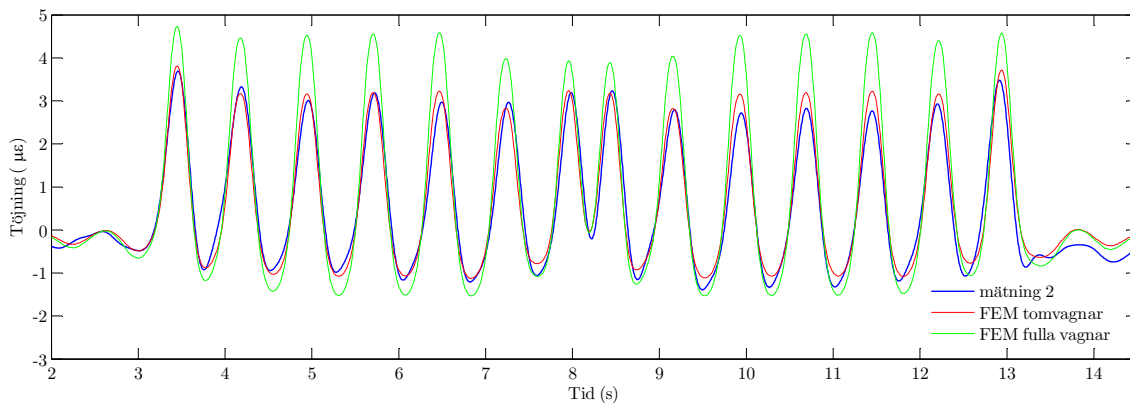




**KTH Architecture and
the Built Environment**

Gamla Årstabron

Sammanställning av töjningsmätningar
utförda 2007-10-17



Brobyggnad

KTH – Brinellvägen 34, SE-100 44 Stockholm
Tel: 08-790 79 58, Fax: 08-21 69 49
www.byv.kth.se/avd/bro

©Andreas Andersson 2007
Royal Institute of Technology (KTH)
Department of Civil and Architectural Engineering
Division of Structural Design and Bridges
Stockholm, Sweden, 2007

Sammanfattning

I följande rapport redovisas töjningsmätningar av trafiklast, utförda den 17:e oktober 2007 på båge 2 innan förstärkning.

Resultaten, främst omfattande pendeltåg typ X60 (nya pendeltågen), visar på förhållandevis god överensstämmelse med beräkningar. Mätningarna ger ofta något större påkänningar än beräkningar, men kan till viss del bero på att placering av mätpunkter i modell och fält inte helt överensstämmer. Bäst överensstämmelse fås i hjässan vid den kant trafiken passerar och minst överensstämmelse fås på tvärgående armering. Största uppmätta spänningsvidd är ca: 1 MPa.

Mätningarna utgör en referens till kommande mätningar för att bedöma inverkan under olika förstärkningsetapper.

Stockholm i november 2007



Andreas Andersson

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
1 Fältmätningar	1
1.1 Allmänt	1
1.2 Mätinställningar och placering av givare	1
1.3 Tågpassager	2
2 Resultat	3
2.1 Signalkvalitet och filtrering	3
2.2 Resultat pendeltåg.	5
2.3 Resultat godståg	7
3 Slutsatser	9
A Mätningar 2007-10-17	11
A.1 Mätschema.	11

1 Fältmätningar

1.1 Allmänt

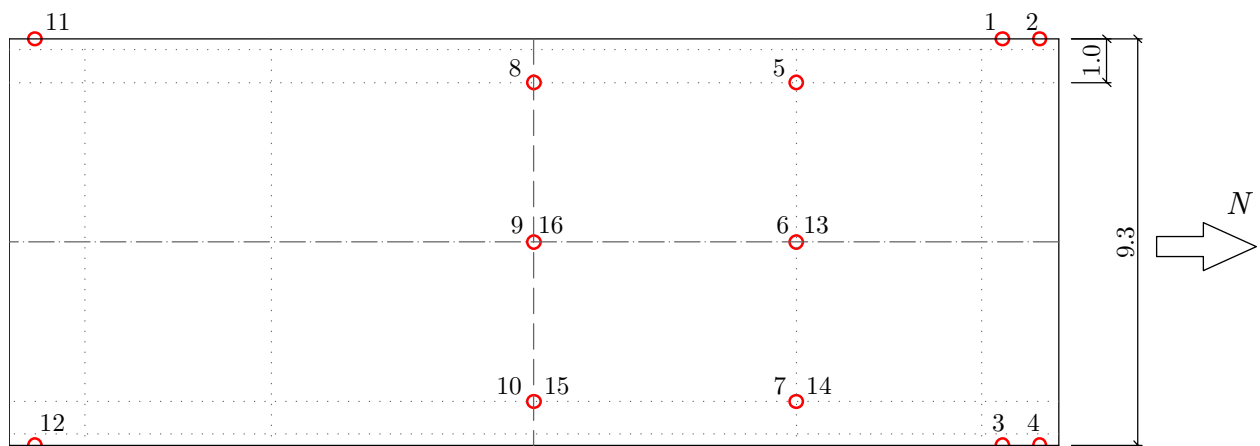
Mätningarna redovisade i föreliggande rapport utfördes den 17:e oktober 2007 kl. 9:40 – 11:40 och omfattar töjningsmätningar på gamla Årstabrons båge 2. Mätningarna avser befintlig oförstärkt bro och utgör nollmätning inför kommande förstärkning av båge 2. Temperaturen under mätningarna var ca: $11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Under mätningarna pågick viss entreprenadverksamhet med bormaskiner, vilka dock inte anses påverka mätningarna.

