



**KTH Architecture and  
the Built Environment**

# Gamla Årstabron

Förslag till varselgränser under  
vattenbilning fas 3, undersida båge 2



*Brobyggnad*

---

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

©Andreas Andersson 2008  
Royal Institute of Technology (KTH)  
Department of Civil and Architectural Engineering  
Division of Structural Design and Bridges  
Stockholm, Sweden, 2008

# Sammanfattning

I följande rapport redovisas förslag till varselgränser under vattenbilning fas 3, undersida båge 2. Varselgränserna definieras som dubbla förväntat värde från töjningsmätningar. Förväntade värden beräknas med en linjär FE-modell beskriven i "*Gamla Årstabron, Några beräkningar inför fältmätningar 2007*", KTH Brobyggnad, juli 2007. Beräkningsmodellen har tidigare visat god överensstämmelse med töjningsmätningar under fas 0, (ursprunglig bro, utförda 2007-10-17) och under fas 1 (efter vattenbilning av bågens östra kant, utförda 2007-11-07).

Efter vattenbilning fas 3 förväntas en ökning i respons på som mest 35 % av trafiklast i aktuella mätpunkter, baserat på 50 mm vattenbilningsdjup. Erfarenheten från tidigare mätningar är att responsen från trafiklast är liten, i storleksordningen 1 MPa i armeringen.

## Förslag till varselgränser under fas 3

I Tabell 1 och Tabell 2 nedan redovisas föreslagna varselgränser under vattenbilning fas 3. Värdena är beräknade som 2 gånger förväntat värde, baserat på FE-modeller och kalibrering mot tidigare mätningar. Markerade värden anger givare med störst respons, avrundade uppåt med intervallet  $5 \mu\epsilon$ . Givare 8 sitter på ursprunglig underkantsarmering vid hjässans västra kant, givare 10 på motsvarande punkt på östra kanten, givare 15 sitter på underkantsarmering i den östra bågstrimlans hjässa, givare 7 på ursprunglig underkantsarmering i fjärdedelspunkten vid östra kanten och givare 14 på motsvarande punkt i den östra bågstrimlan.

P.g.a. skillnad mellan givarnas placering vid instrumentering jämfört med FE-modellen samt osäkerheter i tågmodellerna, kan viss skillnad förekomma jämfört med förväntade värden. Tidigare analyser av mätningar under fas 0 och fas 1 har visat att beräknad respons från pendeltåg X60 ger bäst överensstämmelse med mätningarna. Beräkningarna underskattar dragpåkänningen från fjärrtåg X2 något, främst för givare som ger små responser. Bäst noggrannhet mellan olika etapper fås för givare som inte återinstrumenterats, beroende på givarnas nya placering och noggrannhet vid instrumentering.

Tabell 1: Förslag till varselgränser, dragtöjningar ( $\mu\epsilon$ ) i armering under vattenbilning fas 3. Numrering av givare följer Figur 5. Markerade värden anger givare med största påkänning.

Givare	X2 (öst)	X60 (väst)	RC4 (öst)	RC4 (väst)	X40 (öst)
1	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2
4	2	2	2	2	2
5	2	2	2	2	2
6	2	2	2	2	2
7	2	2	2	2	2
8	2	15	2	15	2
9	2	2	2	2	2
10	10	2	15	2	10
11	2	2	2	2	2
12	2	2	2	2	2
13	6	4	2	4	2
14	2	2	2	2	2
15	15	4	20	2	20
16	2	4	2	4	2

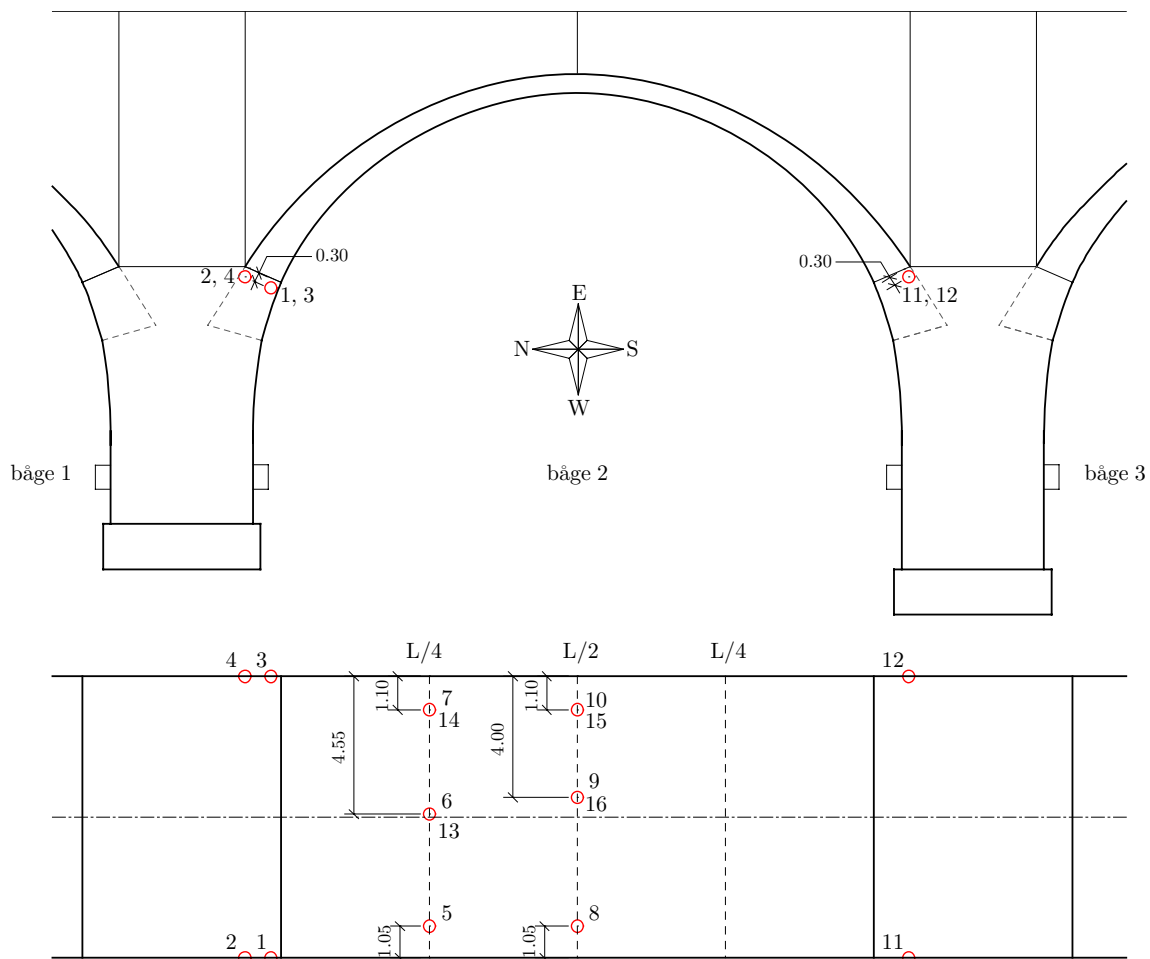
Tabell 2: Förslag till varselgränser, trycktöjningar ( $\mu\epsilon$ ) i armering under vattenbilning fas 3. Numrering av givare följer Figur 5. Markerade värden anger givare med största påkänning.

