

2016-05
STADSBYGGNADSKONTORET, GÖTEBORGS STAD

VIBRATIONSUTREDNING FÖR BEBYGGELSE OVANPÅ GÖTALEDEN

UNDERLAGSRAPPORT

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00

FAX 010 850 10 10

WWW cowi.se

PROJEKTNR.

A079228

DOKUMENTNR.

A079228/4/02/4/RAP001 - Vibrationsutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden

VERSION

0.1

UTGIVNINGSDATUM

2016-05

BESKRIVNING

Underlagsrapport

UTARBETAD

Ken Grønne Andersen

GRANSKAD

Edita Talic

GODKÄND

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
2	Underlag och metod	8
2.1	Underlag	8
2.2	Metod	9
2.2.1	Källor	9
2.2.2	Vibrationsutbredning	10
2.2.3	Stomljud	10
3	Riktvärden vibrationer	11
3.1	Vibrationskomfort	11
3.2	Byggnadsskadliga vibrationer	12
3.3	Lågfrekvent buller	12
4	Resultat	14
4.1	Vibrationskomfort	14
4.2	Stomljud	15
5	Diskussion och åtgärder	17
6	Referenser	18

1 Sammanfattning

En utredning av vibrationskomfort och stomljud (strukturellt ljud) har gjorts med syfte att förutsäga de förväntade vibrationsnivåerna i den planerade bebyggelsen direkt ovanför överdäckningen, där husgrunderna är strukturellt förbundna med tunnelbygget. Vibrationskomfort och stomljud har undersökts för vibrationspåverkan från motorvägstrafiken i tunneln. De förväntade nivåerna för vibrationskomfort och stomljud har uppskattats för bottenvåningen och upp till tredje våningen i den planerade bebyggelsen.

Vibrationspåverkan från vägtrafiken i tunneln är baserad på ett uppmätt källspektrum för passerande tunga fordon under liknande överdäckande konstruktioner över motorväg. Vibrationsutbredningen mellan byggnadsfundamentet och en specifik våning är modellerad baserat på empiriskt uppmätta överföringsfunktioner som finns samlade i COWIs vibrationsmodell. Stomljud orsakas av vibrationer som omsätts till lågfrekventa ljudsvängningar i en byggnad, där väggar och golv sättes i svängning och därmed principiellt fungerar som en högtalare. För beräkningarna av 10-minuters ekvivalensnivå av stomljud förutsattes 30 passager av tunga fordon för varje 10-minutersintervall fördelat på båda köriktningarna.

De beräknade nivåerna har jämförts med Svensk standard SS 460 48 61 för vibrationskomfort, Svensk standard, SS 02 52 11 för byggnadsskadliga vibrationer och FoHMFS 2014:13 för lågfrekvent buller. Egenfrekvensen för de studerade våningsplanen hör till frekvensintervallerna 0-20 Hz och 20-40 Hz.

Resultaten visar att det beräknade maximala effektivvärdet för tredje våningen för vibrationskomfort överskrider nivån för "Måttlig störning" för båda däckfrekvensintervallerna. För kontorsarealerna i bottenvåningen är den beräknade vibrationsnivån acceptabel. För stomljud tangerar den beräknade ekvivalenta stomljudsnivån för tredje våningen riktvärdena för däckfrekvensintervallet 0-20 Hz, i övrigt är nivåerna under gränsvärdena.

De beräknade nivåerna för vibrationskomfort överskrider riktvärdena för de övre våningarna och nivåerna för stomljud tangerar riktvärdena. Inga vibrationsmätningar har gjorts för den aktuella tunnelkonstruktionen, och detta rekommenderas för att minska osäkerheten i beräkningarna.

Exempel på åtgärder som kan minska risken för störande vibrationer eller stomljud är att öka styvheten i konstruktionen, exempelvis genom att minska spännvidder av däck och därmed minska risken för däckresonans. Vibrationsöverföringen kan även dämpas med elastiska inlägg.

