

INSTRUMENTERING AV BETONGDAMMAR – ERFARENHETER

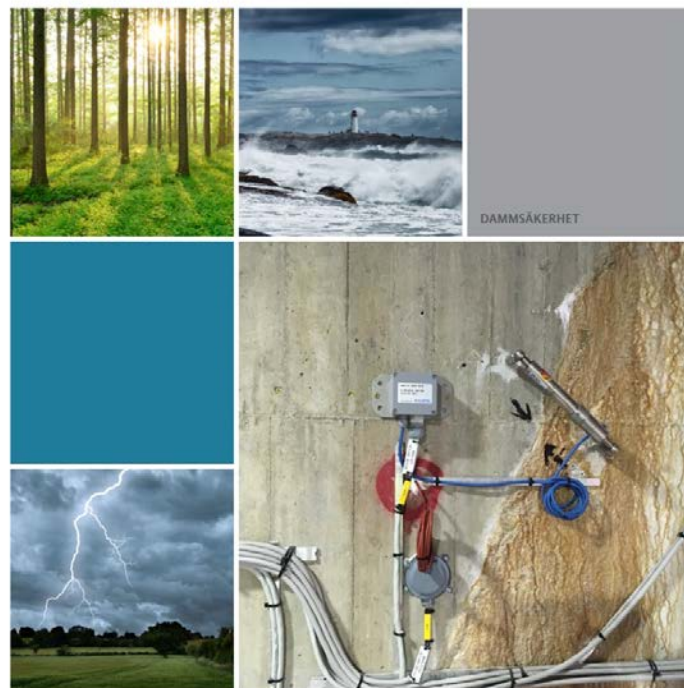
Kraftindustrins betongdag 2022-03-16

Benny Mohlin

Kombination av två Energiforsk-rapporter

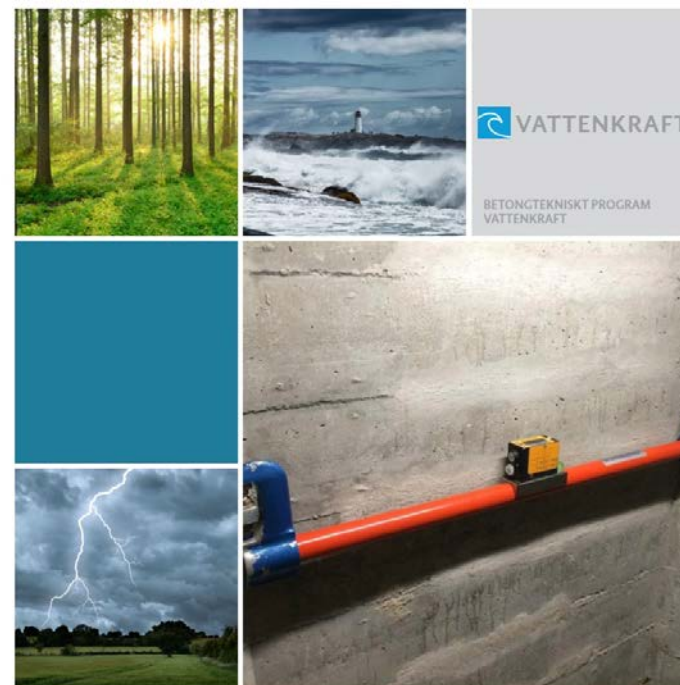
ERFARENHETER AV DAMMINSTRUMENTERING

RAPPORT 2019:577



KARTLÄGGNING AV INSTRUMENTERINGSSYSTEM FÖR BETONGDAMMAR

RAPPORT 2019:596



Introduktion

- Två olika rapporter inom Energiforsks regi, dels inom betongprogram vattenkraft, dels inom Dammsäkerhetstekniskt utvecklingsprogram 2016-2019

Kartläggning av instrumenteringssystem för betongdammar - 2019

– Richard Malm, Benny Mohlin & Jonas Enzell

Erfarenheter av damminstrumentering - 2019

– Benny Mohlin & Amanda Åström

- Kartläggning av instrumenteringssystem för betongdammar

-Översikt av olika mätsystem och utrustning för instrumentering och övervakning av betongdammar, inkl. beskriva möjligheter och begränsningar med olika mätsystem och givare.

De aspekter som behandlas i rapporten är

- Syfte med instrumentering – behov av övervakning
- Typer av mätsystem och deras för- och nackdelar
- Typer av givare / sensorer och deras för- och nackdelar
- Viktiga aspekter vid installation och funktionskontroll
- Behov av underhåll



Introduktion

Erfarenheter av damminstrumentering - 2019

– Översiktlig beskrivning av instrumentering i betongdammars berggrundläggning, instrumentering av betongdammens konstruktion samt fyllningsdammars instrumenteringsbehov.

De aspekter som behandlas i rapporten är

- Identifierade brister i damminstrumenteringsprojekt såsom:
- Kompetensbrister vid projektering
- Kompetensbrister hos beställare vid upphandling
- Kompetensbrist hos entreprenörer
- Kompetensbrist hos driftspersonal vid funktionstester och underhåll
- Utbildningsförslag



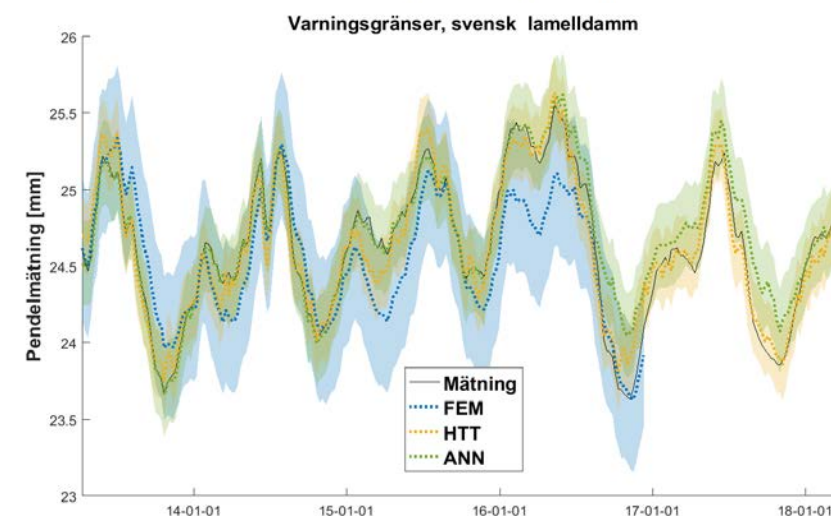
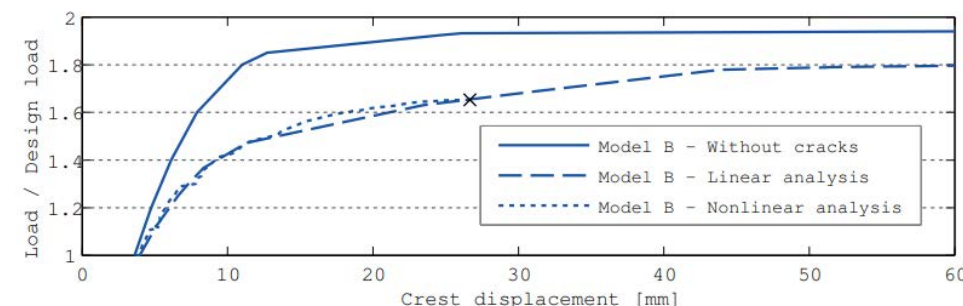
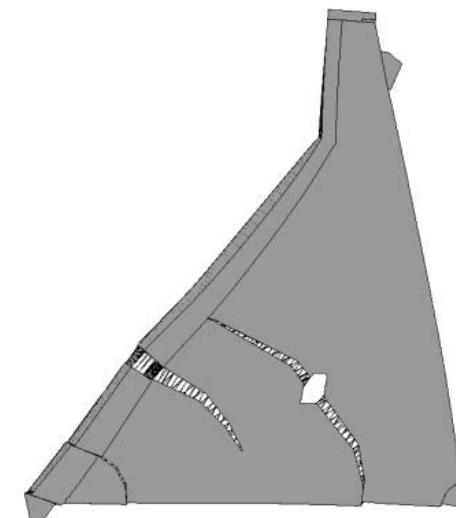
Dammövervakning

