

KUNSKAPSCENTRUM
OM
BULLER



Detta dokument har producerats inom Kunskapscentrum om Buller, ett kompetenscentrum som drivs av VTI på uppdrag av Naturvårdsverket, Trafikverket och Transportstyrelsen. Syftet med Kunskapscentrum om Buller är att stödja myndigheternas arbete vid tillämpning av plan- och bygglagen, miljöbalken och andra regelverk med avseende på buller genom att utveckla och vägleda om mät- och beräkningsmetoder för buller utomhus.

www.kunskapscentrumbuller.se



MÄTSERIE 3

Analys av mätresultat från tågpassager genom spårväxlar, genom snäva cirkulärkurvor och över spårbroar

SAMMANFATTNING

Inom tilläggsuppdraget till Kunskapscentrum om Buller från Trafikverket har mätningar av bidraget till utstrålat buller från delar av infrastrukturen genomförts i tre delserier; Mätserie 3A - Broar, 3B - Växlar och 3C – Kurvor. Mätserierna planerades som pilotstudier i syfte att jämföra mätresultaten med de schablonvärden som ingår i beräkningsmetoden CNOSSOS-EU. Mätförfarandet och mätresultaten för respektive delserie har dokumenterats i separata mät rapporter; denna rapport utgör en kompletterande analys av resultaten

Anders Genell
Tomas Jerson
Mikael Ögren

|

Mätserie 3

Analys av mätresultat från tågpassager genom spårväxlar, genom snäva cirkulärkurvor och över spårbroar

Bakgrund

Inom tilläggsuppdraget till Kunskapscentrum om Buller från Trafikverket har mätningar av bidraget till utstrålat buller från delar av infrastrukturen genomförts i tre delserier; Mätserie 3A - Broar, 3B - Växlar och 3C – Kurvor. Mätserierna planerades som pilotstudier i syfte att jämföra mätresultaten med de schablonvärden som ingår i beräkningsmetoden CNOSSOS-EU. Mätförfarandet och mätresultaten för respektive delserie har dokumenterats i separata mät rapporter; denna rapport utgör en kompletterande analys av resultaten.

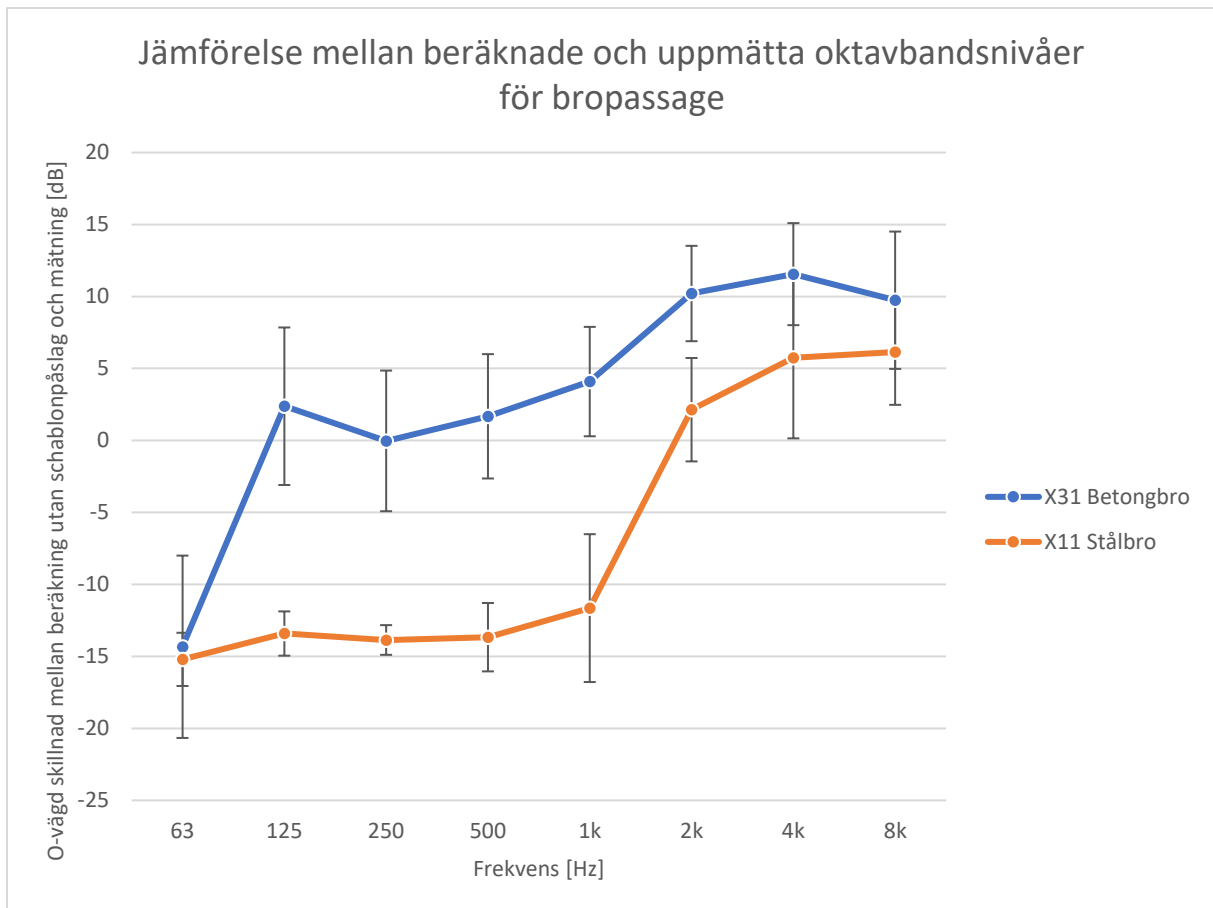
Mätserie 3A – Broar

CNOSSOS-EU inkluderar två olika schablonvärden som skall adderas till utstrålad ljudenergi från tåg som passerar över broar. I Tabell G-7 i END anges koefficienter för ökad ljudutstrålning från broar.

Tabell 1. [G-7] Koefficienter Cbridge för strukturers ljudutstrålning. Min och Max representerar minsta respektive största tillåtna värde på koefficienten. De två högra kolumnerna anger schablonvärden som används i brist på bättre underlag.

Cbridge			
Min	Max	Främst betong- eller murade broar, oavsett spåröverbyggnad.	Främst stålbroar med spår i ballast
0	9	1	4

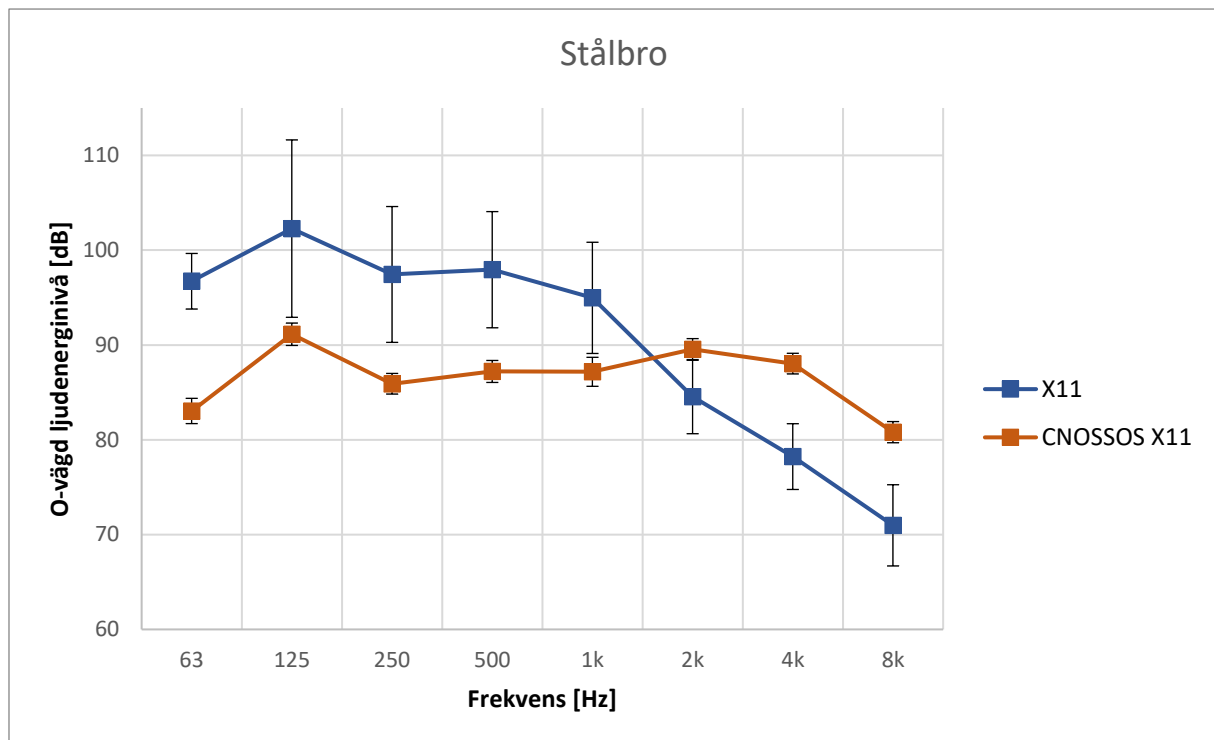
Mätning av buller från tågpassager har genomförts vid fem olika broar; två stålbroar och tre betongbroar (se mät rapport för mätserie 3A). De två stålbroarna korsar Göta Älv i Göteborg, och är belägna med ett avstånd på ca 65 meter mellan varandra. En betongbro är en anslutningsramp till den nyare av de två stålbroarna medan de övriga två betongbroarna korsar de två förgreningarna av Viskan strax norr om Åskloster i Halland.



Figur 1. Medelskillnad och standardavvikelse mellan beräknade, med medelytråhet och utan schablonpåslag, och uppmätta oktavbandsnivåer för passager över stålbro respektive betongbro

Figur 1 visar en sammanfattning av resultaten från bromätningarna genom att presentera medelljudenerginivåskillnader i oktavband mellan beräkningar med CNOSSOS-EU, med medelytråhet men utan schablonpåslag, och mätningar vid stålbro respektive betongbro, inklusive spridning i mätresultat för respektive brotyp. Som kan ses i figuren är skillnaderna stora mellan beräknade och uppmätta nivåer, och nedan analyseras respektive brotyp separat inklusive försök till orsaksförklaring.

Stålbroar



Figur 2. Ljudenergi i oktavband uppmätt vid stålbros och beräknat med CNOSSOS-EU för tåg av typen X11 i olika hastigheter.

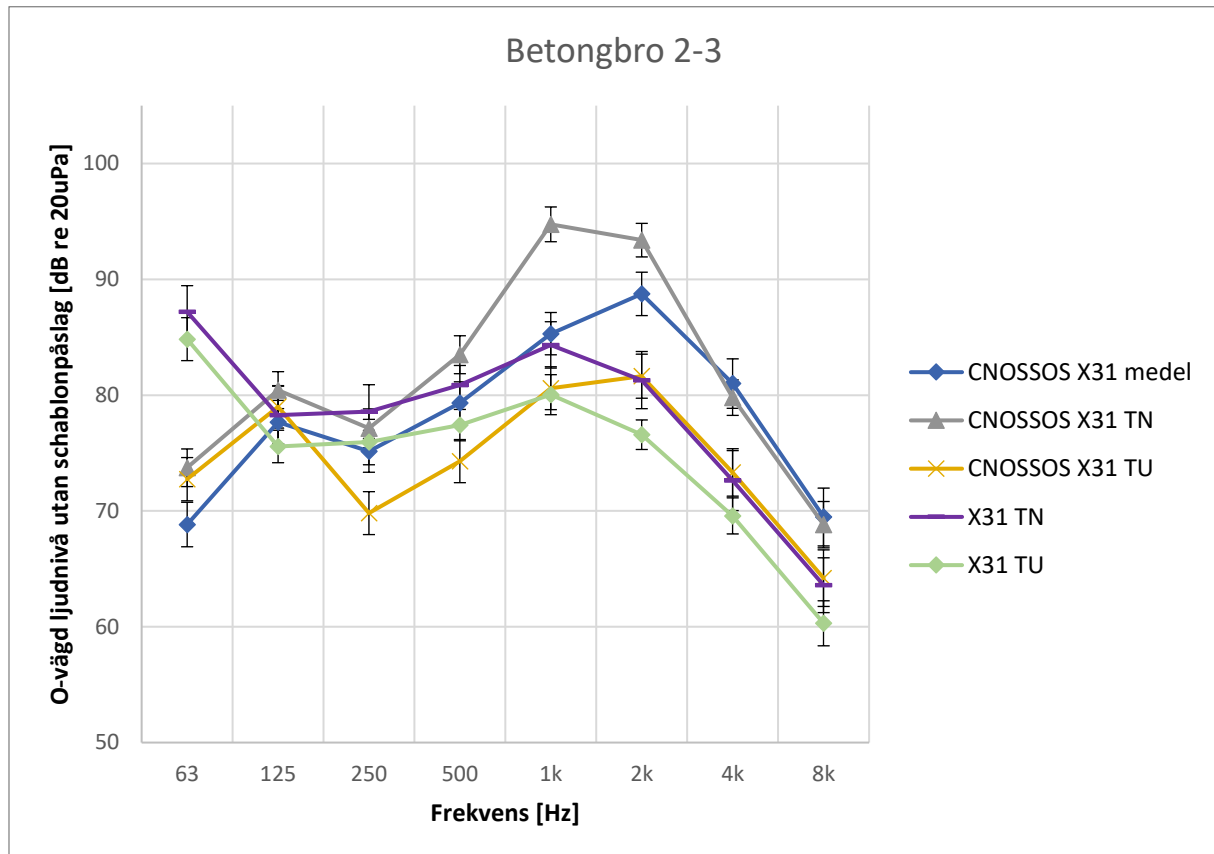
Figur 2 visar en jämförelse mellan uppmätta ljudenerginivåer i oktavbanden 63Hz – 8kHz och motsvarande nivåer beräknade i CNOSSOS-EU. För varje uppmätt passage har nivåer beräknats för samma hastighet och samma tågtyp, i detta fall X11, med CNOSSOS-EU med ansatt medelytråhet, utan att inkludera något schablonpåslag för ljudutstrålning från brokonstruktionen. De beräknade nivåerna ligger samlat kring 80 – 90 dB i samtliga oktavband, medan de uppmätta värdena visar på sluttande spektra från höga lågfrekventa nivåer till lägre nivåer i de högre frekvenserna.

Tabell 2. Uppmätt och beräknad, med medelytråhet och utan schablonpåslag för bro, a-vägd ljudenerginivå för fem X11-tågpassager på stålbros.

Pass	LAE mätn	C medel	Diff
1	98.4	94.3	4.1
2	100.6	95.1	5.5
3	101.3	95	6.3
4	98.5	94.5	4.0
5	101.2	96	5.2
Medel	100.2	95.0	5.0

I Tabell 2 sammanfattas de totala A-vägd ljudenerginivåerna för fem olika tågpassager över stålbrosarna med tågtypen X11. Sista kolumnen redovisar skillnad i uppmätt och beräknad nivå. Resultatet visar att schablonpåslaget om 4dB för stålbros i stort sett innebär att beräknad nivå faller inom 2dB avvikelse från uppmätt värde, men som tydligt kan ses i Figur 1 är avvikelserna i respektive oktavband mycket större.

Betongbroar



Figur 3. Ljudenergi i oktavband uppmätt vid betongbro och beräknat med CNOSSOS-EU för tåg av typen X31 i olika hastigheter.

Figur 3 visar en jämförelse mellan beräknade, med medelytråhet (CNOSSOS X31 medel) såväl som med uppmätt ytråhet från mätplatsen i Trönninge (uppspår, TU och nedspår, TN) strax söder om broarna över Viskan, och uppmätta ljudenerginivåer för uppspår (X31 TU) respektive nedspår (X31 TN) i oktavband för passager över betongbro med tåg av typen X31. De beräknade nivåerna, utan CNOSSOS-EU:s schablonpåslag för bro, är för medelytråheten samlade inom 5dB från varandra för varje oktavband. För de uppmätta nivåerna är spridningen dubbelt så stor om man inte tar hänsyn till skillnad mellan uppspår och nedspår. Separerar man uppspår och nedspår är spridningen för de uppmätta passagera liknande den för beräknade nivåer. Formen på beräknade och uppmätta spektra är liknande förutom för det allra lägsta oktavbandet. Det indikerar att CNOSSOS-EU beräknar frekvensberoendet hos utbredningen relativt korrekt.

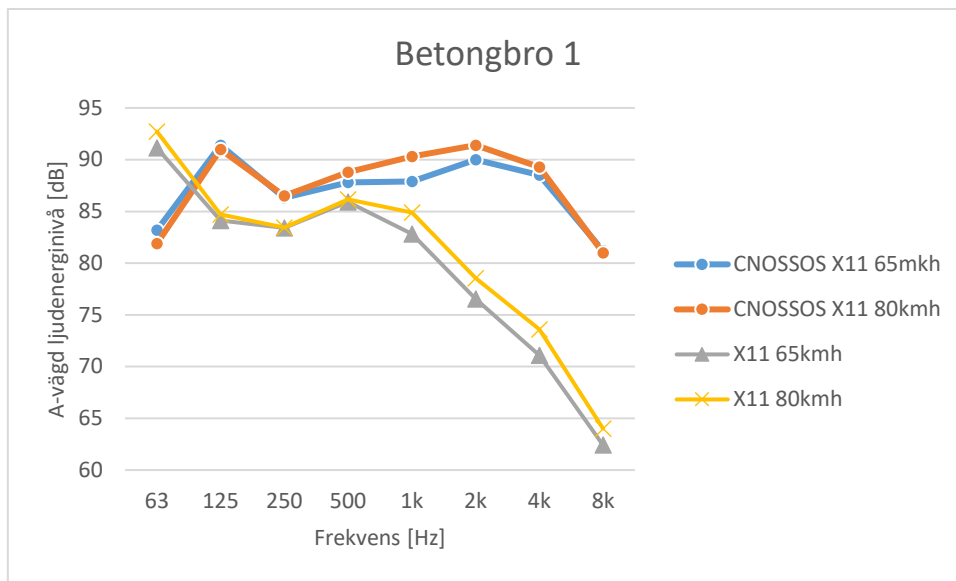
Tabell 3. Uppmätt (LAE mätn) och beräknad a-vägd ljudenerginivå för åtta X31-tågpassager på betongbro utan schablonpåslag. C medel är beräknad nivå med medelytråhet. C TU och C TN representerar beräknade nivåer med räljämnhets uppmätt på nedspår och uppspår i Trönninge straxt söder om betongbroarna. Dist är avstånd mellan mätposition och respektive spår, Spår redovisar norrgående uppspår (U) respektive södergående nedspår (N).

Pass	LAE mätn	C medel	Diff	C TU	Diff	C TN	Diff	Dist	Spår
1	84.7	93.8	-9.1	88.1	-3.4	99.3	-14.6	35	U
2	88.7	93.7	-5.0	87.9	0.8	98.7	-10.0	30	N
3	83.5	92.5	-9.0	86.7	-3.2	97.5	-14.0	35	U
4	90.3	94.6	-4.3	88.9	1.4	100	-9.7	30	N
5	81.5	90.7	-9.2	84.9	-3.4	95.9	-14.4	50	U
6	87.3	92.8	-5.5	87.1	0.2	98.3	-11.0	45	N
7	82.9	92.2	-9.3	86.5	-3.6	97.7	-14.8	50	U
8	86.8	92.3	-5.5	86.5	0.3	97.5	-10.7	45	N

Tabell 3 visar a-vägda ljudenerginivåer för åtta olika passager med tåg av typen X31 över betongbro i olika hastigheter. Mätningarna utfördes på ett avstånd från spårmittpå mellan 30 och 35 meter för den ena betongbron och mellan 45 och 50 meter för den andra. Nivåerna som beräknats med CNOSSOS-EU utgick ifrån samma avstånd till mottagare och samma tågtyp och hastigheter som för mätningarna. Som kan ses i Tabell 3 är skillnaden mellan uppmätt och beräknat värde, utan schablonpåslag för bro, större för det större avståndet för respektive bro. Det större avståndet representerar mätningar på det bortre spåret på bron sett från mätplatsen, och det är möjligt att viss skärmning eller annan dämpning uppstått från brokonstruktionen som inte avspeglas i beräkningarna, där hänsyn endast tagits till avståndet och den akustiskt hårda vattenytan under bron, men framför allt skulle skillnad i ytråhet på rälen kunna förklara den större skillnaden i nivå för de olika spåren, vilken visat sig vara stor vid mätplats Trönninge från Mätserie 2 som ligger placerad något söder ut längs samma bana. Sammantaget överskattar CNOSSOS-EU redan innan schablonpåslag de beräknade värdena för betongbro med mellan 5 och 10 dB(A). Tar man hänsyn till en mer korrekt räljämnhets så kan avvikelserna bli betydligt mindre. En indikation på CNOSSOS-EU:s känslighet för räljämnhets visas av skillnaden mellan beräknad nivå med uppmätt räljämnhets på nedspår respektive uppspår i Trönninge. Som visas i Tabell 4 är skillnaden i beräknad nivå drygt 12dB(A) mellan de två räljämnhetserna. Den rödfärgade siffran i tabellen indikerar att uppspårjämnhetsen passar bättre som beräkningsunderlag för båda spåren än både medelytråhet och den uppmätta nedspårjämnhetsen.

Tabell 4. Skillnader i beräknad och uppmätt a-vägd medelljudenerginivå för åtta X31-tågpassager på betongbro, inklusive effekt av uppmätt ytråhet på uppspår (TU) respektive nedspår (TN) i Trönninge. X31 TU och X31 TN är uppmätta nivåer, C TU och C TN är CNOSSOS-EU-beräkningar baserade på uppmätt ytråhet på räl. C medel är CNOSSOS-EU-beräkningar baserade på medelytråhet. Den rödfärgade siffran motsvarar jämförelsen mellan uppmätt nivå på nedspår och beräknad nivå på uppspår.

	X31 TN	X31 TU	C medel	C TN	C TU
	87,4	83,1	91,9	97,8	85,5
X31 TN	87,4	0,0	4,3	-4,5	-10,4
X31 TU	83,1	0,0	-8,7	1,9	-2,3
C medel	91,9		0,0	-6,0	6,4
C TN	97,8			0,0	12,4
C TU	85,5				0,0



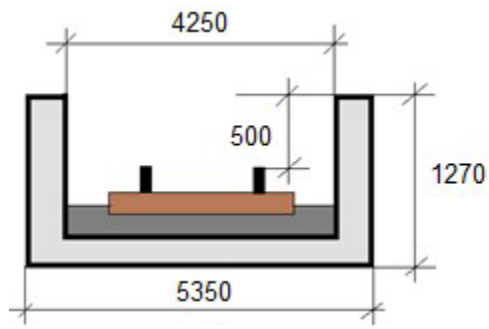
Figur 4. Jämförelse av uppmätta och beräknade ljudenerginivåer för betongbro vid ett avstånd av 7.5m från spårmit för tåg av typen X11.

Figur 4 visar beräknade, CNOSSOS med medelytråhet och utan schablonpåslag, och uppmätta ljudenerginivåer för passager över betongbro med avstånd till mottagare på 7.5m i enlighet med ISO 3095. Även i detta fall överskattar CNOSSOS-EU nivån i jämförelse med mätningarna, främst i högre frekvens. Skillnaden i formen på spektra indikerar att det skulle kunna föreligga någon form av skärmning hos uppmätta nivåerna som inte inkluderas i de beräknade nivåerna.

Tabell 5. Uppmätt och beräknad a-vägd ljudenerginivå för två tågpassager på betongbro.

Pass	SEL meas	SEL calc	Diff
1	86.8	95.2	-8.4
2	88.2	96.5	-8.3

Tabell 5 visar a-vägd ljudenerginivåer för två olika passager med tåg av typen X11 över betongbro i olika hastigheter. Även här ses möjligen effekten av eventuell skärmning. De beräknade nivåerna utgår dock från en räljämnhets som motsvarar ett medelvärde för de mätplatser som ingått i framtagandet av källdata för tåg till CNOSSOS-EU. Den faktiska ytråheten på rälen för aktuell bro är inte känd, så skillnaden i a-vägd ljudenerginivå i Tabell 5 hade kunnat minska om korrekt ytråhet kunnat användas i beräkningen. Orsaken till eventuell skärmning skulle kunna vara att bron är konstruerad som en stor ränna där rälsen ligger i botten och sidorna då fungerar som skärmar med en höjd av en halv meter framför hjulen (Figur 5).



Figur 5. Skiss över konstruktionen för betongbro 1.

Mätserie 3B – Växlar

CNOSSOS-EU inkluderar en korrektion för det stötljud som uppstår i passage genom växlar eller för skarvspår baserad på värden på ytråheten på rälen. I direktivet anges

Stötljuden inkluderas i uttrycket för rullningsbullret genom att man (energi)adderar en kompletterande fiktiv ytjämnhetsnivå för stötljud på varje specifikt j:e spåravsnitt där bullret förekommer. Då ska ett nytt värde $L_{R,TOT+IMPACT,i}$ användas i stället för $L_{R,TOT,i}$ så att uttrycket blir

$$L_{R,TOT+IMPACT,i} = 10 \times \log \left(10^{\frac{L_{R,TOT,i}}{10}} + 10^{\frac{L_{R,IMPACT,i}}{10}} \right)$$

$L_{R,IMPACT,i}$ är ett tredjedelsoktavbandsspektrum (som funktion av frekvens). För att få fram detta frekvensspektrum, anges ett spektrum som en funktion av våglängden λ . Detta konverteras till det relevanta spektrumet som en funktion av frekvensen genom förhållandet $\lambda = v/f$, där f är tredjedelsoktavbandets centrumfrekvens i Hz och v är den s:e fordonshastigheten i km/tim för den t:e fordonstypen.