Mätningarna omfattar inverkan av trafiklast, som utgörs av den normala trafiken. Totalt uppmättes 18 tågpassager varav 1 godståg och resterande pendel- och regionaltåg. Samtliga tågpassager fotograferades.

1.2 Mätinställningar och placering av givare

Givarna är instrumenterade på bågens undersida enligt Figur 1.1, där givare 1 – 12 mäter töjning på längsgående armering och givare 13 – 16 på tvärgående armering. Givarna är utförda i halvbygga och insamlad mätdata divideras med bryggfaktorn $1+\nu$ där ν är Poissons tal. Givarfaktorerna är inkluderade i insamlad mätdata och behöver inte beaktas.

Vid mätningarna användes en A/D omvandlare av typ *MGCplus* med 24 bit upplösning. Mätningarna gjordes främst med 200 Hz samplingsfrekvens och 40 Hz Bessel lågpassfilter. Några mätningar med högre samplingsfrekvens utfördes, främst för att identifiera energinnehållet i bakgrundsbruset.



Figur 1.1: Placering av trådtöjningsgivare, givare 13-16 mäter på tvärgående armering, övrig på längsgående armering.

1.3 Tågpassager

Under mätperioden samlades data från 19 tågpassager, varav 9 st X60 (nya) pendeltåg, 3 st X10 (äldre) pendeltåg, 3 st fjärrtåg av typ X2 (X2000), 1 fjärrtåg drivet av ett RC-lok, 1 fjärrtåg av typ X40 (nya dubbeldäckare), ett godståg med 27 vagnar drivet av två RC-lok och slutligen ett enskilt RC-lok. Godstrafik och pendeltågstrafik passerade på västra spåret och fjärrtågen på det östra. mer detaljerad data om tågpassagera återfinns i Bilaga A.1.

Större delen av analyserna i denna rapport baseras på pendeltåg av typ X60, dels för att de är väldefinierade i last och axelavstånd, Tabell 1.1, dels för att 9 passager uppmättes, vilket ger en god statistisk säkerhet.

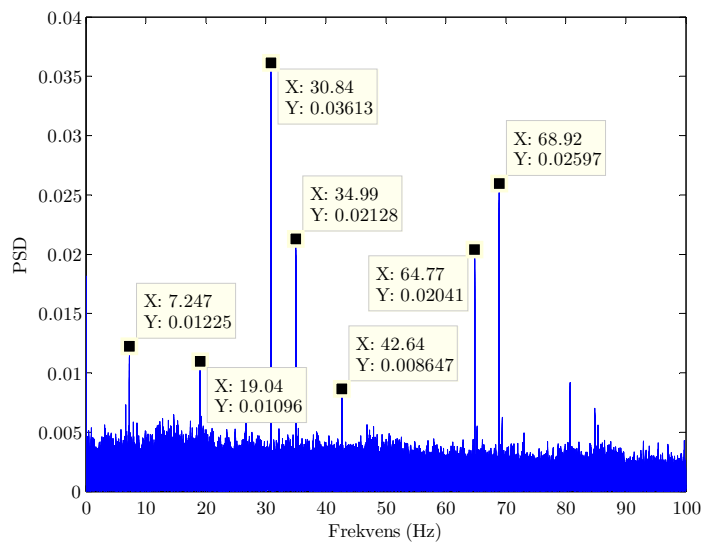
Tabell 1.1: Axellast och axelavstånd för pendeltåg typ X60.