- Tillståndskontroll av befintliga dammanläggningar innefattar övervakning och kontrollaktiviteter så som
 - Inspektioner
 - Driftmässig tillsyn
 - Instrumentering och mätningar
 - Värdering av mätdata
 - Funktionskontroller
- Syftet med övervakning av dammar och övriga typer av konstruktioner är främst att upptäcka eventuella förändringar och därmed kontrollera att konstruktionen beter sig som förväntat
- Målet med att upptäcka förändringarna är att kunna få tidiga indikationer om konstruktionens respons förändras både på lång sikt eller på kort sikt.

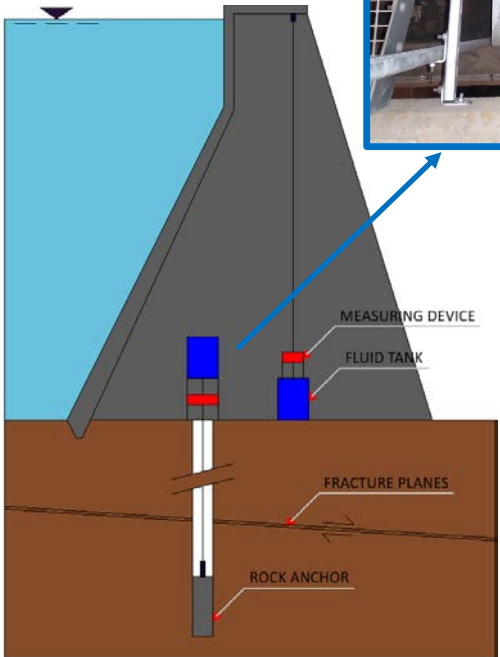


Dammövervakning

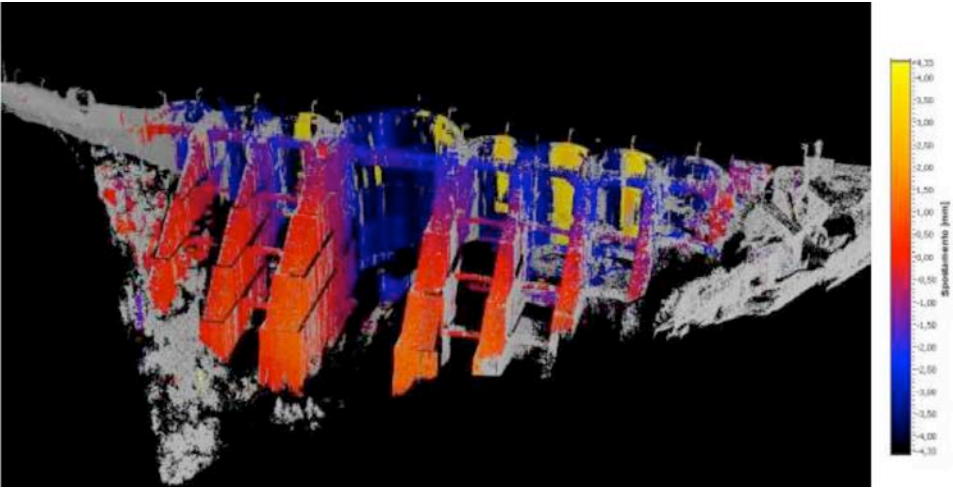
- Viktigt att välja lämplig instrumentering, detta innefattar dels beslut om
 - var givare ska placeras (så att de tidigt kan indikera olika möjliga brottscenarios),
 - vilken typ av givare som ska användas (så att rätt typ av beteende och parameter övervakas),
 - förväntade mätvärden vid normal drift men även vid en eventuell initiering av ett brott (så att givare med tillräcklig känslighet väljs och att lämpliga larm och/eller varningsnivåer kan definieras vid behov)
- Denna presentation projekt fokuserar på punkt nummer två. (övriga punkter hanteras i andra projekt inom Energiforsk och Svenskt vattenkraftcentrum)



Globala deformationsgivare



Hängande resp inverterad pendel



Markbaserad radar



Lasergivare

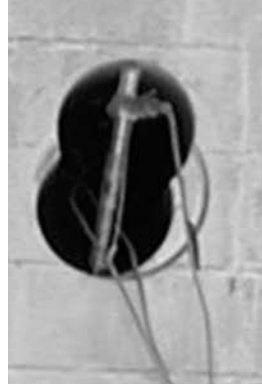
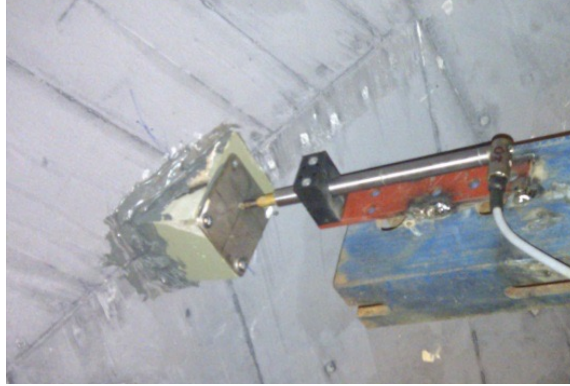
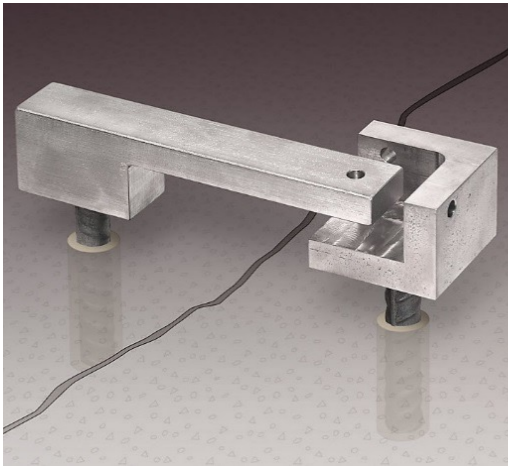