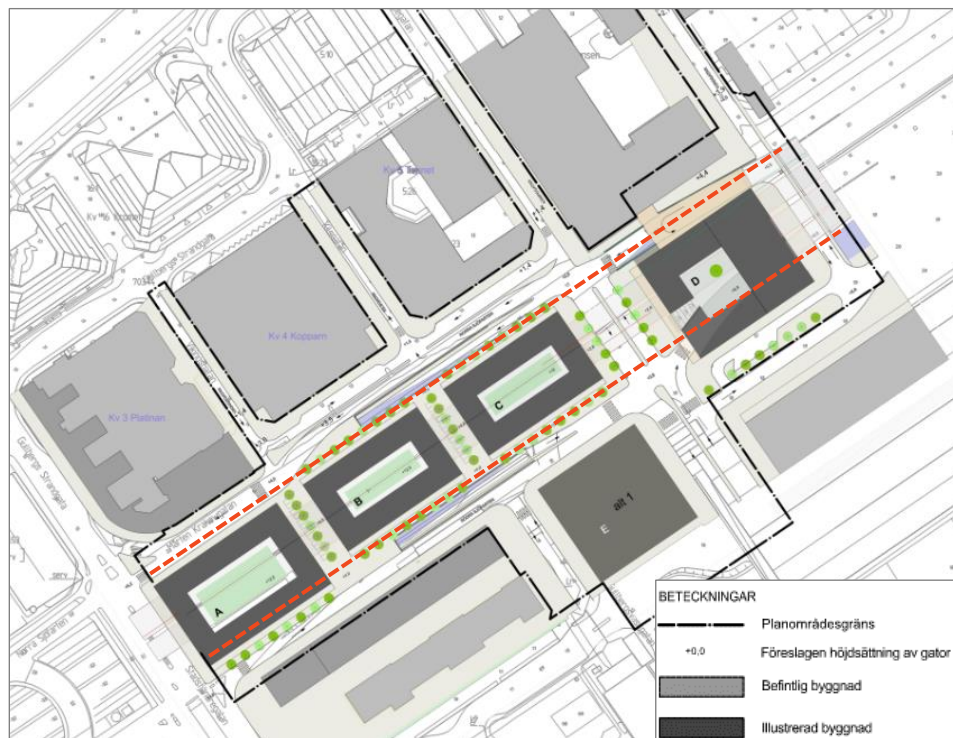
2 Underlag och metod

2.1 Underlag

En utredning av vibrationskomfort och stömljud (strukturellt ljud) har gjorts med syfte att förutsäga de förväntade vibrationsnivåerna i den planerade bebyggelsen direkt ovanför den planerade delen av överdäckningen, där husgrunderna är strukturellt förbundna med tunnelbygget. Vibrationskomfort och stömljud har undersökts för vibrationspåverkan från motorvägstrafiken i tunneln. En vibrationsutredning för befintliga byggnader och omkringliggande mark är tidigare gjort för området [4], och detta kommer inte att behandlas i denna utredning.

I Figur 1 ses en illustration av detaljplanen för bebyggelse ovanpå överdäckningen av Götaleden från Samrådshandlingen, Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret. Nivåer för vibrationskomfort och stömljud beräknas för illustrerade byggnader inom planområdet där alla antas vara strukturellt förbundna med tunnelbygget. Motorvägstrafiken kommer gå direkt under byggnad A-D mellan de orange streckade linjerna markerade i figuren.

Bebyggelseanvändningen förutsätts i de nedersta våningarna vara kontor eller handel, med bostäder eller kontor i de högre våningsplanen.



Figur 1 *Illustration av detaljplan för bebyggelse ovanpå överdäckningen av Götaleden från Samrådshandling, Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret. Trafiken i tunneln kommer att gå mellan de streckade linjerna.*

Utredningen omfattar driftsskedet, och enbart vibrationer från vägtrafiken är inkluderade. Andra installationer såsom pumpar, transformatorer etc. förväntas ge ett bidrag långt under de gällande riktvärdena och inkluderas därför inte i undersökningen.

Konceptuella åtgärder för att minska vibrationer beskrivs om de beräknade nivåerna överskrider riktvärdena. Designen av vibrations- och stomljusdämpande åtgärder bör koordineras, så att en optimal lösning med hänsyn till begränsningen av den kombinerade effekten uppnås.