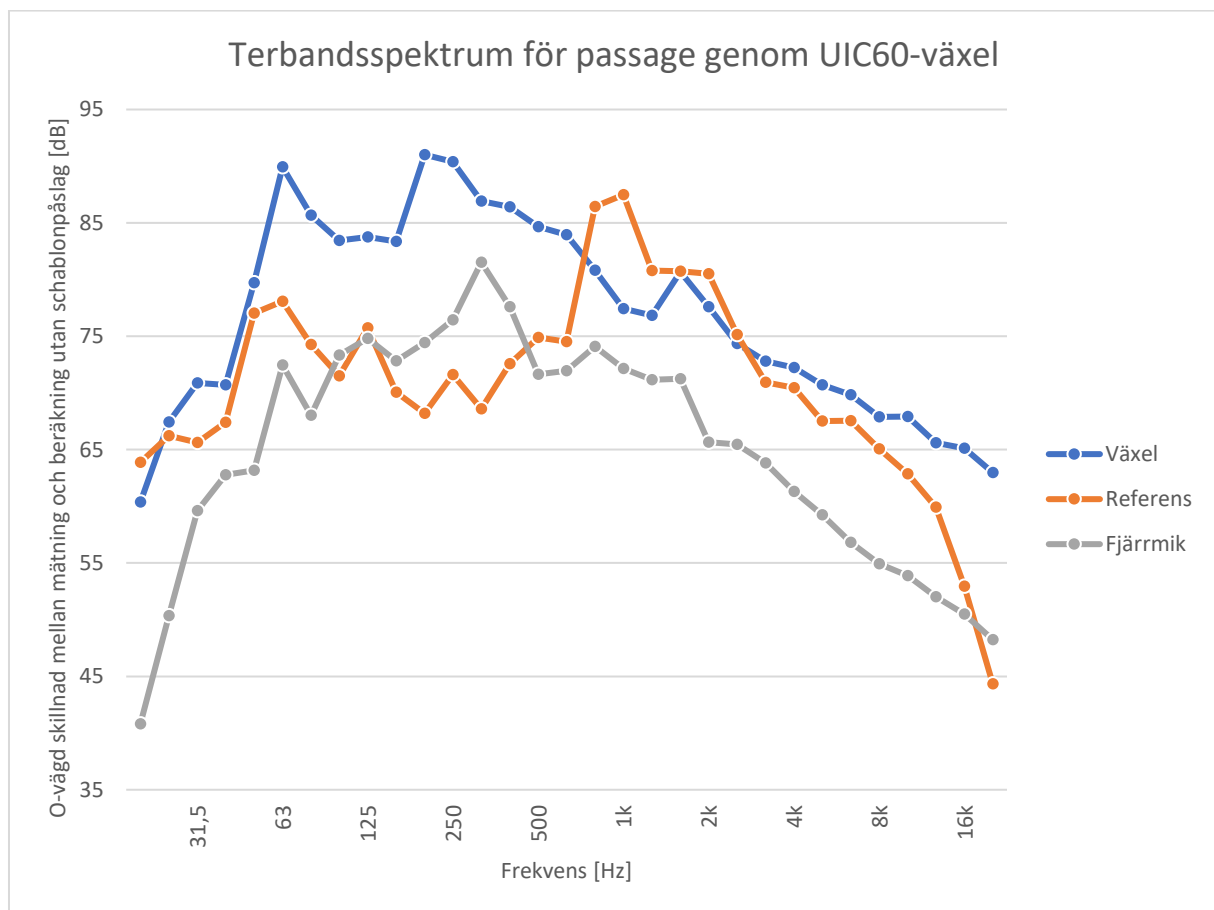
Tabell 6. Koefficienter för $L_{R,IMPACT}$ i CNOSSOS-EU. Min och Max anger minsta och högsta tillåtna ojämnhetsnivåvärden. Kolumnen längst till höger anger schablonkoefficienter för en enstaka spårväxel, skarv eller rälskorsning inom en sträcka på 100m.

$L_{R,IMPACT,i}$			
Våglängd	Min	Max	Enstaka växel/skarv/korsning/100 m
1 000 mm	- 40	30	22.4
800 mm	- 40	30	22.4
630 mm	- 40	30	22.4
500 mm	- 40	30	23.8
400 mm	- 40	30	24.7
315 mm	- 40	30	24.7
250 mm	- 40	30	23.4
200 mm	- 40	30	21.7
160 mm	- 40	30	20.2
120 mm	- 40	30	20.4
100 mm	- 40	30	20.8
80 mm	- 40	30	20.9
63 mm	- 40	30	19.8
50 mm	- 40	30	18
40 mm	- 40	30	16
31,5 mm	- 40	30	13
25 mm	- 40	30	10
20 mm	- 40	30	6
16 mm	- 40	30	1
12 mm	- 40	30	-4
10 mm	- 40	30	-11
8 mm	- 40	30	-16.5
6,3 mm	- 40	30	-18.5
5 mm	- 40	30	-21
4 mm	- 40	30	-22.5
3,2 mm	- 40	30	-24.7
2,5 mm	- 40	30	-26.6
2 mm	- 40	30	-28.6

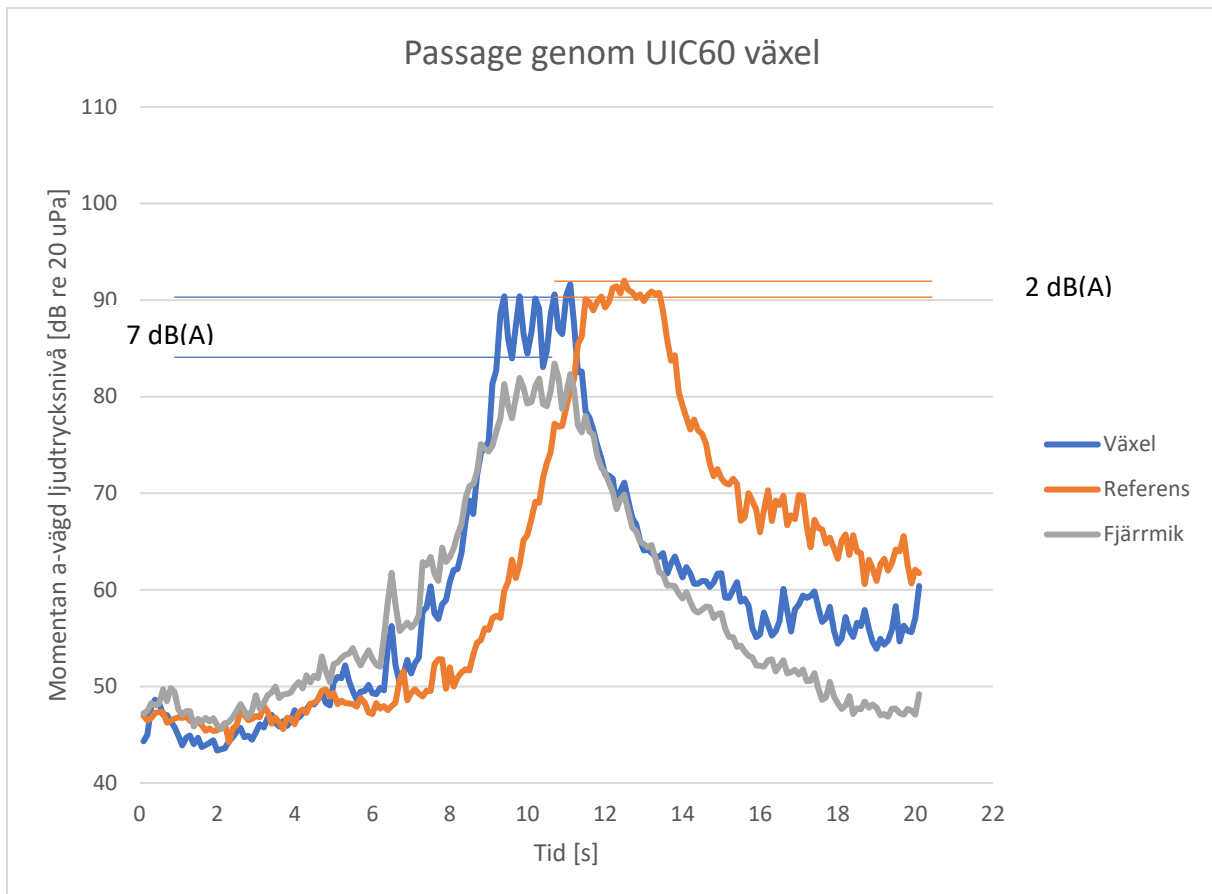
1,6 mm	- 40	30	-30.6
1,2 mm	- 40	30	-32.6
1 mm	- 40	30	-34
0,8 mm	- 40	30	-34

Mätning av bullernivå för passager genom två olika typer av växlar har genomförts vid två platser. Dels två växlar av äldre typ längs Västkustbanan, vid Ledsgård strax norr om Kungsbacka, dels två växlar av nyare typ längs Västra Stambanan vid Algutsgården strax norr om Alingsås. Vid samtliga mätplatser gjordes mätning både tvärs för växeln på ett avstånd av 7.5m från spårmitte samt ca 80 meter före eller efter växeln längs spåret som referensmätning på samma avstånd från spårmitte. Därtill gjordes mätning tvärs växeln på ett avstånd av ca 20m från spårmitte och på en höjd av 4m över RÖK, som i figurerna betecknas som "Fjärrmik".

Ledsgård



Figur 6a. Tersbandsspektra för stötljud från de tre mikrofonpositionerna vid passage genom tågväxel i Ledsgård för ett tåg av typen X55.



Figur 6b. Momentan a-vägd ljudtrycksnivå för de tre mikrofonpositionerna vid passage genom tågväxel i Ledsgård för ett tåg av typen X55.

I Figur 6 visas passage genom växel av äldre typ, UIC60, för ett X60-tåg. Tersbandsspektrumet (Figur 6a) visar hur stötbullret från växelpassagen är dominerat av låga frekvenser, medan nivågrafan (Figur 6b) visar att den maximala a-vägda nivån inte skiljer sig nämnvärt mellan rakspår och växelpassage, även om det också är tydligt att ljudnivån mellan stötljuden är betydligt lägre än ljudnivån mellan respektive axelpassage vid referensmätningen. Skillnaden mellan toppar och dalar för referenspassagen är ca 2dB(A) medan skillnaden mellan toppar och dalar för växelpassagen är ca 7 dB(A), vilket skulle innebära ett påslag på ca 5dB(A) för växelpassage jämfört med referenspassagen, men eftersom topparna för referenspassage och växelpassage ligger på i stort sett samma nivå, medan dalarna för växelpassage ligger ca 5-7dB(A) lägre än för referenspassage så indikerar det snarare att rälojämnheten är större vid referensmätningenspositionen ca 100 m från växeln än omedelbart före och efter hjärtstycket på växeln.

Algutsgården

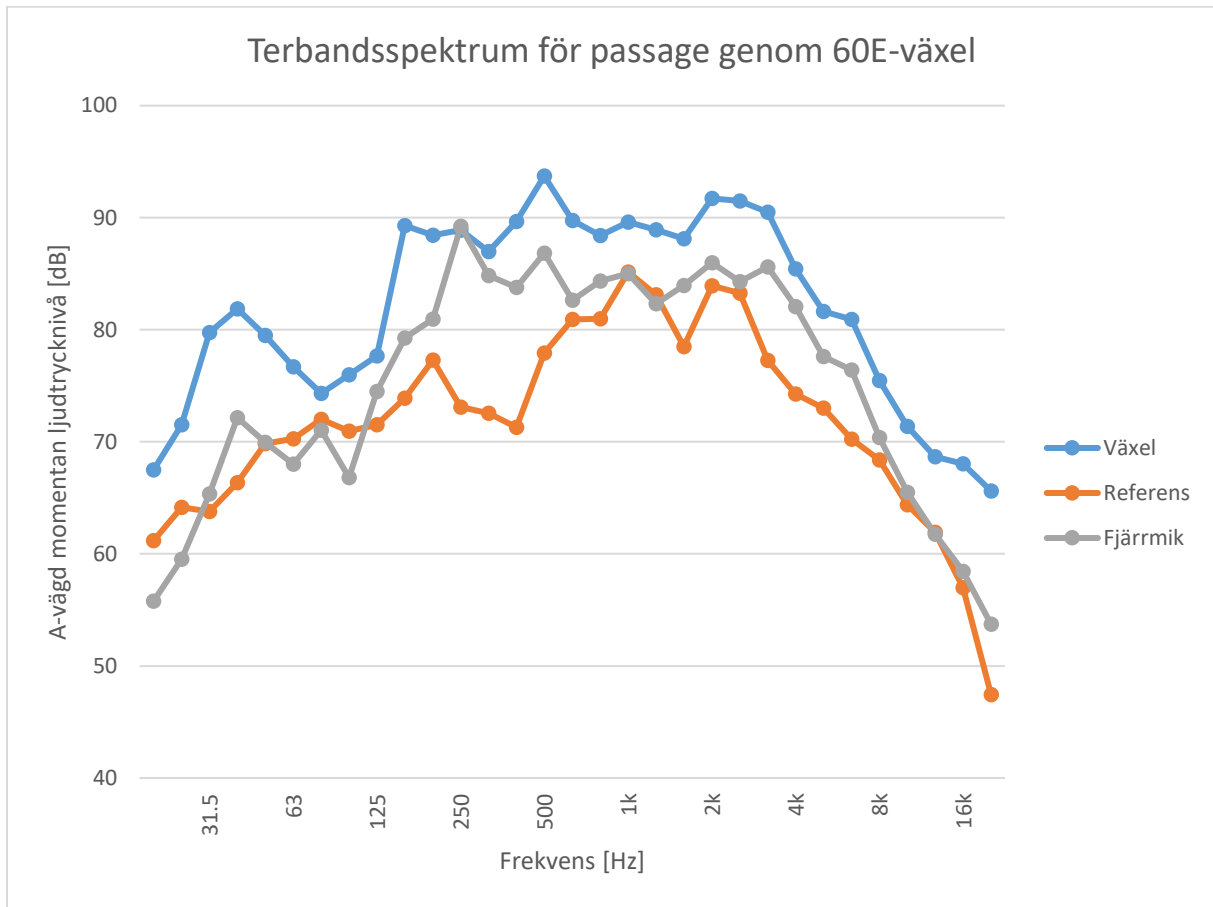
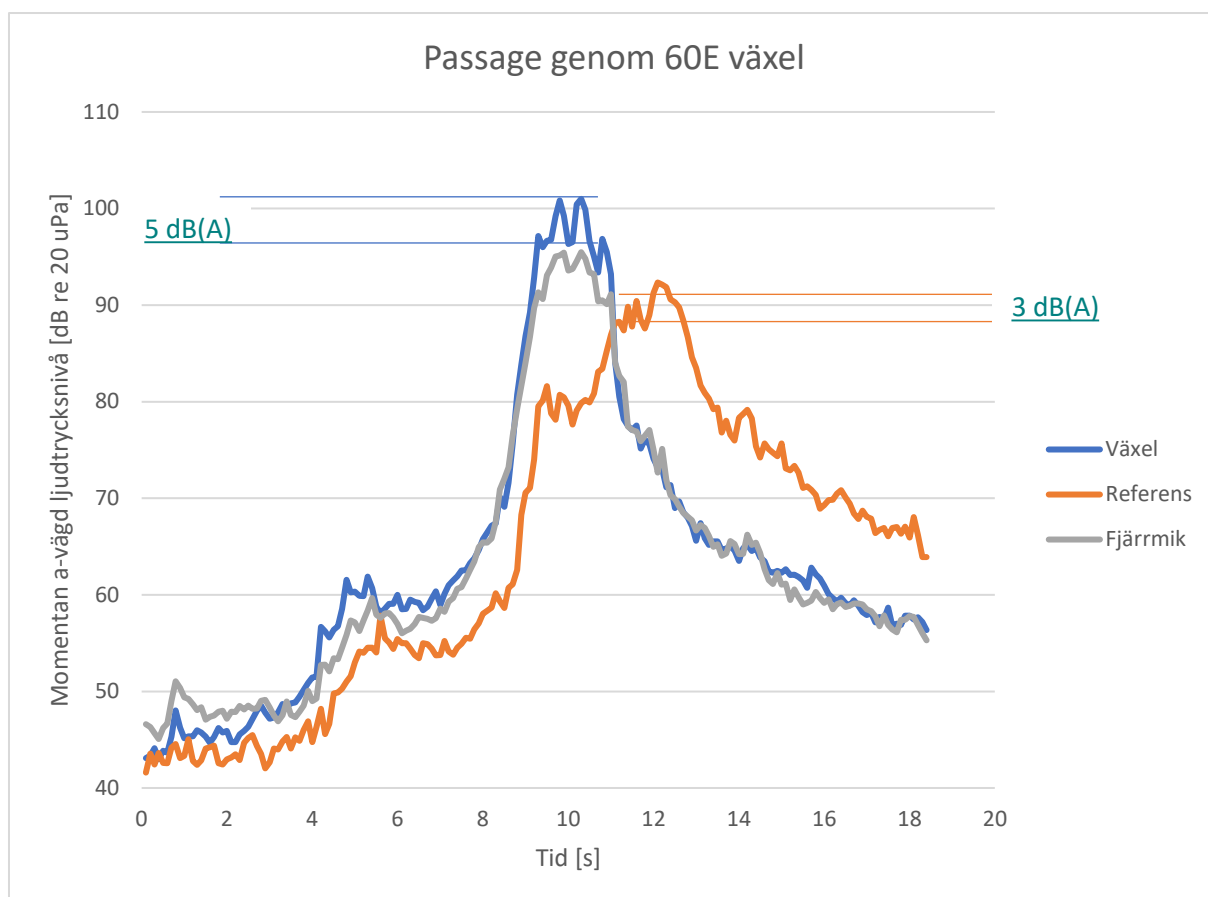


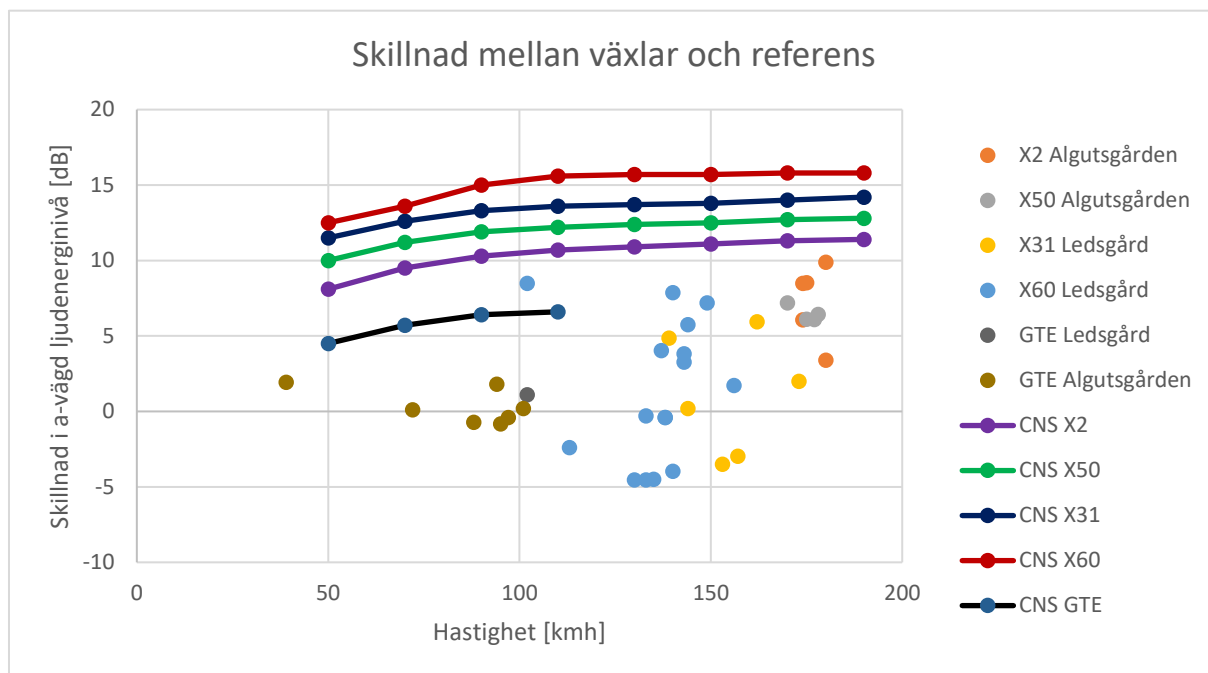
Figure 7a Tersbandsspektra för de tre mikrofonpositionerna från stötljud vid axelpassage genom tågväxel av nyare typ i Algutsgården för ett tåg av typen X2.



Figur 7b. Momentan a-vägd ljudtrycksnivå för de tre mikrofonpositionerna vid passage genom tågväxel av nyare typ, 60E, i Algutsgården för ett tåg av typen X50.

I Algutsgården är växlarna av nyare typ och som synes i Figur 7a är skillnaden i tersbandsspektrum mindre, men den maximala a-vägda nivån skiljer sig i större omfattning. Skillnad i maximalnivå kan ses i Figur 7b där den a-vägda ljudnivån från växelpassagen är tydligt högre än referenspassagen. På samma sätt som för passage genom växlar av typen UIC60 så syns toppar för varje axelpassage tydligt, men dalar mellan varje axelpassage som indikerar själva tillskottet för stötljudet. I detta fall är tillskottet ca 5dB(A). Motsvarande skillnad för referenspassage är ca 3dB(A). Vad som är intressant att notera är att ljudnivån för dalarna mellan växelstötarna är nästan 10dB(A) högre än för referenspassagen. Det skulle kunna indikera att tvärtemot mätplatsen i Ledsgård, där rälen föreföll mindre ojämn just omkring växeln än vid referensposition, så verkar det som att rälen alldeles omkring växeln är mer ojämn än vid referensposition. Möjligen är alltså stötljudsbidraget ännu högre för en ny eller nyslipad räl nära växeln.