vagn 1			vagn 2		
axellast	axellast	avstånd	axellast	axellast	avstånd
tom vagn	full vagn	till axel	tom vagn	full vagn	till axel
(kN)	(kN)	(m)	(kN)	(kN)	(m)
156	193	0.0	156	193	107.1
156	193	2.4	156	193	109.5
137	191	15.4	137	191	122.5
137	191	18.1	137	191	125.2
144	204	31.8	144	204	138.9
144	204	34.5	144	204	141.6
141	201	48.2	141	201	155.3
141	201	50.9	141	201	158.0
142	202	64.6	142	202	171.7
142	202	67.3	142	202	174.4
137	193	81.0	137	193	188.1
137	193	83.7	137	193	190.8
156	194	96.7	156	194	203.8
156	194	99.1	156	194	206.2

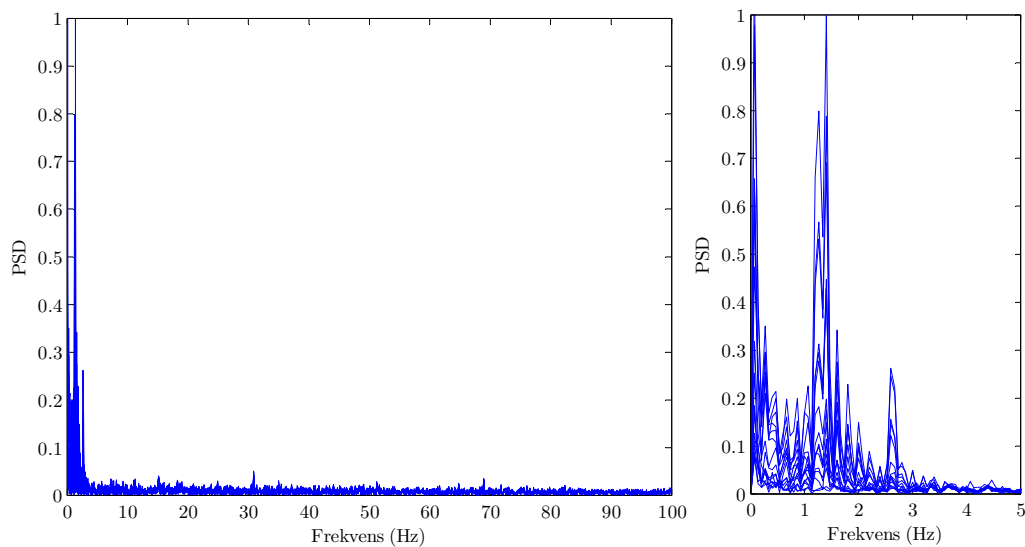
2 Resultat

2.1 Signalkvalitet och filtrering

Figur 2.1 visar frekvensinnehållet i bakgrundsbruset, baserat på en mätning utan trafiklast, samplingsfrekvens 200 Hz och 40 Hz Bessel LP-filter. I Figur 2.2 redovisas motsvarande frekvensinnehåll för passage av ett X60 pendeltåg på västra spåret. Bakgrundsbruset utgör ca: 0.5 % av energiinnehållet från trafiken och högsta spiken i brusnivå är under 4 %. I Figur 2.2 visas att X60-tåget främst inducerar frekvenser under 3 Hz, vilket utgörs av tågets boggiavstånd.



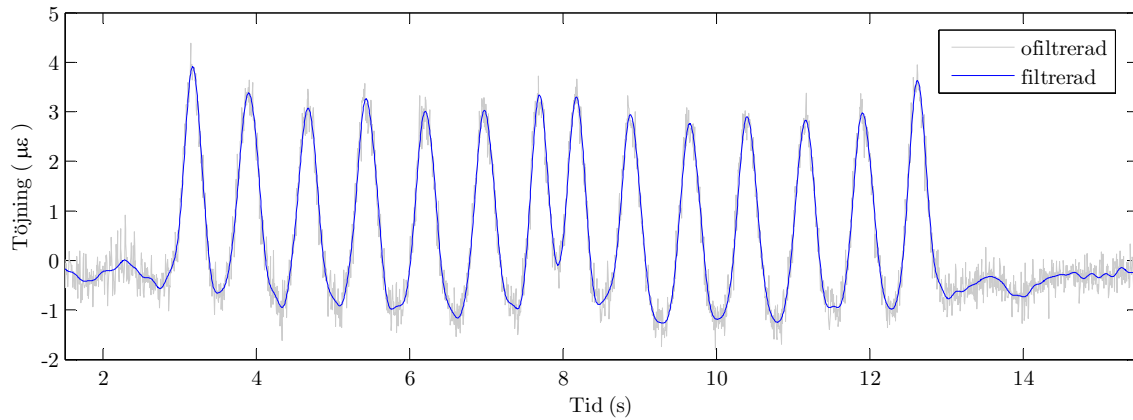
Figur 2.1: Frekvensinnehåll i bakgrundsbrus, mätning 2.