Givare	X2 (öst)	X60 (väst)	RC4 (öst)	RC4 (väst)	X40 (öst)
1	-2	-6	-2	-8	-2
2	-2	-6	-2	-6	-2
3	-6	-2	-6	-2	-6
4	-6	-2	-8	-2	-8
5	-2	-8	-2	-8	-2
6	-6	-6	-6	-8	-8
7	-6	-2	-8	-2	-10
8	-2	-4	-2	-2	-2
9	-4	-6	-2	-4	-2
10	-4	-2	-2	-2	-2
11	-2	-6	-2	-6	-2
12	-4	-2	-6	-2	-6
13	-2	-2	-2	-2	-2
14	-6	-2	-8	-2	-10
15	-2	-2	-2	-2	-2
16	-2	-2	-2	-2	-2

# Resultat från tidigare mätningar

## Instrumentering

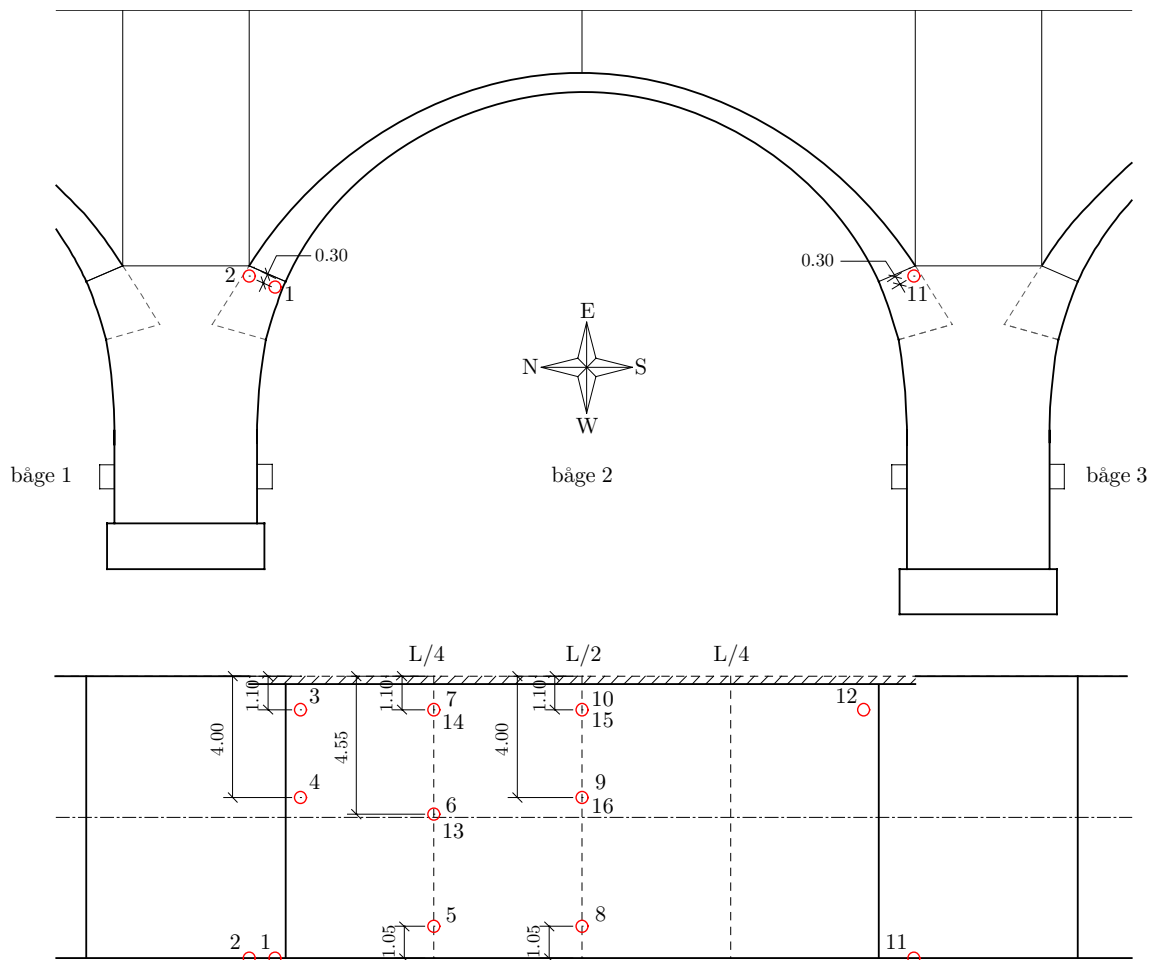
I Figur 1 - Figur 5 nedan redovisas instrumentering under fas 1 – fas 3. Figur 6 visar motsvarande resultatpunkter i FE-modellen som används vid beräkningarna. Givarnas position i FE-modellen överensstämmer inte alltid med verklig instrumentering och under vissa faser är även numreringen olika. I sammanställning av resultat avser numrering den verkliga instrumenteringen.