2.2 Metod

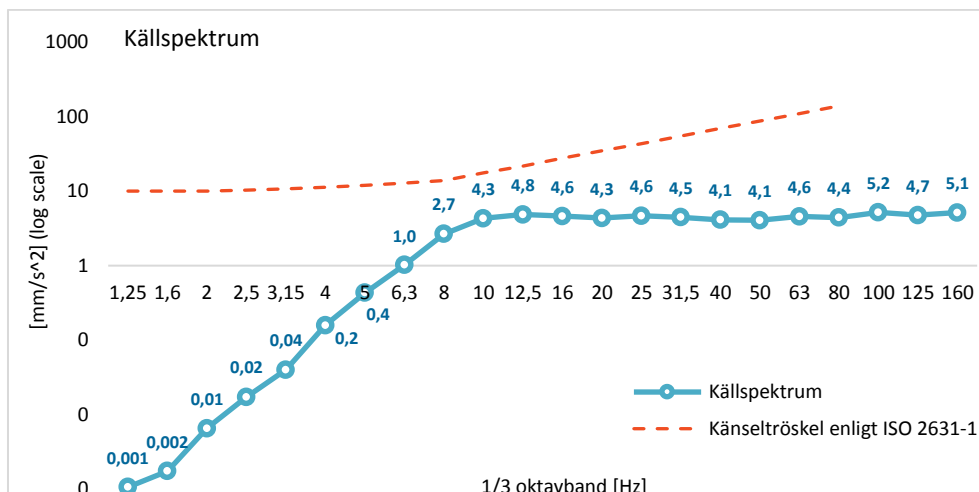
För vägtrafik är kontakten mellan hjul och väg av avgörande betydelse för den utgående nivån av vibrationer. Hastighet, axeltryck, kvaliteten och underhållet av vägen har alla ett väsentlig inflytande på den slutligen påverkan. I denna utredning antas att vägen är av god kvalitet och normalt underhållen.

En uppskattning av de förväntade nivåerna för vibrationskomfort och stomljus har gjorts för bottenvåningen och upp till tredje våningen i den planerade bebyggelsen direkt ovanför den planerade delen av tunneln, där husgrunderna är strukturellt förbundna med tunnelbygget. Det går inte säga något specifikt om hur vibrationerna kommer att uppträda högre upp i byggnaderna då strukturdynamiken, inklusive resonansen i konstruktionsdelarna, är starkt beroende av den faktiska byggnadsutförningen. Enligt erfarenhet från tidigare vibrationsmätningar i jämförbara flervåningsbyggnader, och med stöd i litteraturen, brukar vibrationsnivåerna ofta öka i styrka upp till tredje våningen för att därefter avta. Där byggnaderna är högre än 3 våningar förväntas alltså de högsta vibrationsnivåerna fortfarande ses på tredje våningen eller lägre.

2.2.1 Källor

Vibrationspåverkan från vägtrafiken i tunneln är baserat på ett uppmätt källspektrum för passerande tunga fordon under liknande former av överdäckande konstruktioner över motorväg. Konstruktionen för överdäckningen av Götaleden kan dock avvika från de uppmätta konstruktionerna. Källspektrumet hänvisar till de maximala accelerationerna av tunnelns överdäckande platta. För att reducera osäkerhet i uppskattningarna av vibrationsnivåerna i bebyggelsen ovan överdäckningen av Götaleden, kan vibrationsmätningar utföras på den aktuella överdäckningen som underlag. Detta har inte ingått i den aktuella utredningen.

Det har inte gjorts någon korrigerings av källstyrkan i förhållande till trafikens hastighet, då mindre korrigerings utifrån hastighet inte förväntas ha en betydande effekt på källnivån.



Figur 2 Källspektrum från vägtrafik i tunneln uppmätt vid passage av tunga fordon på liknande motorvägskonstruktioner.

2.2.2 Vibrationsutbredning

Från passerande trafik i tunneln överförs vibrationer upp till täckplattan och byggnadsfundamenten, och vidare upp genom byggnaden till konstruktionens golv och väggar. Detta inverkar på vibrationsnivån ekvivalent till den frekvensavhängiga dynamiska förstärkningen i byggnaden. Oftast är vibrationsnivån högre i golv än i byggnadsfundamentet på grund av resonans av konstruktionselementen. Den strukturella dämpningen i konstruktionen från trafikpåverkan till byggnadsfundament negligeras i beräkningarna.