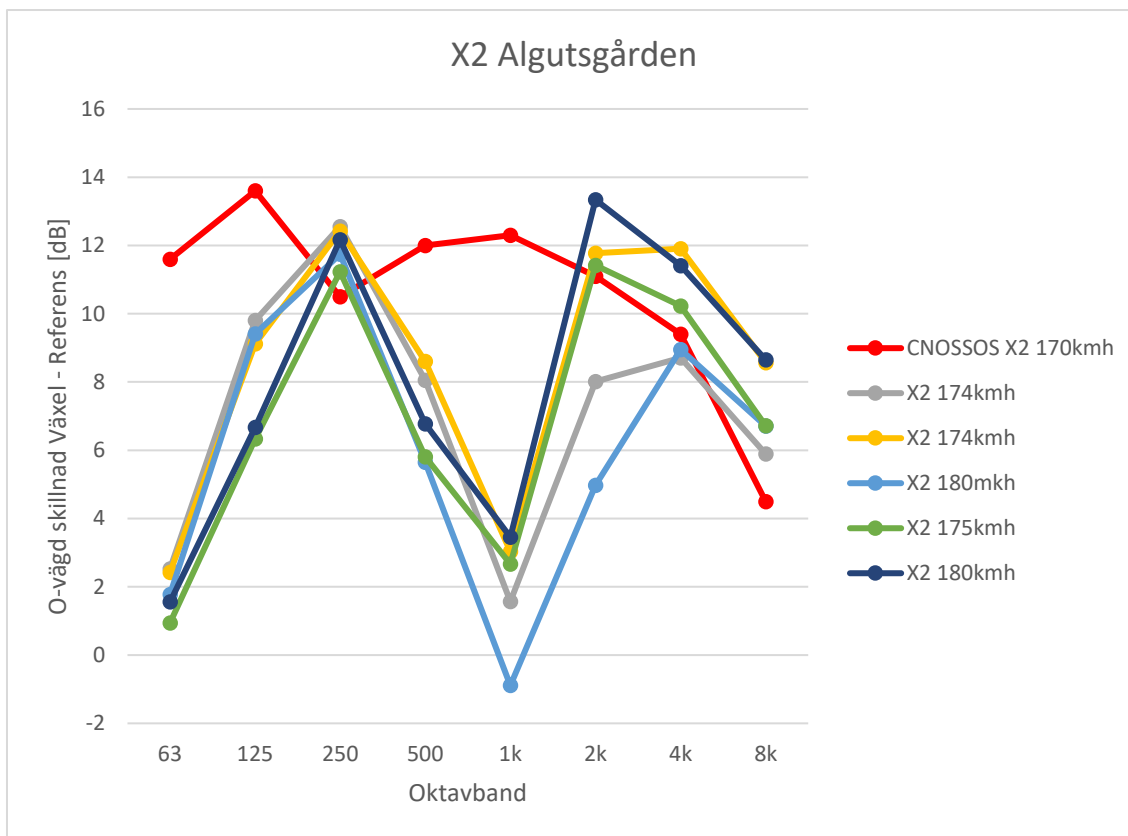
Jämförelse med CNOSSOS-EU



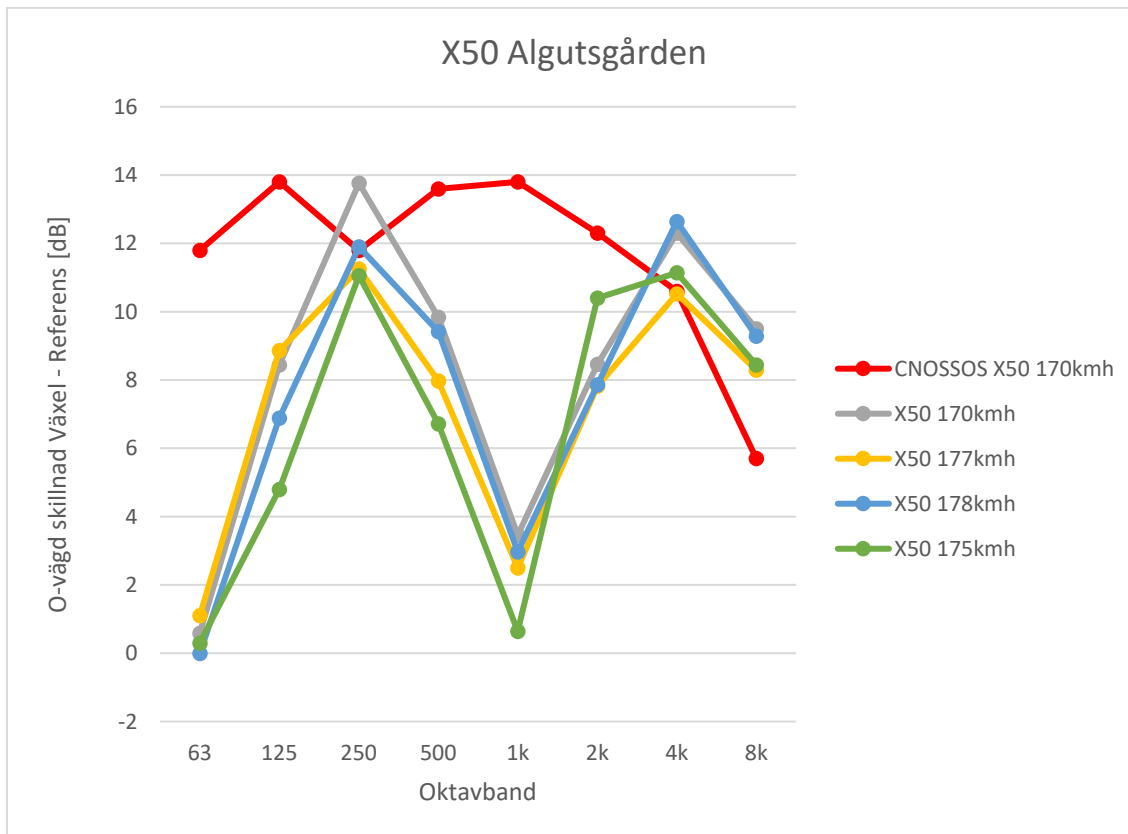
Figur 8. Jämförelse av skillnad i LAE-nivåer för hel tågpassage mellan mätningar, i Ledsgård (UIC60) av tågtyp X60, X31 och godståg (GTE) samt i Algutsgården (60E) av tågtyp X2, X50 och godståg (GTE), och motsvarande beräknade schablonpåslag i CNOSSOS-EU för respektive tågtyp (CNS).

Figur 8 visar skillnad i ljudenerginivåer för hela tågpassager mellan referensspår och passager genom växlar i Ledsgård och Algutsgården samt schablonpåslaget (LR,TOT+IMPACT) för respektive tågtyp i CNOSSOS-EU. Som synes verkar CNOSSOS-EU överskatta den ökade ljudutstrålningen från växelpassagera. Det är också tydligt att spridningen mellan individuella passager för respektive tågtyp är stor men att inte ens de bullrigaste passagera motsvarar schablonpåslaget, förutom för X2-tåg, men då dessa ofta domineras av fläktbuller är schablonens giltighet ändå osäker. Den stora spridningen för mätningarna i Ledsgård indikerar att det är stor variation i ojämnheter på hjulens rullyta. Möjligen kan man anta att de olika tågindividerna befinner sig i olika delar av sin underhålls cykel, och att hjulen ruggas upp efter en tid på Västkustbanan. Eftersom växelstöt ljudet modelleras som ökad ytråhet i CNOSSOS-EU är beräkningarna starkt beroende på hjulöjämnheten hos de olika tågtyperna. Detta är särskilt tydligt för X60-tåg, som vid framtagandet av indata tilldelades en relativt liten hjulöjämnheter och som därmed påverkas extra mycket av den ökade rälojämnheten som stötljuden innebär i CNOSSOS-EU. En individuell variation av ytråhetsdata för olika tågindivider skulle sannolikt minska beräkningens överskattning av stötbuller. För godståg visar mätresultaten att stötljudets bidrag till hela tågsets passagers ljudenergi är minimal oavsett hastighet, så även om schablonpåslaget i CNOSSOS-EU är mindre än för persontåg så överskattas ändå bidraget.

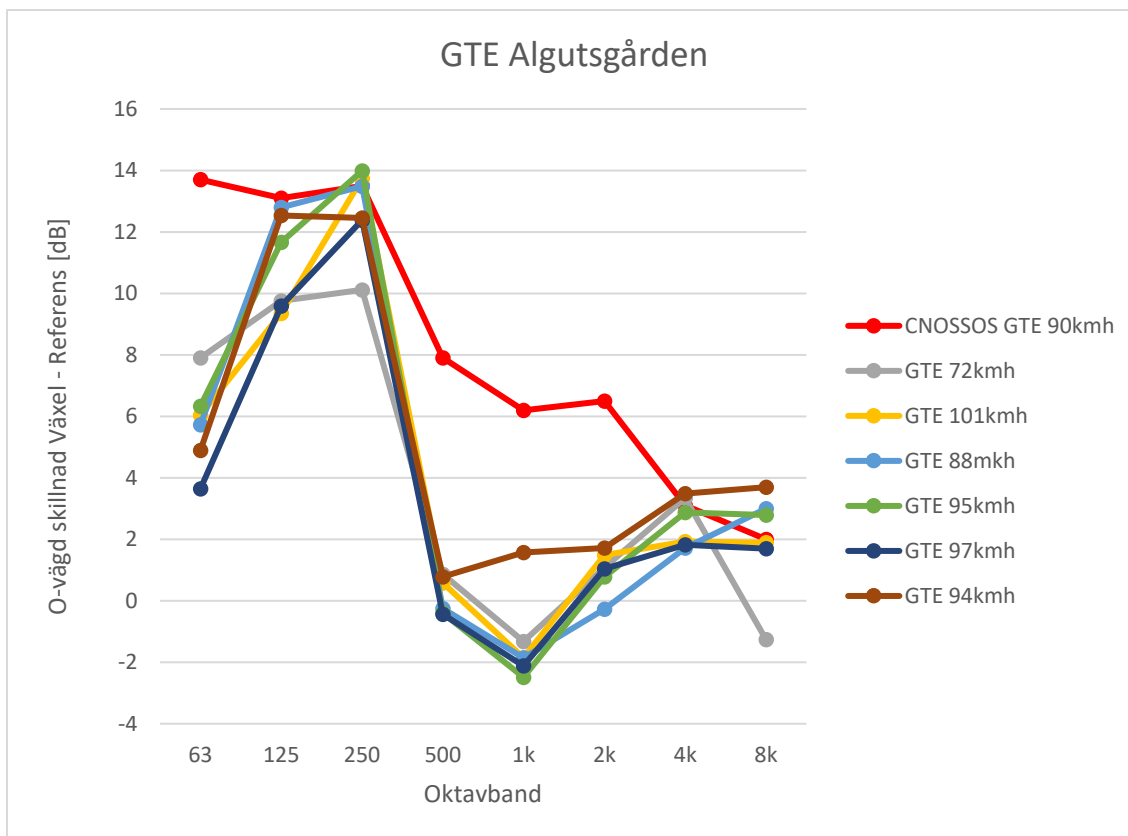
Avvikelsena mellan uppmätta skillnader och de schablonpåslag som ingår i CNOSSOS-EU blir också tydliga när man studerar avvikelsena för varje oktavband. Figurerna 9-14 visar hur avvikelsena uppträder i oktavband för olika tågtyper och växlar. Det är tydligt att för vissa frekvensband, t.ex. 1kHz, är det inte bidraget från stötbuller i växeln som dominerar, vilket innebär att skillnaden mellan referenspassage och passage genom växeln blir liten. Samtidigt uppvisar CNOSSOS-EU ett stort schablonpåslag i samma frekvensband. För de enskilda växelstöt ljuden är skillnaden mellan referens och växelpassage tydlig också i 1kHz-bandet åtminstone för passager genom 60E-växel (se Figur 7a), men alltså inte när det gäller ljudenergin för hela passagen.



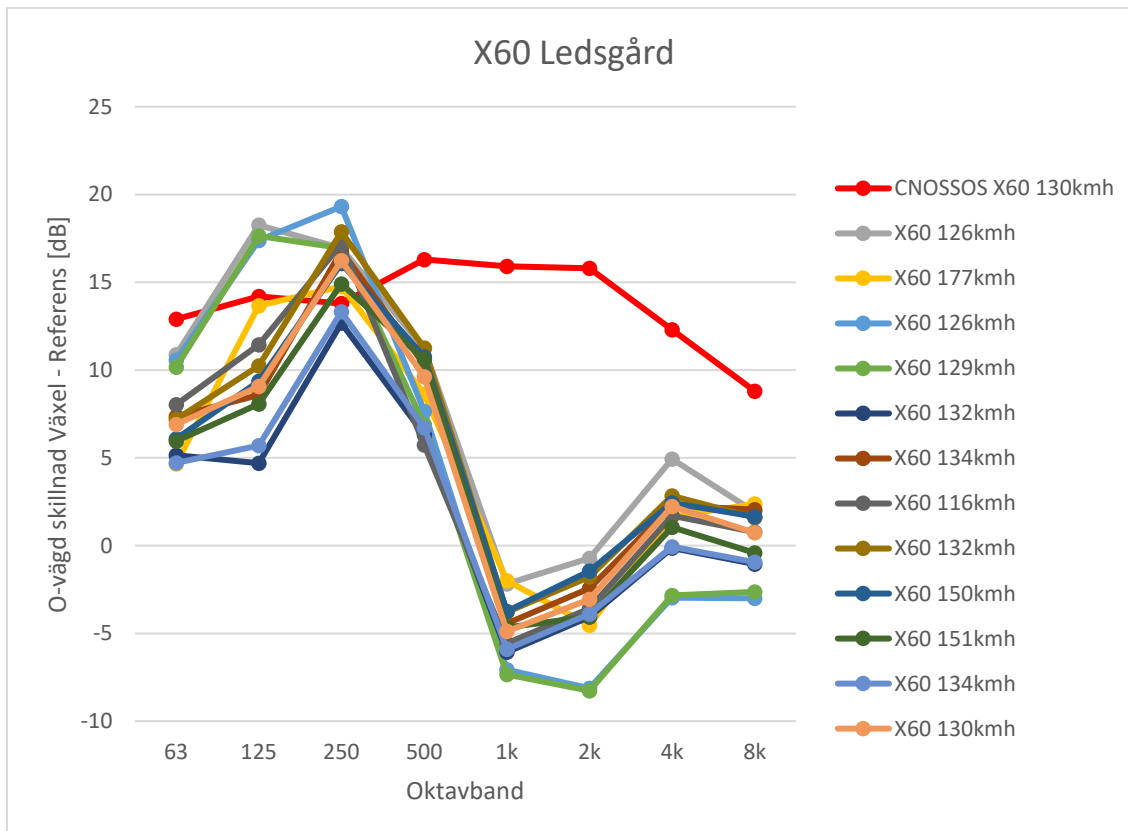
Figur 9. Skillnad i ljudnivå mellan referensspår och X2-tågpassager i Algutsgården samt CNOSSOS-EU:s schablonpåslag (LR,TOT+IMPACT) för X2-tåg, i oktavband.



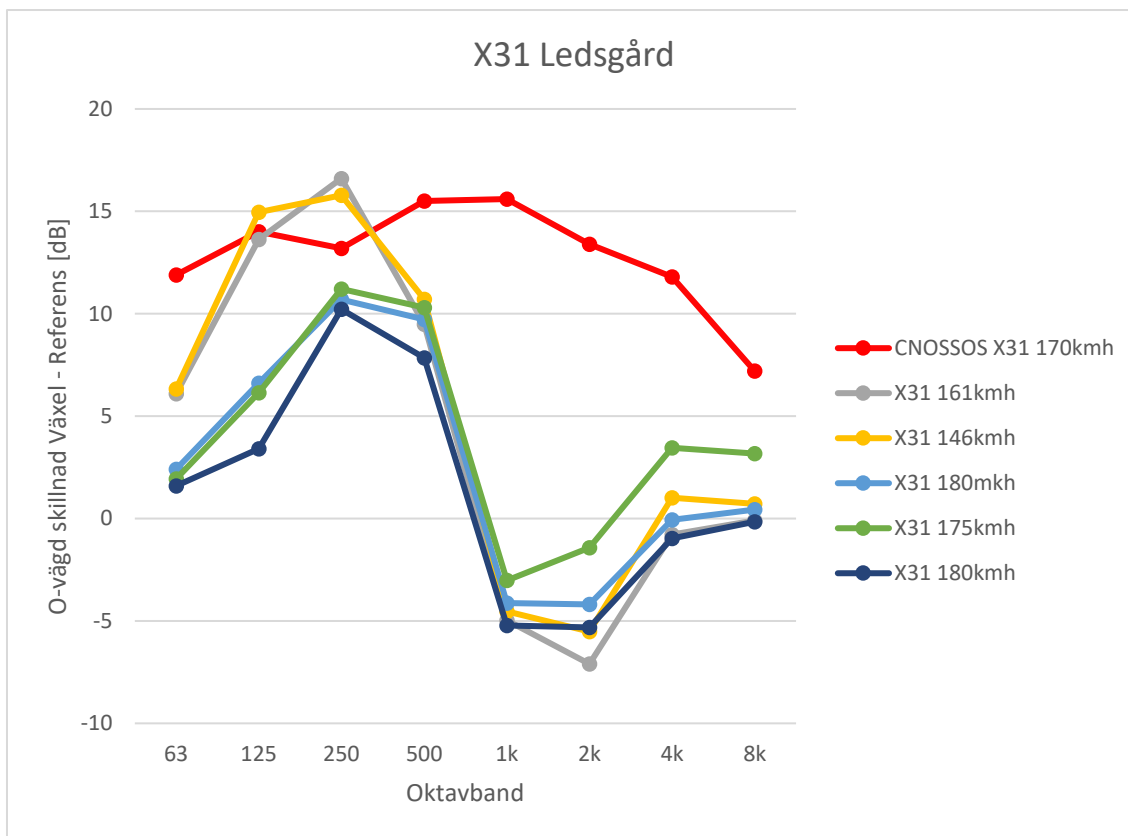
Figur 10. Skillnad i ljudnivå mellan referensspår och X50-tågpassager i Algutsgården samt CNOSSOS-EU:s schablonpåslag (LR,TOT+IMPACT) för X50-tåg, i oktavband.



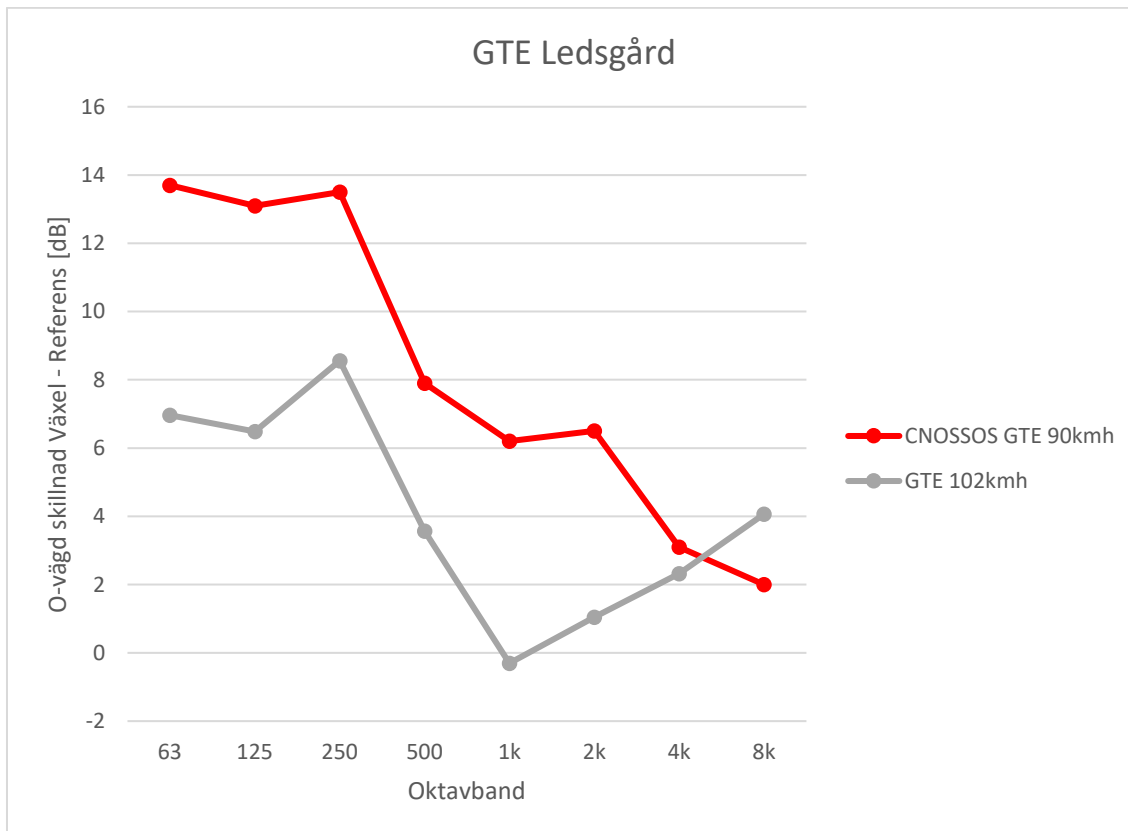
Figur 11. Skillnad i ljudnivå mellan referensspår och godstågpåslag i Algutsgården samt CNOSSOS-EU:s schablonpåslag (LR,TOT+IMPACT) för godståg, i oktavband.



Figur 12. Skillnad i ljudnivå mellan referensspår och X60-tågpassager i Ledsgård samt CNOSSOS-EU:s schablonpåslag (LR,TOT+IMPACT) för X60, i oktavband.



Figur 13. Skillnad i ljudnivå mellan referensspår och X31-tågpassager i Ledsgård samt CNOSSOS-EU:s schablonpåslag (LR,TOT+IMPACT) för X31, i oktavband.



Figur 14. Skillnad i ljudnivå mellan referensspår och godstågpassager i Ledsgård samt CNOSSOS-EU:s schablonpåslag (LR,TOT+IMPACT) för godståg, i oktavband

Mätserie 3C – Kurvor

I direktivtexten för CNOSSOS-EU står följande angående skrik ljud:

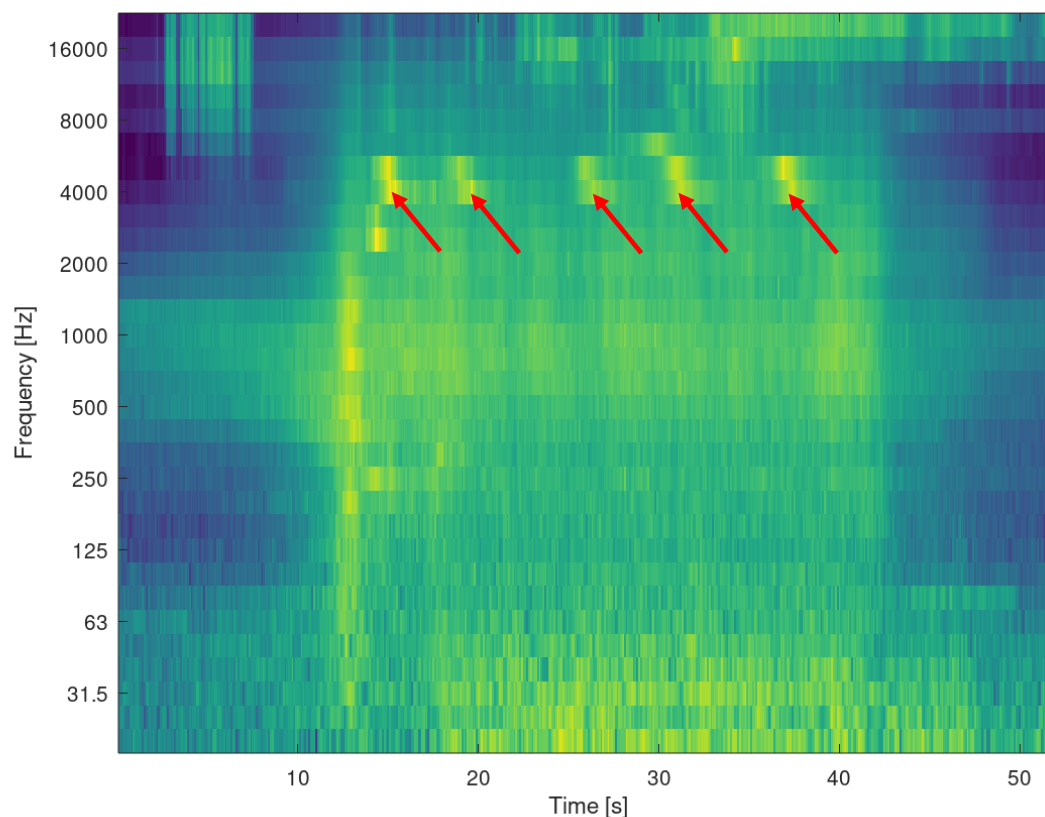
Kurvskrik är en särskild ljudkälla för kurvor. Källan är alltså lokal. Eftersom kurvskrik kan vara kraftiga krävs det en lämplig beskrivning. Kurvskrik beror i allmänhet på krökningen, friktionsförhållanden, tågets hastighet, spår- och hjulgeometri samt dynamik. Emissionsnivån bestäms för kurvor med största radie 500 m och för snävare kurvor och stickspår med mindre radier än 300 m.

Bulleremissionen ska vara specifik för varje typ av rullande material, eftersom vissa hjul- och boggityper är mer benägna att avge kurvskrik än andra.

Lämpligheten för dessa ljudeffektsspektrum bör normalt verifieras på plats, särskilt för spårvagnar.

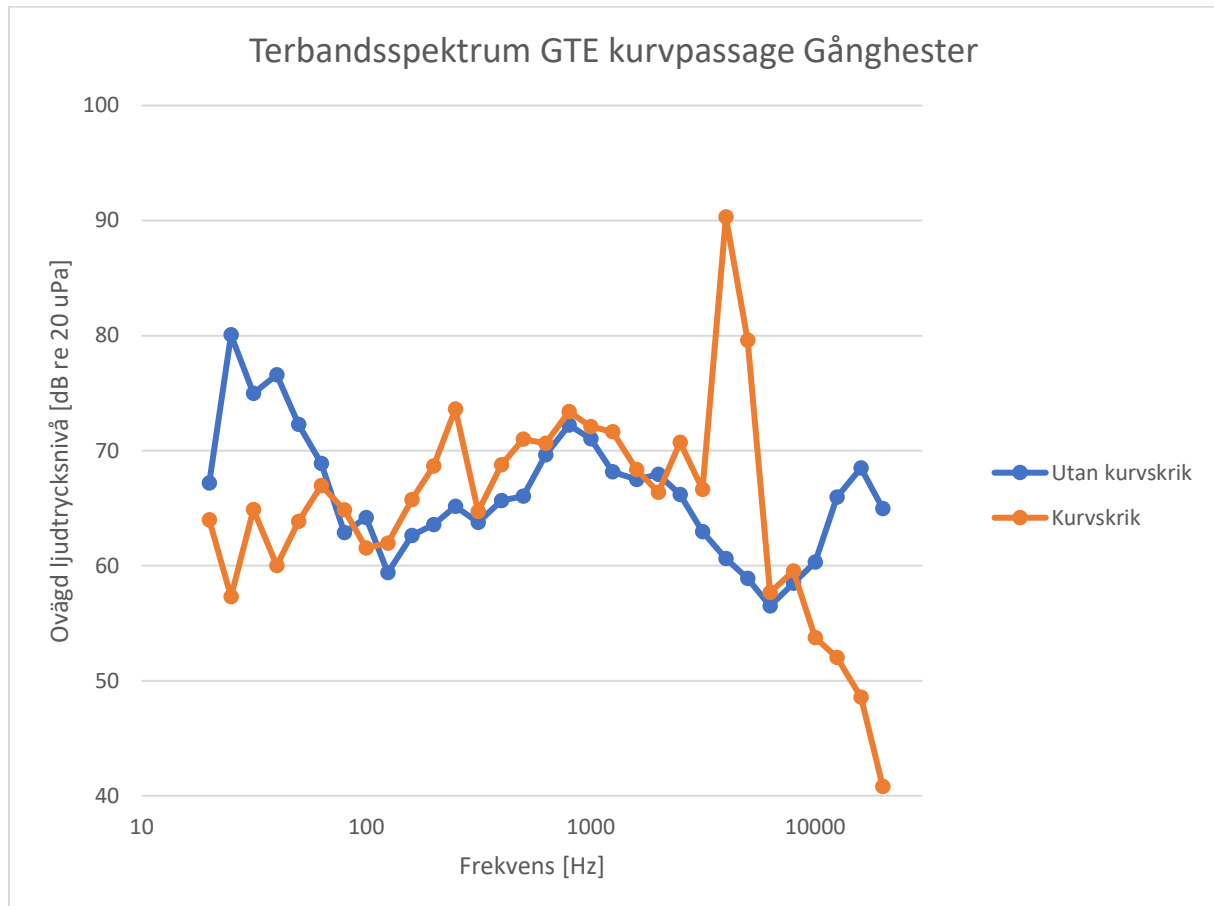
Med en enkel metod ska kurvskriket beaktas genom att, till rullningsbullrets ljudeffektsspektrum (för alla frekvenser), addera 8 dB för $R < 300$ m och 5 dB för $300 \text{ m} < R < 500$ m. Kurvskrikets bidrag ska appliceras på spåravsnitt där minst 50 m spårlängd har en radie inom de ovan angivna intervallen.

