

Beställare:
SISAB

Referens:
Lars-Åke Marklund



VIBRATIONSUTREDNING NYBOHOVSSKOLAN

Objekt:

Nybohovsskolan
Nybohovsbacken 57-59
117 64 Stockholm

Mätning utförande och omfattning:

Tid för mätningens utförande:
2018-06-12 kl. 20:00
2018-06-13 kl. 13:00

Uppdraget avser att mäta vibrationer vid platser för planerade nya skolbyggnader

Mätning utförd av Andreas Håkansson och Ismail Malikov från LN Akustikmiljö AB.

Mätinstrument B&K 2270 med accelerometer B&K 8340

Innehåll:

- 1 Sammanfattning
- 2 Krav och riktvärden
- 3 Bakgrund och metod
- 4 Resultat
- 5 Åtgärdsförslag
- 6 Grafisk redovisning

Stockholm 2018-06-13

Andreas Håkansson
Tel. 070-740 05 80

Granskad: Simon Edwinsson

LN Akustikmiljö AB
Marvedsvägen 11
141 41 Huddinge

info@akustik.nu
www.akustik.nu

1. Sammanfattning

Tre nya skolbyggnader är planerade att uppföras vid *Nybohovsskolan*. I berg under skolområdet löper tunnlar med tunnelbanespår som befaras kunna orsaka störning genom vibrationer och stomljud. För upprättande av detaljplan har utredning avseende stomljud och störning från vibrationer därför utförts.

Utredningen har utförts genom mätning av vibrationsnivåer på mark där huvudbyggnaden ska uppföras. Utifrån mätresultat har *vägd accelerationsnivå* och *ljudnivåer från stomljud* beräknats.

Resultat från mätningar och beräkningar visar på låga vägda accelerationsnivåer, vilket innebär att risk för störning från vibrationer i de planerade byggnaderna inte bedöms föreligga.

Resultat från mätningar och beräkningar visar dock på ljudnivåer från stomljud, orsakade av vibrationer i mark, som överskrider rekommenderade riktvärden för skollokaler. Risk för ljudnivåer från stomljud som överskrider krav i den planerade byggnaden bedöms därför föreligga om inga stomljudsdämpande åtgärder vidtas.

I avsnitt 5 i denna rapport ges åtgärdsförslag för att reducera ljudnivåerna från stomljud.

2. Krav och riktvärden

2.1 Vibrationer

I mätstandarden SS 460 48 61 som behandlar vibrationer i bostäder mellan 1 – 80 Hz ges komfortvärden enligt tabell nedan.

Riktvärden för bedömning av komfort i byggnader		
	Vägd hastighet	Vägd acceleration
<i>Måttlig störning</i>	0,4 – 1,0 mm/s	14,4 – 36,0 mm/s²
<i>Sannolik störning</i>	> 1 mm/s	> 36 mm/s²

För undervisningslokaler för tyst verksamhet i skolor skall kravet för måttlig störning uppfyllas enligt Riktlinjer Buller och vibrationer - SL-S-419701 – 2015-07-02.

Mycket få människor upplever vibrationer under skiktet *Måttlig störning* som störande. Vibrationer i skiktet *Måttlig störning* ger i vissa fall anledning till klagomål. I skiktet *Sannolik störning* är vibrationerna kännbara och upplevs av många som störande.

Vid beräkning av vägd hastighet och acceleration multipliceras uppmätta tersbandsnivåer mellan 1 – 80 Hz med en vägningsfaktor specificerad i den internationella standarden ISO 2631-2. Denna vägning motsvarar hur människans vibrationskänslighet varierar med frekvensen.

Gränsvärdena för vägd hastighet och vägd acceleration motsvarar samma upplevda störnivå, de olika gränsvärdena är alltså likvärdiga.

Då det i SS 460 48 61 rekommenderas att mätning utförs med accelerometer, som mäter acceleration har det valts att bestämma och redovisa den vägda accelerationen.

2.2 Stomljud

BBR genom Svensk Standard, SS25268:2007

Det nationella kravet för stomljud från trafik finns angivet i Svensk Standard, SS25268:2007, avsnitt 5.4.5. I denna standard anges att stomburet trafikbuller skall uppfylla krav på A-vägda installationsbullernivåer, vilket i skolmiljö är 30 dBA. Installationsbuller bedöms under den tid störningen är aktuell, till skillnad från trafikbuller som medelvärdesbildas över 24 timmar. Det framgår inte om stomburet buller också skall bedömas under den tid störningen pågår eller över 24 timmar.

Riktlinjer Buller och vibrationer - SL-S-419701 – 2015-07-02

I Riktlinjer Buller och vibrationer - SL-S-419701 – 2015-07-02, framtagna av Trafikförvaltningen inom Stockholms läns landsting ställs målet max 45 dBA med tidsvägningen FAST i undervisningslokaler. För lokaler inom förskola gäller dock det strängare kravet max 30 dBA SLOW.