Vibrationsutbredningen mellan byggnadsfundamentet och en specifik våning är modellerat baserat på en databas av empiriska uppmätta överföringsfunktioner i COWIs vibrationsmodell. Denna databas ger ett medelvärde för dynamisk förstärkning för varje våningsplan, baserat på mätningar utfört vid ett stort antal jämförande byggnader. Olika typer av våningsplan är kategoriserade i intervaller av egenfrekvens. Medelförstärkningen kan variera beroende på hur mycket den specifika byggnad avviker från vad som är normalt för den berörda byggnadstypen. Egenfrekvensen för de studerade våningsplanen hör till frekvensintervallerna 0-20 Hz och 20-40 Hz.

2.2.3 Stomljud

Stomljud orsakas av vibrationer, som omsätts till lågfrekventa ljudsvängningar i en byggnad, där väggar och golv sättes i svängning och därmed principiellt fungerar som en högtalare.

Beräkningen av stomljud görs därför genom att omräkna accelerationsnivån på byggnadens våningsplan till en estimerad stomljudsnivå. Omräkningen sker rent tekniskt enligt orienteringen nr. 9/1997 från den danska miljöstyrelsen [6] genom att påföra ett frekvensvägningsfilter för vibrationskomfort (KB-filter) och därefter ett frekvensvägningsfilter för buller (A-filter) på accelerationssignalens tredjedels oktavband från 10-160 Hz. KB- och A-filtret är frekvensvägningsfilter som definierar människors känslighet för vibrationer respektive buller, och genom att kombinera dessa filter uppnås ett ungefärligt uttryck för stomljuden.

För beräkningarna av 10-minuters ekvivalensnivå av stömljud, L_{eq} , förutsätts 30 passager av tunga fordon för varje 10-minutersintervall fördelat på båda körriktningarna.

3 Riktvärden vibrationer

3.1 Vibrationskomfort

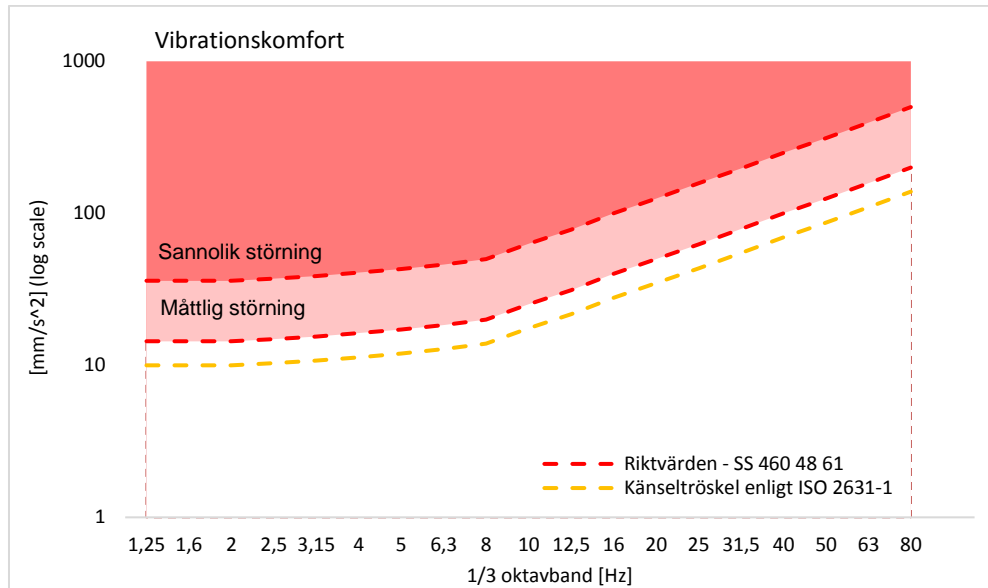
Svensk standard SS 460 48 61 [1] fastsätter riktvärden som tar hänsyn till eventuella komfortstörande vibrationer från vägtrafik i tunnel, som de personer som vistas i de undersökta byggnaderna direkt ovan överdäckningen av Götaleden kan uppleva.

Godtagbar nivå för komfortvibrationsnivåer beror på byggnadsanvändningen, exempelvis är ett parkeringshus väsentligt mindre känsligt än bostäder. För kontor bör riktvärdena tillämpas mindre strikt än för bostäder. Likaså bör riktvärdena tillämpas mer strikt för bostäder nattetid. Riktvärden gäller för en innerdörrens lodräta vibrationsnivå på golv och uttrycks som det maximala root-mean-square-värdet (RMS) med tidsvägning S av den vägda accelerationsnivån i enheten mm/s^2 .

