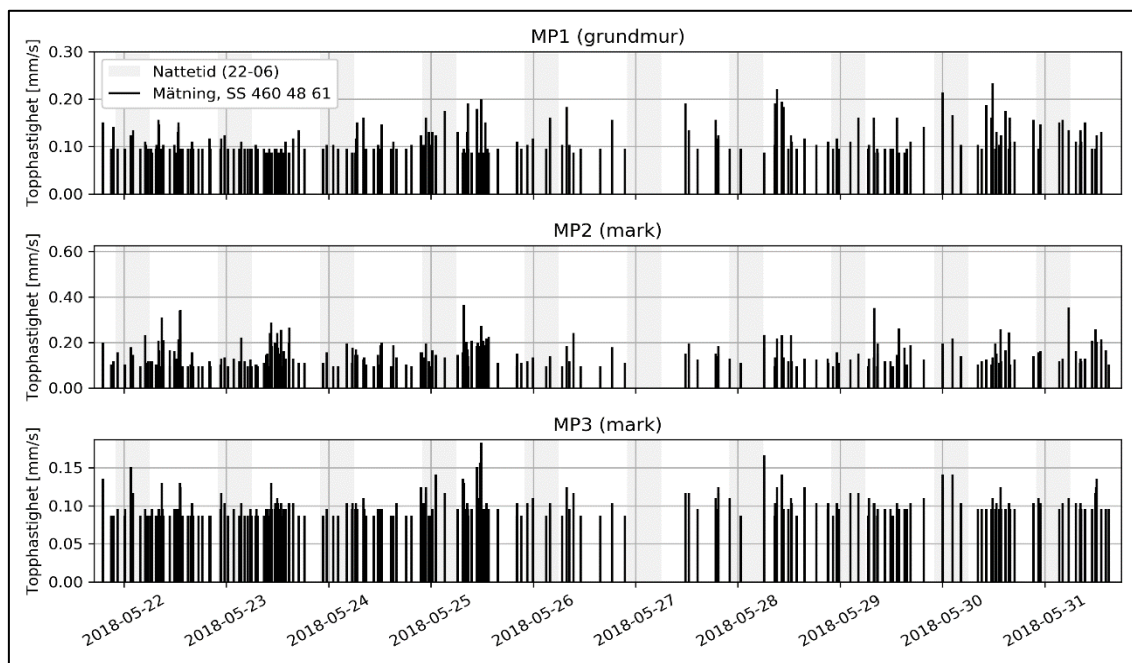
Bilaga 1, Mätpunkter

Tabell 1:1. Mätpunkter.

Namn	Beskrivning	Instrument	Bild
MP1	Vibrationsmätning på grundmur i vertikal rikning; belägen på östra planområdesgränsen, 45 m från närmaste körfält på E6 och 120 m från tågspåret.	AvaTrace M60 8427/2923	
MP2	Vibrationsmätning på spets i mark i vertikal rikning nära östra planområdesgränsen. Avstånd till E6 är 55 m och järnvägen är cirka 120 m från mätpunkten. Störning har förekommit från in- och utfart av lastbilar på området.	AvaTrace M60 8427/2924	
MP3	Vibrationsmätning på spets i mark i vertikal rikning. Placerad i inre delen av området, cirka 200 m från tågspåret och cirka 120 m från E6. Störning har förekommit från in- och utfart av lastbilar på området.	AvaTrace M60 8427/2927	

Bilaga 2, Mätresultat

Periodiska mätningar



Figur 2:1. Mätresultat, periodiska mätningar. Obs! Notera att det är olika skala på y-axeln i figuren.

Tabell 2:1. Statistisk fördelning av periodiska mätningar.

Mät punkt	Position	Antal mätvärde	95% percentil, mm/s	Maxvärde, mm/s
MP1	grundmur	253	0,16	0,22
MP2	mark	253	0,24	0,61
MP3	mark	253	0,13	0,18