Mål för högsta ljudnivå från stombuller i dB(A) vid nybyggnation av spårinfrastruktur, utrymmen för sömn och vila samt för undervisning och vård		
	<i>Maximal ljudnivå dB(A) SLOW</i>	<i>Maximal ljudnivå dB(A) FAST</i>
Inomhus		
bostadsrum	30	-
lokaler med utrymme för sömn och vila	30	-
undervisningslokaler	-	45
vårdlokaler	-	45

Exempel på lokaler med utrymme för sömn och vila är förskola, hotellrum och patientrum för övernattnig.

Kommentar till krav

Kravbildern för stombullet buller i skola är inte helt glasklar då den skiljer sig mellan olika kravställare (BBR och Trafikförvaltningen). Vår rekommendation är att tillämpa det strängare kravet 30 dBA i maximal ljudnivå med tidsvägning SLOW för att säkerställa en störfri undervisningsmiljö och för att byggnaden skall vara flexibel och möjliggöra förskoleverksamhet.

3. Bakgrund och metod

En ny större skolbyggnad, en mindre förskolebyggnad samt en idrottsbyggnad planerad att uppföras vid Nybohovsskolan. För upprättande av detaljplan har utredning avseende stomljud och störning från vibrationer utförts.

Utredningen har utförts genom mätning av vibrationer med accelerometer vid två mätpunkter där skolbyggnaden ska ligga då denna bedömdes ligga mest kritiskt till. Utifrån uppmätta accelerationsnivåer har maximal vägd acceleration och ljudnivåer från stomljud beräknats. Vid beräkning har tidsvägning SLOW (1 s) använts. De två mätpositionernas ungefärliga lägen har markerats i del av samlingskarta nedan.

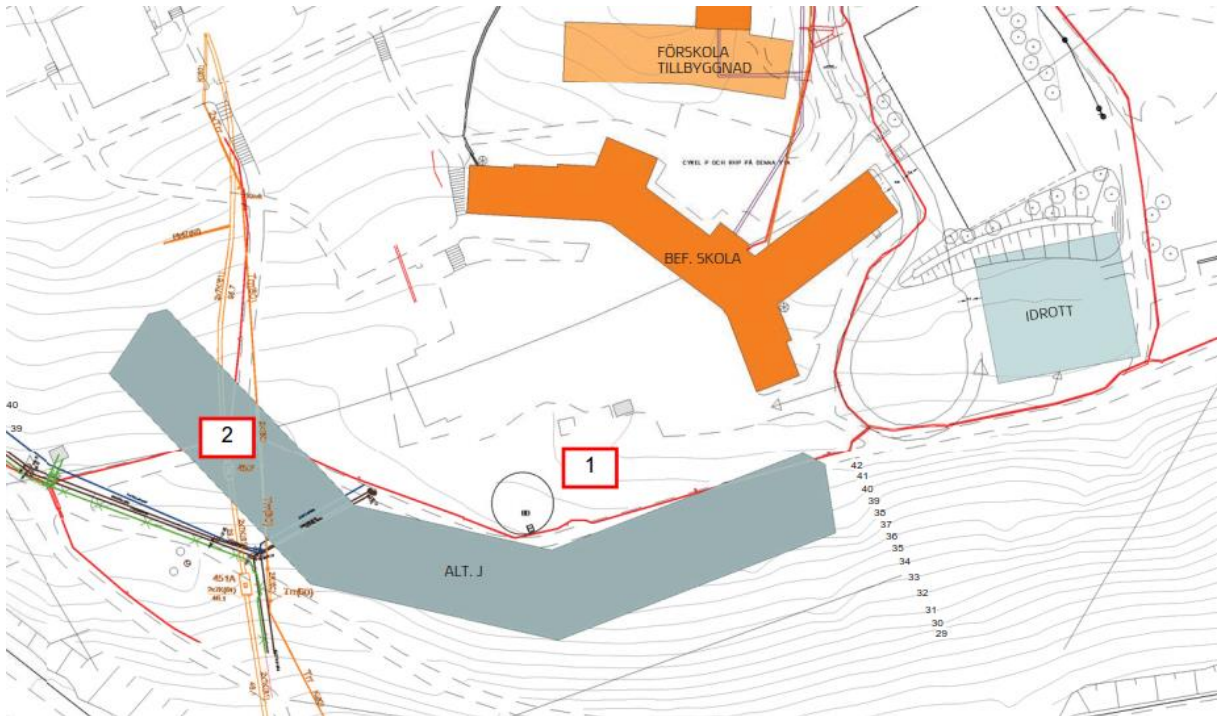
Vid beräkningen av stomljud har golvytan i de framtida byggnaderna antagits vibrera harmoniskt. Golvets strålningsfaktor har approximerats till 1 i det hörbara frekvensområdet och endast ljudavstrålning genom böjvågor har antagits gälla varpå högsta avstrålad ljudeffektnivå per area, d.v.s. maximal ljudintensitetsnivå, i respektive tersband beräknats enligt formeln:

$$L_{I,max} = 10 \log \frac{v_{max}^2 s \rho c}{10^{-12}}$$

Där: *s*: strålningsfaktor 1 [1]
ρ: luftens densitet 1,21 [kg/m³]
c: ljudets utbredningshastighet 343 [m/s]
*v_{max}*²: högsta uppmätta RMS hastighet i kvadrat [m²/s²]