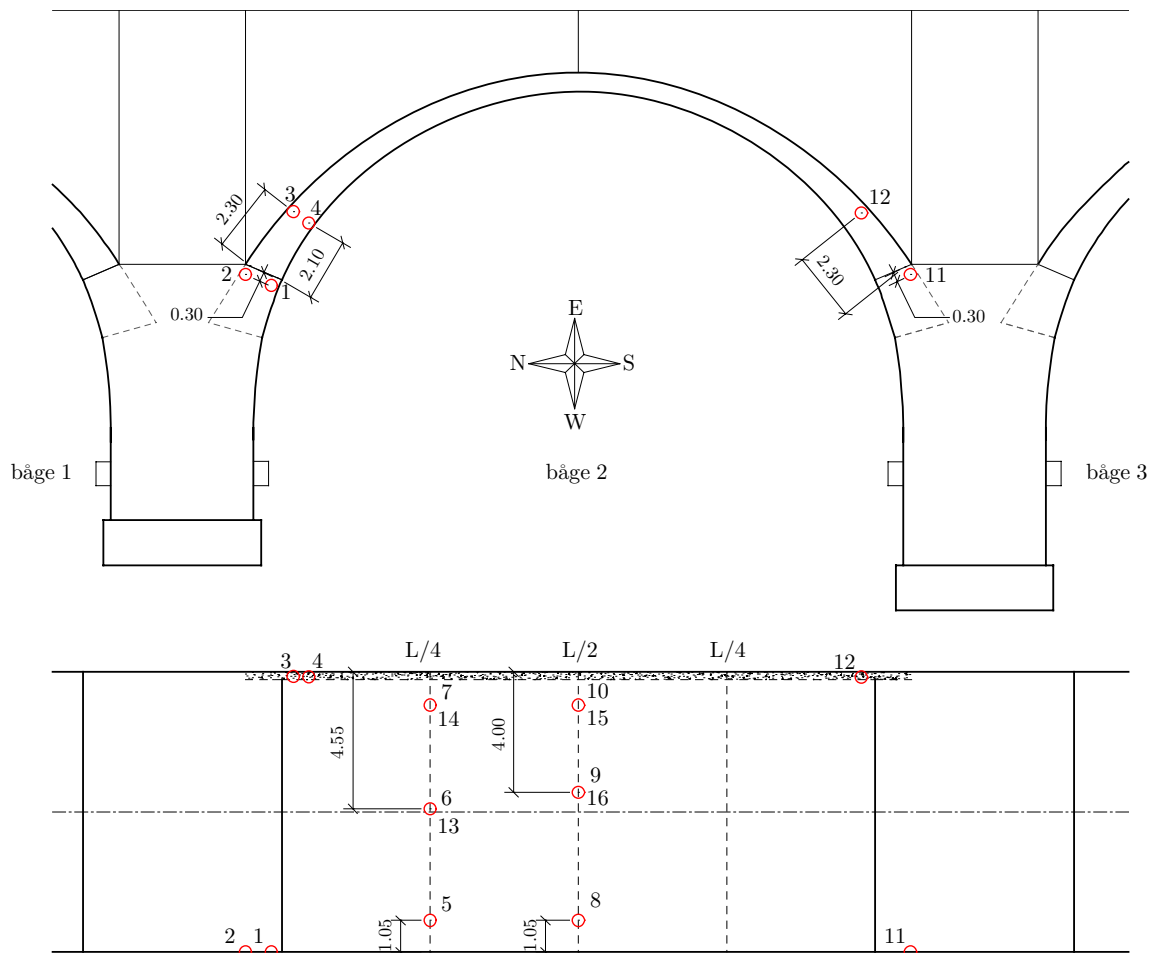
Figur 1: Instrumentering fas 0, ursprunglig oförstärkt båge. Givare 1 – 10 och 11 – 12 mäter töjning på längsgående underkantsarmering, givare 13 – 16 mäter töjning på tvärgående underkantsarmering.

Vid anfangen är givare 1 – 4 samt 11 – 12 instrumenterade ca: 0.3 m under slutstenen. Motsvarande resultatpunkter sitter ca: 0.4 m ovan slutstenen i FE-modellen. Givare 1 – 2 och 3 – 4 har omvänd numrering i FE-modellen. Armeringens som givare 1 – 4 samt 11 och 12 instrumenteras på ligger ca 0.1 m djup. Givare 5, 7, 8 och 10 placeras ca:

1.1 m in från bågens ytterkant. I FE-modellen sitter resultatpunkterna ca: 0.6 m från kanten på den västra sidan (givare 1, 2, 5, 8 och 11). På östra sidan sitter resultatpunkterna 0.6 m för givare 3 och 4, 1.5 m för givare 7 och 10. I de nya bågstrimlorna sitter givare 11<sub>2</sub> – 14<sub>2</sub> i ytterkant.