Riktvärden angives för "Måttlig störning" i intervallet $14,4 - 36,0 \text{ mm/s}^2$ och $> 36,0 \text{ mm/s}^2$ för "Sannolik störning".

Om det frekvensvägda värdet domineras av en frekvens, kan det vägda värdet ersättas av rms-värdet för den aktuella frekvens och jämföras med respektive skikt som illustrerade i Figur 3 inom områdena för "Måttlig störning" och "Sannolik störning". I figuren ses även känseltröskel enligt ISO 2631-1 [2].

I denna utredning definieras den nedre gränsen av området "Måttlig störning" som riktvärde för bostäder nattetid, och den övre gränsen för kontor. Samma definition kan specificeras i projektets detaljplan.



Figur 3 Riktvärden för vibrationskomfort enligt Svensk standard SS 460 48 61 [1] och känsltröskel enligt ISO 2631-1 [2].

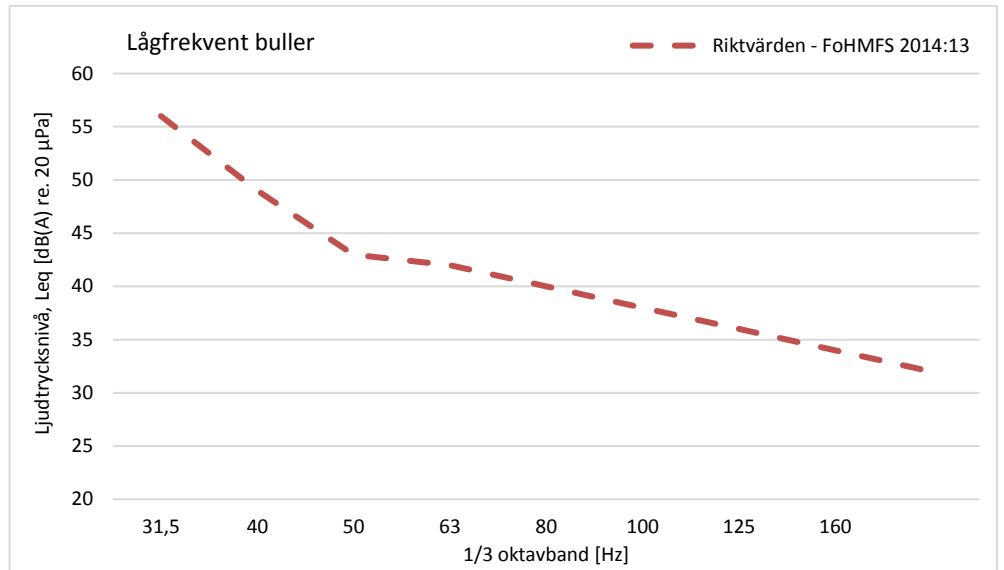
3.2 Byggnadsskadliga vibrationer

I Svensk standard, SS 02 52 11 [3], finns riktvärden framtagna för att minimera risken för att byggnader skadas på grund av vibrationer från byggverksamhet. Enligt tidigare erfarenhet kommer dock vibrationspåverkan från vägtrafik inte medföra skadliga effekter på byggnader, och detta undersökes därför inte vidare här.

Tidigare utförd underlagsrapport från Trafikverket för buller och vibrationer "E45 delen Lilla Bommen – Marieholm" [4] bekräftar en obetydlig risk för skador på befintliga byggnader från trafiken på E45 i driftsskedet för färdigställd anläggning.

3.3 Lågfrekvent buller

Vid bedömningen av om olägenhet för människors hälsa föreligger till följd av lågfrekvent buller bör de riktvärden som illustreras i Figur 4 enligt Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13 [5], tillämpas. Riktvärdet gäller för bostadsrum i permanentbostäder och även för lokaler för undervisning, vård eller annat omhändertagande samt sovrum i tillfälligt boende.



Figur 4 Riktvärden för lågfrekvent buller enligt Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13 [5].