Beräknade ljudintensitetsnivåer har därefter A-vägts och summerats till en total A-vägd ljudintensitetsnivå. Denna intensitetsnivå har antagits stråla från rummets golv, väggar och tak. Ljudnivån i rummet är summan av den avstrålade ljudintensiteten från dessa ytor reducerat med rumsdämpningen som fås genom absorberande ytor och möbler. Vid beräkningen har golvytan antagits vara 80 kvadratmeter och väggarnas höjd 2,7 meter vilket teoretiskt ger en ökning med 24 dB. Därtill har antagits att rumsdämpningen är 8 dB. Detta innebär att 16 dB har adderats till den beräknade ljudintensitetsnivån.

Denna uppskattning är möjligtvis något i överkant men då slutgiltig byggnadskonstruktion, grundläggning och rumsstorlekar inte är kända och denna parameter är svår att prediktera via beräkning bör den också generellt väljas med marginal. Till exempel lär delar av berget sprängas bort vilket innebär att byggnaden placeras närmare ljudkällan.



Bilden visar del av samlingskarta där de två mätpositionernas ungefärliga lägen markerats. Punkt 1 är mätning på berg i dagen, punkt 2 är mätning på asfalt gångväg. De två böjda heldragna linjerna, rakt igenom mätposition 2 och längst ned till höger är tunnelbanespår i berg. Det övre spåret är Norsborg-linjen och det nedre är Fruängen-linjen.



Bilden visar accelerometer i mätposition 1.

4. Resultat

Tågpassager i tunnlarna under den planerade skolbyggnaden är klart synliga vid mätning av accelerationsnivå i de två mätpunkterna. De resultat som presenteras här är urklipp ur loggningar över längre perioder. Urklippen visar den mest bullrande sekvensen under respektive tågpassage.

För bedömning av komfortvibrationer gäller riktvärden enligt avsnitt 2.1 *Vibrationer*.
För bedömning av stomljud i byggnad gäller riktvärden enligt avsnitt 2.2 *Stomljud*.

Eftersom vibrationerna från tunnelbanepassagerna ligger under den mänskliga känslotröskeln och stomljudet från vibrationerna vid mättilfället överröstades av den höga bakgrundsnivån från andra bullerkällor, så som trafiken på Essingeleden, var det dock inte möjligt att förnimma tunnelbanepassagerna utomhus. Dock var passagerna hörbara vid lyssning i byggnadsdelar och genom realtidsövervakning av instrumentet. Som hjälpmedel användes även SL:s realtidsinformation för ankomster/avgångar till Liljeholmen. På detta sätt säkerställdes att de vibrationer som uppmättes verkligen härstammade från tåg.

Om man istället befinner sig inomhus i en byggnad med god fasadisolering som dämpar yttre trafikbuller, motsvarande de planerade skolbyggnaderna, kommer dock stomljuden från tunnelbanepassagerna att bli hörbara på grund av den lägre bakgrundsnivån.

Nedan redovisas uppmätta vägd acceleration samt beräknade stomljudsnivåer mot aktuellt riktvärde i respektive mätpunkt.

4.1 Vibrationer

Komfortstörande vibrationer från tågtrafik uppstår när tunga tåg sätter marken i lågfrekventa rörelser, tex höghastighetståg på lera. Spridning genom berg från de relativt lätta tunnelbanetågen ligger avsevärt lägre på grund av bergets styvhet. Uppmätta vägda accelerationsnivåer ligger under 0,1 mm/ss vilket uppfyller krav med mycket god marginal.

Nedan presenteras ett typiskt resultat från respektive mätpunkt där den uppmätta totala vägda accelerationen tabellerats tillsammans med riktvärden för komfort i byggnader enligt SS 460 48 61.