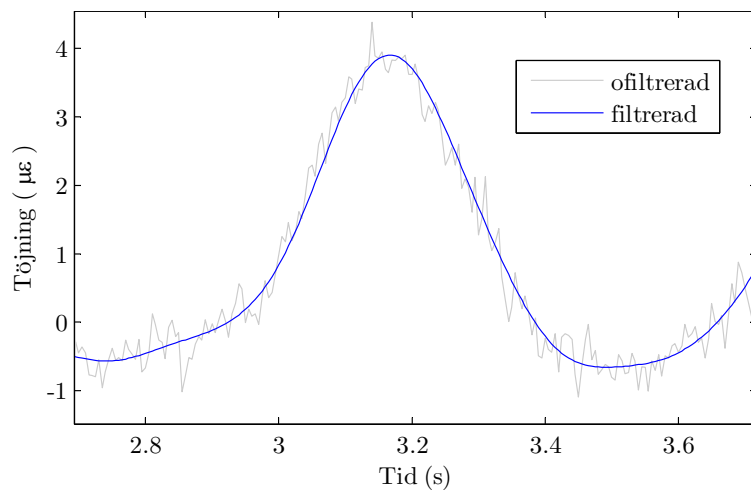
Figur 2.2: Frekvensinnehåll under tågpassage med pendeltåg X60, mätning 2.

2. RESULTAT

Samtliga mätningar filtreras med ett 8:e ordningens Butterworth LP filter kring 5 Hz. En jämförelse mellan ofiltrerad och filtrerad signal, Figur 2.3 och Figur 2.4, visar att spänningsvidden inte förändras märkbart, samtidigt som bakgrundsbruset reduceras markant.

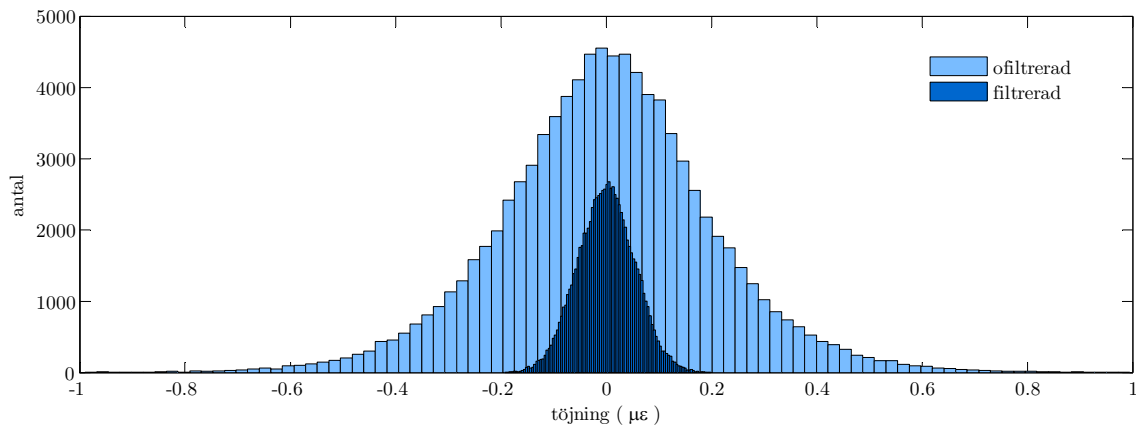


Figur 2.3: Mätning 2 givare 8, passage av X60 tåg på västra spåret. Jämförelse mellan ofiltrerad och filtrerad signal.

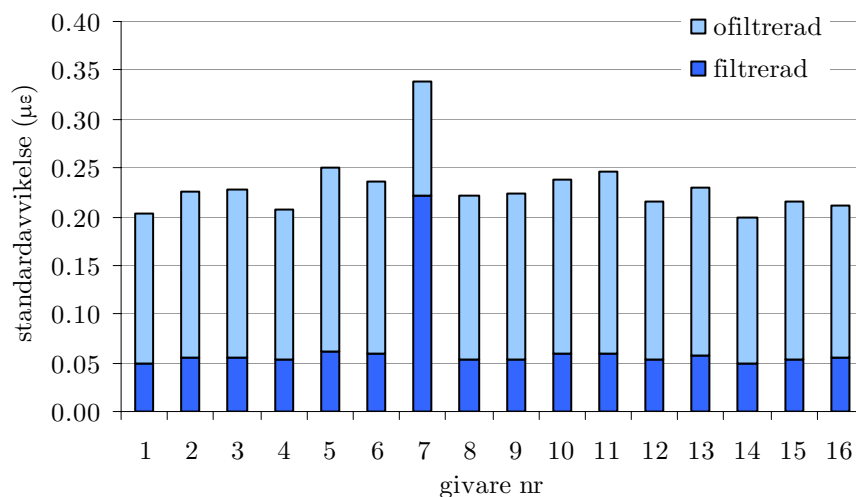


Figur 2.4: Mätning 2 givare 8, passage av X60 tåg på västra spåret. Jämförelse mellan ofiltrerad och filtrerad signal, första boggi.