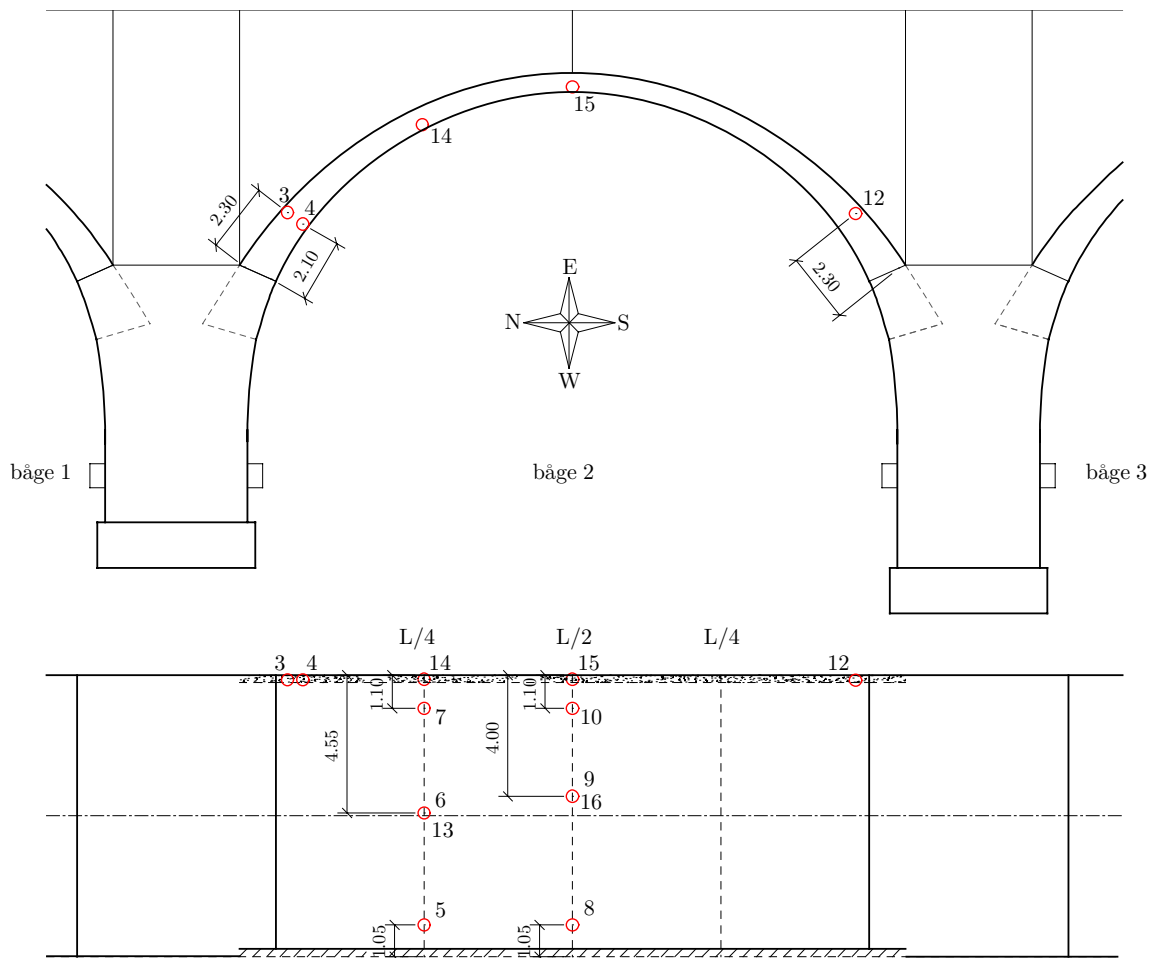


Figur 2: Instrumentering fas 1a, efter vattenbilning av bågens östa kant. Givare 3, 4 och 12 försvinner under vattenbilning och ersätts med nya givare på längsgående underkantsarmering i nya positioner.



Figur 3: Instrumentering fas 1b, efter återgjutning av bågens östa kant. Givare 3, 4 och 12 instrumenteras på längsgående underkantsarmering i nygjuten bågstrimla.

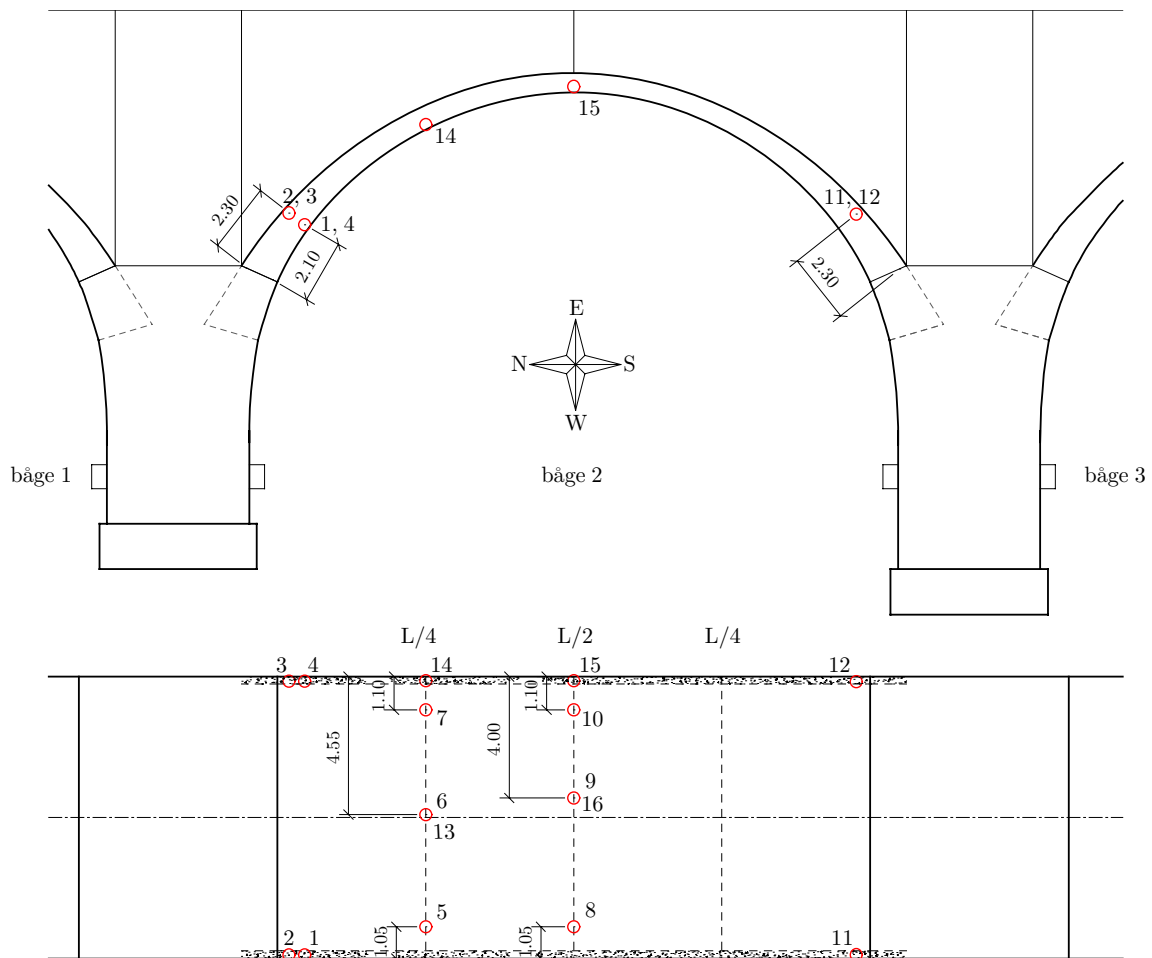
I FE-modellen används samma resultatpunkter vid anfangen som tidigare, dvs. ca: 0.4 m ovan slutstenen. Givare 3, 4 och 12 instrumenterades ca: 2.1 – 2.3 m ovan slutstenen varvid viss skillnad i jämförelser mellan mätningar och FE-modell förväntas.