Förklaring:

✓ = Vägda acceleration under måttlig störning

✗ = Vägda acceleration motsv. måttlig/sannolik störning

Uppmätt vägd acceleration [mm/s^2] enligt ISO 2631-2			
Mät punkt	Riktvärde för Sannolik störning	Riktvärden för Måttlig störning	Högsta uppmätta Vägda acceleration
1	$> 36 \text{ mm/s}^2$	14.4 – 36.0 mm/s^2	$< 0.1 \text{ mm/s}^2$ ✓
2	$> 36 \text{ mm/s}^2$	14.4 – 36.0 mm/s^2	$< 0.1 \text{ mm/s}^2$ ✓

Kommentar

Samtliga vägda accelerationsnivåer (komfortvibrationer) ligger långt under gränsen för måttlig störning. Samtliga tersbandsvärden ligger dessutom under den mänskliga känslotröskeln enligt ISO 2631-1, det är således inte möjligt att förnimma de uppmätta vibrationerna och de bedöms följaktligen inte heller kunna ge upphov till vibrationsstörning i framtida byggnader.

4.2 Stomljud

Nedan redovisas beräknade maximala A-vägda ljudnivåer från stomljud alstrade av tunnelbanepassager i respektive mätpunkt tillsammans med krav i undervisnings lokaler. De stomljud som alstras vid passagerna har en kort varaktighet varför de inte kommer påverka den ekvivalenta ljudnivån i framtida byggnad som istället kommer styras av ljud från installationer och luftburet yttre buller från vägtrafik.

Förklaring:

✓ = Uppfyller krav

✗ = Uppfyller inte krav

Beräknad maximal (Slow) A-vägd ljudnivå [dB]			
Mät punkt		Rikt värde förskola	Beräknad maximal nivå
1	Norsborg 2018-06-12 kl 20:23	30 dB(A)	33 dB(A) ✗
1	Ropsten 2018-06-12 kl 20:24	30 dB(A)	35 dB(A) ✗
1	Mörby 2018-06-13 kl 13:06	30 dB(A)	30 dB(A) ✓
1	Norsborg 2018-06-13 kl 13:07	30 dB(A)	22 dB(A) ✓
1	Fruängen 2018-06-13 kl 13:12	30 dB(A)	26 dB(A) ✓
1	Norsborg 2018-06-13 kl 13:13	30 dB(A)	20 dB(A) ✓
1	Ropsten 2018-06-13 kl 13:14	30 dB(A)	33 dB(A) ✗
1	Mörby 2018-06-13 kl 13:16	30 dB(A)	30 dB(A) ✓
2	Norsborg 2018-06-12 kl 20:14	30 dB(A)	32 dB(A) ✗
2	Ropsten 2018-06-12 kl 20:14	30 dB(A)	36 dB(A) ✗

Kommentar

Fem av tio passager ger beräknade värden som inte uppfyller riktvärde. Tåg mot Ropsten svarar för de tre högsta vibrationsnivåerna som uppmätts. Övriga två passager som överskrider riktvärdet är tåg mot Norsborg. Överskridanden bedöms som måttliga och kan omhändertas genom åtgärder för minskad stomljuds nivå.

De beräknade stomljuds nivåerna från tunnelbanepassagerna domineras av oktavbanden 125, 250 och 500 Hz vilka kan dämpas effektivt med stomljuds isolerande åtgärder.

Sträckningen Mörby-Fruängen beräknas innehålla krav utan åtgärd.

5. Åtgärdsförslag

Nedan ges olika förslag på åtgärder för att motverka problem med stomljud i de planerade byggnaderna.

5.1 Ökad förlustfaktor mellan berg och husgrund

Om husgrunden till de nya husen har direkt koppling till berget kommer vibrationerna överföras till byggnaden med mycket små förluster vilket ger höga stomljudsnivåer. Genom att införa ett skikt med vibrationsdämpande egenskaper, tex Sylodyn, kan dock en dämpning av vibrationerna på typiskt 15-25 dB vid de för ljudnivåerna styrande frekvenserna erhållas.

5.2 Anpassning av planlösning och verksamhet

Förbättrad marginal för att klara krav avseende stomljud kan erhållas genom att placera utrymmen där högre ljudnivåer från trafik tillåts i bottenvåningen i delarna av byggnaden närmast ovanför det underliggande spåret.

Utrymmestyperna matsal, uppehållsrum, omklädningsrum och wc saknar t.ex. krav avseende maxnivåer från yttre ljudkällor som trafik.

Störkänslig verksamhet såsom förskola med vilrum, klassrum och grupprum bör däremot inte förläggas på bottenplan. Normalt avtar ljudnivån med ca 3 dB per våningsplan.