Mätningar av passager genom kurvor har gjorts för kurvor med radie mindre än 300m vid två olika platser; Hindås och Gånghester. Mätrapporten för kurvskrikmätningarna noterar för vilka passager det förekommit skrik ljud vid mättillfället, men i de flesta fall uppträder skrik ljuden endast under korta stunder för respektive passage. För att identifiera tillfällena med skrik ljud kan förloppet visualiseras i ett spektrogram baserat på de tersbandsspektrum som mätinstrumentet beräknat tio gånger per sekund, (Figur 15).



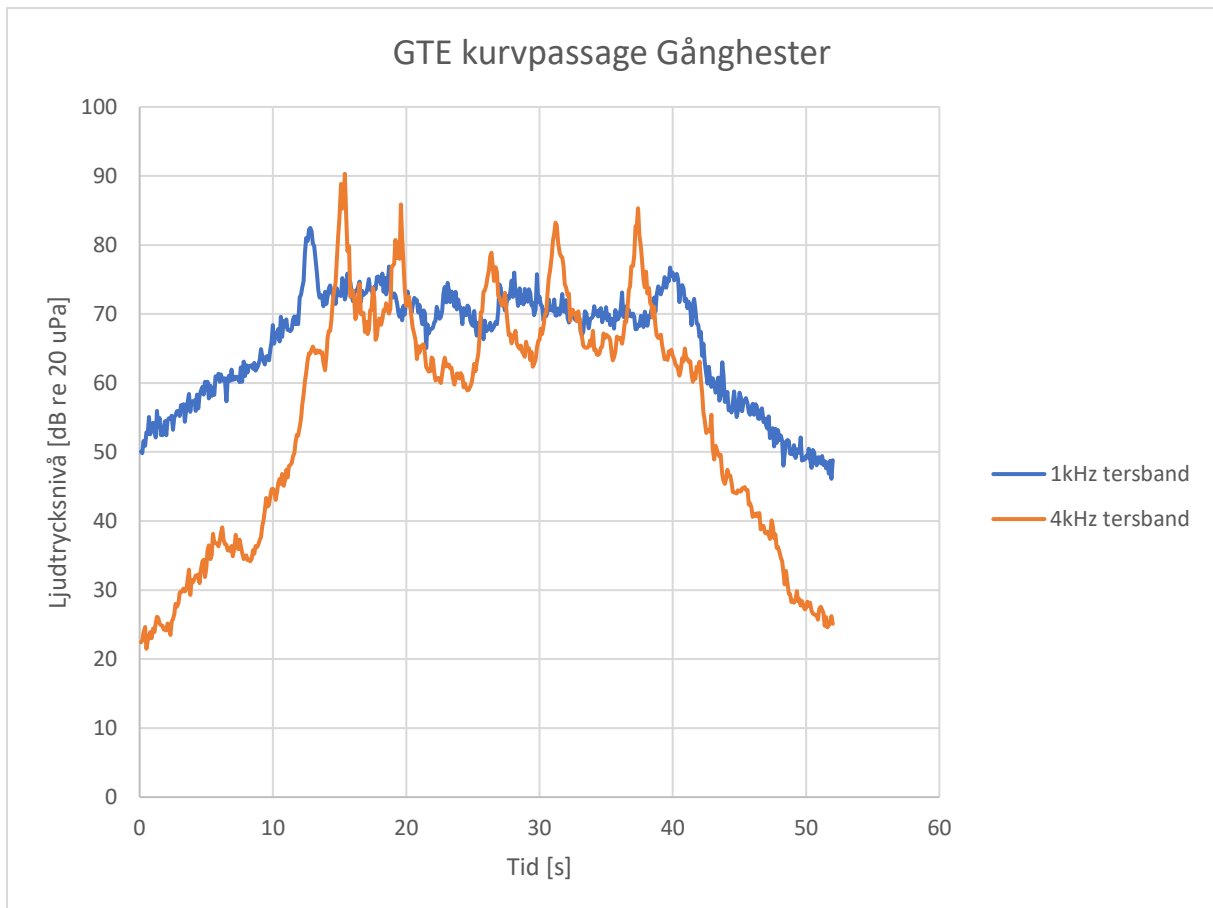
Figur 15. Exempel på spektrogram för kurvpassage, i detta fall för ellokdraget godståg vid mätplats Gånghester. Kurvskriken ses som återkommande ljusa områden vid 4kHz-tersbandet, här markerade med röda pilar.

Genom att studera ett enskilt tersbandsspektrum för en tidpunkt under passagen då det förekommer kurvskrik och jämföra med ett tersbandsspektrum för en tidpunkt då inget kurvskrik förekommer kan effekten av kurvskrik tydliggöras. För samma godstågpassage vars spektrogram visas i Figur 15 har två enskilda spektrum valts ut, dels ett 15.4 s in i mätningen då ett tydligt skrik ljud förekommer, dels 24 s in i mätningen då inget skrik ljud förekommer. Dessa två tersbandsspektrum redovisas i Figur 16.



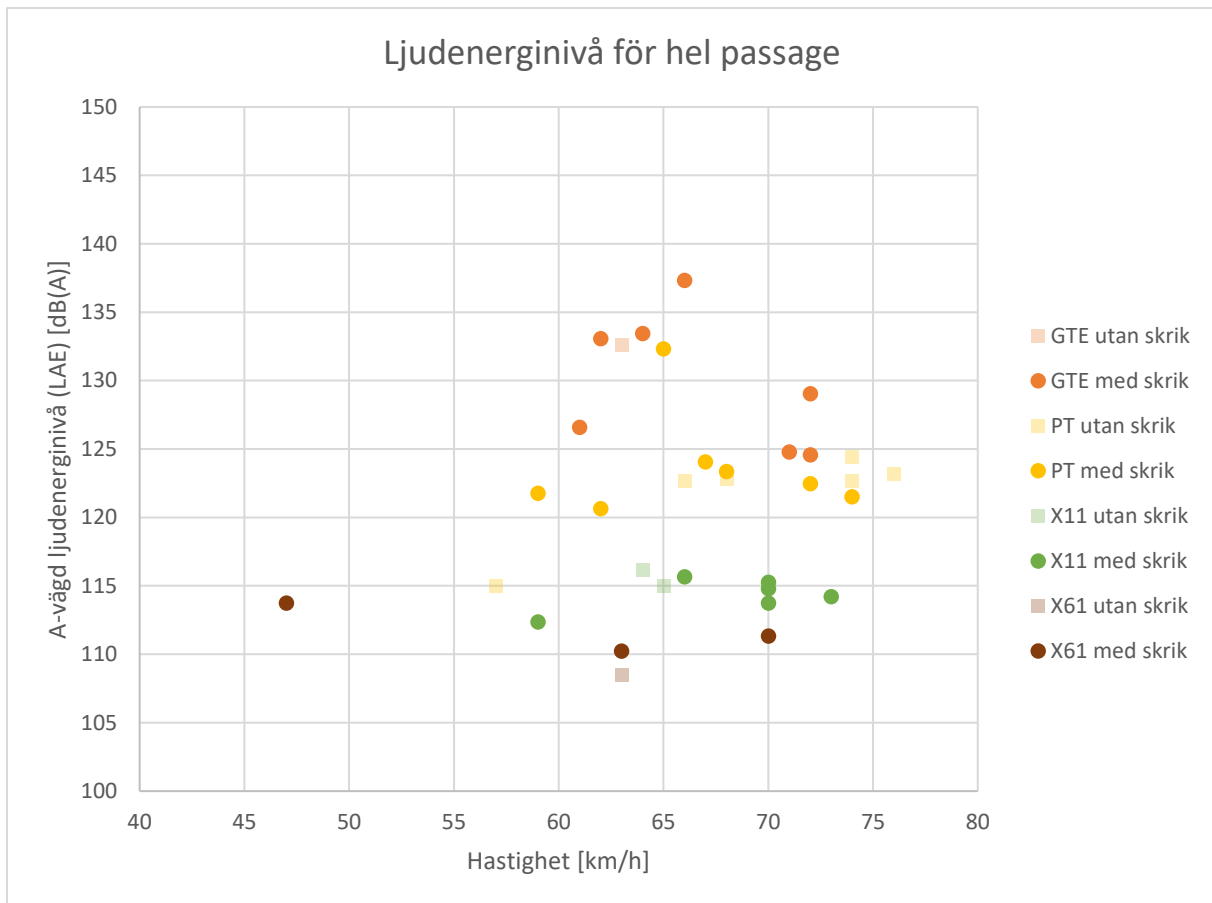
Figur 16. Tersbandsspektrum för tillfällena med och utan kurvskrik för kurvpassage med ellokdraget godståg vid mätplatsen i Gånghester.

I Figur 16 syns kurvskriket som en hög nivå i tersbanden vid 4kHz och vid 5kHz. Skillnaden mellan kurvskrik och avsaknad av kurvskrik är så stor som 30 dB för 4kHz-tersbandet, och 20 dB för tersbandet vid 5kHz. Räknar man ut en a-vägd ljudtrycksnivå för de båda tillfällena blir det i stället 91.7 dB(A) för kurvskrik och 78.8 dB(A) för avsaknad av kurvskrik vilket innebär en skillnad på 12.9 dB(A). Cnossos-EU föreskriver ett schablonpåslag för spårkurvor med en radie på 300 m eller mindre om 8 dB över alla frekvensband, vilket alltså är en underskattning för de tillfällena då kurvskrik uppstår. För att få en tydligare bild av hur stor del av tiden det förekommer kurvskrik presenteras i Figur 17 den momentana ljudtrycksnivån var tiondels sekund i 4kHz-tersbandet jämfört med den momentana ljudtrycksnivån i 1kHz-terbandet var tiondels sekund, eftersom kurvskriket förfaller sakna energi i det frekvensbandet. I Figur 17 ses tydligt fem tillfällen då kurvskrik förekommer under passagen.



Figur 17. Momentan ljudtrycksnivå i 1kHz-tersbandet jämförd med momentan ljudtrycksnivå i 4kHz-tersbandet för kurvpassage med ellokdraget godståg vid mätplatsen i Gånghester.

CNOSSOS-EU föreskriver att schablonpåslaget skall inkluderas för spåravsnitt längre än 50 m med aktuell kurvradie, vilket här tolkas som att det gäller för hela kurvans längd, och alltså för hela tågpassagen för samtliga tåg. Figur 18 visar a-vägda ljudenerginivåer uppdelat på tågtyp och förekomst av kurvskrik för de tågtyper som har fler än två passager registrerade. Som kan ses i grafen syns inte någon systematisk skillnad i ljudenerginivåer mellan passager med kurvskrik och passager utan kurvskrik, vilket indikerar att för passager med endast periodvis förekomst av kurvskrik så överskattar schablonpåslaget i CNOSSOS-EU kraftigt effekten av kurvskrik på ljudenerginivån.



Figur 18. A-vägda ljudenerginivåer för kurvpassager med och utan kurvskrik för ellokdragna godståg (GTE), lokdragna persontåg (PT), X11-motorvagnar och X61-motorvagnar. De transparenta datapunkterna representerar passager utan kurvskrik.

Sammantaget uppvisade 25 av 35 passager (drygt 70%) skrik ljud vilket, om det är i närheten av att vara representativt för all trafik genom kurvor med radie mindre än 300 m, indikerar att det finns ett behov av att ta fram ett bättre underlag för beräkning av tillägg för kurvskrik än den schablon som ingår i CNOSSOS-EU.

Eftersom hörbara skrik ljud förekommer vid många av passagera så riskerar ljudet vara mer störande för de som bor nära kurvor med liten radie än på andra platser utmed järnvägen. Men mätt som dygnsekvivalent nivå så blir ökningen av ljudnivån jämfört med rakt spår liten enligt dessa mätningar. Schablonen från CNOSSOS-EU anger att den ekvivalenta nivån skall ökas med 5 – 8 dB, vilket är en stor överskattning i jämförelse.

Det är viktigt att poängtera att de mätningar som presenteras här endast omfattar en kurvradie (ca 295m) och endast konventionell järnväg, det vill säga inte tunnelbana eller spårväg där kurvskrik kan vara betydligt mer vanligt förekommande.

Analys – exponering av buller från broar, kurvor och växlar.

Analysen av buller från tågpassager över broar och genom kurvor och växlar indikerar att de ingående schablonpåslagen i CNOSSOS-EU genomgående överskattar bidraget från dessa delar av

infrastrukturen, med undantag för stålbroar där schablonpåslaget verkar vara relativt rimligt sett till total a-vägd ljudenerginivå för varje passage. Ett av bullerdirektivets huvudmål är att kartlägga antalet individer som utsätts för höga bullernivåer. I kvalitetsramverket för beräkningsmetoden CNOSSOS-EU finns en allmän regel att sådana parametrar för beskrivning av ljudkällan skall inkluderas som innebär en avvikelse i beräknad ljudnivå större än 2dB(A), allt annat oförändrat. De mätningar som ligger till grund för denna rapport indikerar att för kurvskrik så faller dessa i princip under 2dB-gränsen, och att det schablonpåslag om 8dB för kurvor av motsvarande radie i CNOSSOS-EU kraftigt överskattar energin från kurvskrik, vilket tydligast kan ses i Figur 18. En mer omfattande kartläggning skulle behöva genomföras för att med säkerhet bestämma om vilket påslag, om något, som är rimligt på nationell nivå. Analysen visar att vid de korta tillfällena då kurvskrik förekommer så snarare underskattas än överskattas ljudenergin, så det avgörande blir under hur stor del av passagen som kurvskrik förekommer för samtliga kurvor längs den del av järnvägsnätet som ingår i kartläggningen. Det är också möjligt att avsikten med det kraftiga schablonpåslaget för kurvskrik i CNOSSOS-EU är ämnat att hantera störningseffekter, snarare än regelrätt bullerexponering, på motsvarande sätt som att straffpåslag för buller nattetid i det sammanvägda Lden-måttet ämnar hantera att de flesta negativa hälsoeffekter tillskrivs den sömnstörning bullret innebär, men ingen sådan tolkning har direkt stöd i direktivtexten.

För stålbroar förefaller schablonpåslaget i CNOSSOS-EU innebära att mätningar och beräkningar inklusive schablonpåslaget om 4dB hamnar inom 2dB avvikelse och verkar därmed rimligt att använda i den strategiska kartläggningen i enlighet med direktivet, se Tabell 2. Mätningarna på betongbroar indikerar dock liksom för kurvskrik att ljudenergin kraftigt överskattas. Framför allt visar beräkningarna baserade på olika ytråheter att ytråheten på rälen har större effekt än eventuellt ökad ljudutstrålning från passage över betongbro, vilket tydligast visas i Tabell 4. Det är svårt att dra någon definitiv slutsats om effekten av bropassager utan att ha samtidiga mätningar av ytråhet på rälen.

Analysen av växelpassagerna indikerar att även dessa överskattas av CNOSSOS-EU, vilket visas i Figur 8. En viktig aspekt är att mätning främst skett på ett nära avstånd till spåret, 7.5m i enlighet med ISO 3095, varför också jämförande beräkning genomförts för samma avstånd, men då CNOSSOS-EU beräknas växelbuller som från en ökad ytråhet längs en sträcka av 100m medan mätningarna indikerar att stötljudet från växlar uppträder som en punktkälla just där hjulen passerar hjärtstycket så skulle jämförelsen snarare ha gjorts för större avstånd där hela 100m-sträckan kan approximeras med en punktkälla. Då behöver dock tas hänsyn till utbredningsförhållandena vid mätplatsen för att beräkna en källstyrka, vilket kan införa andra felkällor, så som att CNOSSOS-EU:s utbredningsmodell kanske inte överensstämmer med det verkliga fallet vid mätningen. Då växeln modelleras i CNOSSOS-EU som linjekälla med en längd av 100m innebär det att ljudutbredningen överskattas för ett område upp till ett avstånd av 100 - 200 m från källan, varför ljudnivåerna i dessa områden överskattas av CNOSSOS-EU. Mätningarna visar också stora skillnader mellan de två växeltyper som studerats och för mätningarna i Ledsgård så är den maximala nivån för växelpassage i samma storleksordning som för passage på referenspositionen, vilket visar på behovet av att samtidigt mäta ytråheten på platsen.

Två faktorer som inte ingått i denna analys är dels hur representativa mätningarna är för hela spårnätet som ingår i kartläggningen, dels hur stor andel av alla broar, kurvor och växlar som riskerar att exponera kringboende för ökat buller. Det vore lämpligt att kartlägga risken för exponering genom att identifiera broar, växlar och snäva kurvor i närheten av bostäder. För kurvor behöver dessutom ett statistiskt underlag tas fram som beskriver hur stor andel av tågtrafiken genom snäva kurvor som uppvisar skriklyd.

Sammanfattningsvis kan sägas att om mätningarna är representativa så gäller att

- uteslutning av schablonpåslag ger ett mer korrekt resultat för kurvskrik på det statliga järnvägsnätet, förutsatt att kurskrik bara förekommer under korta intervall och inte genom hela kurvpassagen.
- att inkludera schablonpåslaget för stålbro förefaller ge ett mer korrekt resultat än att utesluta det.
- för betongbro innebär osäkerheten i rälojämnhets vid mätplatsen, samt viss osäkerhet i utbredningsegenskaper över ett längre avstånd, att det är oklart om resultatet skulle bli mer korrekt med eller utan schablon, men då schablonpåslaget endast är 1dB för betongbro är konsekvensen av att inkludera schablonen inte kritisk för beräkning av dygnsekvivalenta nivåer. Att utesluta schablonpåslag för betongbroar minskar tid och kostnader för inventering av dessa och därmed kostnader för myndigheternas kartläggningar.
- för växlar indikerar resultaten att beräkningarna överskattar bidraget från stötljud och blir mer korrekta utan schablon, dock är det stor spridning i uppmätta resultat mestadels beroende på ytråhet på hjulen och det är också oklart hur stort bidrag den verkliga rälojämnheten alldeles omkring växeln ger. Överskattningen av beräknade värden blir dessutom extra stor då växelbuller modelleras som en linjekälla vars utbredningsegenskaper är mer gynnsamma än för en punktkälla. Sammanfattningsvis indikerar mätresultaten att uteslutning av schablonpåslag ger ett mer korrekt resultat för växlar på det statliga järnvägsnätet förutsatt att mätningarna är representativa för andra växlar.
- kortvarigt, impulsartat växelstötljud modelleras som ihållande förhöjt rullbuller vilket innebär att även om den övergripande ljudenerginivån skulle varit densamma så är det oklart om störningen är lika för så skilda ljudkaraktärer.
- samtliga jämförelser mellan mätningar och beräknade nivåer pekar på vikten av att ha tillgång till korrekta värden för rälojämnhets på de sträckor som ingår i kartläggningen.

Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)

Crossos EU / Nord 2000

Mätserie 3A – Pilotstudie buller från tågbroar

Mätningar av bulleremission från tågpassager över fem broar i stål eller betong

2021-01-25



wsp

CNOSSOS EU / NORD 2000 MÄTSERIE 3A – PILOTSTUDIE BULLER FRÅN TÅGBROAR

Mätningar av bulleremission från tågpassager
över fem broar i stål eller betong

KUND

Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)
på uppdrag av Trafikverket (TRV)
Anders Genell
Regnbågsgatan 1
417 55 Göteborg

KONSULT

WSP Environmental Sverige

Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Ullevigatan 19
Tel: +46 10 7225000
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
<http://www.wspgroup.se>

KONTAKTPERSON

Tomas Jerson – Uppdragsledare / Senior konsult
WSP Akustik Göteborg
Tel: 010 722 71 21, Mobil: 0709 72 42 09
Epost: tomas.jerson@wsp.se

PROJEKT
Cnossos EU – Indata tågbuller

UPPDRAGSNAMN
Mätserie 3 – Pilotstudie Tågrobuller

UPPDRAGSNUMMER
10281479

FÖRFATTARE
Tomas Jerson

DATUM
2021-01-25

ÄNDRINGSDATUM
2021-01-30

GRANSKAD AV
Fredrik Stenmark

GODKÄND AV
Tomas Jerson

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	5
2	MÄTNINGAR	5
2.1	MÄTMETOD	5
2.2	MÄTPLATS MARIEHOLM	6
2.3.1	Marieholm gammal och ny stålbro km 3+199 / km 3+410	6
2.3.2	Marieholm betongbro km 3+295	8
2.3	MÄTPLATS ÅSKLOSTER	9
	Åskloster betongbroar, korta bron km 63+142 långa bron km 63+262	10
2.4	MÄTPUNKTER	12
2.1.1	Mätpunkter vid stål- och betongbroar över Götaälv	12
2.2.2	Mätpunkter vid betongbroar över ån Viskan	12
2.5	MÄTINSTRUMENT	12
2.6	VÄDERLEK	13
3	RESULTAT	13
3.1	GAMMAL STÅLBRO VID MARIEHOLM	13
3.2	NY STÅLBRO VID MARIEHOLM	13
3.3	NY BETONGBRO VID MARIEHOLM	13
3.4	LÅNG BETONGBRO VID VISKAN	14
3.5	KORT BETONGBRO VID VISKAN	14
4	KOMMENTARER	14
4.1	ALLMÄNT	14
4.2	FREKVENSPEKTRA GODSTÄGSPASSAGER	15
4.3	FREKVENSPEKTRA MOTORVAGNSPASSAGER	16
4.4	BULLERSKÄRMNING	16
5	BILAGOR	17
5.1	RÅDATA TÄGMÄTNINGAR	17
5.1.1	X11 - Elmotorvagn	17
5.1.2	X31 - Elmotorvagn	18
5.1.3	X50 - Elmotorvagn	18
5.1.4	X55 - Elmotorvagn	19
5.1.5	X61 – Elmotorvagn	19
5.1.6	GTE - Elektriska godståg	20
5.1.7	GTD – Diesलगodståg	21
5.1.8	PT - Ellok	21
5.1.9	PT - Diesellok	22
5.2	MÄTPUNKTER MED KORDINATER	22
5.3	TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR	23
5.3.1	X11 - X14 elmotorvagn	23
5.3.2	X31, X32 elmotorvagn	23
5.3.3	X50 - X54 elmotorvagn	24
5.3.4	X55 elmotorvagn	24

5.3.5	X60 - X62 elmotorvagn	25
5.4	TEKNISKA DATA EL- OCH DIESELDRIVNA LOK	26
5.4.1	Godstågslok Rd2, Rm, Rc1, Rc4	26
5.4.2	Godstågslok T44	26

1 BAKGRUND

Den europeiska beräkningsmodellen Cnossos EU samt Nord 2000 saknar relevanta indata för beräkning av bullerimmission från svenska tåg. WSP Akustik i Göteborg har av Trafikverket genom VTI fått i uppdrag att med mätningar av tågpassager tillhandahålla rådata som efter analys och bearbetning avses användas som indata i beräkningsmodellerna.

Då omfattande mätningar krävs av såväl representativa fordon som av järnvägsanläggningen så har mätningarna indelats i 3 mätserier. Mätserie 1 och 2 har fokuserat på buller från person- och godståg i konstanta hastigheter och till viss del under acceleration och bromsning. Mätserie 3 fokuserar på buller från järnvägsanläggningen i samband med tågpassager över broar, genom växlar och i kurvor.

Mångfalden av mätfall kräver omfattande förberedelser för att kraven med fokus på såväl akustik, tillgänglighet, fordonsförekomst, sth (största tillåten hastighet) m.m. skall vara uppfyllda vid mätplatserna.

I den aktuella rapporten redovisas förutsättningar och rådata från mätserie 3. Mätningarna har enbart fokuserats på buller vid tågpassager över broar, rapporten benämns 3A och skall därför ses som en delrapport i mätserie 3. För mätningarnas utförande ansvarar Tomas Jerson. Under vissa mätningar så har Eva-Lotta Blom även medverkat, samtlig personal är verksam vid WSP Akustik i Göteborg.