Figur 2.5 visar bakgrundsbrusets fördelning och standardavvikelsen minskar från 0.2 $\mu\epsilon$ till 0.05 $\mu\epsilon$ vid filtrering. Ett undantag är givare 7, vilken sannolikt är defekt.



Figur 2.5: Fördelning av brus, givare 8 mätning 2, 200 Hz samplingsfrekvens, jämförs med 8:e ordningens Butterworth LP-filter kring 5 Hz.



Figur 2.6: Standardavvikelse för bakgrundsbrus, mätning 2.

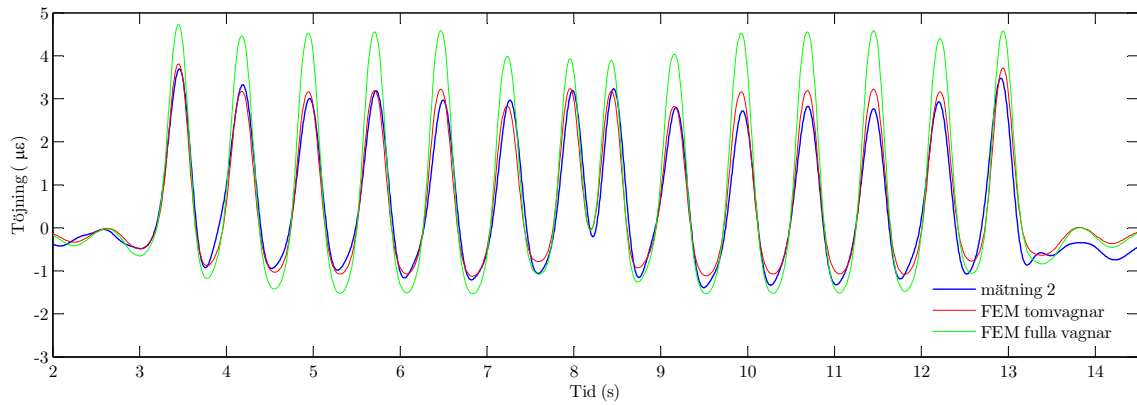
2.2 Resultat pendeltåg

En jämförelse mellan FE-modell och mätningar avseende pendeltåg X60 redovisas i Figur 2.7 och Figur 2.8. Tåget passerade kl. 10:12 och var sannolikt inte fullastat. FE-modellen ger god överensstämmelse för givare 8 och tomma vagnar. Från mätningarna är standardavvikelsen på max-min värdena i genomsnitt $0.12 \mu\epsilon$ och variationskoefficienten 7 %.

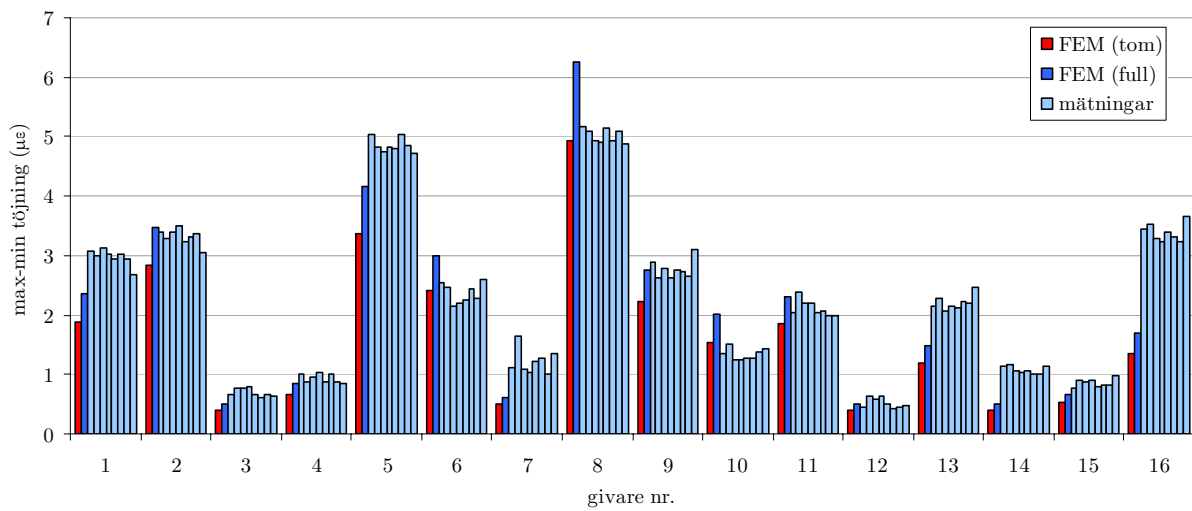
Bäst överensstämmelse fås för givare 8, placerad i hjässan närmast den kant tåget passerar. I de flesta fall är uppmätta töjningar större än beräknade. En bidragande orsak till detta kan vara att givarnas placering i FE-modell och mätningar inte helt överensstämmer, då FE-beräkningarna utfördes innan givarna var instrumenterade. Givare 13 och 16, placerade på tvärgående armering, uppvisar störst skillnad jämfört med beräkningar. Givare 3, 4, 10, 12 och 15 är placerade på bågens östra sida och ger låga påkänningar då pendeltågen passerar på västra spåret. Givare 2 och 11, som mäter på längsgående överkantsarmering på bågens västra kant, uppvisar god