Tiltsensor

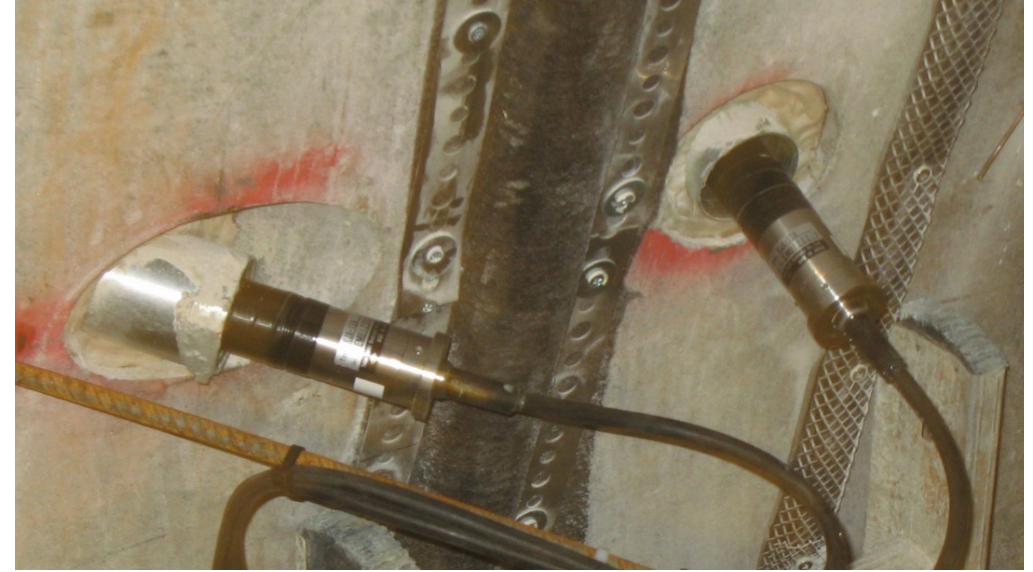


Totalstation

Lokala deformationsgivare



LVDT givare



Joint-meter



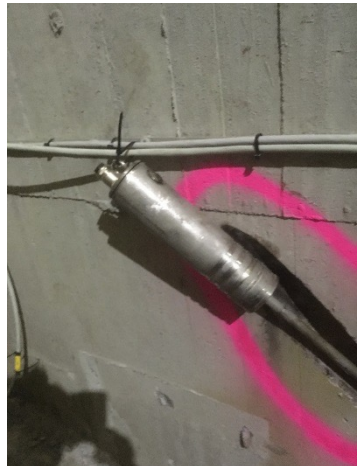
Sprickgivare



Töjnings och spänningsgivare



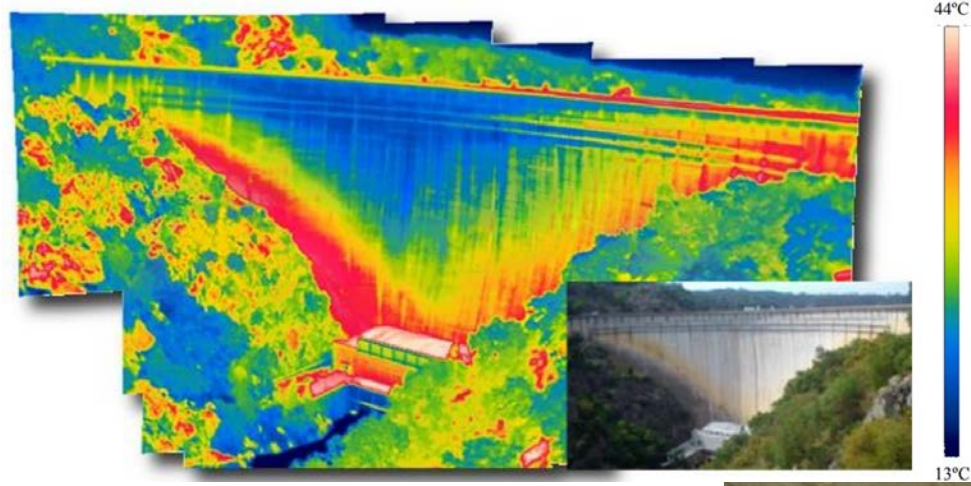
Extensometer



Temperaturgivare

- Temperaturvariationer, så som värmeutveckling under hydratation, säsongsb beroende variationer, uppvärmning pga aggregatnära konstruktioner etc, har stor inverkan på betongdammar.
 - Är en av de dominerande orsakerna till den sprickbild som ofta finns på dammar
- SMHIs klimatdatabas ger oftast god information om omgivningsklimatet men särskilt viktigt att lokala anläggningsspecifika temperaturer övervakas, så som t.ex. betongtemperaturer eller temperaturen i inre delar samt temperaturvariationer med stora osäkerheter, dvs magasinstemperaturen
- Mätnoggrannhet varierar mellan olika fabrikat (beror på material), typiskt $> 0,1\text{ °C}$