4 Resultat

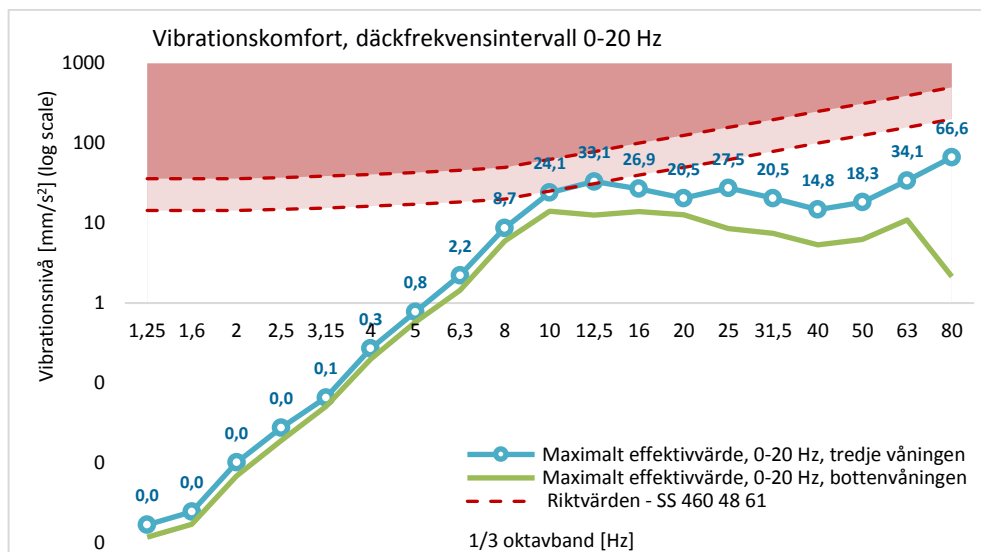
Beräkningar av vibrationskomfort och stömljud är gjorda för den planerade bebyggelsen direkt ovanför den planerade delen av tunneln, där husgrunderna är strukturellt förbundna med tunnelbygget orsakat av den passerande trafiken. Bebyggelsen ovanpå överdäckningen av Götaleden finns i två olika alternativa utformningar, men behandlas tillsammans då de vibrationsmässiga aspekterna inte skiljer sig åt för de två alternativen. På samma sätt behandlas de illustrerade byggnader inom detaljplanens planområde tillsammans.

Användningen av byggnaderna förutsätts i de nedersta våningarna vara kontor, med bostäder på högre våningsplan. Beroende på konstruktionens dynamiska egenskaper kommer vibrations- och stömljudsnivåerna normalt stiga upp till tredje våningen. I föreliggande utredning undersöktes därför både nivåer för bottenvåningen och för tredje våningen i däckfrekvensintervallerna 0-20 Hz och 20-40 Hz. I de fall där byggnaderna är högre än tre våningar förväntas de högsta vibrationsnivåerna fortfarande vara på tredje våningen eller lägre.