2. RESULTAT

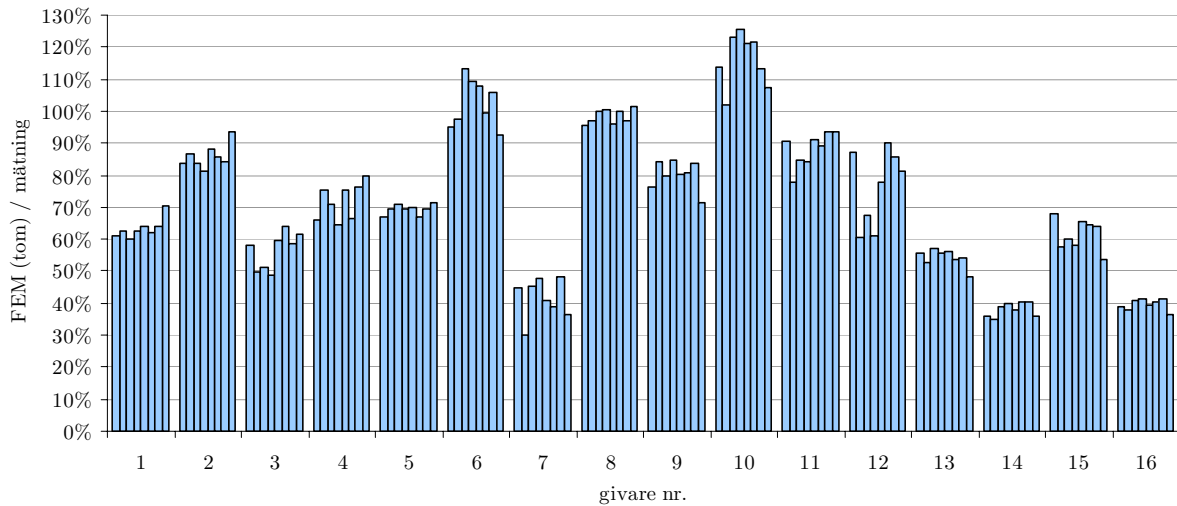
överensstämmelse med beräkningar. Vidare visar givare 6 och 9, som mäter på längsgående armering mellan spåren, på relativt god överensstämmelse.



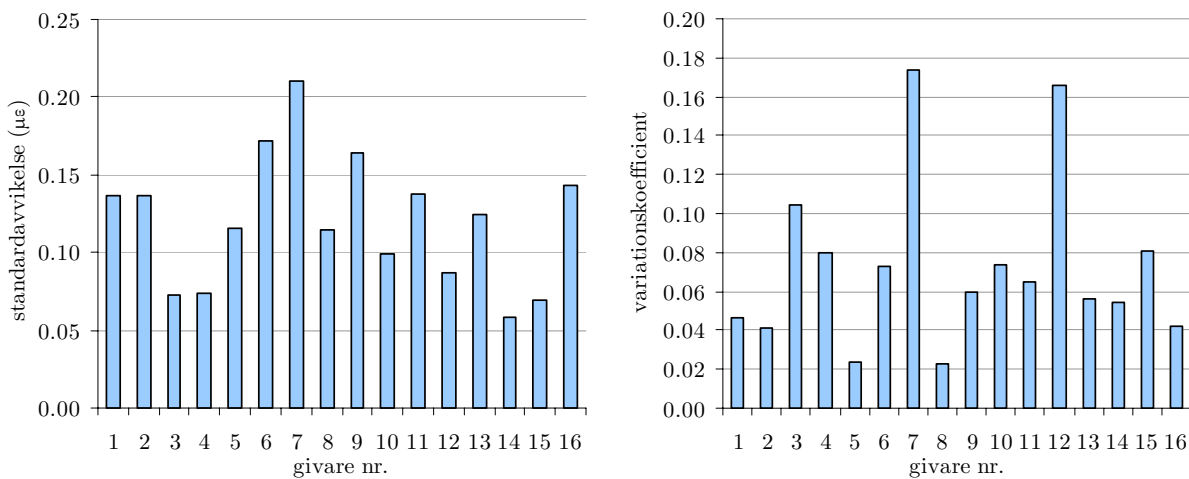
Figur 2.7: Jämförelse mellan FEM och givare 8 mätning 2, X60 tåg på västra spåret.