5.3 Kontrollmätningar under byggtid

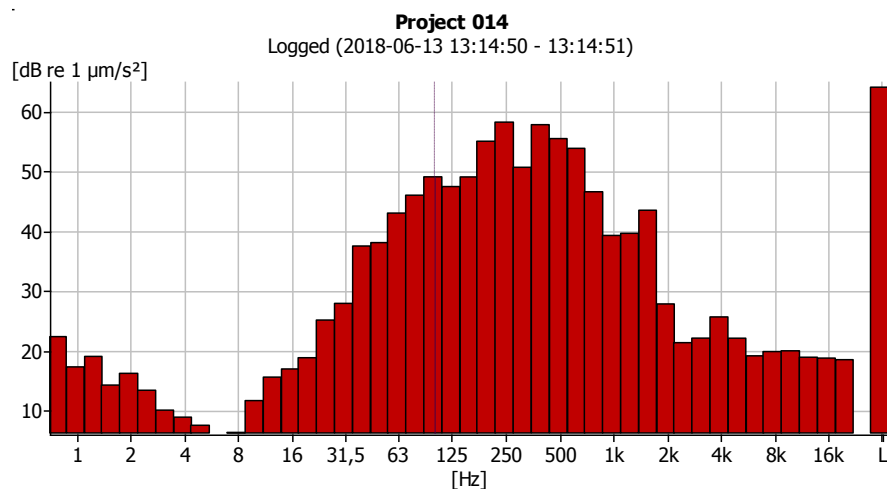
Uppförandet av skolbyggnaderna innebär dels att de vibrerande markytorna tyngs ner och dels att en del av energin från vibrationerna fördelas vidare till andra delar av huskroppen, detta innebär att en något lägre vibrationsnivå normalt uppmäts i nybyggd byggnad än vad som uppmättes på mark innan byggnaden uppfördes. Detta skulle i sådana fall ge lägre ljudnivåer från stomljud än beräknat.

Ett alternativ skulle därför kunna vara att utföra kontrollmätningar vid grundläggning och uppförande av byggnadsstomme och säkerställa att vibrationsnivåerna blir lägre i byggnad än vad som uppmätts på mark. Om man skulle välja detta alternativ måste en dock ha en färdig strategi för hur stomljudsisoleringen ska förbättras om vibrationsnivåerna inte reduceras som förväntat.