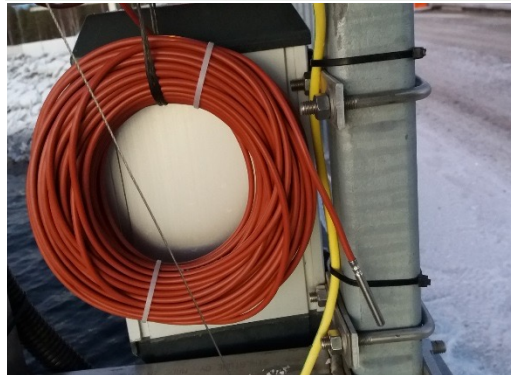
Temperaturgivare



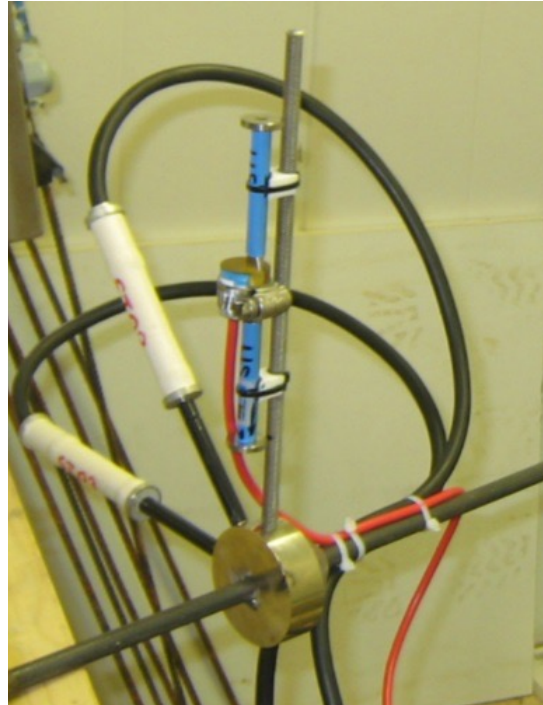
Värmekamera



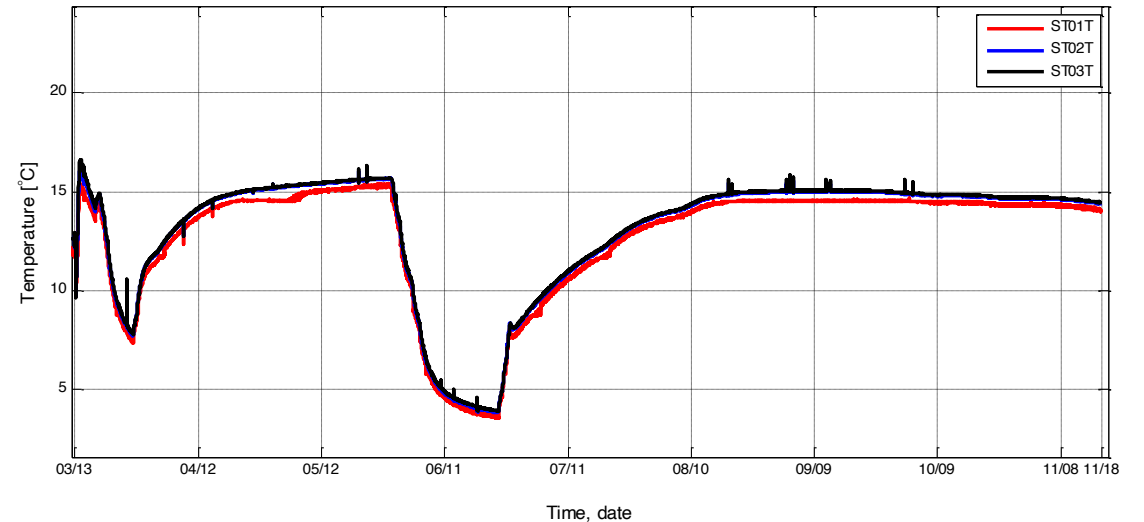
Fiberoptiska givare



Templinor



Kombinerade töjning/tempgivare



Exempel på resultat från termoelement resp. termistor

Andra typer av mätningar



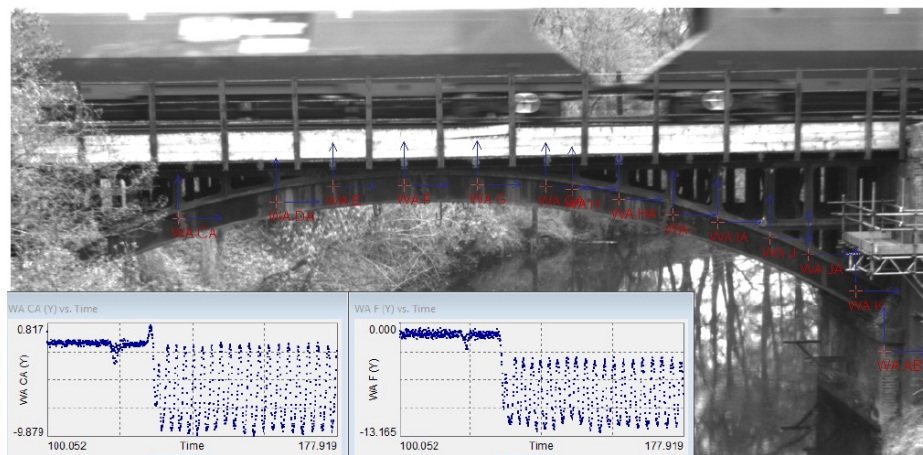
Accelerometer



Lastceller



Islastmätningar



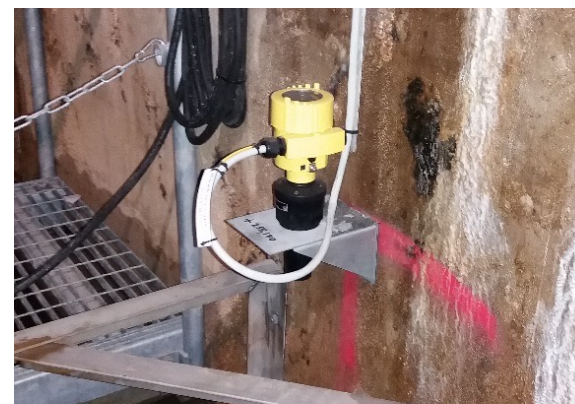
Fotogrammetri



Vatten – läckage, upptryck och fukt vid betongdammar

- Globalt läckage – mätöverfall och normalt ultraljudsgivare/tryckgivare eller mätning av återfyllningstid för pumpar
ICOLD (2018) anger att mätområdet bör vara det förväntade vattenflödet +100 % och att precisionen är ± 5 % av mätområdet.
- Lokalt läckage – flödesmätning i t.ex monterade "svanhalsar", monterade med packer i dränagehål –
- viktigt med utvärdering av vattenförande sprickor innan montering
- Portryck i undergrund som kan ge artesiskt tryck = upptryck!
 - Mäts via manometerar monterade i toppen av ingjutna rör i utvalda dränagehål i berg, eller
 - Svängande sträng givare ingjutna i berg, eller
 - BAT-system, dvs ingjuten portrycksspets i berget. Givare sänks ned via rostfria förlängningsrör och ansluts till portrycksspets. Precisionen 0,15% av mätområdet, dvs 4, 5 cm för en 300 kPa-givare (max 5 cm fel enligt RIDAS)
- Relativa fuktmätare, kombineras ofta med temperaturmätning i samma givare, placeras oftast längst upp i betongdammens insida

Vatten-globalt läckage.



Vatten – lokalt läckage

- Monterade svanhalsar i dränagehål – möjligt att observera förändring samt mäta flöde



Vatten - upptryck

Mäter upptryck i berg, installerade i berget mellan monoliterna.

- Av typ BAT med membran, artesiskt tryck alternativt ingjutna Vibrating wire-givare OBS! Finns absolutgivare och relativa givare.
- Mekaniska packers ingjutna
- Kanske de viktigaste givarna, ger förvarning i tid.
- Unikt för Sverige – stor fördel kunna verifiera ett uppmätt mätvärde (finns även ett liknande system i Italien)
- Nytt Energiforskprojekt på gång som ska kunna ge vägledning



Vatten – fukt och temperatur



- Fuktmätare med inbyggd temperaturmätning

Mätsystem – signalöverföring och programmering

- Strömförsörjning via kabel och signalöverföring via fiber (vanligast)
- Strömförsörjning via kabel och signalöverföring via GSM-nätet eller radiolänk
- Strömförsörjning via batteri (ibland förstärkt av solceller eller vindsnurra) och signalöverföring via GSM-nätet eller radiolänk.
- Strömförsörjning via batteri (ibland förstärkt av solceller eller vindsnurra) och signalöverföring via satellit.



Mätsystem – signalöverföring

- "Halvautomatiserade" givarsystem finns, det innebär att själva givarna är installerade men ingen kontinuerlig strömförsörjning eller signalöverföring är framdragen. Givarna är inaktiva till ett slingströmsinstrument kopplas in och skickar en slingström (normalt 4-20 mA) till givaren. Ett aktuellt mätvärde läses då av.
- Används framförallt för att underlätta för driftspersonal eller där felkällor från manuella mätningar vill minimeras.
- Kan användas på nästan alla 4-20 mA-givare



Mätsystem – signalöverföring – felkällor?

- Hur ska signalen tas emot hos t. ex driftcentral?
- Konstruktionsdelar el? Har samtliga inblandade insett hur pass omfattande en automatisering är ur konstruktionssynpunkt? Lätt att feltolkning mellan dammägare-projektör-entreprenör uppstår.
- Behov av överspänningsskydd?
- Slutdokumentationen – Det krävs en rätt omfattande dokumentation runt automatiserade givare i en betongdamm.



Mätsystem – programmering – felkällor?

- Är signalen från givarna kvalitetskontrollerade?
Hela kedjan från givare till DC?
- Har dammägaren och dess berörda personal (dammtekniskt sakkunnig, den person som så småningom ska drifta anläggningen m.fl) fått vara med och tycka till hur de vill att det ska fungera och även se ut på skärmarna?
- Har dammägaren tänkt igenom vilken typ av signal som själva systemet ska vara förberett för?
- Har dammägaren i god tid innan tänkt igenom sitt system för benämning av respektive givare?
- Är det fastställt vilka signaler som faktiskt ska gå till driftcentralen direkt?
- Har den person som ska programmera fått en genomgång av vad som faktiskt ska mätas och fått tillräckligt bra bakgrundsunderlag?
- När programmeraren utfört sina arbeten (ofta en extern person) har då någon hos driftorganisationen fått utbildning i att kunna justera givarnivåer, mätområden eller andra enklare delar?

Projektering och installationer – felkällor?