Figur 4: Fas 2a, efter vattenbilning av den västra kanten. Givare 1, 2 och 11 försvinner under vattenbilning. Givare 14 och 15 flyttas till längsgående underkantsarmering i den östra bågstrimlan. Vid mätningarna 080208 hade givare 14 och 15 ej flyttats.

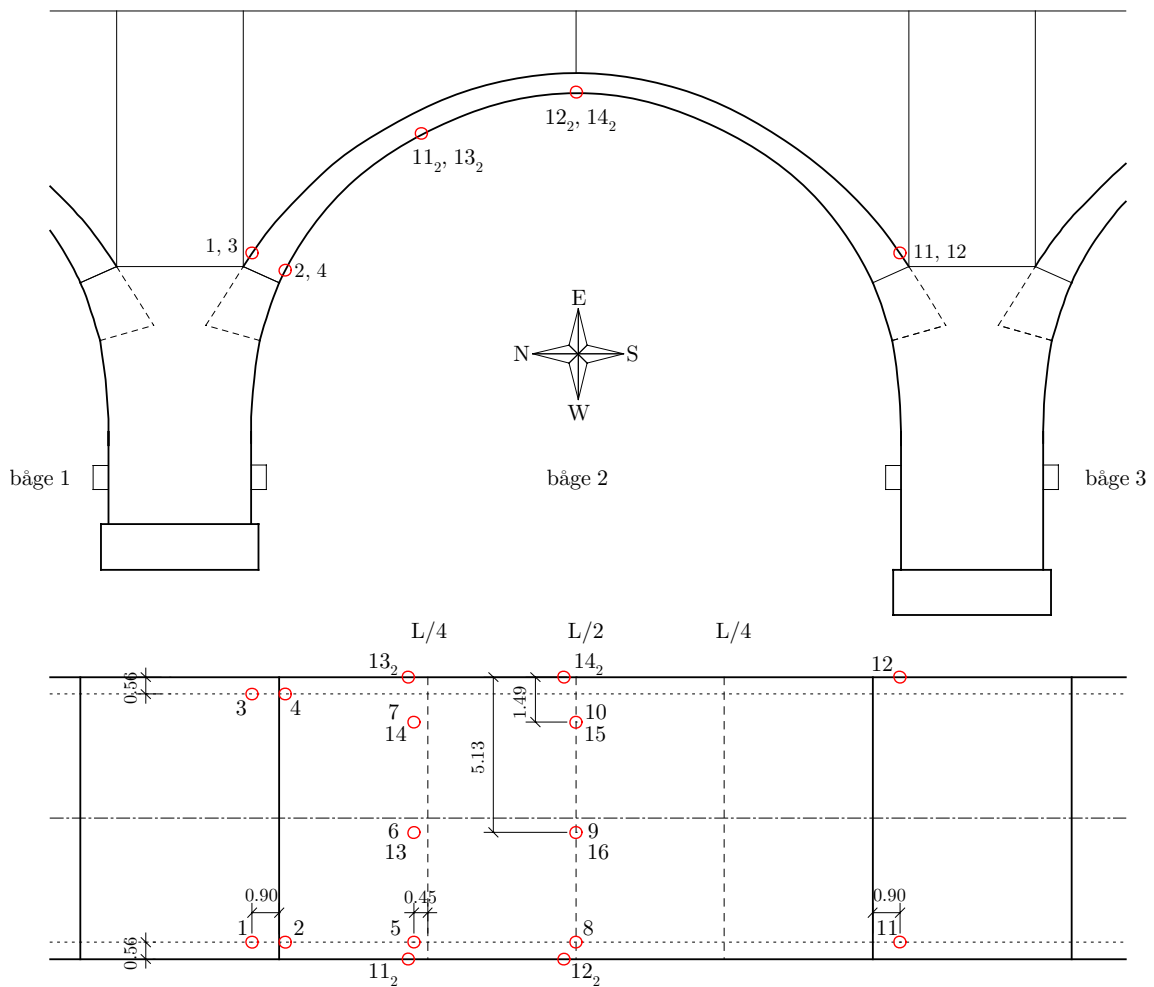
I FE-modellen motsvaras givare 14 av 13<sub>2</sub> och givare 15 av 14<sub>2</sub>.





Figur 5: Fas 2b, efter återgjutning av bågens vänstra kant. Givare 1, 2 och 11 instrumenteras på längsgående underkantsarmering i den vänstra bågstrimlan.

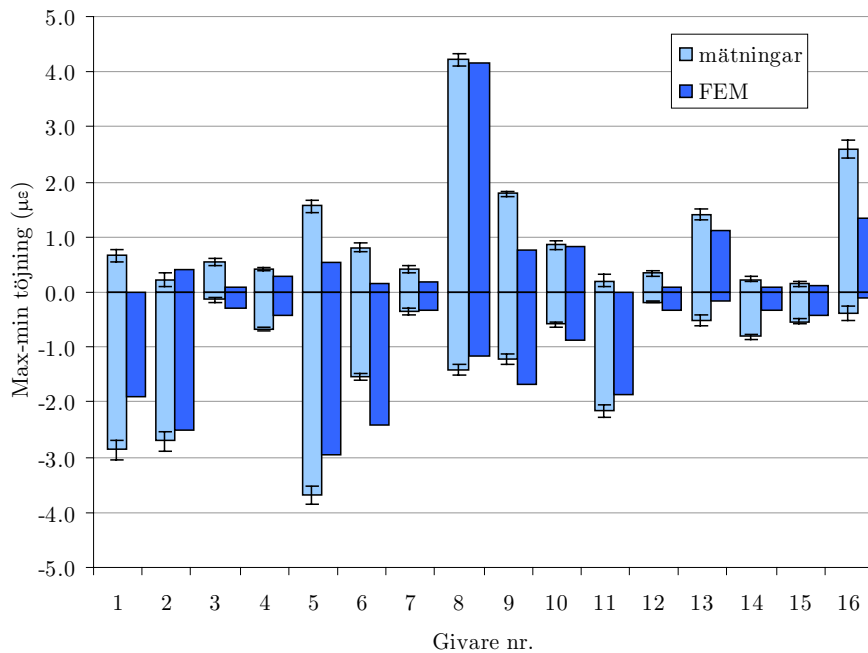
I FE-modellen används samma resultatpunkter vid anfangen som tidigare, dvs. ca: 0.4 m ovan slutstenen. Givare 1, 2 och 11 instrumenterades ca: 2.1 – 2.3 m ovan slutstenen varvid viss skillnad i jämförelser mellan mätningar och FE-modell förväntas.