2 MÄTNINGAR

2.1 MÄTMETOD

I tillämpliga delar så är mätningarna utförda enligt SS EN-ISO 3095. Ljud från tågpassagera är uppmätta med en realtidsanalysator. Mätningar har påbörjats och avslutats ca 100 m före respektive 100 m efter varje passage. Mätningarna har skett tidseriellt, i tersband med ΔT 0,1s och för totalnivåer med ΔT 0,01s.

Under passagera så har ljudnivåer registrerats i tersbanden 20 – 20000 Hz. Varje passage har även registrerats med avseende på SEL och maximala ljudnivåer (tidsvägning F). Tågpassagera är även registrerade som icke komprimerade ljudfiler (Wave).

Tågtyp, antal vagnar, färdriktning och hastighet har noterats. Förekomst av onormala ljud som t.ex. repetitiva impulser eller svirrande/tonala ljud före och under passagera har noterats. Tågens passagehastighet har uppmätts med laserpistol (laser dopplerradar) och i vissa fall med tidur.

Övriga data/mätningar som kan behövas för att ta fram indata till modellerna, såsom ojämnheter (räfflor och vågor) på räl och hjul samt räldämpning, ingår inte i denna rapport.

2.2 MÄTPLATS MARIEHOLM

Tågtrafiken på de båda stålbroarna över Götaälv går bl.a. från Göteborgs central med persontrafik och godstrafik från Sävenäs bangård. Efter bropassagerna går tågen vidare mot Hisingen och *Hamnbanan* respektive *Bohusbanan*. På båda sidor om stålbroarna finns det anslutande broar i betong.

Den dagliga trafiken på *Hamnbanan* består av ett stort antal godståg till och från Göteborgs hamn. Godstågen framförs såväl med ellok som med diesellok av olika typ.

Trafiken på *Bohusbanan* består till största delen av persontrafik som dagligen sker med elmotorvagnar littera X11, X52/53 samt X61. Banan trafikeras även med ett mindre antal godståg, dessa transporterar till stor del råvaror till de petrokemiska industrierna i Stenungsund. Godstågen framförs vanligen med tunga diesellok littera T44 men även ellok littera Rd2 eller liknande typer förekommer.

2.3.1 Marieholm gammal och ny stålbro km 3+199 / km 3+410

Järnvägsbroarna över Götaälv vid Marieholm är fackverksbroar i stål. De är vridbara för att medge passager av segelbåtar och höga fartyg. Respektive brospann har en längd på 70 m och saknar bullerskärmar. Broarna saknar absorberande ballast och UIC60 rälen är på den gamla bron monterad med Pandrol E-klipp och på den nya bron med Pandrol P-VF1. Skillnaden i rälbefästning kan sannolikt påverka strukturljudet från broarna.

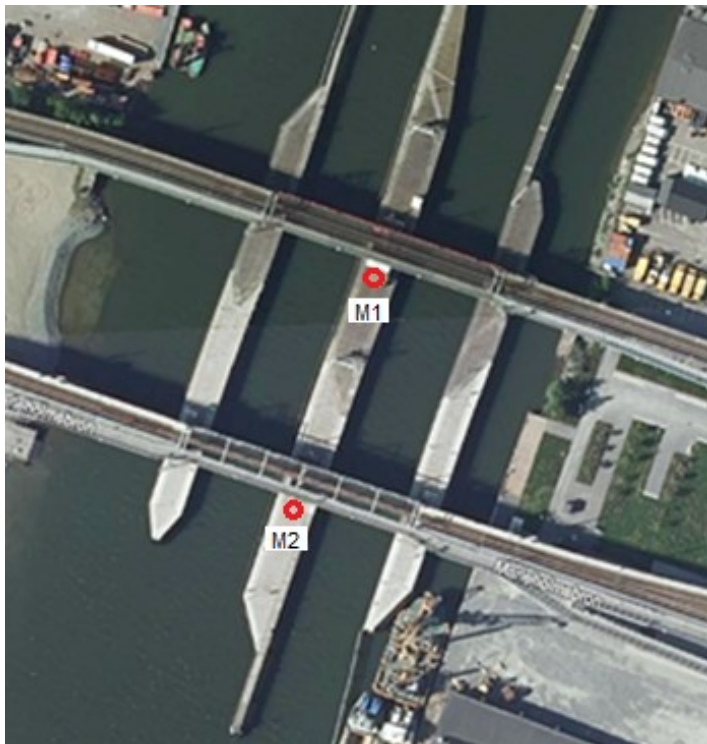


Foto 1: Enkelspår på stålbroarna över Götaälv vid Marieholm. Mätpunkterna M1 (gammal bro) och M2 (ny bro) är markerade med röda cirklar.



Foto 2: X61 motorvagn passerar över den gamla Marieholmbron



Foto 3: Vy från spåret mot den gamla Marieholmsbron och Hisingen



Foto 4: Vy från spåret mot den nya Marieholmsbron och Gamlestaden

Uppgifter om sth för stålbroarna har inte gått att få fram. Uppmätta hastigheter under godstågpassager har legat kring 40 km/h. Under motorvagnspassager så har hastigheten typiskt legat i spannet 50 – 80 km/h. Båda mätpunkterna var belägna på gång- och cykelbanor söder om respektive bro.

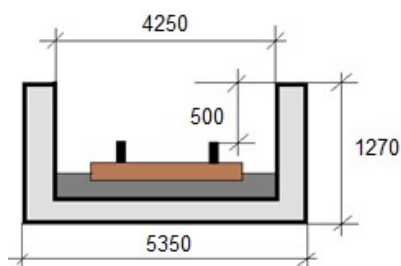
2.3.2 Marieholm betongbro km 3+295

Som mätplats för passerande motorvagnar och godståg i konstant hastighet valdes en betongbro på centrumsidan som ansluter till den nya stålbron vid Marieholm. Spåret har helsvetsad UIC60 räl monterad med Pandrol-befästning på betongslipers. Uppgifter om sth för bron har inte gått att få fram. Hastigheten under godstågpassager har uppmätts till ca 40 km/h och hastigheten vid motorvagnspassager har typiskt legat i spannet 50 – 80 km/h. Mätpunkten på intilliggande gång- och cykelbanan var belägen söder om spåret.



Foto 5: Enkelspår på betongbro vid Marieholm öster om den nya stålbron över Götaälv. Mätpunkten M1 markerad med röd cirkel

Betongbroarna vid Marieholm har i tvärsnitt formen av en u-balk. Slipers med räl vilar på en bädd av makadam. Brons höga sidor har en bullerskärmande effekt dels då rälen skärmas men även till stor del tågens hjul.



Figur 1: Tvärsnitt av betongbro med enkelspår vid Marieholm
Uppskattad effektiv skärhöjd 0,5 m rök



Foto 6: Godståg från Hisingen draget av ett Rd2 lok passerar över den nya stålbron vid Marieholm för vidare färd på anslutande betongbroar i centrala delar av Göteborg



Foto 7: Rc-lok med containers passerar en betongbro vid Marieholm för vidare färd på den gamla stålbron över Götaälv mot Hisingen

2.3 MÄTPLATS ÅSKLOSTER

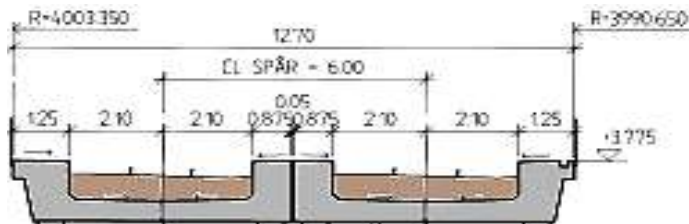
Vid mätplatsen Åskloster så har *Västkustbanans* dubbelspår helsvetsad UIC60 räl monterad med Pandrolbefästning på betongslipers. De vanligaste förekommande persontågen på banan är littera X2, X31, samt X61. Godstågstrafik sker företrädesvis med trafikoperatören Green Cargo som vanligtvis använder ellok littera Rd2 eller liknande samt diesellok T44. Övriga förekommande trafikoperatörer kan använda andra loktyper i godstågen.

Åskloster betongbroar, korta bron km 63+142 långa bron km 63+262
 Vid Åskloster strax före Viskans utlopp i havet har det bildats ett delta där ån förgrenats i två flöden. Dubbelspåret över vattendragen leds därför över två järnvägsbroar i betong. Den korta bron har en längd på 45 m och den långa bronns längd är 65 m. Sth för persontåg över broarna är 190/200 km/h.



Foto 8: Järnvägsbroarna vid Åskloster där Väst kustbanans dubbelspår passerar över ån Viskans båda förgreningar. Mät punkt M1 och M2 är markerade med röda cirklar.

De två betongbroarna med dubbelspår har ett tvärsnitt med form av en dubbel u-balk. Slipers med räl vilar på bäddar av makadam. Sidorna på brospannen kan ha en viss bullerskärmande effekt då de skärmar rälen men också till mindre del tågens hjul.



*Figur 2: Tvärsnitt av betongbroar med dubbelspår vid Åskloster
 Uppskattad effektiv skärnhöjd 0,15 m rök*



Foto 9: Vy från spåren mot den korta betongbron över ån Viskan



Foto 10: X31 motorvagn (Öresundståget) passerar den korta betongbron över ån Viskan



Foto 11: T44 diesellok med godsvagnar från Värö pappersbruk passerar den långa betongbron över ån Viskan

2.4 MÄTPUNKTER

2.1.1 Mätpunkter vid stål- och betongbroar över Götaälv

Avståndet till spårens mittpunkt var 7,5 m vid mätningarna av den gamla respektive nya stålvidbron över Götaälv. Mikrofonen har vid båda stålbroarna varit monterad 1,2 m över angränsande gång- och cykelbanor. Vid betongbron så var en mikrofon även monterad på 4,0 m höjd. Samtliga mikrofoner var försedda med vindsydd.

2.2.2 Mätpunkter vid betongbroar över ån Viskan

Dubbelspåret på Västkustbanan vid Åskloster passerar över ån Viskans delta via en kort respektive lång betongbro.

Mätningarna utfördes från två angränsande f.d. järnvägsbroar. Avståndet till närmaste spårs (nedspår) mittpunkt vid den korta betongbron var 30 m. På motsvarande sätt så var mätavståndet vid den långa betongbron 44 m. Mikrofonerna var monterade på 1,2 m och 4,0 m över gång- och cykelbanan på respektive närliggande stålbroar och försedda med vindsydd.

Bakgrundsnivån vid samtliga bromätningar har typiskt legat >10 dBA under ljudnivåerna vid tågpassagerna. I avsnitt 5.3 – 5.4 redovisas tekniska data på de fordon som förekommit vid mätplatserna. Markprofilen mellan spår och mätpunkter samt orientering vid respektive bandel har dokumenterats i samtliga fall, dessa uppgifter redovisas i avsnitt 5.2, tabell 16.

2.5 MÄTINSTRUMENT

Följande instrument användes vid mätningarna.

Tabell 1: Mätinstrument

Instrument	Typ	Serienummer
4-kanalig realtids-analysator	Sinus Soundbook Quadro E	#06149 6AKCB65681
Mikrofon 1	G.R.A.S. 40AE	86744
Mikrofon 2	G.R.A.S. 40AE	86745
Mikrofonförstärkare 1	G.R.A.S. 26CA	83991
Mikrofonförstärkare 2	G.R.A.S. 26CA	83992
Akustisk kalibrator	LD CAL200	3141
Radarpistol	Decatur Scout	SHD-04116
Vindmätare	Silva ADC Wind	--
Avståndsmätare	Bushnell Tour V2	250950

Ljudanalysatorn och tillhörande utrustning uppfyller kraven för mätinstrument klass I enligt SS EN 61 672. Tillämpliga delar av mätutrustningen som användes vid mätningarna är kalibrerad i enlighet med WSP:s kvalitets-system. WSP Akustik har ett dokumenterat system för kalibrering och

felrapportering. Kontroll av kalibreringsnivåer i fält, före och efter mätningarna har utförts utan anmärkning.

2.6 VÄDERLEK

Medelvindhastigheten har under samtliga mätningar varit <5 m/s. Då avståndet till spåren vid mätningarna varit kort så har inte rådande vindriktning beaktats. Mätningar har inte utförts om regn eller snöfall förekommit. Lufttemperaturen har vid samtliga mätningar varit >0°C och ballasten har inte varit tjälad.

3 RESULTAT

Förberedelser och mätningar av buller från tågtrafik har skett under 8 dagar i fält vid fem broar på platserna Marieholm och Tvååker. I tabellerna 2 – 6 redovisas förekommande tågtyper som passerat över respektive bro.

I avsnitt 5.1, tabellerna 7 – 15 så redovisas rådata avseende ljud från passager med förekommande tågtyper över broarna.

3.1 GAMMAL STÅLBRO VID MARIEHOLM

Tabell 2: Mätningar av buller från tågpassager över gamla Marieholmsbron

Tågtyp	X11	X50	X61	PT ⁴⁾	GTD ²⁾	GTE ³⁾
Antal ¹⁾	3	1	1	2	2	5

- 1) Passage i jämn hastighet
- 2) Dieselgodståg
- 3) Elgodståg
- 4) Ellok

3.2 NY STÅLBRO VID MARIEHOLM

Tabell 3: Mätningar av buller från tågpassager över nya Marieholmsbron

Tågtyp	X11	X50	X61	PT ⁴⁾	GTD ²⁾	GTE ³⁾
Antal ¹⁾	5	2	1	1	3	6

- 1) Passage i jämn hastighet
- 2) Dieselgodståg
- 3) Elgodståg
- 4) Ellok

3.3 NY BETONGBRO VID MARIEHOLM

Tabell 4: Mätningar av buller från tågpassager över nya Marieholmsbron

Tågtyp	X11	X50	X61	PT ⁴⁾	PT ⁵⁾	GTD ²⁾	GTE ³⁾
Antal ¹⁾	3	2	1	1	2	2	5

- 1) Passage i jämn hastighet
- 2) Dieselgodståg
- 3) Elgodståg
- 4) Ellok
- 5) Diesellok

3.4 LÅNG BETONGBRO VID VISKAN

Tabell 5: Mätningar av buller från tågpassager över långa Viskanbron

Tågtyp	X31	X55	X61	GTD ²⁾	GTE ³⁾
Antal ¹⁾	8	2	2	3	2

1) Passage i jämn hastighet

2) Dieselgodståg

3) Elgodståg

3.5 KORT BETONGBRO VID VISKAN

Tabell 6: Mätningar av buller från tågpassager över korta Viskanbron

Tågtyp	X31	X55	X61	PT ⁴⁾	GTD ²⁾	GTE ³⁾
Antal ¹⁾	7	2	2	1	2	1

1) Passage i jämn hastighet

2) Dieselgodståg

3) Elgodståg

4) Ellok

4 KOMMENTARER

4.1 ALLMÄNT

Det är sedan länge känt att tågpassager på stålbroar förorsakar mer buller än motsvarande passager på betongbroar. Till stor del beror detta på att materialet betong har större inre förluster än stål. Vibrationerna från hjul/rälkontakten dämpas därför mer i en betongbros struktur än i en stålbro med påföljande skillnad i ljudutstrålning. Det kan även finnas andra skillnader i broars konstruktion som påverkar utstrålat bullret. Detta kan t.ex. vara olika typer av rälbefästning, avsaknad av ballast (makadam) samt skärmar utmed broarnas sidor.

Vibrationsmätningar i rälen under tågpassager har tyvärr inte kunnat utföras vid någon av bromätningarna. Orsaken till detta är säkerhetsaspekter beroende på tillgänglighet och möjlighet till utrymning vid broarna. Stål- och betongbroarna vid Marieholm är avskärmade med galler eller nät. Fyra av broarna är dessutom belägna över strömmande vatten. Den femte bron som är en betongbro vid Marieholm är belägen ca 10 m över marken.

För att få tillträde till broarna skulle det sannolikt krävas extern bevakning vilket vanligtvis skall bokas 6-8 veckor i förväg. Den långa förbokningstiden är problematisk då mätningarna är väderberoende. Väderprognoser med avseende på nederbörd och vindstyrka är svåra att ställa så långt i förväg. Sannolikt skulle det även krävas temporär avstängning av tågtrafiken för att kunna applicera vibrationsgivare under rälen. I nuläget så har inte heller några CAT-mätningar utförts på spåren vid de aktuella broarna.

4.2 FREKVENSSPEKTRA GODSTÅGSPASSAGER

I diagram 1 görs en jämförelse av frekvensspektra från godstågspassager över den gamla respektive nya stålbron vid Marieholm. Den lägre ljudnivån från godstågspassagera över den nya stålbron beror sannolikt på rälbefeästningen som har en särskilt vibrationsisolerande konstruktion.

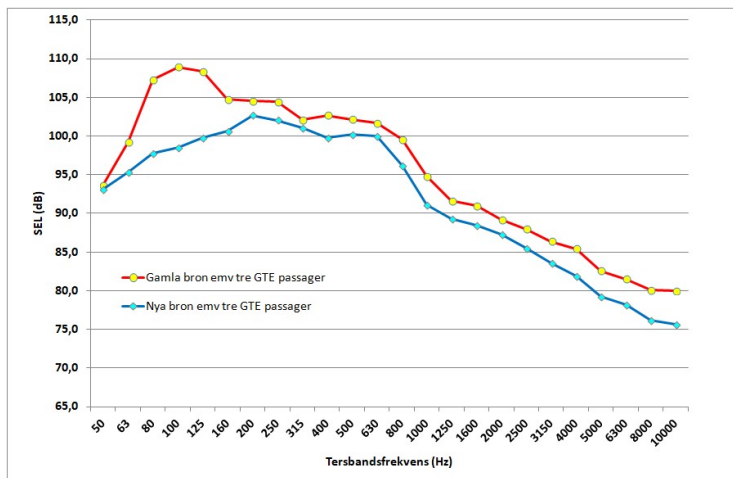


Diagram 1: Energimedelvärde av frekvensspektra från tre godstågspassager över gamla respektive nya stålbron vid Marieholm uppmätt på 7,5 m avstånd från spårmit

I diagram 2 så görs en jämförelse av frekvensspektra från godstågspassager över den nya stålbron jämfört med den angränsande betongbron. Det är flera faktorer som kan förklara den lägre ljudnivån från godstågspassagera på betongbron jämfört med stålbron. Orsakerna är större förluster i materialet, absorberande ballast och skärmande betongkanter.

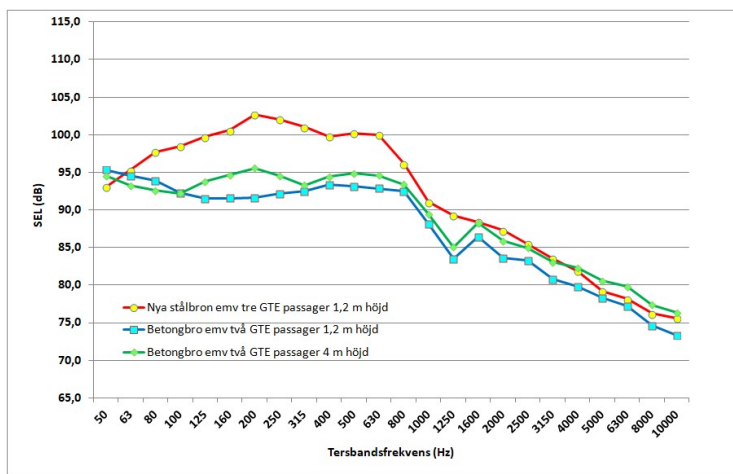


Diagram 2: Energimedelvärde av frekvensspektra från tre godstågspassager nya stålbron samt två godstågspassager över betongbro vid Marieholm. Samtliga mätningar är utförda på 7,5 m avstånd från spårmit och på två olika höjder p.g.a. skärmande kant på betongbron

4.3 FREKVENSSPEKTRA MOTORVAGNSPASSAGER

I diagram 3 görs en jämförelse av frekvensspektra från X31 passager över den korta Viskanbron samt på plan mark vid Trönningenäs. Ljudet från tågpassagera från betongbroarna förutsätts utbreda sig opåverkat över Viskans vattenspiegel. I respektive fall får man ta hänsyn till de längre mätavstånden och dess inverkan på ljudreduktionen för att kunna normalisera förekommande tågpassagers ljudnivå till 7,5 m mätavstånd.

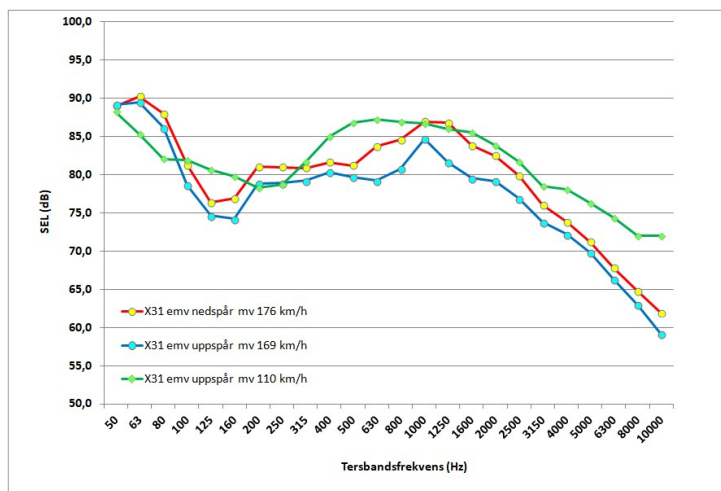


Diagram 3: Energimedelvärde av frekvensspektra på uppspår från X31 passager på långa betongbron över Viskan samt på spåret vid Trönningenäs. Mätavstånd och hastighet för samtliga tågpassager är normaliserade till 7,5 m och 115 km/h

4.4 BULLERSKÄRMNING OCH DÄMPNING

Betongbroarnas u-formade tvärsnitt vid Marieholm och Åskloster har sannolikt en viss bullerreducerande effekt då rälen är skärmd och hjulen helt eller delvis skärmas. Primärt uppstår bullret från tågpassagera vid kontakten mellan hjul och räl. Detta innebär att ljudutbredningen från en skärmd räl och till viss mån även hjul påverkas av betongkanternas höjd på bron. Genom broarnas dubbla u-profil vid Åskloster så föreligger sannolikt även en viss "dubbelskärmning" vid mätplatserna för de tågpassager som sker på uppspåret mot Göteborg.

Hur stor ljudutstrålningen från de olika broarna blir beror bl.a. följande faktorer. Skillnad i dämpning i broarnas material, olika rälbefästning, ballast absorption/massa, skärmning av tåg hjulen och reflektion från vagnssidorna. Bullret påverkas sannolikt även av skillnader i tågens konstruktion, vikt, hjulstatus samt spårslitage. Korrektionsvärden för aktuella brotyper får därför mer detaljerade analyser utvisa.

5 BILAGOR

5.1 RÅDATA TÅGMÄTNINGAR

Följande enstaviga versala beteckningar vid respektive mätplats gäller för samtliga tabeller

G: gammal stålbro Marieholm

N: ny stålbro Marieholm

B: betongbro Marieholm

K: kort betongbro Åskloster

L: lång betongbro Åskloster

Förekommande ljudnivåer från varje enskild passage redovisas i samtliga tabeller med följande beteckningar.

SEL: Sound Exposure Level (ekvivalenta ljudtrycksnivå under passagen normaliserad till 1 sekund).