- Det utförs relativt få damminstrumenteringsprojekt och projekteringen utförs av många olika personer. Därmed hinner inte kompetensen byggas upp hos projektörerna
- När ett förfrågningsunderlag tas fram används ofta en mall. Faktorer som kan påverka installationen, så att den i värsta fall inte fungerar eller riskerar att gå sönder, kan då missas.
- När projekteringen utförs är det alltså viktigt att projektören väl känner till de faktiska förhållandena och kan anpassa instrumenteringen efter det. För att drift och underhåll ska kunna utföras måste utrustningen vara tillgänglig på ett bra sätt vilket ibland inte är fallet. Redan i projekteringsfasen bör tillgängligheten beaktas. Även BAS-P har en viktig roll. Vid projekteringen har BAS-P inte alltid förstått sin uppgift och i detalj tittat på tillgänglighet ur ett arbetsmiljöperspektiv
- När en el-entreprenör får uppdraget att utföra instrumenteringsinstallationer i betongdammar, har de oftast inte detaljkunskap om givar- eller dammteknik
- Vid utförandet är de identifierade bristerna relaterade till kompetensen hos de som faktiskt utför själva installationerna. För att kunna reagera på att arbetet utförs på fel sätt måste man ha förståelse för syftet med installationen samt hur själva instrumentet faktiskt fungerar.

Funktionsprovning / Verifiering av mätvärdet

- DAMMÄGARENS VANLIGASTE FRÅGA NÄR ETT MÄTVÄRDE FÖRÄNDRAS:

”Kan vi lita på givaren?”

- TEKNISKA BESKRIVNINGEN ÄR VÄLDIGT FOKUSERAD PÅ INSTALLATION, LEVERANS OCH DRIFTSÄTTNING – MINDRE PÅ FRAMTIDA DRIFT
- HUR FUNKTIONSPROVAS INSTRUMENTEN VID DRIFTSSÄTTNING OCH VID FRAMTIDA KONTROLLER? – *ÄR JAG FÖRST ATT FRÅGA?*

Funktionsprovning/ verifiering av mätvärdet

- Vikten av att utföra kontinuerliga kontroller och kalibrering av instrument poängteras i *Dam surveillance guide, Bulletin 158*
- Vid en internationell litteraturstudie så betonas vikten av att kunna verifiera mätvärdet, men oftast inte hur det ska utföras. I en del fall så finns installerat dubbla givare, för att på så sätt kunna uppvisa att en rörelse finns registrerade på bägge givarna
- Om man redan vid projekteringsstadiet, samt vid installationen har med sig tanken att mätvärdet på något sätt ska kunna verifieras manuellt så är det fullt möjligt att uppnå ett system där mätvärdena kan verifieras och att installationerna blir pålitliga.
- **Startvärden – för både manuella och automatiserade värden viktiga!!**

STARTVÄRDEN VID INSTALLATION

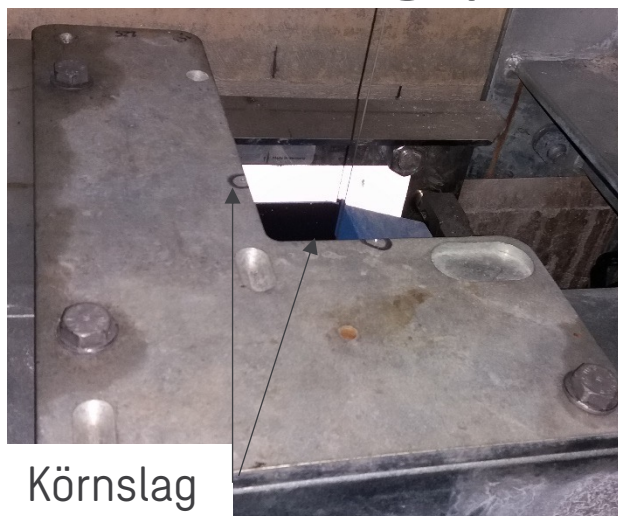
Skylltext	Orientering	Givartyp	Id-nr och ev serienr	Märke	Modell	Mätområden	Startvärde vid drifttagning	Datum 1	Startvärde vid manuell mätning	Datum 2	Matrikning (ökat, minskat mA)	Värde manuell mätning vid installation efter garantiåtgärd
M02/03-SDIL01 X =E1-A81.BG107	3D-givaren längst upp, riktning ns/us	3D-givare	18012035	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,3 mm	2019-04-05	31,86 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	31,80mm
M02/03-SDIL01 Y =E1-A81.BG107	3D-givaren längst upp, riktning parallellt med dammen	3D-givare	18012040	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,1 mm	2019-04-05	31,67 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M02/03-SDIL01 Z =E1-A81.BG107	3D-givaren längst upp, riktning i höjdd	3D-givare	18012068	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	15,2 mm	2019-04-05	32,26 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M02/03-SDIL02 X =E1-A81.BG105	3D-givaren mittersta, riktning ns/us	3D-givare	18012049	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	15,4 mm	2019-04-05	32,45 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M02/03-SDIL02 Y =E1-A81.BG105	3D-givaren mittersta, riktning parallellt med dammen	3D-givare	1812047	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,5 mm	2019-04-05	30,74 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M02/03-SDIL02 Z =E1-A81.BG105	3D-givaren mittersta, riktning i höjdd	3D-givare	18012032	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,9 mm	2019-04-05	33,11 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M02/03-SDIL03 X =E1-A81.BG111	3D-givaren längst ned, riktning ns/us	3D-givare	18012070	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,9 mm	2019-04-05	32,10 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M02/03-SDIL03 Y =E1-A81.BG111	3D-givaren längst ned, riktning parallellt med dammen	3D-givare	18012026	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	12,5 mm	2019-04-05	31,78 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M02/03-SDIL03 Z =E1-A81.BG111	3D-givaren längst ned, riktning i höjdd	3D-givare	18012036	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,7 mm	2019-04-05	31,37 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M03/04-SDIL01 X =E1-A81.BG103	3D-givaren längst upp, riktning ns/us	3D-givare	18012072	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	15,9 mm	2019-04-05	32,77 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M03/04-SDIL01 Y =E1-A81.BG103	3D-givaren längst upp, riktning parallellt med dammen	3D-givare	18012066	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,4 mm	2019-04-05	31,37 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M03/04-SDIL01 Z =E1-A81.BG103	3D-givaren längst upp, riktning i höjdd	3D-givare	18012078	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	15,0 mm	2019-04-05	32,34 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M03/04-SDIL02 X =E1-A81.BG109	3D-givaren längst ned, riktning ns/us	3D-givare	18012053	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,5 mm	2019-04-05	32,27 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M03/04-SDIL02 Y =E1-A81.BG109	3D-givaren längst ned, riktning parallellt med dammen	3D-givare	18012050	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,2 mm	2019-04-05	31,52 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M03/04-SDIL02 Z =E1-A81.BG109	3D-givaren längst ned, riktning i höjdd	3D-givare	18012061	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	15,3 mm	2019-04-05	32,38 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL01 X =E1-A81.BG122	3D-givaren längst upp, riktning ns/us	3D-givare	18012048	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,7 mm	2019-04-05	31,91 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL01 Y =E1-A81.BG122	3D-givaren längst upp, riktning parallellt med dammen	3D-givare	S/No: 18012033	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	10,8 mm	2019-04-05	29,19 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL01 Z =E1-A81.BG122	3D-givaren längst upp, riktning i höjdd	3D-givare	S/No: 18012051	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,3 mm	2019-04-05	31,61 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL02 X =E1-A81.BG170	3D-givaren mittersta, riktning ns/us	3D-givare	S/No: 18012067	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,7 mm	2019-04-05	32,18 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL02 Y =E1-A81.BG170	3D-givaren mittersta, riktning parallellt med dammen	3D-givare	S/No: 18012059	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,1 mm	2019-04-05	30,19 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL02 Z =E1-A81.BG170	3D-givaren mittersta, riktning i höjdd	3D-givare	S/No: 18012096	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,1 mm	2019-04-05	31,19 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL03 X =E1-A81.BG121	3D-givaren längst ned, riktning ns/us	3D-givare	S/No: 18012060	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	12,8 mm	2019-04-05	32,19 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL03 Y =E1-A81.BG121	3D-givaren längst ned, riktning parallellt med dammen	3D-givare	S/No: 18012054	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,6 mm	2019-04-05	32,27 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M41/42-SDIL03 Z =E1-A81.BG121	3D-givaren längst ned, riktning i höjdd	3D-givare	S/No: 18012055	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,0 mm	2019-04-05	31,70 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M42/43-SDIL01 X =E1-A81.BG126	3D-givaren längst upp, riktning ns/us	3D-givare	S/No: 18012028	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	16,1 mm	2019-04-05	33,21 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M42/43-SDIL01 Y =E1-A81.BG126	3D-givaren längst upp, riktning parallellt med dammen	3D-givare	S/No: 18012029	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	15,0 mm	2019-04-05	31,97 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M42/43-SDIL01 Z =E1-A81.BG126	3D-givaren längst upp, riktning i höjdd	3D-givare	S/No: 18012065	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	13,6 mm	2019-04-05	32,01 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	
M42/43-SDIL02 X =E1-A81.BG131	3D-givaren mittersta, riktning ns/us	3D-givare	S/No: 18012075	Glötzi	GWD 10/30	4 mA = 0,0 mm, 20 mA = 30,0 mm	14,5 mm	2019-04-05	31,58 mm	2019-04-05	Ihoptryckt ökar mA, utdragen minskar mA.	