Figur 2.8: Max-min respons från pendeltåg X60 på västra spåret, FE-modell och mätningar.



Figur 2.9: Skillnad FEM / mätning, max-min för pendeltåg X60.

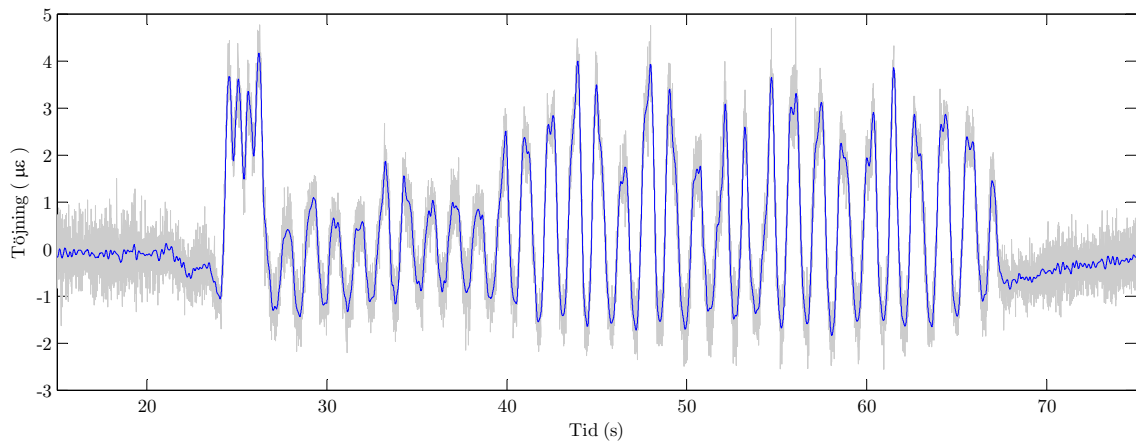


Figur 2.10: Standardavvikelse och variationskoefficient för max-min värde, X60 tåg enligt Figur 2.8.

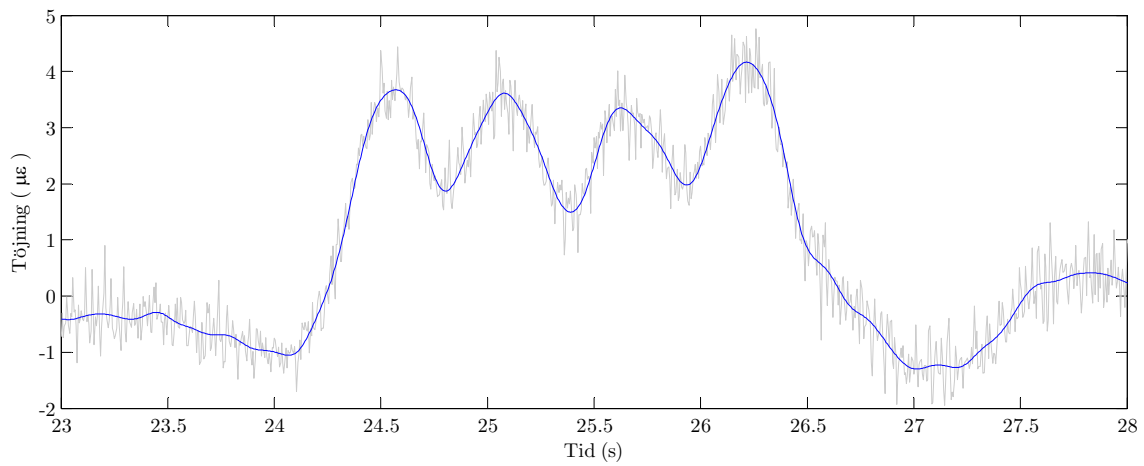
2.3 Resultat godståg

Endast ett godståg uppmättes, vilket passerade på västra spåret kl. 10:46.