F Max: Maximala ljudtrycksnivå under passagen är utförd med tidvägning Fast 0,125 sekunder.

dBA: Redovisade ljudnivåer är frekvensvägda med A-filter

5.1.1 X11 - Elmotorvagn

Tabell 7: Rådata från mätningar av X11-passager över broar vid Marieholm

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201005	7	G Marieholm	54	98,3	92,1
20201005	25	G Marieholm	65	98,4	95,5
20201005	26	G Marieholm	64	100,6	95,8
20201005	29	G Marieholm	63	101,3	96,5
20201030	4	G Marieholm	48	78,1	69,7
20201030	6	G Marieholm	51	80,8	73,7
20201030	7	N Marieholm	56	98,5	93,3
20201030	14	N Marieholm	74	101,2	97,2
20201127	10	B Marieholm	49	77,0	66,0
20201127	15	B Marieholm	65	86,8	80,4
20201127	18	B Marieholm	80	88,2	83,0

5.1.2 X31 - Elmotorvagn

Tabell 8: Rådata från mätningar av X31-passager över broar vid Åskloster

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201202	6	L Åskloster	179	80,6	77,4
20201202	8	L Åskloster	174	83,5	78,4
20201202	9	L Åskloster	171	85,1	81,9
20201202	10	L Åskloster	147	81,5	75,1
20201202	12	L Åskloster	176	87,2	83,4
20201202	13	L Åskloster	171	82,8	77,0
20201202	17	L Åskloster	165	86,7	81,8
20201202	20	L Åskloster	159	84,6	74,6
20201209	3	K Åskloster	171	84,6	82,7
20201209	6	K Åskloster	177	81,9	77,7
20201209	9	K Åskloster	178	85,9	83,4
20201209	10	K Åskloster	177	84,7	80,0
20201209	11	K Åskloster	163	88,6	83,9
20201209	12	K Åskloster	153	83,4	78,5
20201209	15	K Åskloster	178	90,2	86,7

5.1.3 X50 - Elmotorvagn

Tabell 9: Rådata från mätningar av X50-passager över broar vid Marieholm

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201005	6	G Marieholm	63	94,7	93,5
20201005	30	N Marieholm	60	86,1	81,8
20201030	3	N Marieholm	49	95,1	92,4
20201030	10	G Marieholm	47	80,7	77,6
20201127	6	B Marieholm	77	84,6	80,4
20201127	11	B Marieholm	72	81,4	75,6

5.1.4 X55 - Elmotorvagn

Tabell 10: Rådata från mätningar av X55-passager över broar vid Åskloster

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201202	11	L Åskloster	174	85,8	82,8
20201202	16	L Åskloster	151	80,9	75,4
20201209	05	K Åskloster	189	83,9	80,8
20201209	16	K Åskloster	197	84,4	81,6

5.1.5 X61 – Elmotorvagn

Tabell 11: Rådata från mätningar av X61-passager över broar vid Marieholm och Åskloster

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201005	23	G Marieholm	58	93,6	89,0
20201005	35	G Marieholm	47	92,1	87,0
20201030	13	G Marieholm	58	77,1	70,2
20201127	14	B Marieholm	44	79,1	70,3
20201202	14	L Åskloster	150	82,2	79,0
20201202	18	L Åskloster	161	80,2	74,8
20201209	13	K Åskloster	159	85,1	82,3
20201209	17	K Åskloster	159	80,4	76,6

5.1.6 GTE - Elektriska godståg

Tabell 12: Rådata från mätningar av GTE-passager över broar vid Marieholm och Åskloster

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201005	10	N Marieholm	36	93,7	78,9
20201005	12	N Marieholm	35	89,9	79,4
20201005	18	G Marieholm	37	107,7	92,9
20201005	20	G Marieholm	37	105,9	92,6
20201005	24	N Marieholm	33	92,2	77,5
20201005	28	N Marieholm	41	94,2	80,3
20201005	31	G Marieholm	41	107,6	94,8
20201005	33	N Marieholm	33	90,8	79,5
20201005	36	G Marieholm	31	107,8	96,1
20201005	39	N Marieholm	35	94,1	78,3
20201030	5	N Marieholm	36	106,2	93,0
20201030	8	N Marieholm	37	105,3	93,3
20201030	9	N Marieholm	36	104,1	95,1
20201030	16	G Marieholm	27	87,2	74,2
20201030	17	N Marieholm	33	100,2	93,0
20201030	19	N Marieholm	36	108,0	92,4
20201127	8	B Marieholm	42	99,3	87,2
20201127	9	B Marieholm	41	98,2	84,4
20201127	12	B Marieholm	44	97,7	85,4
20201127	19	B Marieholm	39	86,5	70,9
20201127	21	B Marieholm	37	100,4	98,5
20201202	7	L Åskloster	93	93,2	84,3
20201202	22	L Åskloster	96	96,5	88,7
20201209	7	K Åskloster	98	93,7	87,1

5.1.7 GTD – Dieselgodståg

Tabell 13: Rådata från mätningar av GTD-passager över broar vid Marieholm och Åskloster

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201005	9	G Marieholm	34	103,1	92,7
20201005	17	G Marieholm	33	101,5	91,5
20201005	37	N Marieholm	34	90,8	78,4
20201005	38	G Marieholm	28	103,4	95,6
20201005	41	G Marieholm	21	105,8	97,8
20201030	11	N Marieholm	26	101,2	90,2
20201030	15	G Marieholm	39	85,6	70,9
20201030	18	G Marieholm	44	89,5	75,2
20201127	16	B Marieholm	49	86,0	71,4
20201127	17	B Marieholm	27	102,9	102,5
20201202	5	L Åskloster	49	88,9	80,9
20201202	19	L Åskloster	63	86,2	79,4
20201202	21	L Åskloster	50	87,3	78,6
20201209	4	K Åskloster	70	88,7	75,9
20201209	8	K Åskloster	45	91,5	87,7

5.1.8 PT - Ellok

Tabell 14: Rådata från mätningar av ellokpässager över broar vid Marieholm och Åskloster

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201005	15	N Marieholm	38	79,1	71,8
20201005	16	N Marieholm	36	78,8	73,8
20201005	32	G Marieholm	30	98,3	93,4
20201030	12	G Marieholm	47	76,4	69,1
20201127	7	B Marieholm	41	83,2	80,9
20201209	14	K Åskloster	62	77,5	69,0

5.1.9 PT - Diesellok

Tabell 15: Rådata från mätningar av diesellokpassager över broar vid Marieholm

Datum	ID	Brotyp/Mätplats	Hastighet	SEL	F MAX
			km/h	dBA	dBA
20201005	34	N Marieholm	40	80,9	76,6
20201127	13	B Marieholm	31	81,7	75,7
20201127	20	B Marieholm	37	78,3	64,2

5.2 MÄTPUNKTER MED KORDINATER

Tabell 16: Mätpunktskoordinater samt orientering utmed respektive bandel

Plats	Mät punkt	Mikrofon höjd ⁶⁾	Sweref99TM E	Sweref99TM N	Bandel	Spår ⁷⁾	km + m
Marieholm G ¹⁾	M1	1,2	321026	6402503	601	E	3 km + 199 m
Marieholm N ²⁾	M1	1,2	321000	6402435	601	E	3 km + 410 m
Marieholm B ³⁾	M1	1,2	321110	6402392	601	E	3 km + 295 m
Åskloster K ⁴⁾	M1	1,2	331720	6346204	627	D	63 km + 142 m
Åskloster K ⁴⁾	M1	4,0	331720	6346204	627	D	63 km + 142 m
Åskloster L ⁵⁾	M2	1,2	331784	6346116	627	D	63 km + 262 m
Åskloster L ⁵⁾	M2	4,0	331784	6346116	627	D	63 km + 262 m

1) Gammal stålbro, sth 80 km/h

2) Ny stålbro, sth 40 km/h

3) Betongbro, sth xx km/h

4) Kort betongbro, sth 190/200 km/h

5) Lång betongbro, sth 190/200 km/h

6) Mikrofonhöjd (m) över gång och cykelbana på angränsande gamla stålbroar

7) E = enkelspår, D = dubbelspår

5.3 TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR

5.3.1 X11 - X14 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 vagnar,
framförs även multipel

Axelföljd:
3 vagnar Bo'Bo'+ 2'2'

Längd: 2 vagnar 49,9 m

Tjänstevikt: 103 ton

Effekt: 1280 kW

X11 Sth: 140 km/h

X12/14 Sth: 160 km/h

Tillverkare: ASEA

Byggår: 1982 - 1995

Antal: 85 st.

Tillhör: Väst-, Skåne-, Blekinge-
trafiken, Jönköping-, Kalmar-,
Kronobergs Länstrafik, Norrtåg,
Västmanlands lokaltrafik, Tåg i
Bergslagen, Transito



5.3.2 X31, X32 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 3 vagnar,
framförs även multipel

Axelföljd:
3 vagnar Bo'Bo'+ 2'2' + Bo'Bo'

Längd: 3 vagnar 78,9 m

Tjänstevikt: 156 ton

Effekt: 2300 kW

Sth: 180 km/h

Tillverkare: Adtranz/ Bombardier

Byggår: 1999 - 2012

Antal: 111 st.

Tillhör: DSB, Skåne-, Blekinge-
och Hallandstrafiken



5.3.3 X50 - X54 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 eller 3 vagnar, även multipel
Axelföljd: 2 vagnar Bo`Bo`+ Bo2`
3 vagnar Bo`Bo`+ 2`2`+ Bo`Bo`
Längd: 2 vagnar 53,9 m
3 vagnar 80,5 m
Tjänstevikt: 2 vagnar 142 ton
3 vagnar 203 ton
Effekt: 2 vagnar 1590 kW
3 vagnar 2012 kW
Sth: 180 - 200 km/h
Tillverkare: Bombardier
Byggår: 2000 – 2013
Antal: 89 st.
Tillhör: Västtrafik, Norrtåg, X-
trafik, Transito, TiM, TiB, UL,
VL, SJ



5.3.4 X55 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 4-delad, även multipel
Axelföljd: Bo`Bo`+ Bo`Bo`+ 2`2`+ Bo`Bo`
Längd 107,1 m
Tjänstevikt: 274 ton
Effekt: 3180 kW
Sth: 200 km/h
Tillverkare: Bombardier
Byggår: 2010 - 2013
Antal: 20 st.
Tillhör: SJ



5.3.5 X60 - X62 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 4 – 6-delad

även multipelkopplade

Axelföljd:

X60 Bo'(Bo')(Bo')(Bo')(2')(Bo') Bo'

X61/62 Bo'(Bo')(2')(Bo') Bo'

Längd: X60 107 m

Längd: X61/62 74,3 m

Tjänstevikt: X60 206 ton

Tjänstevikt: X61/62 155 ton

Effekt: X60 3000kW

Effekt: 61/62 2000 kW

Sth: X60/61 160 km/h

Sth: X62 180 km/h

Tillverkare: Alstom

Byggår: 2005 -

Antal: 280 st.

Tillhör: SL, Västtrafik, Norrtåg



5.4 TEKNISKA DATA EL- OCH DIESELDRIVNA LOK

5.4.1 Godstågslök Rd2, Rm, Rc1, Rc4

Typ: Elektriskt lok Rd2

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,5 m

Tjänstevikt: 78 ton

Effekt: 3600 kW

Sth: 135 km/h

Tillverkare: ASEA ombyggda
av Bombardier

Ombyggnadsår: 2009 - 2014

Ombyggda antal: 79 st.

Tillhör: Green Cargo



5.4.2 Godstågslök T44

Typ: Dieselelektriskt lok T44

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,4 m

Tjänstevikt: 76 ton

Motor: 2-takts diesel

Effekt: 1235 kW

Sth: 100 km/h

Tillverkare: Nohab och KVAB

Byggår: 1968 - 1987

Antal: 123 st.

Tillhör: Green Cargo



VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikonsultföretag. Vi erbjuder tjänster för hållbar samhällsutveckling inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Bredd och mångfald kännetecknar våra medarbetare, kompetensområden, kunder och typer av uppdrag. Tillsammans har vi 36 500 medarbetare på över 500 kontor i 40 länder. I Sverige har vi omkring 3 700 medarbetare.

WSP Stab

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
WSP.COM



Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)

Crossos EU / Nord 2000 Mätserie 3B – Pilotstudie växlar

Mätningar av bulleremission från tågpassager genom växlar i Ledsgård och Algutsgården

2022-01-13



vti



CNOSSOS EU / NORD 2000 MÄTSERIE 3B – PILOTSTUDIE VÄXLAR

Mätningar av bulleremission från tågpassager
genom växlar i Ledsgård och Algutsgården

KUND

Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)
på uppdrag av Trafikverket (TRV)
Anders Genell
Regnbågsgatan 1
417 55 Göteborg

KONSULT

Ingenjörfirma Elton Tjörn
Hövikstrandsvägen 108
471 70 Höviksnäs
Tel: +46 10 7225000
Org nr: 520215-4695

KONTAKTPERSONER

Anders Genell – Akustiker
Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)
Mobil: 0734 32 02 65
E-post: anders.genell@vti.se

Tomas Jerson – Senior konsult
Ingenjörfirma Elton
Mobil: 0702 66 84 42
E-post: tomas.jerson@telia.com

PROJEKT
Cnossos EU – Indata tågbuller
UPPDRAGSNAMN
Mätserie 3C – Pilotstudie Växlar
UPPDRAGSNUMMER
202201
UPPRÄTTAD AV
Anders Genell / Tomas Jerson
DATUM
2022-01-13
ÄNDRINGSDATUM
2022-04-05

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	5
2	MÄTNINGAR	5
2.1	MÄTMETOD	5
2.2	LINJESTRÄCKA	6
2.3	MÄTPLATS LEDSGÅRD	6
2.3.1	Bandel 626 mätplats 1 Ledsgård syd km 24+315	6
2.3.2	Bandel 626 mätplats 2 Ledsgård norr km 23+442	6
2.4	MÄTPLATS ALGUTSGÅRDEN	7
2.4.1	Bandel 611 mätplats 1 Algutsgården sydväst km 402+213	7
2.4.2	Bandel 611 mätplats 2 Algutsgården nordost km 401+249	7
2.5	MÄTPUNKTER	8
2.5.1	Mätpunkter växlar i Ledsgård	8
2.5.2	Mätpunkter växlar i Algutsgården	8
2.6	MÄTINSTRUMENT	8
2.7	VÄDERLEK	9
3	RESULTAT	9
3.1	MÄTPUNKT 1 LEDSGÅRD - VÄXEL 107	9
3.2	MÄTPUNKT 2 LEDSGÅRD - VÄXEL 102	9
3.3	MÄTPUNKT 1 ALGUTSGÅRDEN - VÄXEL 108	9
3.4	MÄTPUNKT 2 ALGUTSGÅRDEN - VÄXEL 103	10
4	KOMMENTARER	10
4.1	ALMÄNNA	10
4.2	PLATSRELATERADE	10
5	BILAGOR	11
5.1	RÅDATA TÅGMÄTNINGAR	11
5.1.1	X2 – Snabbtåg	11
5.1.2	X31 – Elmotorvagn	11
5.1.3	Y31 - Dieselmotorvagn	12
5.1.4	X40 – Elmotorvagn	13
5.1.5	X50 - Elmotorvagn	13
5.1.6	X55 – Elmotorvagn	14
5.1.7	X61 – Elmotorvagn	14
5.1.8	X74 – Elmotorvagn	15
5.1.9	PT – Ellok med personvagnar	16
5.1.10	GTE – Ellok med godsvagnar	16
5.2	MÄTPUNKTER MED KOORDINATER	17
5.3	TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR	18
5.3.1	X2 elmotorvagnståg	18
5.3.2	X31, X32 elmotorvagn	18
5.3.3	X40 elmotorvagn	19
5.3.4	X50 - X54 elmotorvagn	19

5.3.5	X55 elmotorvagn	20
5.3.6	X61 elmotorvagn	20
5.3.7	X74 elmotorvagn	21
5.4	TEKNISKA DATA DIESELMOTORVAGN	21
5.4.1	Y31 dieselmotorvagn	21
5.5	TEKNISKA DATA ELEKTRISKA LOK	22
5.5.1	Persontågslok Rc6, Rc2-Rc3	22
5.5.2	Godstågslok Rd2, Rm, Rc1, Rc4	22

1 BAKGRUND

Den europeiska beräkningsmodellen Cnossos EU samt Nord 2000 saknar relevanta indata för beräkning av bullerimmission från svenska tåg. Då omfattande mätningar krävs av såväl representativa fordon som av järnvägsanläggningen så har mätningarna indelats i 3 mätserier. Mångfalden av mätfall kräver omfattande förberedelser för att kraven med fokus på såväl akustik, tillgänglighet, fordonsförekomst, sth (största tillåten hastighet) m.m. skall vara uppfyllda vid mätplatserna. Mätserie 1 och 2 samt 3A har inledningsvis utförts av WSP Akustik i Göteborg. Mätserie 1 och 2 har fokuserat på buller från person- och godståg i konstanta hastigheter och till viss del under acceleration och bromsning. Mätserie 3 fokuserar på buller från järnvägsanläggningen i samband med tågpassager över A: broar, genom B: växlar och i C: kurvor med liten radie.

Ingenjörskfirma Elton har av Trafikverket genom VTI fått i uppdrag medverka i mätserie 3B och 3C. I den aktuella delrapporten 3B redovisas förutsättningar och rådata från mätningar vid växlar. Mätningarna har fokuserats på buller från tågpassager genom växlar på linjer med mycket trafik. Mätningarna har registrerat förekomst av ljud med transient karaktär. Dessa ljud uppstår då tåg hjulen passerar över växel delar såsom hjärtstycke och tungor. Syftet har varit att tillhandahålla rådata som efter analys och bearbetning av VTI skall användas som indata i beräkningsmodellerna. För mätningarnas utförande och redovisning ansvarar Anders Genell VTI, Göteborg och Tomas Jerson Ingenjörskfirma Elton, Tjörn.

2 MÄTNINGAR

2.1 MÄTMETOD

I tillämpliga delar så är mätningarna utförda enligt SS EN-ISO 3095. Ljud från tågpassagera är uppmätta med en realtidsanalysator. Mätningar har påbörjats och avslutats ca 100 m före respektive 100 m efter varje passage. Mätningarna har skett tidseriellt med ΔT 0,1s.

Under passagera så har ljudnivåer registrerats i tersbanden 25 – 20000 Hz. Varje passage har även registrerats med avseende på ekvivalenta och maximala ljudnivåer (tidsvägning F). Tågpassagera är även lagrade som icke komprimerade ljudfiler (Wave).

Tågtyp, antal vagnar, färdriktning och hastighet har noterats. Förekomst av onormala ljud som t.ex. repetitiva impulser eller svirrande/tonala ljud före och under passagera har noterats. Tågens passagehastighet har uppmätts med dopplerradar och vid godstågpassager även med tidtagning.

Övriga data/mätningar, såsom ojämnheter (räfflor och vågor) på räl och hjul samt räldämpning, har inte utförts i denna pilotstudie.

2.2 LINJESTRÄCKA

Vid val av linjesträckor konstaterades att Västkustbanan mellan Göteborg och Malmö samt Västra Stambanan mellan Göteborg och Stockholm hade lämpliga platser för växelmätningar. Det förekom mycket trafik dagtid och efter rekognosering i närområdet utmed respektive linje utsågs två rimligt lokala kandidater, Ledsgård och Algutsgården.

2.3 MÄTPLATS LEDSGÅRD

Någon kilometer sydväst om Annebergs station ligger mätplats Ledsgård. Här finns ett antal växlar och sidospår som möjliggör spårbyte och förbigång av långsammare tåg. Trafiken dagtid består av ett flertal elmotorvagnar i pendeltrafik mellan Göteborg och Kungsbacka. Det förekommer även elmotorvagnar i fjärrtågstrafik samt ett antal godstågspassager under dagen. Sträckan har UIC60 räil monterad på betongslipers och räilbefästning Pandrol. Sth på platsen är **170/180 km/h**.

2.3.1 Bandel 626 mätplats 1 Ledsgård syd km 24+315

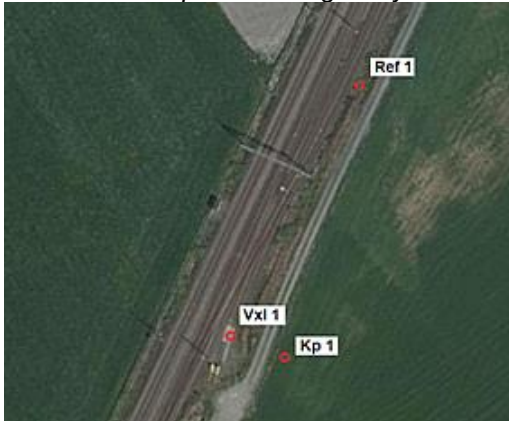


Foto 1: Växel 1 på nedspår vid Ledsgård i sydlig riktning mot Kungsbacka. Mätpunkterna är markerade med röda cirklar.

2.3.2 Bandel 626 mätplats 2 Ledsgård norr km 23+442



Foto 2: Växel 2 på nedspår vid Ledsgård i nordlig riktning mot Göteborg. Mätpunkterna är markerade med röda cirklar.

2.4 MÄTPLATS ALGUTSGÅRDEN

Ca 10 kilometer norr om Alingsås station ligger mätplats Algutsgården. Här finns ett antal växlar och sidospår som möjliggör spårbyte och förbigång av långsammare tåg. Den dagliga trafiken består av olika motorvagnar, snabbtåg och lokdragna persontåg och snabbtåg i fjärrtågstrafik. Det passerar även godståg under dagen. Sträckan har UIC60 räl monterad på betongslipers och rälbefästning Pandrol. Sth är **160/200** km/h.

2.4.1 Bandel 611 mätplats 1 Algutsgården sydväst km 402+213

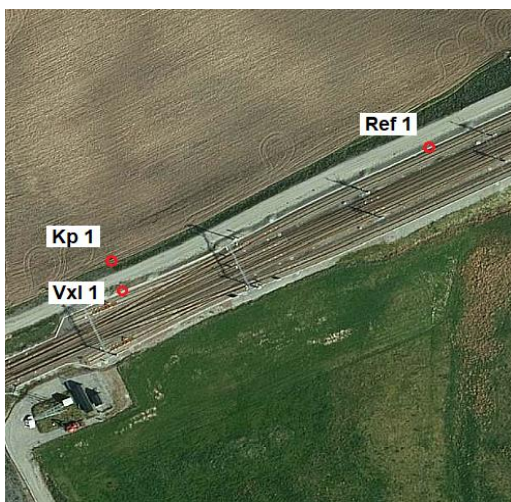


Foto 3: Växel 1 på uppspår vid Algutsgården i sydvästlig riktning mot Alingsås. Mätpunkterna är markerade med röda cirklar.

2.4.2 Bandel 611 mätplats 2 Algutsgården nordost km 401+249

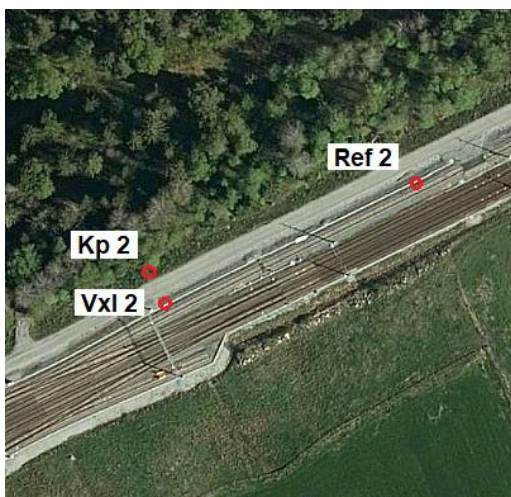


Foto 4: Växel på uppspår vid Algutsgården i nordostlig riktning mot Vårgårda. Mätpunkterna är markerade med röda cirklar.

2.5 MÄTPUNKTER

Bakgrundsnivån vid samtliga växel­mätningar har typiskt legat >>10 dBA under ljudnivåerna från tågpassagera. I avsnitt 5.3 redovisas tekniska data på de fordon som förekommit vid mätplatserna. Markprofilen mellan spår och mät­punkter samt orientering vid respektive bandel har dokumenterats, dessa uppgifter redovisas i avsnitt 5.2, tabell 10.

2.5.1 Mät­punkter växlar i Ledsgård

Mätningarna utfördes simultant mitt för växlarnas hjärtstycken samt på rakspår i referenspunkter med samtliga mät­punkter på 7.5 m från spårens mitt­punkt. Mikrofonerna var monterade på 1,2 m höjd relativt rälsöverkant . Kontrollpunkter var även etablerade på 20 m avstånd från växlarna med mikrofonerna monterade på 4 m höjd över marken. Samtliga mikrofoner var försedda med vindskydd.

2.5.2 Mät­punkter växlar i Algutsgården

Mätningarna utfördes simultant mitt för växlarnas hjärtstycken samt på rakspår vid referenspunkter med samtliga mät­punkter på 7.5 m från spårets mitt­punkt. Mikrofonerna var försedda med vindskydd och monterade på 1,2 m höjd relativt rälsöverkant . Kontrollpunkter var även etablerade på 20 m avstånd från växlarna med mikrofonerna monterade på 4 m höjd över marken. Samtliga mikrofoner var försedda med vindskydd.

2.6 MÄTINSTRUMENT

Följande instrument användes vid mätningarna.

Tabell 1: Mätinstrument

Instrument	Typ	Serienummer
Ljudnivåanalysator	B&K Puls 3560-B-140	2796709
Mikrofon+förstärkare ch1	B&K 4188-A-21	2906549
Mikrofon+förstärkare ch2	B&K 4188-A-21	2906550
Mikrofon+förstärkare ch3	B&K 4188-A-21	2869894
Akustisk kalibrator	B&K 4231	300779
Radarpistol	Bushnell 101911	INR2101
Tidtagarur	King Tech	INR2102
Vindmätare	Silva ADC Wind	Ö-074
Avståndsmätare	Nikon 124	5006425

Ljudnivåmätaren med tillhörande utrustning uppfyller kraven för mätinstrument klass I enligt SS EN 61 672. VTI:s policy för kalibrering följer riksprovplatsen RISE:s kvalitetssystem för kontroll av utrustning för ljudnivåmätning. Kontroll av kalibreringsnivåer i fält, före och efter mätningarna har utförts utan anmärkning.

2.7 VÄDERLEK

Medelvindhastigheten har under samtliga mätningar varit <5 m/s. Då avståndet till spåren vid mätningarna varit kort så har inte rådande vindriktning beaktats. Mätningar har inte utförts då regn förekommit. Lufttemperaturen har vid samtliga mätningar typiskt legat över 15°C.

3 RESULTAT

Mätningar av buller från tågtrafik genom växlar har utförts under 4 dagar vid platserna Ledsgård och Algutsgården. I nedanstående avsnitt redovisas de tågtyper som passerat på båda mätplatserna. I bilaga 5.1 redovisas rådata från mätningarna för varje tågtyp.