Funktionsprovning av givare

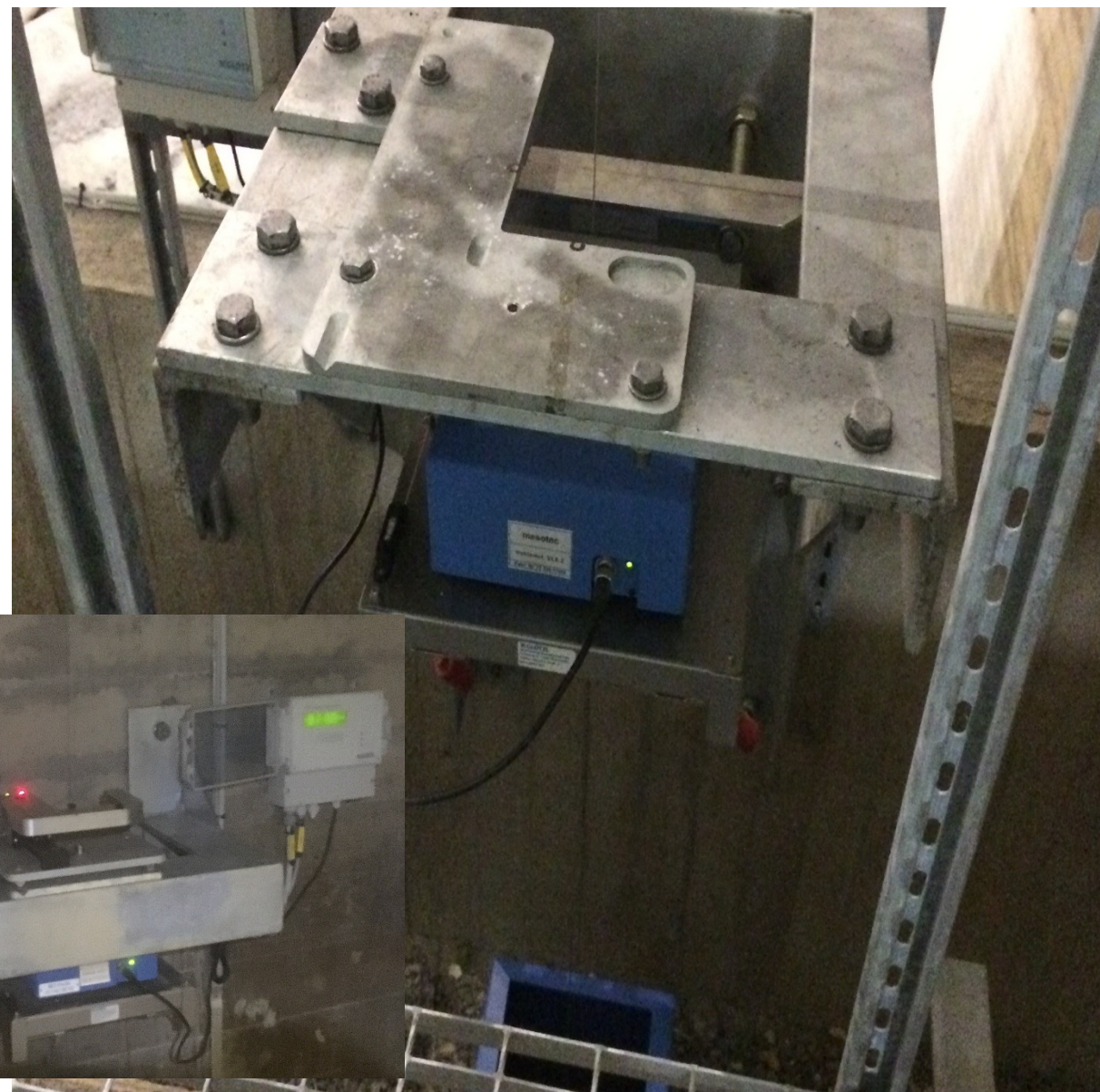
- Kontroll av signalen från givare till dammdator kan utföras med separat instrument som stegar signalen från 4-20 mA.
- Nästan alla givare idag har en linjär signal
- Digitala givare kan oftast mätas med program i fältdator – (inte så vanligt i dammanläggningar)



Verifieringsprov Pendel



Körnslag



Manuellt pendelinstrument

Verifieringsprov TILTSENSOR

Monterad i anslutning till direktpendelns övre infästning



- Mätområde minus/plus 30 grader vid leverans?
- Kalibreras om hos tillverkare till -5/+5 grader
- Kontrolleras manuellt med digitalt maskinpass

Verifieringsprov 2-D GIVARE

Sprickviddsgivare monterade över sprickor i betongen.