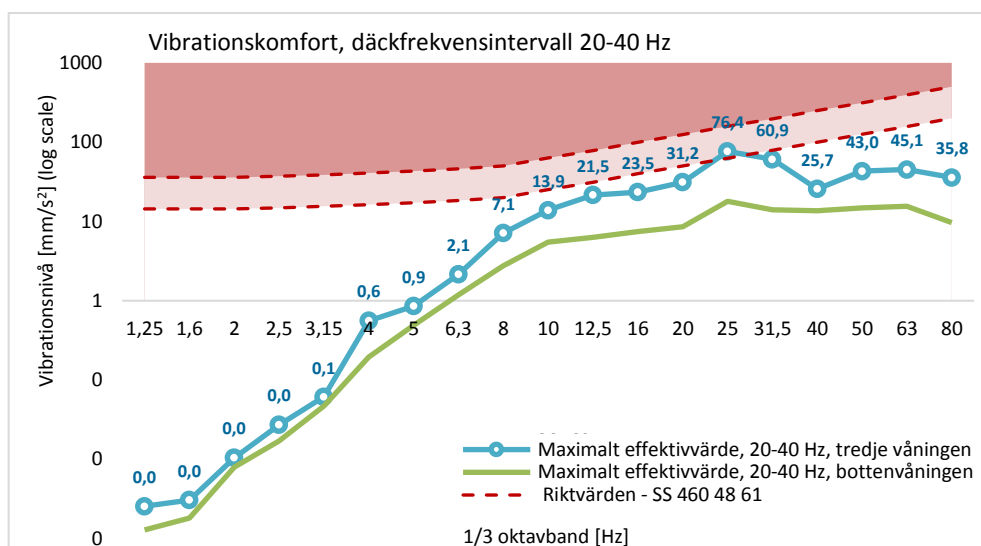
4.1 Vibrationskomfort

Vid beräkningar av vibrationskomfort i den planerade bebyggelsen direkt ovanför tunneln som ett resultat av passerande trafik i tunneln, estimeras en nivå på 23,5 mm/s² och 27,1 mm/s² för däckfrekvensintervall 0-20 Hz respektive 20-40 Hz. I Figur 5 och Figur 6 presenteras beräkningar av vibrationskomfortnivå för den aktuella frekvensen som det maximala effektivvärdet. Som jämförelse visas även riktvärden enligt SS 460 48 61 [1].

Enligt vad som ses i resultaten så överskrider den beräknade vibrationskomfortnivån för tredje våningen nivån för "Måttlig störning" för båda däckfrekvensintervallerna. Då bebyggelseanvändningen på tredje våningen förväntas vara bostäder, gör detta att de uppskattade värdena måste anses som ett överskridande av riktvärdena. För kontorsarealerna i bottenvåningen är den estimerade vibrationsnivån acceptabel.



Figur 5 Beräkningar av vibrationskomfort, däckfrekvensintervall 0-20 Hz, och riktvärden för vibrationskomfort enligt SS 460 48 61 [1].

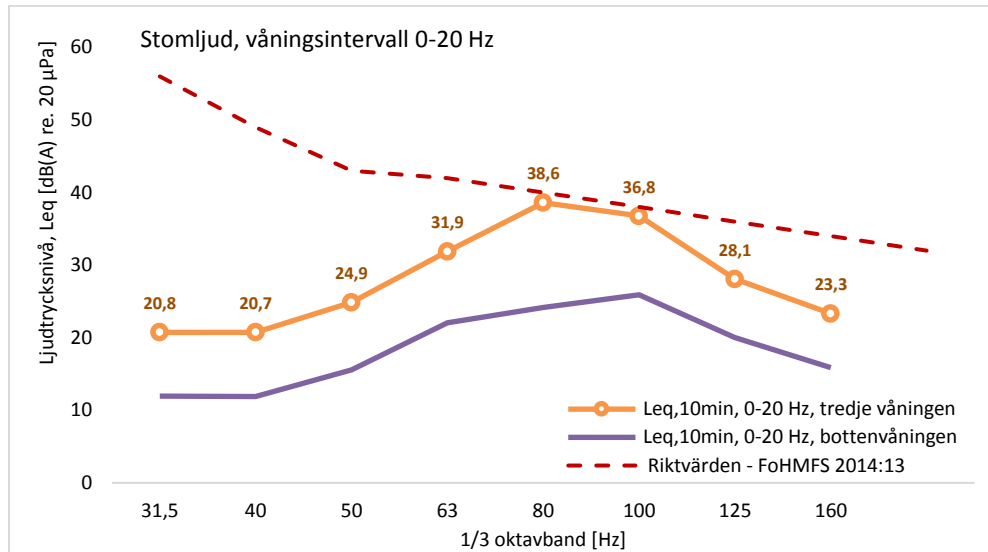


Figur 6 Beräkningar av vibrationskomfort, däckfrekvensintervall 20-40 Hz, och riktvärden för vibrationskomfort enligt SS 460 48 61 [1].