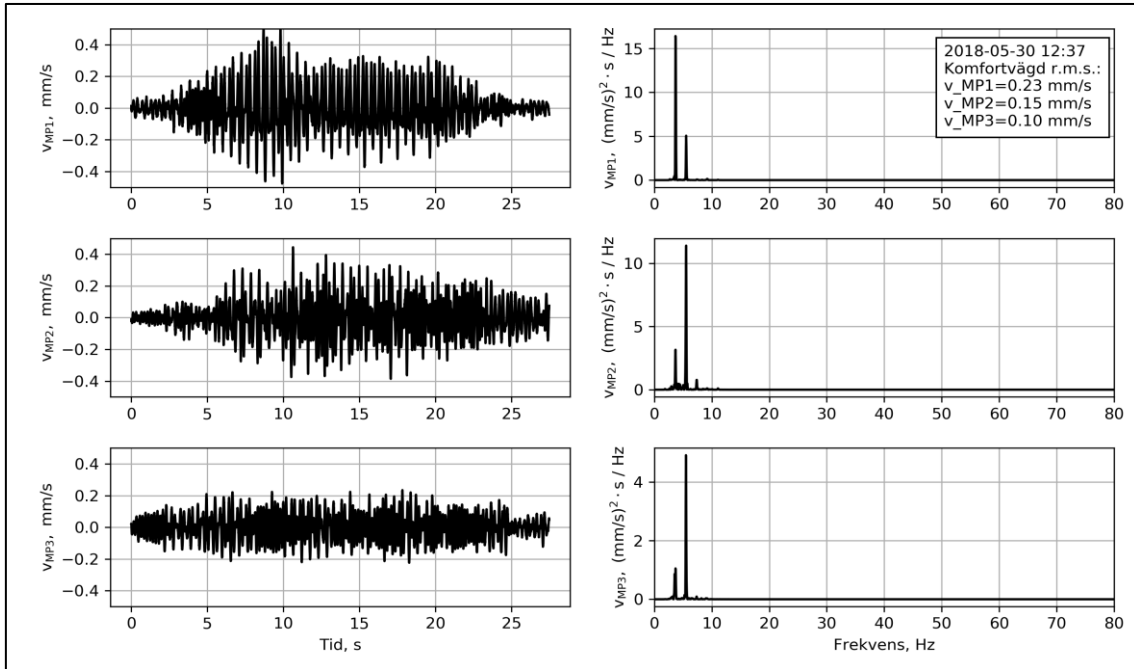
Mätvärdena vilka bedöms som irrelevanta har exkluderats från analysen. Detta inkluderar:

- mätningar när alla tre givare mätte under instrumentets känslighetströskel, vilken är 0,09 mm/s (komfortvägd rms).
- mätningar när bara en av tre givarna mätte vibrationshastighet över instrumentets känslighetströskel. Dessa är förmodligen orsakade av någon lokal störning, exempelvis när en lastbil har kört in i området genom grinden har detta enbart påverkat MP2.
- fallen när vibrationshastigheten i mark var högre längre bort från vibrationskällorna, det vill säga högre i mät punkt 3 än mät punkt 2 . De här mätningar har antagligen orsakas av lastbilstransport inom området.

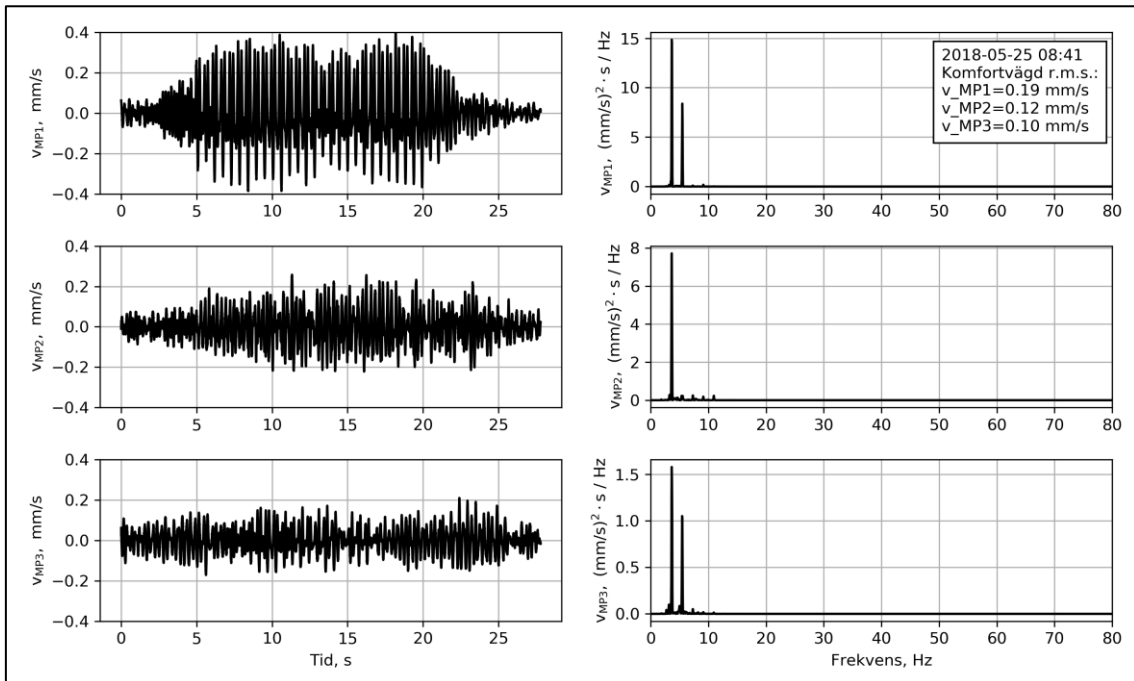
10 (11)

PM
2018-06-

Transienta mätningar



Figur 2.2. Transientanalys, tågpassage som orsakade högst vibrationsnivå i grundmur (i MP1). Övägda vibrationskurvförlopp visas i vänstra delen av figuren, övägda frekvensspektrum (Energy Spectral Density) åt höger för respektive mätpunkt. Komfortvägda topphastigheter med tidsvägning slow enligt SS 460 48 61 presenteras i längst upp åt höger.



Figur 2.3. Transientanalys, tågpassage som orsakade femte högsta komfortvibrationsnivån i grundmur (i MP1).