6. Grafisk presentation av mätresultat

Mätposition 1

Ropsten

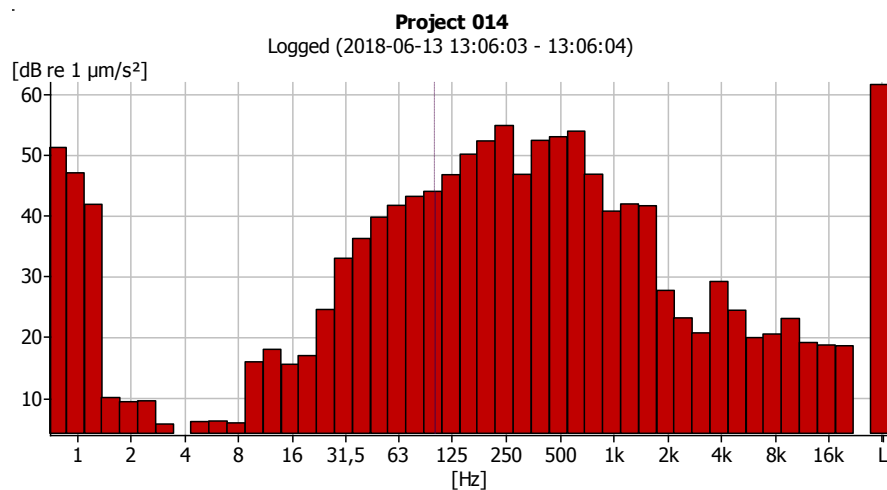


Cursor values

X: 100 Hz

aSlow max: 49,1 dB re 1 $\mu\text{m/s}^2$

Mörby

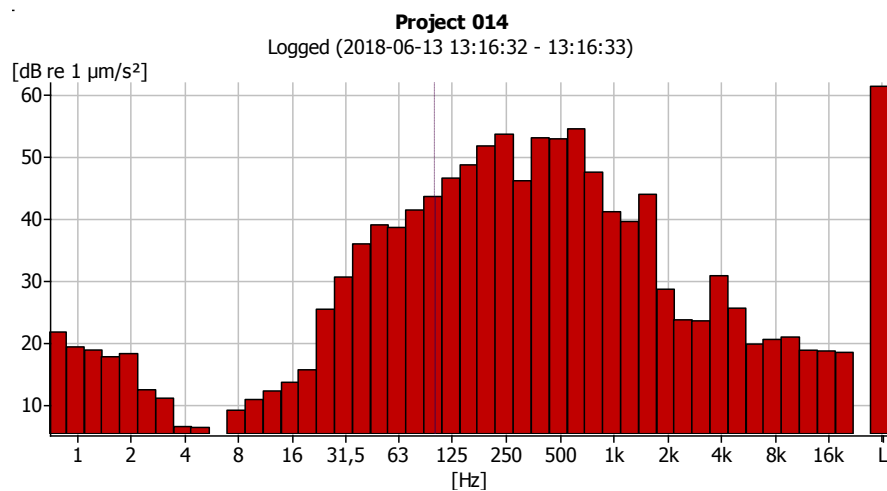


Cursor values

X: 100 Hz

aSlow max: 44,0 dB re 1 $\mu\text{m/s}^2$

Mörby

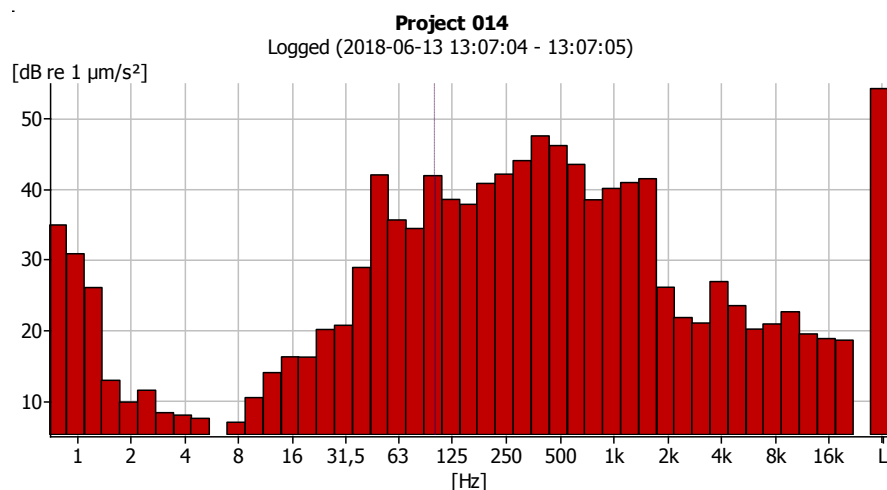


Cursor values

X: 100 Hz

aSlow max: 43,6 dB re 1 $\mu\text{m/s}^2$

Norsborg

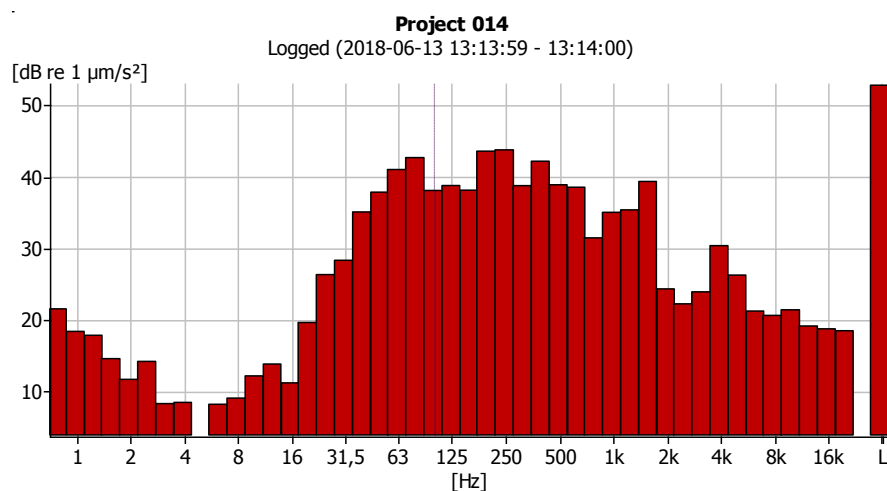