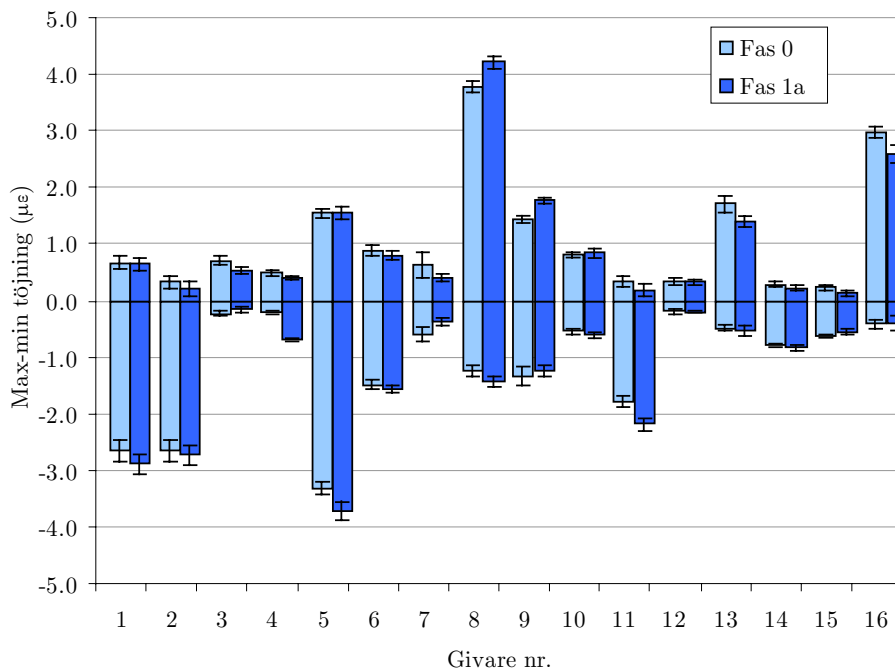
Figur 6: Resultatpunkter från FE-modell. Givare 1 – 12 mäter töjning på befintlig längsgående armering, givare 13 – 16 mäter töjning på befintlig tvärgående armering, givare 11<sub>2</sub> – 14<sub>2</sub> mäter töjning på längsgående armering i nya bågstrimlor.

Numrering av punkter i FE-modellen skiljer sig åt från mätningarna och i sammanställningar avses instrumenterade givares placering. Detta omfattar givare 1 – 4 samt 13 – 16.

## Pendeltåg X60

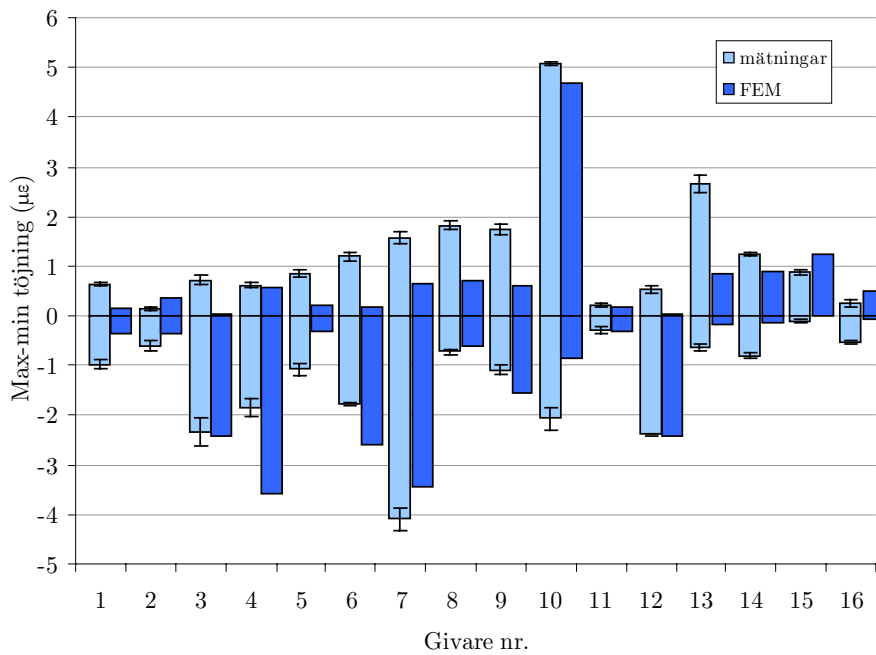


Figur 7: Fas 1a, efter vattenbilning av bågens östra kant. Max- och min respons från pendeltåg X60 på västra spåret, jämförelse mellan mätningar och FE-modell (tomvagnar).