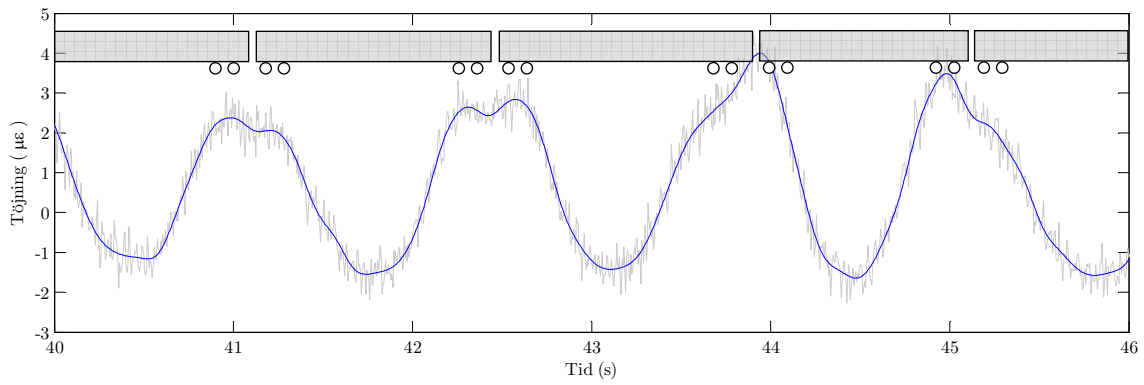
2. RESULTAT



Figur 2.11: Godståg med 30 vagnar på västra spåret, givare 8.



Figur 2.12: 2 RC-lok, givare 8.



Figur 2.13: Respons och placering av godsvagnar, givare 8.

3 Slutsatser

Resultaten, främst omfattande pendeltåg av typ X60 (nya pendeltågen), visar på förhållandevis god överensstämmelse med beräkningar. Mätningarna ger ofta något större påkänningar än beräkningar, men kan till viss del bero på att placering av mätpunkter i modell och fält inte helt överensstämmer. Bäst överensstämmelse fås i hjässan vid den kant trafiken passerar och minst överensstämmelse fås på tvärgående armering. Största uppmätta spänningsvidd är ca: 1 MPa.

Mätningarna utgör referensvärden inför kommande mätningar för att avgöra inverkan av olika förstärkningsetapper.

A Mätningar 2007-10-17

A.1 Mätschema

Tabell A.1: Mätschema.

tid *	mätning nr:	mätinställningar:	tågtyp:	antal vagnar:	spår:	hastighet (km/h):	notering:
09:42	1	100 Hz, 40 Hz LP	X60	2	väst		2 vagnar för X60 avser två dubbelkopplade X60 vagnar
10:12	2	200 Hz, 40 Hz LP	X60	2	väst	78	2 vagnar för X60 avser två dubbelkopplade X60 vagnar
10:14	3		X2		öst		2 vagnar?
10:20	4		X1 / X10	4	väst		
10:22	5		X2		öst		
10:25	6		X60	2	väst	74	
10:27	7		fjärrtåg	4	öst		RC6 lok med 4 vagnar
10:30	8		X10	4	väst		
10:42	9		X60	2	väst	83	
10:43	10		X40	2?	öst		dubbeldäckare, fick endast med sista axeln
10:46	10		goods	27	väst		2 st RC-lok med 27 vagnar, minst 2 vagnar har trippelboggi, lok nr. 2 är av typ RC4
10:57	11		X60	2	väst	81	
10:58	12		X40	3?	öst		
11:02	13		X60	2	väst	79	
11:12	14		X60	2	väst	81	
11:16	15		X60	2	väst	82	
11:24	16		X2	6	öst?		
11:26	17		X10?	4?	väst		
11:36	18	2.4 kHz, 900 Hz LP					inga tåg, mätning av bakgrundsbrus
11:41	19	4.8 kHz, 900 Hz LP	RC-lok?		väst		
11:42	19	4.8 kHz, 900 Hz LP	X60	2	väst	65	inga passagerare?

* Bin-filerna är sparade ih innan mätningen (Ih fel på Claes dator?)

datum: 2007-10-17
etapp: befintlig båge innan försträckning
Allmänt: molnigt, ca: 11 ° C under mätningarna. Nedan angivna hastigheter är uppskattade på plats. Givare 7 är sannolikt defekt. Nedan redovisade sammanställning baseras på noteringar på plats. "x Hz LP" avser Bessel lågpass filter. Under mätningarna pågick viss entreprenadverksamhet med bormaskiner etc. Samtliga tåg passerar nedspårs (söderut). Samtliga givare är utförda i halvbygga och mätresultaten från *.BIN-filerna ska divideras med bryggfaktorn 1+ ν . Data nedan har reviderats av Gerry. Givare 1 och 2 samt 3 och 4 har bytt plats jämfört med tidigare mättrapport (givare 1 och 3 utk, 2 och 4 ök)