3.1 MÄTPUNKT 1 LEDSGÅRD - VÄXEL 107

Tabell 2: Mätningar av buller från 15 tågpassager

Tågtyp	X31 ³⁾	X50 ³⁾	X55 ³⁾	X61 ³⁾	GTE ⁴⁾
Antal	2 ¹⁾ /2 ²⁾	1 ¹⁾	1 ¹⁾	3 ¹⁾ /5 ²⁾	1 ¹⁾

- 1) Passage nedspår genom växel
- 2) Passage uppspår på raksträcka
- 3) Elmotorvagn
- 4) Elektriskt godståg

Kommenterad [AG1]: Kanske lägga till denna info i resultattabellerna, så man vet vilken passage för varje tågtyp som gått genom växeln?

3.2 MÄTPUNKT 2 LEDSGÅRD - VÄXEL 102

Tabell 3: Mätningar buller från 29 tågpassager

Tågtyp	X31 ³⁾	X55 ³⁾	X61 ³⁾
Antal	3 ¹⁾ /4 ²⁾	1 ¹⁾ /1 ²⁾	9 ¹⁾ /11 ²⁾

- 1) Passage nedspår genom växel
- 2) Passage uppspår på raksträcka
- 3) Elmotorvagn

3.3 MÄTPUNKT 1 ALGUTSGÅRDEN - VÄXEL 108

Tabell 4: Mätningar buller från 35 tågpassager

Tågtyp	X2 ⁵⁾	X40 ³⁾	X50 ³⁾	X74 ³⁾	PT ⁴⁾	GTE ⁶⁾	Y31 ³⁾
Antal	5 ¹⁾ /4 ²⁾	3 ¹⁾ /4 ²⁾	3 ¹⁾ /2 ²⁾	2 ¹⁾ /2 ²⁾	1 ¹⁾ /1 ²⁾	5 ¹⁾ /1 ²⁾	1 ¹⁾ /1 ²⁾

- 1) Passage nedspår genom växel
- 2) Passage uppspår på raksträcka
- 3) El och dieselmotorvagnar
- 4) Persontåg
- 5) Snabbtåg
- 6) Elektriskt godståg

3.4 MÄTPUNKT 2 ALGUTSGÅRDEN - VÄXEL 103

Tabell 5: Mätningar buller från 15 tågpassager

Tågtyp	X2 ⁵⁾	X40 ³⁾	X50 ³⁾	PT ⁴⁾	GTE ⁶⁾	Y31 ³⁾
Antal	2 ^{1)/2²⁾}	2 ²⁾	1 ^{1)/1²⁾}	1 ²⁾	2 ^{1)/1²⁾}	2 ^{1)/1²⁾}

- 1) Passage nedspår genom växel
- 2) Passage uppspår på raksträcka
- 3) El och dieselmotorvagnar
- 4) Persontåg
- 5) Snabbtåg
- 6) Elektriskt godståg

4 KOMMENTARER

4.1 ALLMÄNNA

Det är väl känt att tågpassager genom växlar förorsakar tydliga ljudtoppar då hjulen passerar över växelns hjärtstycke. Emellanåt förekommer även tydliga ljudtoppar då hjulen passerar förbi växlarnas tungor.

För att erhålla en så stabil väderlek som möjligt påbörjades mätningarna under sommaren och avslutades under tidig höst. Trots dessa intensjoner och noggrann bevakning av veckovisa väderprognoser så fick två mättdagar avbrytas i förtid p.g.a. oväntat regn.

4.2 PLATSRELATERADE

Mätningarna vid Ledsgård 2121-07-01 avbröts då det började regna tidigt på em. Mätningarna vid Algutsgården 2021-09-27 fick även den avbrytas då det började regna tidigt på em. I båda fallen så hade ändå ett relativt stort antal mätningar av tågpassager utförts vilka bedömdes tillräckliga för att få en objektiv uppfattning om förekommande ljudtoppar vid växelpassager.

De aktuella växlar vid Ledsgård är tillverkade av COGI och har beteckning EV-UIC60-1200-1:18,5 BL33. Växel 107 (mätplats 1) är inlagd 1991 och växel 102 (mätplats 2) är inlagd 1992.

Aktuella växlar vid Algutsgården är tillverkade av VOSSLOH och har beteckning EV-60E-760-1:15. Växel 108 (mätplats 1) är och växel 103 (mätplats 2) är båda inlagda 2015.

5 BILAGOR

5.1 RÅDATA TÅGMÄTNINGAR

Förekommade ljudnivåer från varje enskild passage redovisas i samtliga tabeller med följande beteckningar.

F Max: Maximala ljudtrycksnivå under passagen är utförd med tidvägning Fast 0,125 sekunder.

dBA: Redovisade ljudnivåer är frekvensvägda med A-filter

5.1.1 X2 – Snabbtåg

Tabell 6: Rådata från mätning av X2-passage genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-09-09	5	Algutsgården	6	H	174	103.6	101.1	98.1
2021-09-09	11	Algutsgården	6	H	174	103.1	97.9	98.2
2021-09-09	12	Algutsgården	6	A	190	101.9	102.4	98.6
2021-09-09	24	Algutsgården	6	H	180	105.3	105.3	101.2
2021-09-09	30	Algutsgården	6	A	200	103.2	102.8	99.1
2021-09-27	3	Algutsgården	6	A	158	100.1	95.6	95.7
2021-09-27	7	Algutsgården	6	H	175	107.7	100.9	102.1
2021-09-27	12	Algutsgården	6	H	180	108.0	100.4	101.7
2021-09-27	13	Algutsgården	6	A	177	101.1	97.4	96.7

- 1) Herrljunga
- 2) Alingsås
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.2 X31 – Elmotorvagn

Tabell 7: Rådata från mätning av X31-passage genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	G ^{1)/K²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-07-01	2	Ledsgård	3	G	174	93.2	97.7	91.7
2021-07-01	5	Ledsgård	3	K	174	95.3	97.9	87.5

- 1) Göteborg
- 2) Kungsbacka
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

Fortsättning tabell 7: Rådata från mätning av X31-passage genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	G ^{1)/K²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-07-01	6	Ledsgård	3	G	190	93.2	97.7	91.7
2021-07-01	14	Ledsgård	3	K	180	95.3	97.9	87.5
2021-09-01	7	Ledsgård	3	G	144	103.4	102.8	99.7
2021-09-01	12	Ledsgård	3	K	180	101.9	102.4	98.6
2021-09-01	13	Ledsgård	3	G	162	96.0	90.7	92.3
2021-09-01	20	Ledsgård	3	K	175	100.2	100.3	95.3
2021-09-01	21	Ledsgård	3	G	139	94.2	88.1	92.4
2021-09-01	26	Ledsgård	3	K	180	92.3	90.0	90.0
2021-09-01	27	Ledsgård	3	G	173	101.2	97.7	95.8

- 1) Göteborg
- 2) Kungsbacka
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.3 Y31 - Dieselmotorvagn

Tabell 8: Rådata från mätning av X31-passage genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	G ^{1)/K²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-09-09	13	Algutsgården	2	H	132	96.0	90.7	92.3
2021-09-09	15	Algutsgården	2	A	136	92.3	86.0	87.3
2021-09-27	1	Algutsgården	2	H	145	99.5	91.6	95.0
2021-09-27	2	Algutsgården	2	A	132	94.5	84.5	89.9
2021-09-27	14	Algutsgården	2	H	140	97.3	92.5	93.1

- 1) Herrljunga
- 2) Alingsås
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.4 X40 – Elmotorvagn

Tabell 9: Rådata från mätning av X40-passagen genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-09-09	1	Algutsgården	3	A	175	93.4	90.4	90.9
2021-09-09	2	Algutsgården	3	A	174	92.9	90.9	89.9
2021-09-09	9	Algutsgården	3	H	170	100.6	95.1	95.8
2021-09-09	16	Algutsgården	2+3	A	166	93.3	90.6	93.2
2021-09-09	22	Algutsgården	2+3	H	175	101.0	95.2	96.1
2021-09-09	26	Algutsgården	3	A	177	92.3	90.0	90.0
2021-09-09	33	Algutsgården	3+2	H	174	101.0	96.3	95.9
2021-09-27	4	Algutsgården	3	A	172	96.6	89.7	93.0
2021-09-27	10	Algutsgården	3	A	131	98.9	95.1	93.6

- 1) Herrijunga
- 2) Alingsås
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.5 X50 - Elmotorvagn

Tabell 10: Rådata från mätningar av X50-passager genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-07-01	10	Ledsgård	3	K	177	98.6	97.6	91.0
2021-09-09	3	Algutsgården	3	H	170	101.0	92.3	95.5
2021-09-09	8	Algutsgården	3	A	157	93.0	85.3	89.8
2021-09-09	18	Algutsgården	3	H	177	101.2	93.5	96.1
2021-09-09	21	Algutsgården	3	A	161	94.2	88.1	92.4
2021-09-09	28	Algutsgården	3	H	178	101.4	93.2	97.4
2021-09-27	6	Algutsgården	3	H	175	105.2	97.7	99.8
2021-09-27	9	Algutsgården	3	A	172	98.5	87.8	94.8

- 1) Herrijunga
- 2) Alingsås
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

Kommenterad [AG2]: Det står i tabell 2 att det finns en X50 passage från Ledsgård men jag ser inget om Ledsgård i denna tabell?

Kommenterad [AG3R2]: Jag hittade passagen i pappersprotokollen: Ledsgård 2021-07-01 Fil 10, X50 3vgn mot Kba 177kmh

5.1.6 X55 – Elmotorvagn

Tabell 11: Rådata från mätningar av X55-passager genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	G ^{1)/K²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-07-01	12	Ledsgård	4	K	175	95.7	96.2	87.2
2021-09-01	6	Ledsgård	4	G	161	98.5	98.9	94.6
2021-09-01	18	Ledsgård	4	K	178	101.2	93.5	96.1

- 1) Göteborg
- 2) Kungsbacka
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.7 X61 – Elmotorvagn

Tabell 12: Rådata från mätningar av X61-passager genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-07-01	1	Ledsgård	4	G	135	90.4	95.8	87.7
2021-07-01	3	Ledsgård	4	G	140	94.0	95.1	84.9
2021-07-01	4	Ledsgård	4	G	113	89.8	92.8	85.5
2021-07-01	7	Ledsgård	4	K	126	91.2	87.1	82.7
2021-07-01	9	Ledsgård	4	G	130	90.5	96.0	88.2
2021-07-01	11	Ledsgård	4	K	126	90.3	92.6	82.0
2021-07-01	13	Ledsgård	4	G	133	91.1	96.9	87.4
2021-07-01	16	Ledsgård	4	K	129	93.2	94.1	83.2
2021-09-01	1	Ledsgård	4	K	132	93.4	90.4	90.9
2021-09-01	3	Ledsgård	4	G	149	101.0	92.3	95.5
2021-09-01	4	Ledsgård	4	G	144	98.4	89.7	93.5
2021-09-01	5	Ledsgård	4	K	134	103.6	101.1	98.1
2021-09-01	8	Ledsgård	4	K	116	93.0	85.3	89.8
2021-09-01	9	Ledsgård	4	G	137	100.6	95.1	95.8
2021-09-01	10	Ledsgård	4	K	132	94.3	91.3	91.5
2021-09-01	11	Ledsgård	4	G	102	103.1	97.9	98.2

- 1) Göteborg
- 2) Kungsbacka
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

Fortsättning Tabell 12: Rådata från mätningar av X61-passager genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-09-01	15	Ledsgård	4	G	143	92.3	86.0	87.3
2021-09-01	16	Ledsgård	4	K	151	93.3	90.6	93.2
2021-09-01	17	Ledsgård	4	K	134	102.3	93.9	97.4
2021-09-01	19	Ledsgård	4	G	138	101.3	100.5	95.1
2021-09-01	22	Ledsgård	4	K	130	101.0	95.2	96.1
2021-09-01	23	Ledsgård	4	G	133	99.5	100.7	97.4
2021-09-01	24	Ledsgård	4	K	131	105.3	105.3	101.2
2021-09-01	25	Ledsgård	4	G	140	103.5	94.0	99.2
2021-09-01	29	Ledsgård	4	G	138	102.3	101.7	98.6
2021-09-01	30	Ledsgård	4	G	156	103.2	102.8	99.1
2021-09-01	31	Ledsgård	4	K	133	95.5	92.0	92.6
2021-09-01	32	Ledsgård	4	G	143	96.4	90.8	93.4

- 1) Göteborg
- 2) Kungsbacka
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.8 X74 – Elmotorvagn

Tabell 13: Rådata från mätningar av X74-passager genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-09-09	10	Algutsgården	5	A	153	94.3	91.3	91.5
2021-09-09	17	Algutsgården	5	H	175	102.3	93.9	97.4
2021-09-09	27	Algutsgården	5	H	162	101.2	97.7	95.8
2021-09-09	31	Algutsgården	5	A	175	95.5	92.0	92.6

- 1) Herrljunga
- 2) Alingsås
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.9 PT – Ellok med personvagnar

Tabell 14: Rådata från mätningar av passager med persontåg genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-09-09	4	Algutsgården	2	A	152	98.4	89.7	93.5
2021-09-09	25	Algutsgården	4	H	170	103.5	94.0	99.2
2021-09-27	11	Algutsgården	4	A	173	100.4	91.9	96.7

- 1) Herrljunga
- 2) Alingsås
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.1.10 GTE – Ellok med godsvagnar

Tabell 15: Rådata från mätningar av passager med godståg genom växel

Datum	Fil	Mätplats	Vagnar	Riktning	Hastighet	FMax ³⁾	FMax ⁴⁾	FMax ⁵⁾
			st	H ^{1)/A²⁾}	km/h	dBA	dBA	dBA
2021-09-09	20	Algutsgården	40	H	95	100.2	100.3	95.3
2021-09-09	23	Algutsgården	45	A	87	99.5	100.7	97.4
2021-09-09	29	Algutsgården	16	H	97	102.3	101.7	98.6
2021-09-09	6	Algutsgården	27	H	72	98.5	98.9	94.6
2021-09-09	7	Algutsgården	32	H	101	103.4	102.8	99.7
2021-09-09	14	Algutsgården	44	H	88	103.6	104.4	100.5
2021-09-27	5	Algutsgården	39	A	100	102.0	98.0	96.7
2021-09-27	8	Algutsgården	29	H	21-47	92.6	89.4	84.9
2021-09-27	15	Algutsgården	44	H	94	105.1	102.3	99.5

- 1) Herrljunga
- 2) Alingsås
- 3) Mät punkt växel
- 4) Mät punkt rakspår referens
- 5) Mät punkt 20 m avstånd från växel

5.2 MÄTPUNKTER MED KOORDINATER

Tabell 16: Mätpunktskoordinater vid växlar orienterad vid respektive bandel

Plats	Mät punkt	Mikrofon höjd (m)	Sweref99TM E	Sweref99TM N	Bandel	Spår ¹⁾	km + m
Ledsgård	Vxl 1 ¹⁾	1,2 rök ⁴⁾	325821	6379305	626	N	24 km + 315 m
Ledsgård	Ref ²⁾	1,2 rök ⁴⁾	325854	6379374	626	N	24 km + 239 m
Ledsgård	Kp ³⁾	4 öm ⁵⁾	325832	6379302	626	N	24 km + 315 m
Ledsgård	Vxl 2 ¹⁾	1,2 rök ⁴⁾	326164	6379994	626	N	23 km + 442 m
Ledsgård	Ref ²⁾	1,2 rök ⁴⁾	326128	6379921	626	N	23 km + 523 m
Ledsgård	Kp ³⁾	4 öm ⁵⁾	326176	6379990	626	N	23 km + 442 m
Algutsgården	Vxl 1 ¹⁾	1,2 rök ⁴⁾	361175	6429813	611	U	402 km + 213 m
Algutsgården	Ref ²⁾	1,2 rök ⁴⁾	361214	6429830	611	U	402 km + 132 m
Algutsgården	Kp ³⁾	4 öm ⁵⁾	361173	6429818	611	U	402 km + 213 m
Algutsgården	Vxl 2 ¹⁾	1,2 rök ⁴⁾	361979	6430167	611	U	401 km + 249 m
Algutsgården	Ref ²⁾	1,2 rök ⁴⁾	360218	6430184	611	U	401 km + 132 m
Algutsgården	Kp ³⁾	4 öm ⁵⁾	361975	6430173	611	U	401 km + 249 m

- 1) Vid växel mitt för hjärtstycke 7,5 m från spårmitt
- 2) Ref vid rakspår 7,5 m från spårmitt
- 3) Kontrollpunkt mitt för växel på 20 m avstånd från spårmitt
- 4) Rök, höjd över rälsöverkant
- 5) Öm, höjd över mark

5.3 TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR

5.3.1 X2 elmotorvagnståg

Typ: Elmotorvagnståg, normalt
6 vagnar, framförs även multipel

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd: 6 vagnar 164,2 m

Tjänstevikt: 365 ton

Effekt: 3260 kW

Sth: 200 km/h

Tillverkare: ASEA/ KV

Byggår: 1989 - 1998

Antal: 44 st.

Tillhör: SJ



5.3.2 X31, X32 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 3 vagnar,
framförs även multipel

Axelföljd:

3 vagnar Bo`Bo` + 2`2` + Bo`Bo`

Längd: 3 vagnar 78,9 m

Tjänstevikt: 156 ton

Effekt: 2300 kW

Sth: 180 km/h

Tillverkare: Adtranz/ Bombardier

Byggår: 1999 - 2012

Antal: 111 st.

Tillhör: DSB, Skåne-, Blekinge-
och Hallandstrafiken



5.3.3 X40 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 eller 3 vagnar, även multipel
Axelföljd: 2 vagnar Bo'2' + 2' Bo
3 vagnar Bo'2' + 2' Bo' + 2' Bo'
Längd: 2 vagnar 55,1 m
3 vagnar 81,5 m
Tjänstevikt: 2 vagnar 144 ton
3 vagnar 216 ton
Effekt: 1700/2550 kW
Sth: 200 km/h
Tillverkare: Alstom
Byggår: 2004 - 2008
Antal: 70 st.
Tillhör: SJ



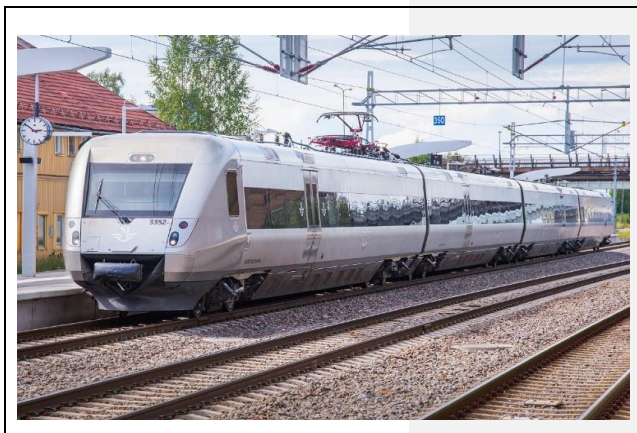
5.3.4 X50 - X54 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 eller 3 vagnar, även multipel
Axelföljd: 2 vagnar Bo'Bo' + Bo2'
3 vagnar Bo'Bo' + 2'2' + Bo'Bo'
Längd: 2 vagnar 53,9 m
3 vagnar 80,5 m
Tjänstevikt: 2 vagnar 142 ton
3 vagnar 203 ton
Effekt: 2 vagnar 1590 kW
3 vagnar 2012 kW
Sth: 180 - 200 km/h
Tillverkare: Bombardier
Byggår: 2000 – 2013
Antal: 89 st.
Tillhör: Västtrafik, Norrtåg, X-
trafik, Transito, TiM, TiB, UL,
VL, SJ



5.3.5 X55 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 4-delad
Axelföljd: Bo`Bo` + Bo`Bo` +
2`2` + Bo`Bo`
Längd 107,1 m
Tjänstevikt: 274 ton
Effekt: 3180 kW
Sth: 200 km/h
Tillverkare: Bombardier
Byggår: 2010 - 2013
Antal: 20 st.
Tillhör: SJ



5.3.6 X61 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 4 – 6-delad
även multipelkopplade
Axelföljd:
X60 Bo`(Bo`)(Bo`)(Bo`)(2`)(Bo`) Bo`
X61/62 Bo`(Bo`)(2`)(Bo`) Bo`
Längd: X60 107 m
Längd: X61/62 74,3 m
Tjänstevikt: X60 206 ton
Tjänstevikt: X61/62 155 ton
Effekt: X60 3000kW
Effekt: 61/62 2000 kW
Sth: X60/61 160 km/h
Sth: X62 180 km/h
Tillverkare: Alstom
Byggår: 2005 -
Antal: 280 st.
Tillhör: SL, Västtrafik, Norrtåg



5.3.7 X74 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 5-delad
Axelföljd: Bo`2`2`Bo+2`2`Bo`
Längd 105,5 m
Tjänstevikt: 216 ton
Effekt: 4500 kW
Sth: 200 km/h
Tillverkare: Stadler
Byggår: 2014 - 2015
Antal: 6 st.
Tillhör: MTR Express



5.4 TEKNISKA DATA DIESELMOTORVAGN

5.4.1 Y31 dieselmotorvagn

Typ: Dieselmotorvagn,
Y31 (2-delad), Y32 (3-delad)
även multipelkopplade
Axelföljd: Y31 B`2`B,
Y32 B`2`2`B
Längd Y31 38,4 m,
Y32 54,8 m
Tjänstevikt: Y31 78 ton,
Y32 98 ton
2 st. dieselmotorer
Effekt: 960 kW
Sth: 140 km/h
Tillverkare: Bombardier
Byggår: 2002 - 2010
Antal: 30 st.
Tillhör: JLT, KLT, Västtrafik,
Värmlandstrafiken, Norrtåg,
Transito



5.5 TEKNISKA DATA ELEKTRISKA LOK

5.5.1 Persontågslök Rc6, Rc2-Rc3

Typ: Elektriskt lok Rc6

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,5 m

Tjänstevikt: 78 ton

Effekt: 3600 kW

Sth: 160 km/h

Tillverkare: ASEA

Ombyggnadsår Rc5 till Rc6:
1992 - 1995

Ombyggda antal: 60 st.

Tillhör: SJ, TRV



5.5.2 Godstågslök Rd2, Rm, Rc1, Rc4

Typ: Elektriskt lok Rd2

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,5 m

Tjänstevikt: 78 ton

Effekt: 3600 kW

Sth: 135 km/h

Tillverkare: ASEA ombyggda
av Bombardier

Ombyggnadsår: 2009 - 2014

Ombyggda antal: 79 st.

Tillhör: Green Cargo



Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)

Crossos EU / Nord 2000

Mätserie 3C – Pilotstudie av kurvor med liten radie

Mätningar av bulleremission från tågpassager i kurvor vid Hindås och Gånghester

2021-12-03



CNOSSOS EU / NORD 2000 MÄTSERIE 3C – PILOTSTUDIE AV KURVOR MED LITEN RADIE

Mätningar av bulleremission från tågpassager i
kurvor vid Hindås och Gånghester

KUND

Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)
på uppdrag av Trafikverket (TRV)
Anders Genell
Regnbågsgatan 1
417 55 Göteborg

KONSULT

Ingenjörfirma Elton Tjörn
Hövikstrandsvägen 108
471 70 Höviksnäs
Tel: +46 10 7225000
Org nr: 520215-4695

KONTAKTPERSON

Tomas Jerson – Senior konsult
Ingenjörfirma Elton
Mobil: 0702 66 84 42
Epost: tomas.jerson@telia.com

PROJEKT
Cnossos EU – Indata tågbuller
UPPDRAGSNAMN
Mätserie 3C – Pilotstudie Kurvor
UPPDRAGSNUMMER
202101
UPPRÄTTAD AV
Tomas Jerson
DATUM
2021-12-03
ÄNDRINGSDATUM
2021-12-07

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	4
2	MÄTNINGAR	4
2.1	MÄTMETOD	4
2.2	LINJESTRÄCKA	5
2.3	MÄTPLATS HINDÅS	5
2.3.1	Hindås kurva km 36+085	5
2.4	MÄTPLATS GÅNGHESTER	6
2.4.1	Gånghester km 79+154	6
2.5	MÄTPUNKTER	6
2.5.1	Mätpunkt kurva i Hindås	6
2.5.2	Mätpunkt kurva i Gånghester	7
2.6	MÄTINSTRUMENT	7
2.7	VÄDERLEK	7
3	RESULTAT	8
3.1	KURVA I HINDÅS	8
3.2	KURVA I GÅNGHESTER	8
3.3	DIAGRAM SKRIKLJUD TÅGPASSAGER	8
3.3.1	Persontågspassage Hindås	8
3.3.1	Persontågspassage Gånghester	9
4	KOMMENTARER	10
4.1	ALMÄNNA	10
4.2	PLATSRELATERADE	10
5	BILAGOR	12
5.1	RÅDATA TÅGMÄTNINGAR	12
5.1.1	X2 – Snabbtåg (nyrenoverat provtåg)	12
5.1.2	X11 – Elmotorvagn	12
5.1.3	X50 - Elmotorvagn	13
5.1.4	X61 – Elmotorvagn	13
5.1.5	GTE - Elektriska godståg	13
5.1.6	PT – Ellok med personvagnar	14
5.2	MÄTPUNKTER MED KOORDINATER	14
5.3	TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR	15
5.3.1	X11 elmotorvagn	15
5.3.2	X50 - X54 elmotorvagn	15
5.3.3	X61 elmotorvagn	16
5.4	TEKNISKA DATA ELDRIVNA LOK	16
5.4.1	Persontågslök Rc2-Rc3, Rc6	16
5.4.2	Godstågslök Rc1, Rc4, Rd2, Rm	17

1 BAKGRUND

Den europeiska beräkningsmodellen Cnossos EU samt Nord 2000 saknar relevanta indata för beräkning av bullerimmission från svenska tåg. Då omfattande mätningar krävs av såväl representativa fordon som av järnvägsanläggningen så har mätningarna indelats i 3 mätserier. Mångfalden av mätfall kräver omfattande förberedelser för att kraven med fokus på såväl akustik, tillgänglighet, fordonsförekomst, sth (största tillåten hastighet) m.m. skall vara uppfyllda vid mätplatserna. Mätserie 1 och 2 samt 3A har utförts av WSP Akustik i Göteborg. Mätserie 1 och 2 har fokuserat på buller från person- och godståg i konstanta hastigheter och till viss del under acceleration och bromsning. 3A har fokuserat på tågpassager över broar.