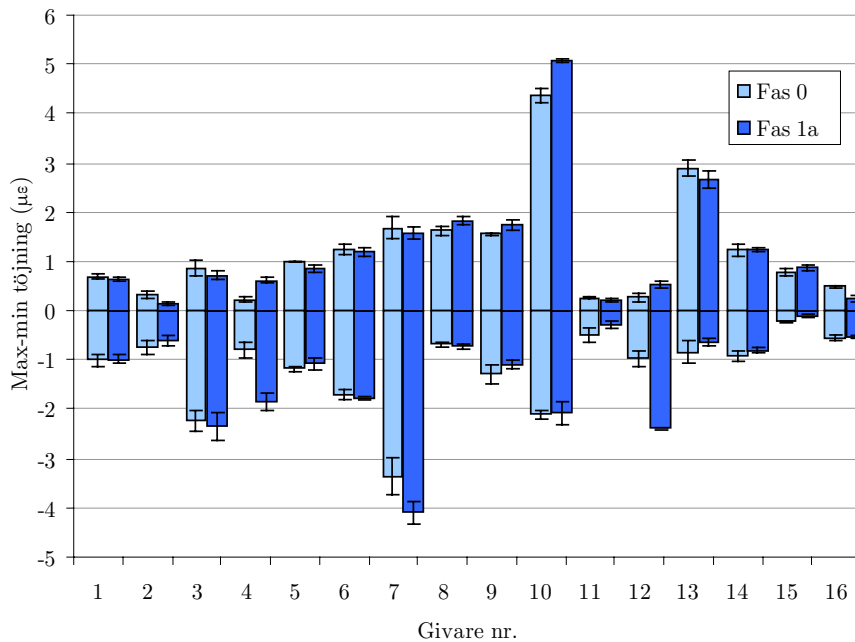


Figur 8: Skillnad i respons från mätningar under fas 0 och fas 1a, pendeltåg X60 på västra spåret.

## Fjärrtåg X2



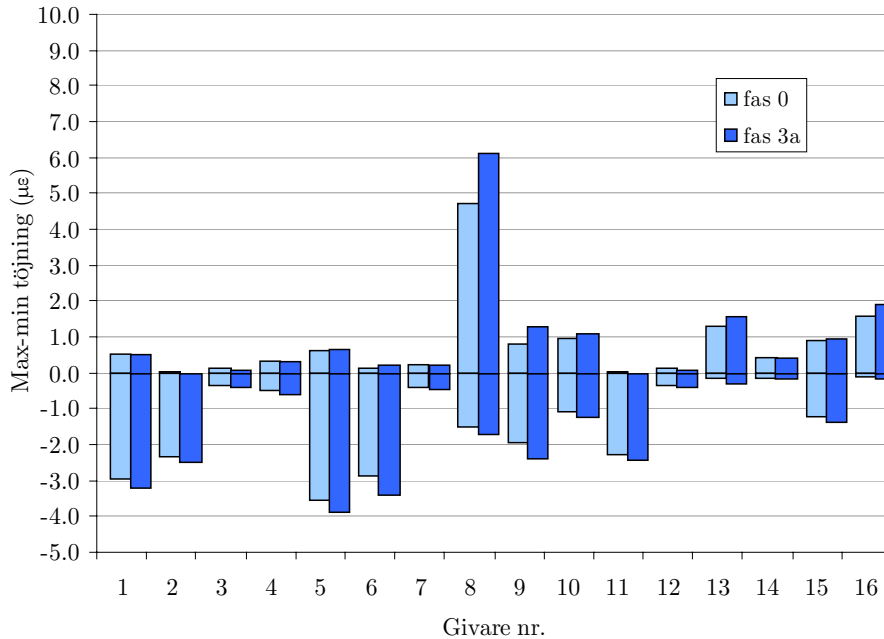
Figur 9: Fas 1a, efter vattenbilning av bågens östra kant. Max- och min respons från fjärrtåg X2 på östra spåret, jämförelse mellan mätningar och FE-modell (tomvagnar).



Figur 10: Skillnad i respons från mätningar under fas 0 och fas 1a, fjärrtåg X2 på östra spåret.

# Förväntade resultat under fas 3

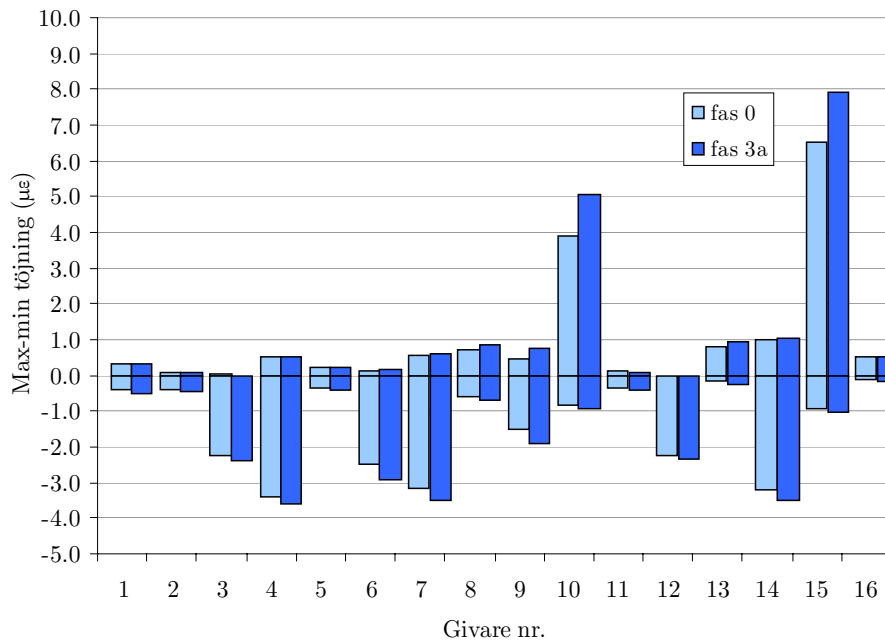
## Pendeltåg X60



Figur 11: Pendeltåg X60 (2 vagnar) på västra spåret, beräknade påkänningar för fulla vagnar, jämförelse mellan fas 0 och fas 3a, efter vattenbilning undersida båge. Givarnas numrering följer Figur 5, efter fas 2b.