Cursor values

X: 100 Hz

aSlow max: 41,9 dB re 1 µm/s²

Norsborg

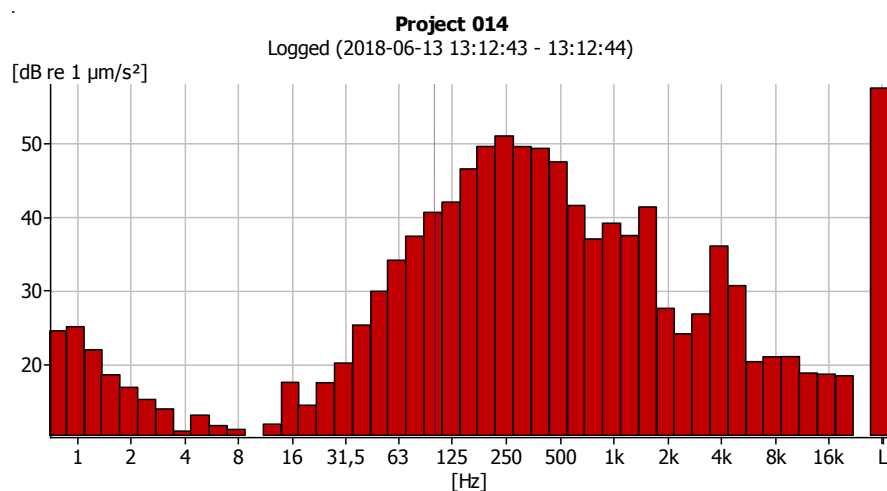


Cursor values

X: 100 Hz

aSlow max: 38,1 dB re 1 µm/s²

Fruängen

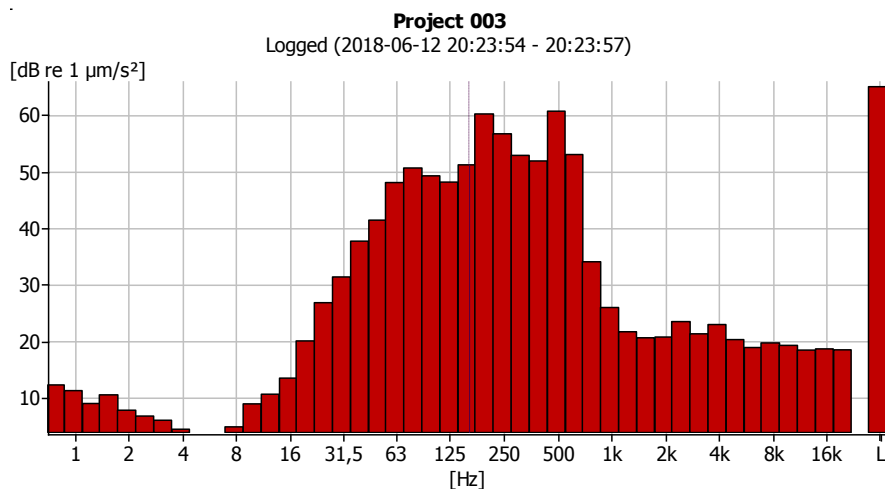


Cursor values

X: 100 Hz

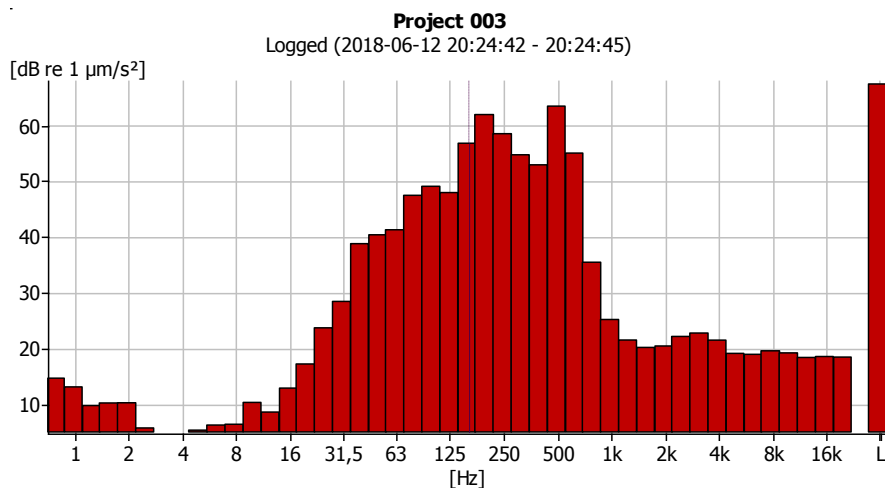
aSlow max: 40,6 dB re 1 µm/s²

Norsborg



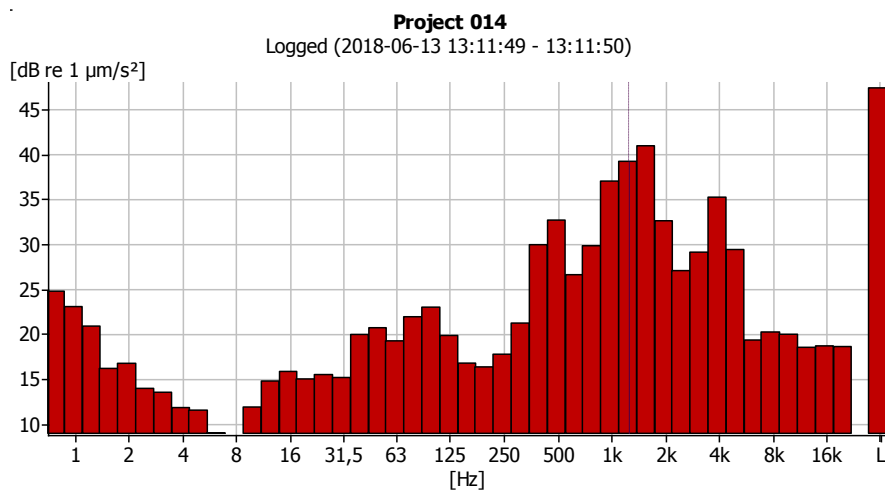
Cursor values
X: 160 Hz
aSlow max: 51,2 dB re 1 µm/s²