Mätserie 3 fokuserar på buller från järnvägsanläggningen i samband med tågpassager över broar, genom växlar och i kurvor med liten radie. Ingenjörfirma Elton har av Trafikverket genom VTI fått i uppdrag medverka i mätserie 3B och 3C.

I den aktuella delrapporten 3C redovisas förutsättningar och rådata från mätningar i kurvor. Mätningarna har fokuserats på buller vid tågpassager genom kurvor med liten radie och förekomst av ljud med tonal karaktär (skrik ljud) som kan uppstå under dessa förhållanden. Syftet har varit att tillhandahålla rådata som efter analys och bearbetning av VTI skall användas som indata i beräkningsmodellerna. För mätningarnas utförande ansvarar Tomas Jerson vid Ingenjörfirma Elton på Tjörn.

2 MÄTNINGAR

2.1 MÄTMETOD

I tillämpliga delar så är mätningarna utförda enligt SS EN-ISO 3095. Ljud från tågpassagera är uppmätta med en realtidsanalysator. Mätningar har påbörjats och avslutats ca 100 m före respektive 100 m efter varje passage. Mätningarna har skett tidseriellt med ΔT 0,1s.

Under passagera så har ljudnivåer registrerats i tersbanden 20 – 20000 Hz. Varje passage har även registrerats med avseende på ekvivalenta och maximala ljudnivåer (tidsvägning F). Tågpassagera är även lagrade som icke komprimerade ljudfiler (Wave).

Tågtyp, antal vagnar, färdriktning och hastighet har noterats. Förekomst av onormala ljud som t.ex. repetitiva impulser eller svirrande/tonala ljud före och under passagera har noterats. Tågens passagehastighet har uppmätts med dopplerradar och i vissa fall även med tidtagning.

Övriga data/mätningar, såsom ojämnheter (räfflor och vågor) på räl och hjul samt räldämpning, har inte utförts i denna pilotstudie.

2.2 LINJESTRÄCKA

Vid val av lämplig linjesträcka konstaterades att den s.k. *Kust till Kustbanan* mellan Göteborg och Kalmar/Karlskrona har ett betydande antal kurvor med liten radie. Trafik med såväl olika passagerartåg som godståg förekommer dagtid i rimligt antal. Efter rekognosering i närområdet utmed sträckan Härryda – Limmared framkom två mätplatskandidater, Hindås och Gånghester .

2.3 MÄTPLATS HINDÅS

Omedelbart efter utfarten från Hindås station i riktning mot Borås finns enligt BIS en kurva med radien 300 m. Den dagliga trafiken vid Hindås består av ett flertal elmotorvagnar i pendeltrafik mellan Göteborg och Borås. Det förekommer även ett antal lokdragna persontåg i fjärrtågstrafik från Göteborg till Kalmar och Karlskrona. Det går även godståg där några är s.k. Volvotåg med karosseridetaljer från Olofström och slutdestination Torslandaverken på Hisingen.

2.3.1 Hindås kurva km 36+085

Sträckan har UIC60 räl monterad på betongslipers och rälbefästningen är Pandrol. Sth i kurvan är **65/70** km/h.



Foto 1: Enkelspår i kurva efter Hindås station i sydlig riktning mot Borås. Mätpunkten är markerad med röd cirkel.

2.4 MÄTPLATS GÅNGHESTER

Vid utfarten från Gånghester i riktning mot Borås ligger en kurva där radien enligt BIS är 313 m. Den dagliga trafiken vid Gånghester består av ett antal lokdragna persontåg i fjärrtågstrafik från Göteborg till Kalmar och Karlskrona. Det går även godståg där några är s.k. Volvotåg med karosseridetaljer från Olofström och slutdestination Torslandaverken på Hisingen.

2.4.1 Gånghester km 79+154

Sträckan har UIC60 räil monterad på betongslipers och räilbefästningen är Pandrol. Sth i kurvan är **70/80** km/h.



Foto 2: Enkelspår i kurva vid Gånghester Hindås station i västlig riktning mot Borås. Mätpunkten är markerad med röd cirkel.

2.5 MÄTPUNKTER

Bakgrundsnivån vid samtliga kurvämätningar har typiskt legat $\gg 10$ dBA under ljudnivåerna från tågpassagerarna. I avsnitt 5.3 – 5.4 redovisas tekniska data på de fordon som förekommit vid mätplatserna. Markprofilen mellan spår och mätpunkter samt orientering vid respektive bandel har dokumenterats, dessa uppgifter redovisas i avsnitt 5.2, tabell 10.

2.5.1 Mätpunkt kurva i Hindås

Mätningarna i kurvan utfördes på 7.5 m från spårets mittpunkt och mikrofonen var monterad på 1,2 m rök och försedd med vindskydd. På grund av banvallens höjd över omgivande mark samt sly och angränsande staket så gick det inte att upprätta en mätplats i kurvans centrala delar. En mätpunkt kunde dock etableras före kurvans utgång mot Borås.

Platsen låg invid ett kalhygge där banvallshöjden var acceptabelt hög, ca 1,5 m och inga andra hinder förekom.

2.5.2 Mät punkt kurva i Gånghester

Mätningarna utfördes i en kurva belägen vid Gånghesters station i riktning mot Borås. Avståndet till spårets mittpunkt var 7,5 m och mikrofonen var monterad på 1,2 m rök och försedd med vindskydd. Mät punkten var belägen i kurvans centrala del strax bortom den nedlagda järnvägsstationen. Inga hinder i form av staket eller sly förekom och banvallshöjden var ca 0,5 m.

2.6 MÄTINSTRUMENT

Följande instrument användes vid mätningarna.

Tabell 1: Mätinstrument

Instrument	Typ	Serienummer
Ljudnivåmätare	SVANTEK 971	87066
Mikrofon	SVANTEK 7052E	75772
Mikrofonförstärkare	SVANTEK SV18	88806
Akustisk kalibrator	SVANTEK SV33B	110016
Radarpistol	Bushnell 101911	INR2101
Tidtagarur	King Tech	INR2102
Vindmätare	Silva ADC Wind	Ö-074
Avståndsmätare	Nikon 124	5006425

Ljudnivåmätaren med tillhörande utrustning uppfyller kraven för mätinstrument klass I enligt SS EN 61 672. Ingenjörskontroll Elton:s policy för kalibrering följer riksprövsplatsen RISE:s kvalitetssystem. Kontroll av kalibreringsnivåer i fält, före och efter mätningarna har utförts utan anmärkning.

2.7 VÄDERLEK

Medelvindhastigheten har under samtliga mätningar varit <5 m/s. Då avståndet till spåren vid mätningarna varit kort så har inte rådande vindriktning beaktats. Mätningar har inte utförts då regn eller snöfall förekommit. Lufttemperaturen har vid samtliga mätningar varit $\geq 0^{\circ}\text{C}$ och ballasten har inte varit tjälad.

Då vissa av mätningarna utförts på senhösten så har det under tidiga morgontimmar < kl. 09 förekommit dagg på rälen. Vid det sista mätillfället i Hindås förekom dimma och en lufttemperatur på 0°C . Då konstaterades en tunn ishinna på rälen kontaktyta. Dimman lättade och himlen klarnade efter kl. 10, temperaturen låg resten av dagen flera grader över 0°C .

3 RESULTAT

Mätningar av buller från tågtrafik har utförts under 5 dagar i kurvor vid platserna Hindås och Gånghester. I avsnitt 3.1 och 3.2 redovisas tågtyper som passerat på båda platserna. I avsnitt 3.3 ges exempel på frekvensspektra från respektive mätplats då kurvskrik förekommit. I bilaga 5.1 redovisas rådata från mätningarna för varje tågtyp.

3.1 KURVA I HINDÅS

Tabell 2: Mätningar buller från 22 tågpassager

Tågtyp	X2 ³⁾	X11 ²⁾	X50 ²⁾	X61 ²⁾	PT ³⁾	GTE ⁴⁾	T43 ⁵⁾
Antal ¹⁾	1	8	1	4	5	2	1

- 1) Passage i jämn hastighet
- 2) Elmotorvagn
- 3) Persontåg med ellokdragna vagnar
- 4) Elektriskt godståg
- 5) T43 tungt diesellok

3.2 KURVA I GÅNGHESTER

Tabell 3: Mätningar buller från 14 tågpassager

Tågtyp	PT ²⁾	GTE ³⁾
Antal ¹⁾	8	6

- 1) Passage i jämn hastighet
- 2) Persontåg med ellokdragna vagnar
- 3) Elektriskt godståg

3.3 DIAGRAM SKRIKLJUD TÅGPASSAGER

3.3.1 Persontågspassage Hindås

Ljudnivåvariationer under en persontågspassage med skrik ljud i en kurva vid Hindås visas i diagram 1.

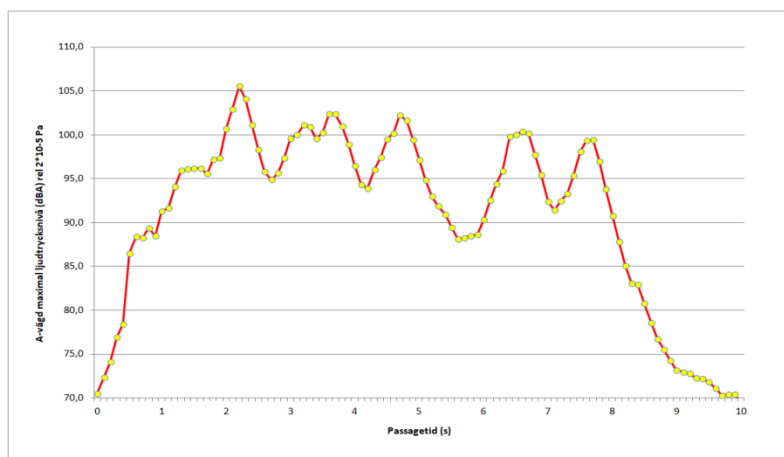


Diagram 1: Tidserie med A-vägda maximalnivåer i kurva vid Hindås under en persontågspassage, fil 4

Ett frekvensspektrum med kurvskrik under den aktuella persontågspassagen presenteras i diagram 2.

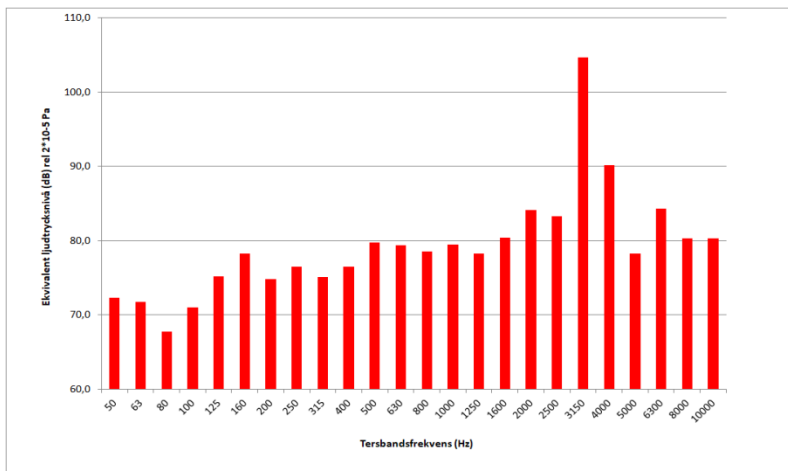


Diagram 2: O-vägt tersbandsspektra visande kurvskrik i samband med en persontågspassage i Hindås, fil 4

I diagrammet kan man se en distinkt topp i tersbandet 3150 Hz som visar när kurvskrik förekommer.

3.3.1 Persontågspassage Gånghester

Ljudnivåvariationer under en persontågspassage med skrik ljud i en kurva vid Gånghester visas i diagram 3.

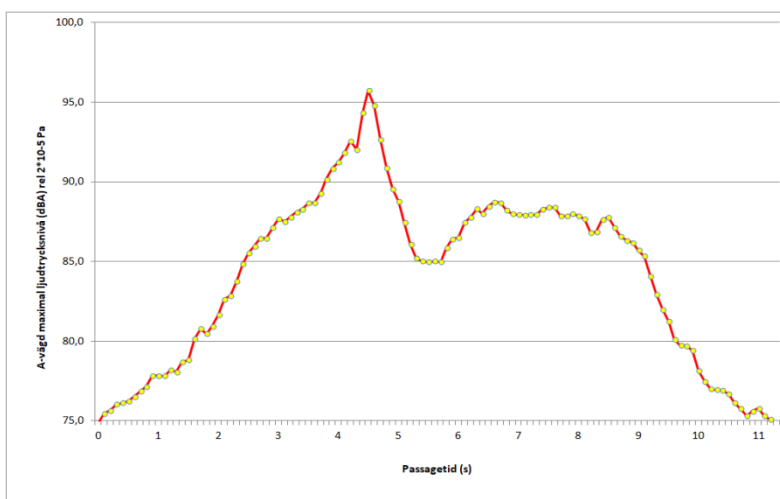


Diagram 3: Tidserie med A-vägd maximalnivåer i kurva vid Gånghester under en persontågspassage, fil 5

Ett frekvensspektrum med kurvskrik då ljudtrycksnivån är som högst under den aktuella persontågspassagen presenteras i diagram 4.

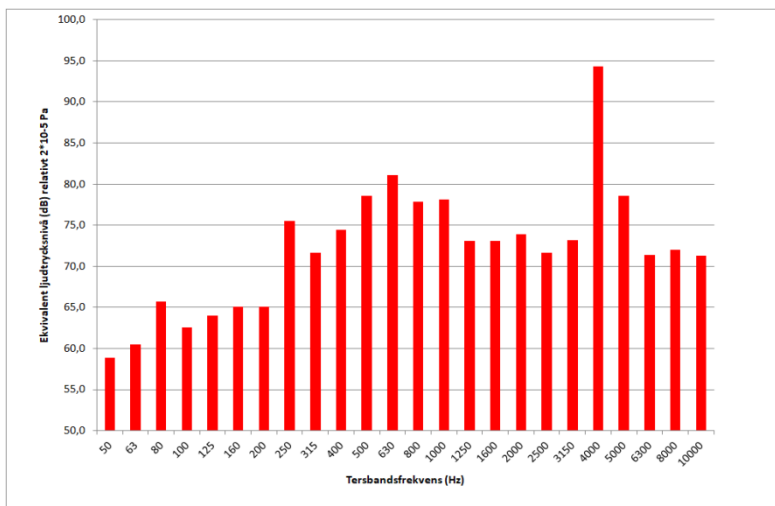


Diagram 4: O-vägt tersbandsspektra visande kurvskrik under en persontågs-passagen i Gånghester, fil 5

I diagrammet kan man se en distinkt topp i tersbandet 4000 Hz i samband med att kurvskrik förekommer.

4 KOMMENTARER

4.1 ALMÄNNA

Det är sedan länge känt att tågpassager i kurvor med liten radie kan förorsaka buller med rena toner s.k. kurvskrik. Orsaken är att tåghjulen inte optimalt följer kurvans radie utan momentant glider på rälen, s.k. "stick slip". Fenomenet exciterar i sin tur hjulens resonansfrekvenser varvid vanligtvis starka tonala ljud kan höras i tågens omgivning. Hjulens flänsar kan i en kurva även penetrera ytterrälens insida. Ett mer bredbandiga ljud, ofta med skärande karaktär kan då uppstå.

Man kan i viss mån förebygga dessa oönskade fenomen genom att sänka tågens hastighet samt att dosera kurvan optimalt. Kurvskrik kan även reduceras med hjälp en smörjapparat där produkten minskar friktionen mellan hjul och räl och uppkomsten av kurvskrik. Åtgärder på tågen såsom dämpade hjul och radialstyrda hjulaxlar kan också minska förekomst av kurvskrik.

4.2 PLATSRELATERADE

Då en del av mätningarna utfördes under senhösten förekom tidig morgon vid Gånghester dagg på rälen. Vid sista mätningen i Hindås då väderprognosen förutspått klart väder låg dimman tjock under tidiga morgontimmar. Lufttemperaturen var ca 0°C och rälen hade en tunn hinna av is. Generellt gäller att vatten har en smörjande effekt varför skrik ljud från passerande tåg inte förekom under något av dessa tillfällen.

Vid ankomsten till Hindås vid första mättillfället konstaterades att spårslipning nyligen utförts, se foto 3 nedan. Rälen uppvisade tydliga diagonala räfflor efter slipstenarnas bearbetning.



Foto 3: Nyslipad ytterräl i kurvan vid mätplats Hindås

En oväntad effekt var att ett stort antal av tågpassagerna endast uppvisade svaga tendenser till skrik ljud. Vid nästa mätillfälle 5 veckor senare hade rälen blivit mer polerad av tågtrafiken så starka skrik ljud förekom under hälften av passagerna.



Foto 4: Oslipad ytterräl i kurvan vid mätplats Gånghester

I fotot 4 ovan ser man rälhuvudets blanka kontaktyta polerat av tåg hjulens passager. Man kan också se de smala ytorna på rälen innerkant efter hjulflänsarnas penetrering genom kurvan.

Antalet dagliga godstågspassager minskade tyvärr under senhösten då Volvo drog ner sin verksamhet p.g.a. rådande komponentbrist.

5 BILAGOR

5.1 RÅDATA TÅGMÄTNINGAR

Förekommande ljudnivåer från varje enskild passage redovisas i samtliga tabeller med följande beteckningar.

F Max: Maximala ljudtrycksnivå under passagen är utförd med tidvägning Fast 0,125 sekunder.

dBA: Redovisade ljudnivåer är frekvensvägda med A-filter

5.1.1 X2 – Snabbtåg (nyrenoverat provtåg)

Tabell 4: Rådata från mätningar av X2-passagen i kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ²⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	11	Hindås	B	67	Ja ¹⁾	90,8

1) Svag tendens till kurvskrik

2) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.2 X11 – Elmotorvagn

Tabell 5: Rådata från mätningar av X11-passager i kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ⁴⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	2	Hindås	G	64	Nej	90,6
20210913	5	Hindås	G	59	Ja	87,4
20210913	6	Hindås	B	70	Ja ¹⁾	89,2
20210913	9	Hindås	G	66	Ja ²⁾	89,9
20210913	13	Hindås	B	70	Ja ³⁾	84,7
20210913	17	Hindås	B	73	Ja ³⁾	88,7
20211018	2	Hindås	G	65	Nej	90,4
20211018	6	Hindås	B	70	Ja ³⁾	89

1) Svag tendens till kurvskrik

2) Svaga kurvskrik på avstånd

3) Skärande ljud, sannolik flänskontakt

4) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.3 X50 - Elmotorvagn

Tabell 6: Rådata från mätningar av X50-passager kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ²⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	8	Hindås	B	66	Ja ¹⁾	85,7

- 1) Svag tendens till kurvskrik
- 2) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.4 X61 – Elmotorvagn

Tabell 7: Rådata från mätningar av X61-passager i kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ⁴⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	1	Hindås	B	70	Ja ¹⁾	85
20210913	15	Hindås	G	63	Ja ³⁾	83,9
20211018	1	Hindås	B	63	Nej ²⁾	83,3
20211018	5	Hindås	G	47	Ja ³⁾	87,4

- 1) Svag tendens till kurvskrik
- 2) Ishinna på rälen
- 3) Skärande ljud, sannolik flänskontakt
- 4) Kraftigt kurvskrik
- 5) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.5 GTE - Elektriska godståg

Tabell 8: Rådata från mätningar av GTE-passager i kurvor

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			V/B/G ⁴⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210824	1	Gånghester	V	71	Ja ¹⁾	97,5
20210824	4	Gånghester	B	64	Ja ¹⁾	105,1
20210824	7	Gånghester	B	66	Ja ²⁾	108,6
20210824	8	Gånghester	V	72	Ja ¹⁾	100,4
20211008	2	Gånghester	G	62	Ja ³⁾	103,8
20211008	4	Gånghester	G	72	Ja ¹⁾	96,7
20210913	12	Hindås	G	63	Nej	103,0
20211018	7	Hindås	G	61	Ja ¹⁾	97,6

- 1) Periodiska kurvskrik
- 2) Periodiska svaga kurvskrik under bromsning?
- 3) Periodiska svaga kurvskrik
- 4) Färdriktning Värnamo/Borås/Göteborg

5.1.6 PT – Ellok med personvagnar

Tabell 9: Rådata från mätningar av passager med passagerartåg i kurvor

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ⁵⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210824	2	Gånghester	V	74	Ja ¹⁾	96,1
20210824	3	Gånghester	B	74	Nej ⁴⁾	96,4
20210824	5	Gånghester	V	67	Ja ¹⁾	97,2
20210824	6	Gånghester	B	68	Ja ¹⁾	96,8
20210902	15	Gånghester	V	72	Ja ³⁾	96,8
20210902	16	Gånghester	B	76	Nej	96,9
20210913	3	Hindås	G	62	Ja ³⁾	94,1
20210913	7	Hindås	B	59	Ja ³⁾	94,9
20210913	10	Hindås	G	68	Nej	95,9
20211008	1	Gånghester	G	66	Nej	96,1
20211008	3	Gånghester	G	74	Nej ⁴⁾	98,3
20211018	3	Hindås	G	57	Nej	94,7
20211018	4	Hindås	G	65	Ja ¹⁾	106,0

- 1) Periodiska kurvskrik
- 2) Periodiska kurvskrik under bromsning?
- 3) Periodiska svaga kurvskrik
- 4) Möjligen bromsning?
- 5) Färdriktning Värnamo/Borås/Göteborg

5.2 MÄTPUNKTER MED KOORDINATER

Tabell 10: Mätpunktskoordinater i kurvor orienterad vid respektive bandel

Plats	Mät punkt	Mikrofon höjd	Sweref99TM E	Sweref99TM N	Bandel	Spår ¹⁾	km + m
Hindås	M1	1,2	1387103	7905044	641	E	36 km + 085 m
Gånghester	M1	1,2	1450053	7903819	721	E	79 km + 154 m

- 1) E = enkelspår

5.3 TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR

5.3.1 X11 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 vagnar,
framförs även multipel

Axelföljd:

2 vagnar Bo`Bo`+ 2`2`

Längd: 2 vagnar 49,9 m

Tjänstevikt: 103 ton

Effekt: 1280 kW

X11 Sth: 140 km/h

Tillverkare: ASEA

Byggår: 1982 - 1995

Tillhör: Västtrafik m.fl.



5.3.2 X50 - X54 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 eller 3
vagnar, även multipel

Axelföljd: 2 vagnar Bo`Bo`+ Bo2`

3 vagnar Bo`Bo`+ 2`2`+ Bo`Bo`

Längd: 2 vagnar 53,9 m

3 vagnar 80,5 m

Tjänstevikt: 2 vagnar 142 ton

3 vagnar 203 ton

Effekt: 2 vagnar 1590 kW

3 vagnar 2012 kW

Sth: 180 - 200 km/h

Tillverkare: Bombardier

Byggår: 2000 – 2013

Tillhör: Västtrafik m.fl.



5.3.3 X61 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 4-delad

även multipelkopplade

Axelföljd:

X61 Bo` (Bo`)(2`)(Bo`) Bo`

Längd: X61 74,3 m

Tjänstevikt: X61 155 ton

Effekt: 61 2000 kW

Sth: X61 160 km/h

Tillverkare: Alstom

Byggår: 2005 -

Tillhör: Västtrafik m.fl.



5.4 TEKNISKA DATA ELDRIVNA LOK

5.4.1 Persontågslok Rc2-Rc3, Rc6

Typ: Elektriskt lok Rc6

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,5 m

Tjänstevikt: 78 ton

Effekt: 3600 kW

Sth: 160 km/h

Tillverkare: ASEA

Ombyggnadsår Rc5 till Rc6:
1992 - 1995

Ombyggda antal: 60 st.

Tillhör: SJ, TRV



5.4.2 Godstågslök Rc1, Rc4, Rd2, Rm

Typ: Elektriskt lok Rd2

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,5 m

Tjänstevikt: 78 ton

Effekt: 3600 kW

Sth: 135 km/h

Tillverkare: ASEA ombyggda
av Bombardier

Ombyggnadsår: 2009 - 2014

Ombyggda antal: 79 st.

Tillhör: Green Cargo