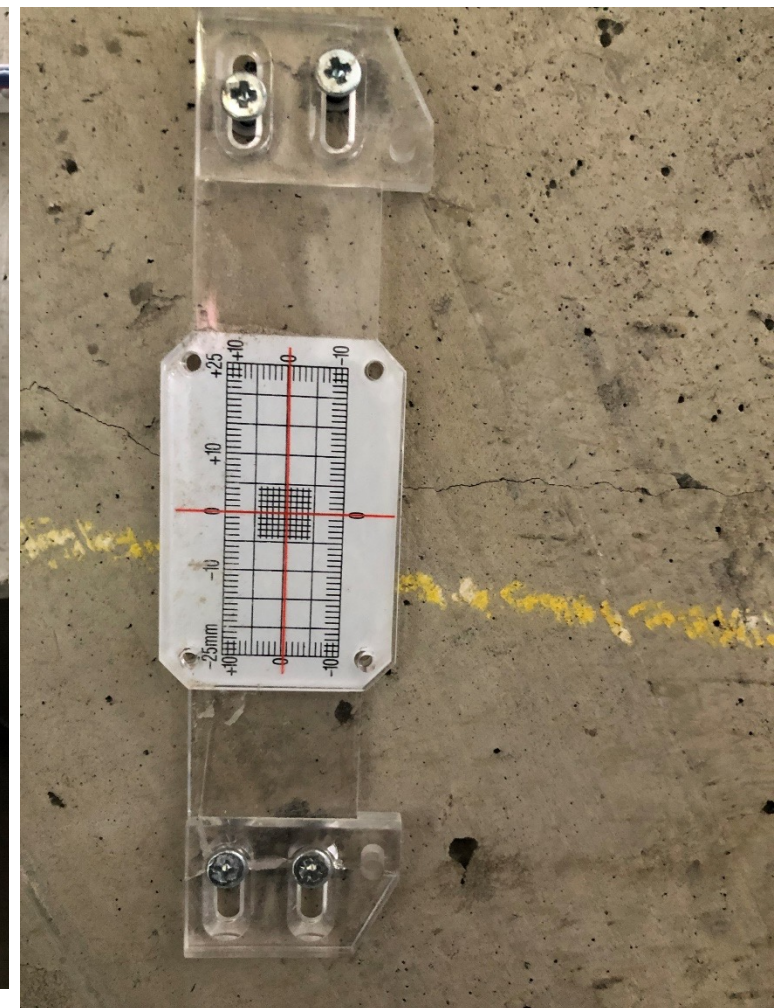
- Robusta, men bormall ger ändläge på givare
- Monteras tvärs spricka, längsmed eller både ock.
- IP-67 klassade, dock inte kopplingslådan
- Kontrolleras manuellt med digitalt skjutmått eller mätklocka
- Skjutmått kontrollmäts mot "fast" stång
- OBS! 4-20 mA omvänt!



Verifieringsprov 2-D GIVARE

Sprickviddsgivare monterade över sprickor i betongen.

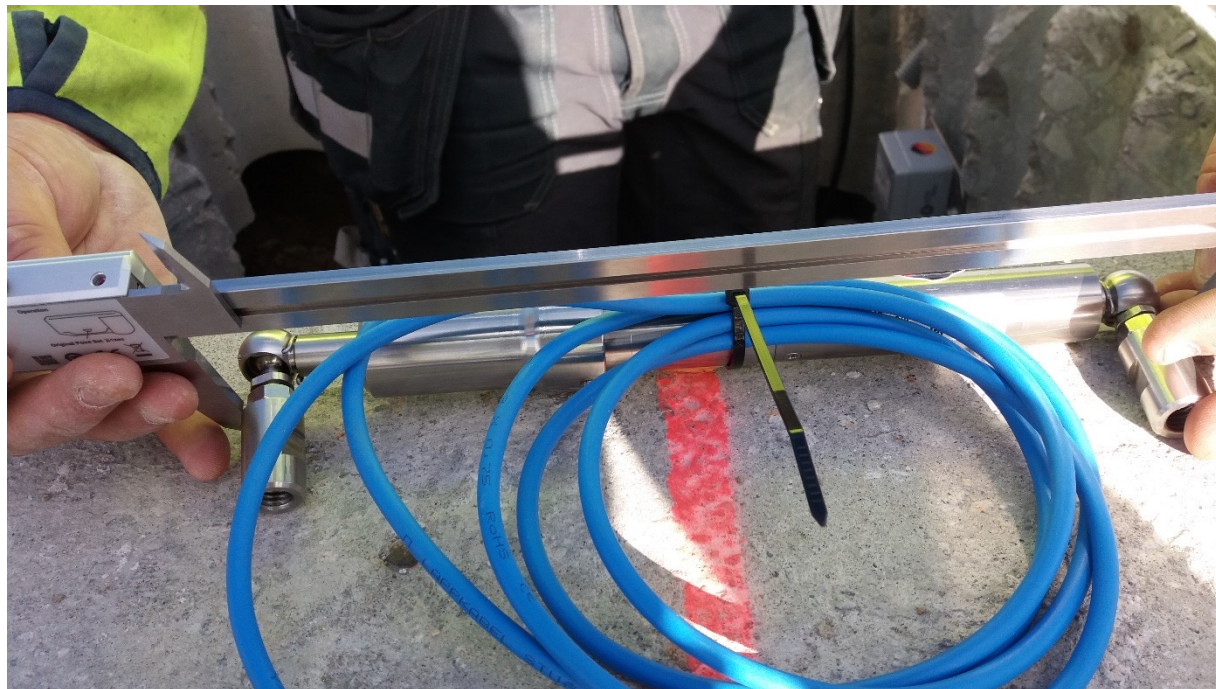
- Givare kombinerad med grov manuell avläsning för verifiering av mätvärde



Verifieringsprov 2-D GIVARE

Sprickviddsgivare monterade över dilationsfogs överkant.

- Givare – ”halvautomatiserad” kombinerad med manuell avläsning



2-D GIVARE

Sprickviddsgivare monterade mellan betongmonolit och berg.

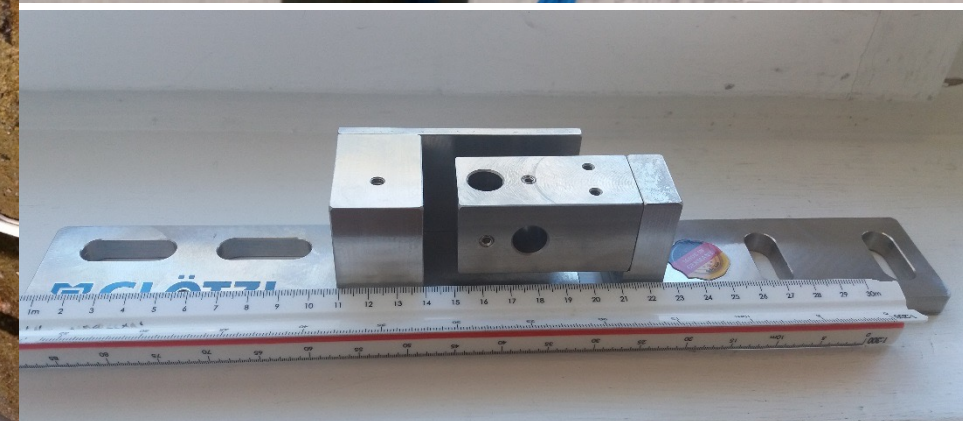
- 2 st givare, monterade mellan berg och betongmonolit.
- Den ena mäter glidning, den andra mäter rörelse i vertikalt led
- OBS! Denna mätning mäter alltså bara i kontakten betong – Berg, ej nere i berget som en extensometer.



Verifieringsprov 3-D GIVARE över dilationsfog

Mäter relativa rörelser mellan två angränsade frontskivor(dilationsfog) för respektive monolit.