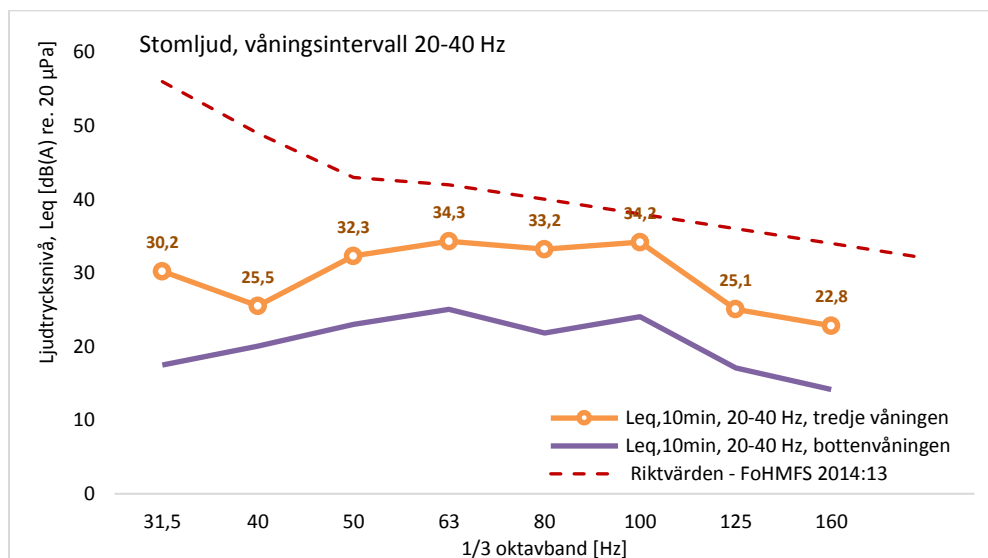
4.2 Stomljud

I Figur 7 och Figur 8 presenteras beräkningarna av stomljudnivåer i den planerade bebyggelsen direkt ovanför tunneln för däckfrekvensintervallet 0-20 Hz respektive 20-40 Hz, som ett resultat av passerande trafik i tunneln. I figurerna jämförs de ekvivalenta 10-minutersvärdena, L_{eq} , med riktvärden enligt FoHMFS 2014:13 [5].

Såsom framgår av resultaten överskrider den beräknade ekvivalenta stomljudsni-
 vån för tredje våningen riktvärdena för däckfrekvensintervallet 0-20 Hz. På tredje
 våningen för däckfrekvensintervallet 20-40 Hz och för kontorsarealerna i bottenvå-
 ningen är den estimerade stomljudsni-
 vån acceptabel.



Figur 7 Beräkning av stomljud, däckfrekvensintervall 0-20 Hz och riktvärden för lågfrekvent buller enligt FoHMFS 2014:13 [5].



Figur 8 Beräkning av stomljud, däckfrekvensintervall 20-40 Hz, och riktvärden för lågfrekvent buller enligt FoHMFS 2014:13 [5].

5 Diskussion och åtgärder

De beräknade nivåerna för vibrationskomfort överskrider riktvärdena för de övre våningarna, och nivåerna för stomljud tangerar riktvärdena. Förslag på konceptuella åtgärder för att minska vibrationer och stomljud beskrivs nedan.

Undersökningens källspektra för vibrationspåverkan från vägtrafik i tunneln är mätt vid snarlika överdäckande konstruktioner över motorväg, men det kan finnas skillnader för överdäckningskonstruktionen över Götaleden. För att reducera osäkerheten i beräkningarna av vibrationsnivåer, rekommenderas vibrationsmätningar för den aktuella tunnelkonstruktion att användas som underlag.

Byggnader som är strukturellt förbundna med tunnelbygget bör konstrueras så att känsligheten för vibrationer minskas så mycket som möjligt. Detta kan göras genom att införa största möjliga styvhet i konstruktionen, exempelvis genom att minska spännvidder av däck i det strukturella systemet och därmed minska risken för däckresonans.

För att minska kopplingen, och därmed vibrationsöverföringen, mellan E45 och ovanliggande byggnader kan den överdäckade konstruktionen konstrueras med elastiska inlägg så att den inte ligger i direkt kontakt med tunnelväggarna.

Vibrationsdämpning måste värderas tillsammans med effekten på stomljud, eftersom vibrationsdämpningen kan ha en negativ effekt på bullerpåverkan och omvänt. Utformning av de mest kostnadseffektiva åtgärderna måste baseras på mätningar utförda på tunnelbygget.

6 Referenser

- [1] Svensk standard – SS 460 48 61; "Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader", utgåva 1, 1992-0909.
- [2] ISO 2631-1; "Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements", utgåva 1, 2002-03-12.
- [3] Svensk standard, SS 02 52 11; "Vibration och stöt – Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader orsakade av pålning, spontning, schaktning och packning", SIS, 1999
- [4] Trafikverket; " Underlagsrapport buller och vibrationer – E45 delen Lilla Bommen – Mariefholm", 2014-03-03,
- [5] Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13
- [6] Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø".