

Filnamn: OLP3-04-025-34-0_0-0208

Projektnamn

Ostlänken

Ärendenummer

TRV 2014/19364

Skapat av (Leverantör)

Daniel Lindmark/Johan

Scheuer/Thomas Österlind

Granskat av (Leverantör)

Åsa Lindkvist

Godkänt av (Leverantör)

Karolina Sanell

Godkänt datum

2019-09-03

Sidor

1(14)

Rev Datum

Version

-



OSTLÄNKEN

OLP3 NYKÖPING

Nyköpings resecentrum

Bandel 506

Beräknings PM Vibrationer

Bilaga 1

Beräkning av stomljud vid tågpassage under driftskede

SYSTEMHANDLING

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Bakgrund	4
2 Underlag	4
2.1 Filen 12	5
2.2 BLÅKLOCKAN 1.....	6
2.3 VÄSTER 1:38	7
2.4 SKRIVAREN 18-19.....	8
3 Beräkningsmodeller	9
3.1 ÅF:s semiempiriska beräkningsmodell	9
3.2 Beräkningsmetod för stömljud i mark för bana grundlagd på jord	10
4 Beräkningsförutsättningar.....	10
4.1 ÅF:s semiempiriska modell	10
4.2 Beräkning för bana grundlagd på jord	11
5 Resultat.....	12
5.1 ÅF:s semiempiriska modell	12
5.2 Beräkningsresultat för bana grundlagd på jord	13
6 Kompletterande beräkningar Comsol	14
7 Slutsats	14

Ändringslogg

PDBi version	Revisionsdatum	Ändring	Namn
-	2019-09-03	Första publicerade version	Mehdi Bahrekazemi

Filnamn: OLP3-04-025-34-0_0-0208

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Daniel Lindmark/Johan Scheuer/Thomas Österlind	2019-09-03	
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/19364	Åsa Lindkvist	3(14)	-
	Godkänt av (Leverantör)		
	Karolina Sanell		



Sammanfattning

Beräkningar av stömljudsnivåer för tågpassager i driftskede har utförts med två olika beräkningsmodeller samt en kompletterande beräkning i Comsol. Samtliga beräkningar resulterar i slutsatsen att riktvärdet $L_{max,FAST}$ 35 dBA innehålls för de fyra bostadshusen.

1 Bakgrund

I samband med MKB för Nyköpings resecentrum ska beräkningar av stömljud tas fram. ÅF har fått i uppdrag att kontrollräkna förväntade stömljudsnivåer för de fyra närmaste fastigheterna utmed sträckan. Fastigheterna har valts ut då de utifrån kort avstånd till spår kan förväntas ha de högsta stömljudsnivåerna.

2 Underlag

Underlaget till stömljudsberäkningarna för fyra fastigheter utmed stambanan i centrala Nyköping har erhållits från Golder. Aktuella hus visas översiktligt i Bild 2.1 och beskrivs utförligare i nedanstående avsnitt.

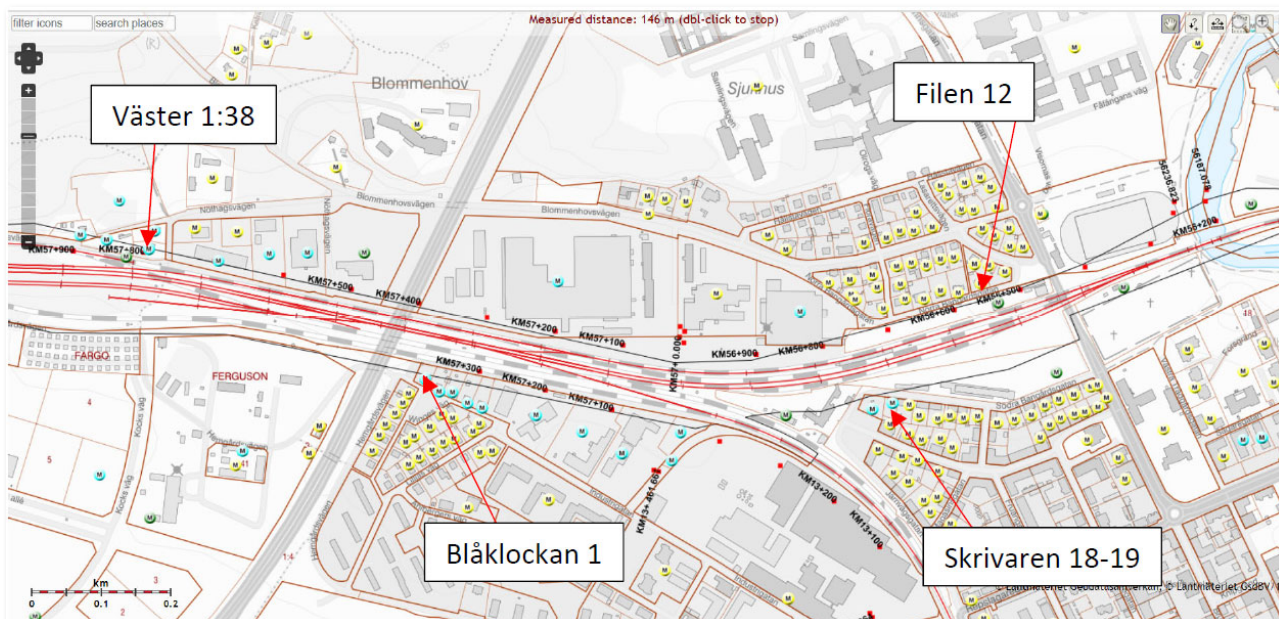


Bild 2.1 Översiktsskarta över de fyra aktuella fastigheterna.



2.1 Filen 12



Bild 2.1.1 Hus på fastigheten Filen 12.

Adress: Norra Bangårdsgatan 15, ca Km 56+600

Hustyp: Två våningar och källare, stomme av trä antages.

Undergrund: Marken består av ca 0,5 m fyllning på ca 6 - 12 m friktionsjord över fast botten/berg, se borrhål 6C1801 och 6C1802.

Avstånd till närmaste spår: 47 m.

Filnamn: OLP3-04-025-34-0_0-0208

Projektnamn

Skapat av (Leverantör)

Godkänt datum

Rev Datum

Ostlänken

Daniel Lindmark/Johan

2019-06-18

Scheuer/Thomas Österlind

Ärendenummer

Granskat av (Leverantör)

Sidor

Version

TRV 2014/19364

Åsa Lindkvist

6(14)

_.1

Godkänt av (Leverantör)

Karolina Sanell



TRAFIKVERKET

2.2 BLÅKLOCKAN 1



Bild 2.2.1 Hus på fastigheten Blåklockan 1.

Adress: Wings väg 17, ca Km 57+400

Hustyp: Två våningar och källare, stomme av betong.

Undergrund: Marken består av ca 1 m fyllning på ca 9 m lera på friktionsjord på berg (verifierad bergöveryta vid ca 30 m djup) se borrhål 6C1131 och 6C1132.

Avstånd till närmaste spår: 58 m.



2.3 VÄSTER 1:38



Bild 2.3.1 Hus på fastighet Väster 1:38.

Adress: Nöthagsvägen 11, ca Km 57+800.

Hustyp: Två våningar och källare, stomme av betong antages.

Undergrund: Marken består av ca 0,5 m fyllning på ca 7 m lerjord på friktionsjord över fast botten/berg (verifierad bergöveryta i närmast sonderingspunkt är vid djup ca 25 m) se borrhål 6C1145 och 6C1813.

Avstånd till närmaste spår: 26 m.

Filnamn: OLP3-04-025-34-0_0-0208

Projektnamn

Skapat av (Leverantör)

Godkänt datum

Rev Datum

Ostlänken

Daniel Lindmark/Johan

2019-06-18

Scheuer/Thomas Österlind

Ärendenummer

Granskat av (Leverantör)

Sidor

Version

TRV 2014/19364

Åsa Lindkvist

8(14)

_.1

Godkänt av (Leverantör)

Karolina Sanell



2.4 SKRIVAREN 18-19



Bild 2.4.1 Hus på fastigheten Skrivaren 18-19.

Adress: Södra Bangårdsgatan 4 och 6, ca Km 56+700 (se vit stjärna i flygbild).

Hustyp: Två våningar och källare, stomme av betong antages.

Undergrund: Marken består av ca 6 m jord, siltig sand, se borrhål 6C1810 och 6C1125.

Avstånd till närmaste spår: 43 m.

3 Beräkningsmodeller

Det finns ingen standardiserad beräkningsmodell för stomljud så som det finns för luftburet ljud från tåg. Stomljudsnivån beror bland annat på banans grundläggning, husets grundläggning, husets stomme, avstånd mellan bana och hus, tåghastighet, massan för boggi och hjul samt rälsens typ och kondition. ÅF har för beräkningarna använt två beräkningsmodeller:

För bana grundlagd på berg används ÅF:s semiempiriska beräkningsmodell som är baserad på ett stort antal mätningar.

För bana grundlagd på jord används markdämpning enligt ”Markvibrationer”, SGF Informationsskrift 1:2012 från Svenska Geotekniska Föreningen.

3.1 ÅF:s semiempiriska beräkningsmodell

Beräkningsprogram för stomljud från tåg som använts för bana grundlagd på berg utgår från en ursprungligen empirisk modell baserad på mätningar från tunnlar med spårburen trafik i Sverige. Beräkning avser stomljuds nivå (dBA, tidsvägning FAST) i nedersta våning av byggnad och har använts i ett stort antal projekt, bland annat Citybanan i Stockholm och Citytunneln i Malmö.

Beräkningsmodellen bygger på korrektioner för olika förutsättningar i varje beräkningsfall. Korrektionsfaktorerna i modellen kan delas upp i tre huvudkategorier: bana, mark och byggnad.

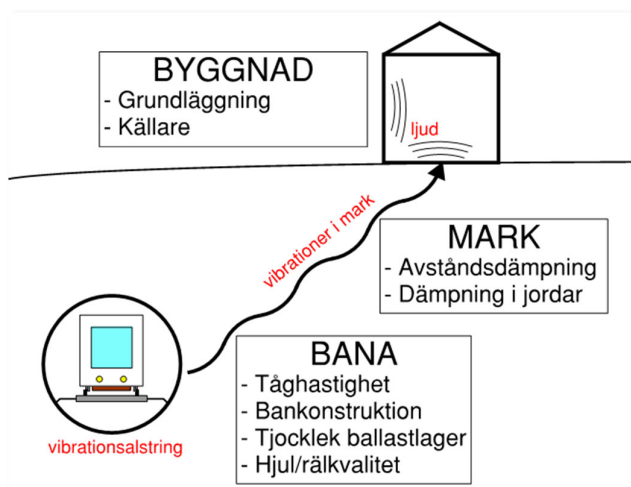


Bild 3.1.1 Faktorer som påverkar stomljud.

- Bana - I banan sker själva vibrationsalstringen och där beaktar modellen tågets hastighet, banans konstruktion, tjocklek på eventuellt ballastlager och kvalitet/skick på hjul och räler. Tåghastighetens betydelse för stomljuds nivå är bestämd genom sammanställning av ett stort antal mätningar.
- Mark - Vibrationerna som alstras i banan fortplantas via marken. Vibrationsnivåerna dämpas ju längre transportvägen blir, därför görs en korrektion för avståndsdämpning.
- Byggnad – Stomljudet uppstår när vibrationerna sprids in i byggnadselement och får dessa att vibrera. Byggnadens konstruktion har därmed betydelse för stomljuds nivå. I beräkningsmodellen görs korrektioner för olika typer av grundläggning eventuell källare och fyllning under byggnad

Projektname	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Daniel Lindmark/Johan Scheuer/Thomas Österlind	2019-06-18	
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/19364	Åsa Lindkvist	10(14)	_.1
	Godkänt av (Leverantör)		
	Karolina Sanell		



3.2 Beräkningsmetod för stomljud i mark för bana grundlagd på jord

Beräkning av vibrationsutbredningen från bana grundlagd på jord har gjorts genom tillämpning av samband i "Markvibrationer", SGF Informationsskrift 1:2012 från Svenska Geotekniska Föreningen.

Utgående från källstyrkespektrum för tåg beräknas dämpningen i marken dels på grund av geometrisk avståndsdämpning och dels på grund av materialets inre dämpning. Den inre dämpningen är både frekvensberoende och beroende av materialparametrar som skjuvvågshastighet, skjuvmodul och tvärkontraktionstal.

För källstyrkan v_1 på avståndet r_1 från spår erhålls vibrationsnivån v_2 på avståndet r_2 enligt

$$v_2 = v_1 * \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{1}{2}} * e^{[-\alpha * (r_2 - r_1)]}, \text{ där } \alpha = \frac{2 * \pi * f * \xi}{c} \text{ och } f \text{ är frekvensen, } \xi \text{ är dämpkvoten och } c \text{ är skjuvvågshastigheten.}$$

Markvibrationsnivån som på detta vis beräknas vid en husgrund korrigeras därefter för husets grundläggning. Ljudtrycksnivån beräknas för ett typrum $3 * 4 * 2,5$ m med en antagen efterklangstid på 0,5 sekunder och ett ogynnsamt antagande om betonggolvet och betongtak som vart och ett bidrar till rummets stomljudsnivå.

4 Beräkningsförutsättningar

4.1 ÅF:s semiempiriska modell

Modellen är ursprungligen framtagen för beräkning av stomljud i byggnad och bana på berg. För ett konservativt resultat har i beräkningarna friktionsmaterial använts mellan grundläggningsdjup och berg. Av samma anledning har en största mäktighet på friktionslagret satts till 10 m även om sonderingspunkterna visat på större mäktighet.

Uppgifter om avstånd och fyllning under byggnad har erhållits från Geoteknik OLP3, Golder.

Förutsättning för samtliga beräkningsfall är:

Hastighet:	90 km/tim
Bantyp:	Gammal bana med tunn ballast
Källarvåningar:	1



4.2 Beräkning för bana grundlagd på jord

För beräkningarna har följande förutsättningar använts:

Spektrum källstyrka passagerartåg 120 km/h 1 m från spår, dB re 10^{-9} m/s, vilket bedöms motsvara godståg i 90 km/h:

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
104,0	101,0	100,0	115,0	110,0	110,0

Källarvåningar: 1

Skjuvvågshastighet i mark: 200 m/s (Väster 138 och Blåklockan 1), 400 m/s (Filen 12, Skrivaren 18-19).

Båda skjuvvågshastigheterna ligger i övre änden av de intervall som anges i Bild 4.2.1 och resulterar i högre stomljuds nivåer än en lägre skjuvvågshastigheter skulle ge.

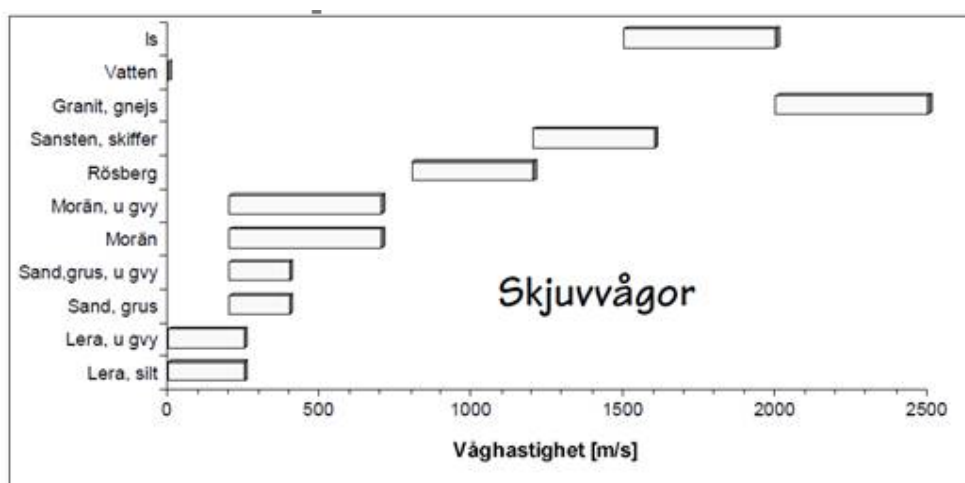


Bild 4.2.1 Skjuvvågshastigheter Efter IVA meddelande 225 (1979), Triumf (1992)



5 Resultat

5.1 ÅF:s semiempiriska modell

Tabellen visar beräknade stömljudsnivåer $L_{max, FAST}$ med de förutsättningar som angivits ovan.

Tabell 5.1.1 Beräkningsresultat, semiempirisk beräkningsmodell för bana grundlagd på berg

Fastighet	Avstånd [m]	Friktionsmaterial under underballast [m]	Fyllning under byggnad [m]	Stömljudsnivå FAST dBA
Filen 12, Norra Bangårdsgatan 15	47	7	0,5	24
Blåklockan 1, Winges väg 17	58	10	1	11
Väster 1:38, Nöthagsvägen 11	26	10	0,5	20
Skrivaren 18-19, Södra Bangårdsgatan 4 och 6	43	6	0	28

De presenterade stömljudsnivåerna är med all sannolikhet högre än verkliga nivåer då marken enligt geotekniken till stora delar består av lera och silt vilka här ersatts med friktionsmaterial.



5.2 Beräkningsresultat för bana grundlagd på jord

Tabellen visar beräknade stomljudsnivåer $L_{max, FAST}$ enligt de förutsättningar som angivits ovan.

Tabell 5.2.1 Beräkningsresultat, beräkning för bana grundlagd på jord

Fastighet	Avstånd [m]	Material under byggnad [m]	Fyllning under byggnad [m]	Stomljudsnivå FAST dBA
Filen 12, Norra Bangårdsgatan 15	47	6 m friktionsjord	0,5	17
Blåklockan 1, Wings väg 17	58	9 m lera	1	3
Väster 1:38, Nöthagsvägen 11	26	7 m lera	0,5	18
Skrivaren 18-19, Södra Bangårdsgatan 4 och 6	43	6 m jord och siltig sand	0	21

6 Kompletterande beräkningar Comsol

Kompletterande beräkningar har även gjorts med hjälp av finita elementmetoden, i Comsol Multiphysics. Modellen har gjorts i 2D och simulerar ett hus och en vibrerande sliper på mark. Modellen beräknar vibrationsspridningen från källan till huset och vidare hur det strålar ut som ljud i huset. Dämpningen, förlustfaktorn, mellan mark och hus är satt till 4% vilket är konservativt antaget. Vibrationskällan utgår från vibrationshastighetsspektrum från tåg som färdas i 90 km/h¹. Beräkning av stomljudet i tersband från 40 Hz till 400 Hz har gjorts och den totala A-vägda ljudtrycksnivån beräknats utifrån dessa. Resultat har beräknats med olika avstånd till hus, 25, 50, 100 och 150 meter, samt djup till berggrund, 6 och 10 meter. Resultatet från beräkningarna är sammanfattade i Tabell 6.1 och Bild 6.1 visar resultatet vid 80 Hz, 6 meter jorddjup och 25 meter från sliper till hus. I modellen är sliper, mark och hus nästintill stumt kopplade till varandra. I realiteten uppstår förluster i övergången mellan de olika delarna vilket gör att den verkliga stomljudsnivån förväntas vara minst 2-4 dB lägre än den beräknade.

Tabell 6.1, Beräknade stomljudsnivåer på nedervåning.

Avstånd	Djup	
	6 m	10 m
25 m	30 dBA	29 dBA
50 m	16 dBA	18 dBA
100 m	8 dBA	6 dBA
150 m	-1 dBA	-4 dBA

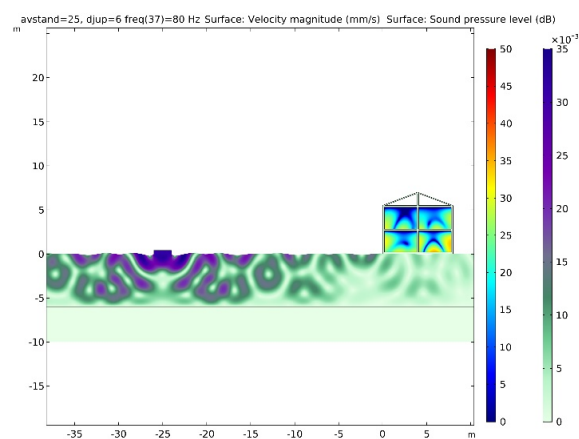


Bild 6.1 Beräkningsresultat vid 80 Hz.

7 Slutsats

Beräkningarna visar att riktvärdet $L_{max,FAST}$ 35 dBA innehålls för samtliga bostadshus.

¹ Thompson, David. 2008. Railway Noise and Vibration - Mechanisms, Modelling and Means of Control, Oxford. Elsevier Science. ISBN: 9780080451473