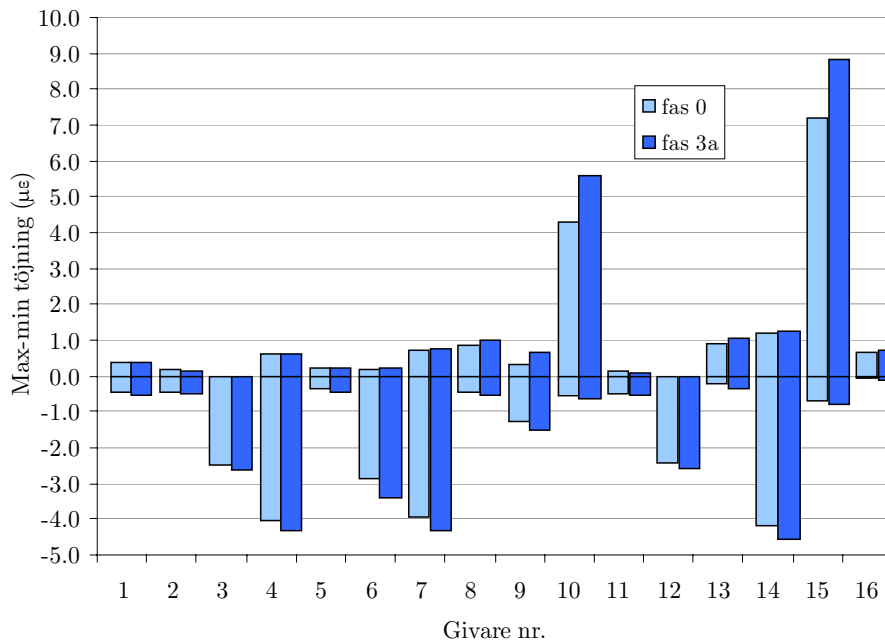
Givare 14 och 15 mäter längsgående töjning på underkantsarmering i den östra bågstrimlan. Dessa mätpunkter fanns inte under fas 0 – fas 1, men kan till viss del jämföras med givare 7 och 10 vid bågens östra kant.

## Fjärrtåg X2

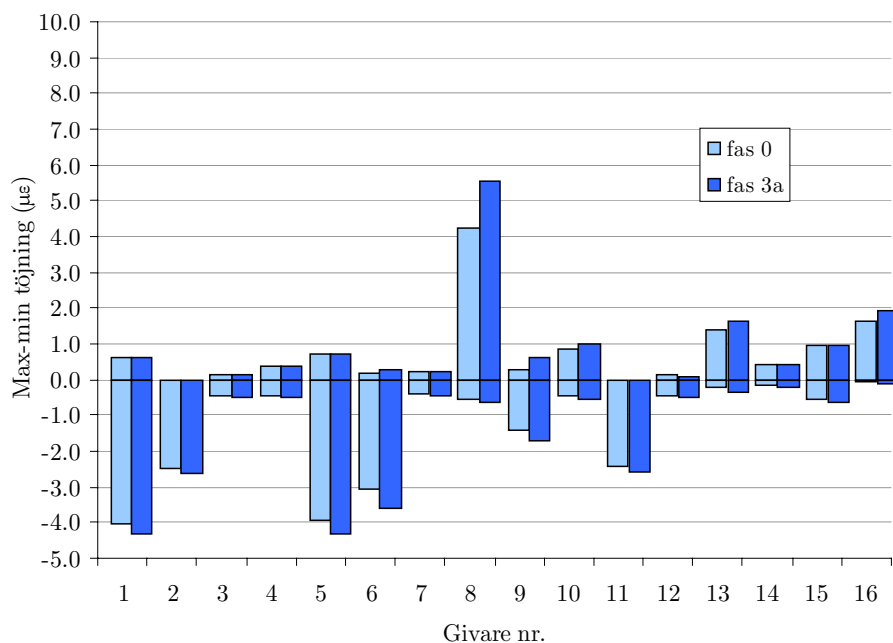


Figur 12: Fjärrtåg X2 (6 vagnar) på östra spåret, beräknade påkänningar för fulla vagnar, jämförelse mellan fas 0 och fas 3a, efter vattenbilning undersida båge. Givarnas numrering följer Figur 5, efter fas 2b.

## RC4 lok

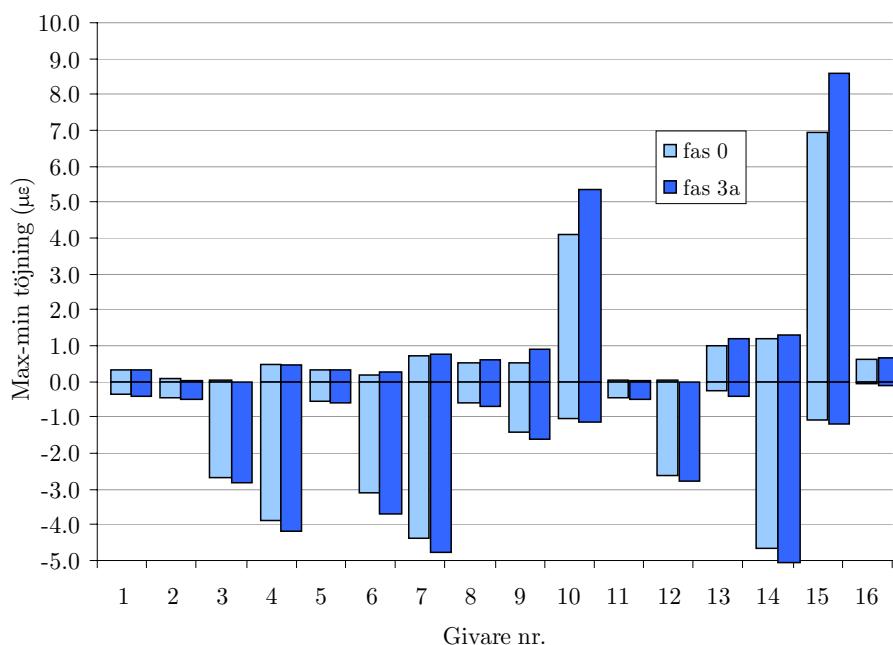


Figur 13: Ett RC4-lok på östra spåret, jämförelse mellan fas 0 och fas 3a, efter vattenbilning undersida båge. Givarnas numrering följer Figur 5, efter fas 2b.



Figur 14: Ett RC4-lok på västra spåret, jämförelse mellan fas 0 och fas 3a, efter vattenbilning undersida båge. Givarnas numrering följer Figur 5, efter fas 2b.

## Regionaltåg X40



Figur 15: Regionaltåg X40 (6 vagnar) på östra spåret, beräknade påkänningar för fulla vagnar, jämförelse mellan fas 0 och fas 3a, efter vattenbilning undersida båge. Givarnas numrering följer Figur 5, efter fas 2b.