Ropsten



Cursor values
X: 160 Hz
aSlow max: 56,8 dB re 1 µm/s²

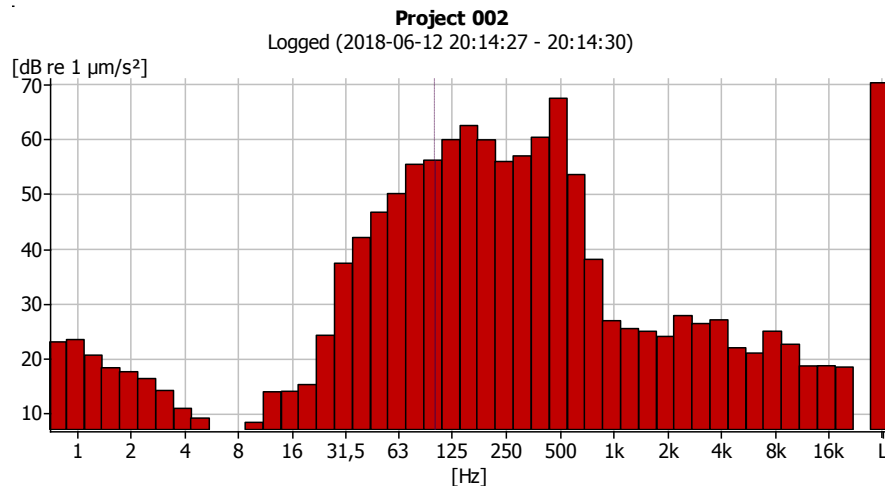
Bakgrundsnivå



Cursor values
X: 1,25 kHz
aSlow max: 39,2 dB re 1 µm/s²

Mätposition 2

Ropsten

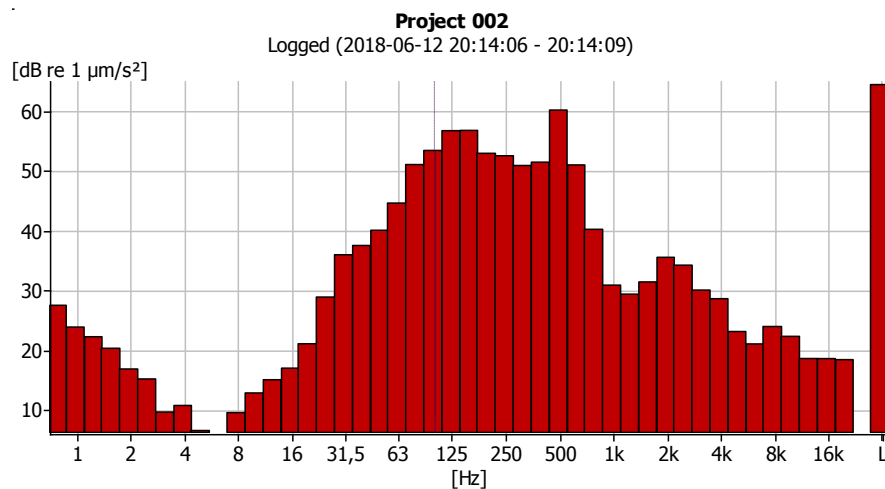


Cursor values

X: 100 Hz

aSlow max: 56,1 dB re 1 $\mu\text{m/s}^2$

Norsborg

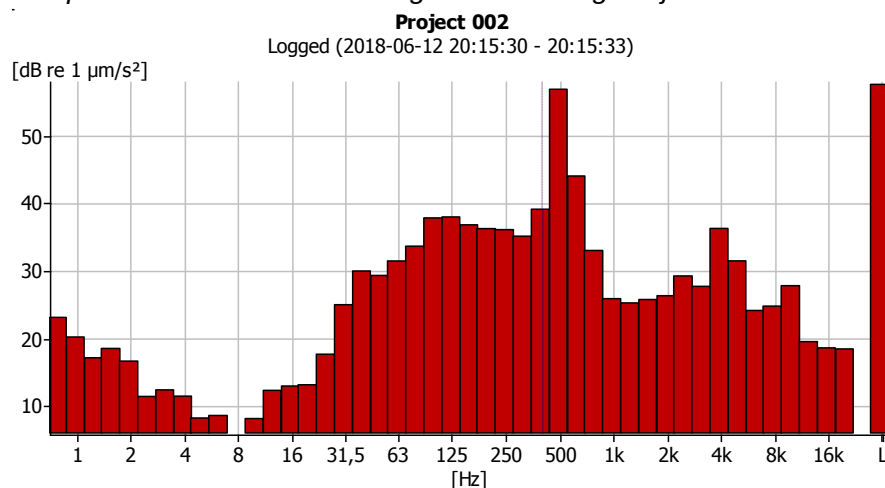


Cursor values

X: 100 Hz

aSlow max: 53,4 dB re 1 $\mu\text{m/s}^2$

Bakgrundsnivå, störning vid 500 Hz som även syns på tunnelbanemätningarna. Vi har kompenserat för denna störning vid beräkning av ljudnivå.



Cursor values

X: 400 Hz

aSlow max: 39,1 dB re 1 $\mu\text{m/s}^2$