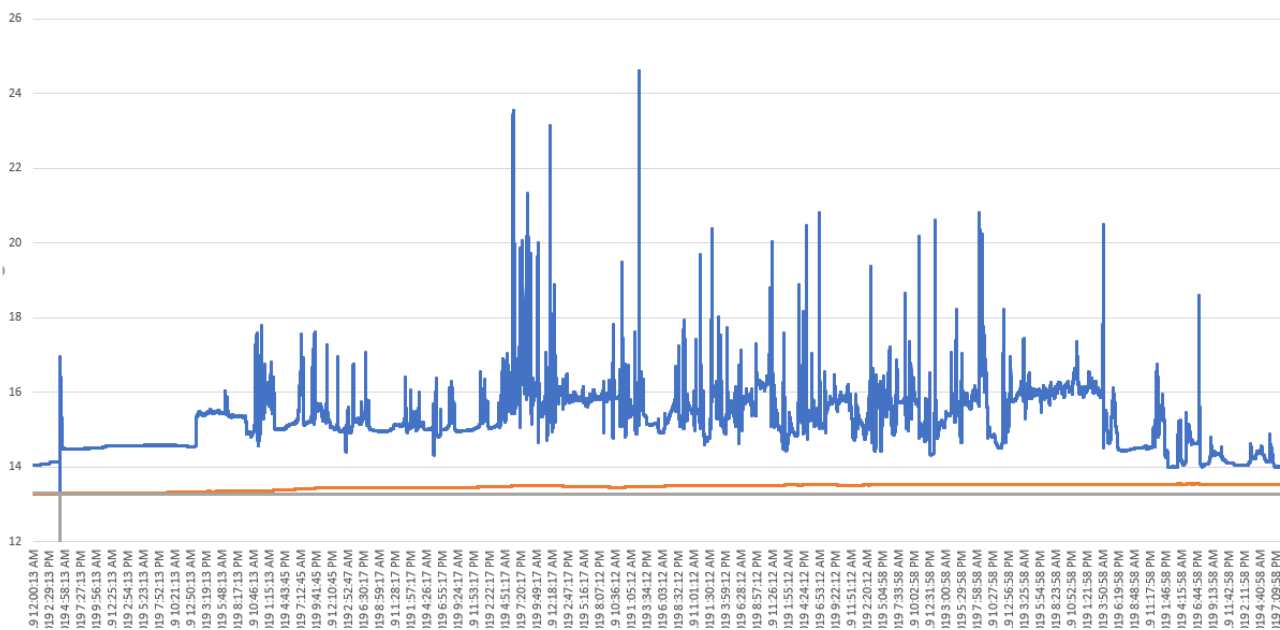
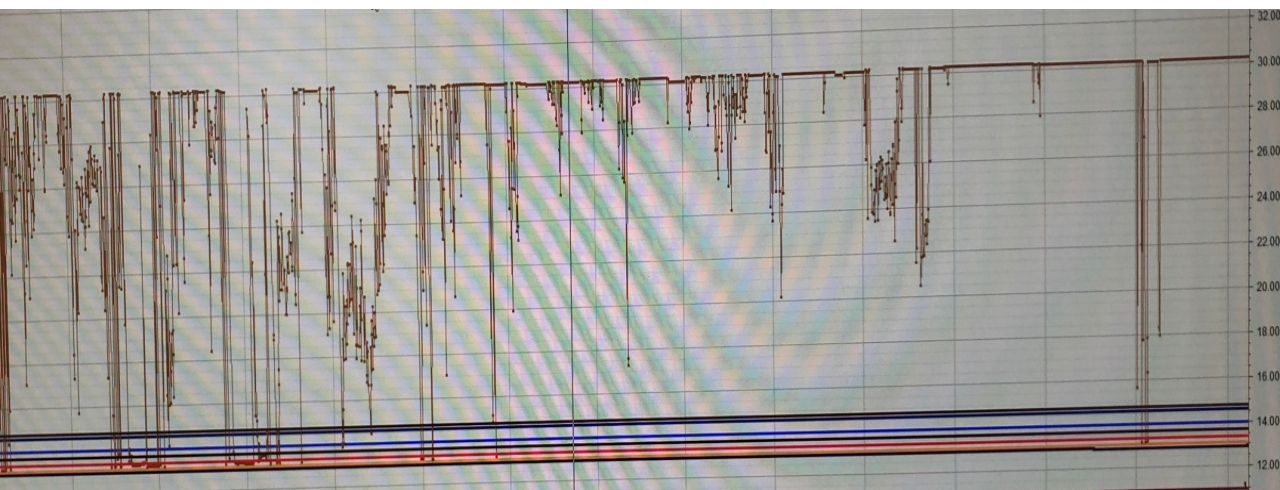
- Mycket fukt från frontplatta innebär utfällningar som snabbt bygger på givarna
IP 44 kan innebära problem
- Vilken riktning är vilken?
- Kontrolleras manuellt med mätklocka i sensorhålen



3-D GIVARE över dilationsfog

Mäter relativa rörelser mellan två angränsade frontskivor(dilationsfog) för respektive monolit.

- Mycket stabil i ca 2 år, sedan börjar fladdra
- Enligt leverantör/tillverkare "idiotsäker", varför ska ni kontrollmäta?
- "Setup" möjlig tack vare manuella kontrollmätningen



FUNKTIONSPROVNING

Lastceller på spännkablar

- 3-4 spännkablar på varje monolit, förspänd med 300 ton. Lastcell på 1 kabel
- Inga överspänningsskydd trots att kabeln står i kontakt med vatten
- Kontrolleras även med manuellt avläsningsinstrument



Verifieringsprov EXTENSOMETER

Ska detektera relativa rörelser mellan berg och stödskena samt horisontella skjuvningar i berg

- Mellan monolit och berg ett ankare, ett mät huvud
- I berg, för övervakning av horisontella glidplan är det 2-4 ankare i ett mät huvud, ett borrhål
- Kontrolleras manuellt med digitalt skjutmått eller mätklocka



Rekommenderade kontrollintervall förskjutningsgivare

Global förskjutning	Kontrollmetod	månad 1-3	år 1	år 2-3	Långsiktigt
Hängande och inverterad pendel	Avläsning med manuellt instrument Kontroll mot fingerat värde	var annan vecka	var annan månad	2 ggr/år	1 gång per år ¹ Vart annat år ¹
Tiltgivare	Mätning med maskinvattenpass Avstämning mot annan instrumentering	var annan vecka var annan vecka	var annan månad	2 ggr/år	1 gång per år ¹ 1 gång per år ¹
Lokal förskjutning					
Extensometer	Mätning med skjutmått mellan kontrollpunkter	1 gång/månad	2 ggr/år	1 gång per år	1 gång per år
1D-Sprickgivare	Mätning med skjutmått mellan kontrollpunkter	1 gång/månad	2 ggr/år	1 gång per år	1 gång per år
3D-Sprickgivare	Urtagning av automatiska mätinstrument och mätning med skjutmått	1 gång/månad	1 gång per år	1 gång per år	1 gång per år

¹ Kontrollmätning bör inte ske samma månad varje år, på det viset kan säsongsvariationer kompenseras för



Kontroll av pendel mot fingerad förskjutning

Slutsatser

- Finns i dag begränsade instruktioner i RIDAS för hur dammar bör instrumenteras och relativt låg instrumenteringsnivå på många svenska dammar.
- Behov av att öka kunskap om instrumentering
 - Erfarenheter från angränsande branscher
 - Internationella erfarenheter
 - Snabb utveckling inom mättekniken (särskilt inom non-contact methods)
- Få instrumenteringsprojekt i betongdammar innebär att kompetensen hos konsulter och entreprenörer därmed inte byggs upp. De få projekt som ändå utförs kan hamna hos en entreprenör som egentligen inte är lämpad för uppgiften.

Slutsatser

***BRANCHEN SKULLE MÅ BRA AV UTBILDADE ELLER CERTIFIERADE
INSTALLATÖRER/SPECIALISTER SOM VERKLIGEN VET VAD DE GÖR.***

***GÄLLER SÅVÄL BORRARBETEN I FYLLNINGSDAMMAR SOM INSTALLATIONER AV GIVARE I
FYLLNADSDAMMAR OCH BETONGDAMMAR.***

