



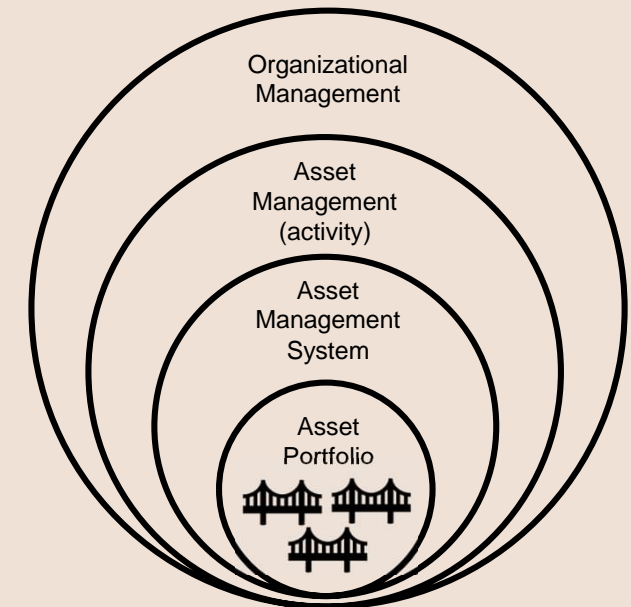
Nye tendenser og innovationer inden for Asset Management



Poul Linneberg, Technical Director, COWI A/S

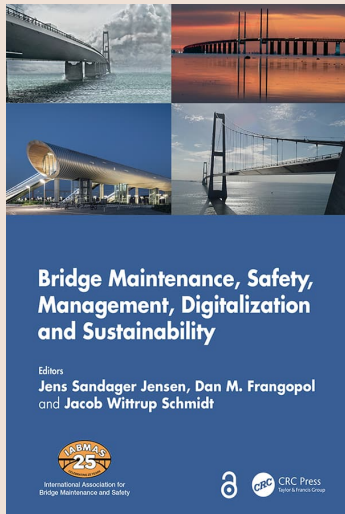
Agenda

- Introduktion
- Hvad er god Asset Management
- Fra data til viden og hvordan
- Opsamling af data
- Udfordringer og muligheder



Asset management jf. ISO 55000.

Introduktion



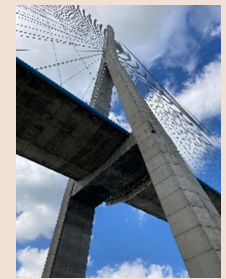
IABMAS 2024, København



TRB 2026, Washington



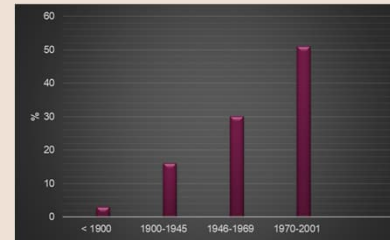
Task Group 5.4



Spændende projekter

Hvad er god Asset Management?

- Broerne bliver **ældre**
- Flere drives tæt på **kapacitet** (ÅDT såvel som normativ bæreevne)
- **Klimaændringer** (mere regn men ikke mere vind)
- **Nedbrud** bryder vi os ikke om
- Komplexitet, usikkerhed og risici skal adresseres, når man skal vælge mellem vedligehold, forstærkning eller udskiftning.



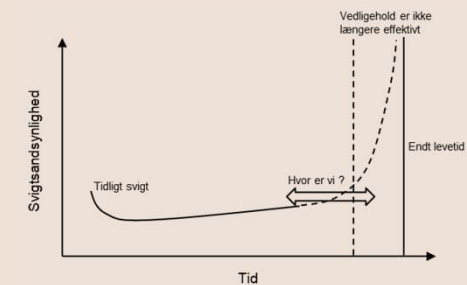
Danske vejbroer, COST 345, 2002



Dæmningskred ved Kibæk 2022, © Dansk Brodag 2025



Særtransport



Hvad er god Asset Management?

- Der er behov for:
 - Opdaterede **normer og retningslinjer**, herunder:
 - Krav til broers evne til at levere kvalitet (f.eks. resiliens)
 - Prioritere D&V - det er bæredygtigt
 - Samarbejde om modeller
 - **Finansiering** (lang tidshorisont)
 - **Kompetencer** og uddannelse
 - Skal bl.a. give bedre data

Hvad er god Asset Management?

- Der er behov for:
 - **Data**
 - Del data
 - Del viden
 - Data skal omsættes til handling
 - **Innovation**
 - Fjern evt. barrierer
 - Innovation kan være en del udbud
 - Lær når muligheden byder sig (eks. prøvebelastning af broer, der skal nedrives)



Hvad er god Asset Management?

Nogle væsentlige spørgsmål:

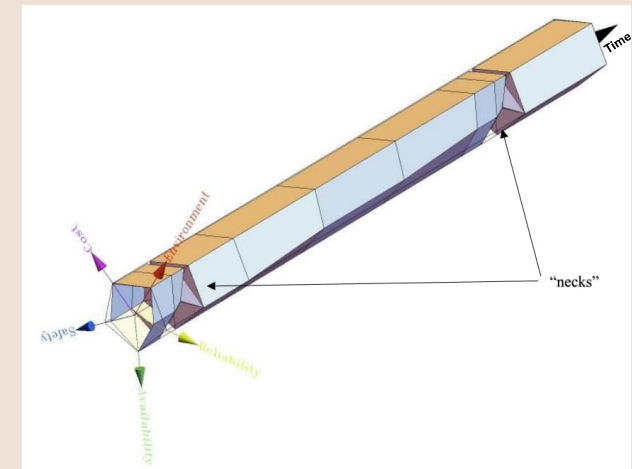
- Økonomisk effekt af at holde vores konstruktioner i god tilstand?
- God tilstand?
- Hvilken, hvordan og hvor meget data?
- Vi kan ikke have sensorer på alle broer => hvad kan broens brugere bibringe?



Hvad er god Asset Management?

- Risikobaseret tilgang
 - Risiko = Sandsynlighed x Konsekvens
 - Konsistent metode (mange forskellige assets eller en større organisation)
 - Kvalitativ eller kvantitativ (kræver data af god kvalitet)
 - KPI'er og grænseværdier (hvilken kvalitet?)
 - Risikoanalyse skal være transparent og give svar, der kan handles på (penge, tid...)
 - Se mod andre industrier, som har tage skridtet
 - Skal vi inspicere alle steder hver gang?

Sandsynlighed	Konsekvens					
	Ubetydelig	Mindre	Moderat	Stor	Meget stor	Katastrofal
Usandsynligt	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
Sjældent	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
Muligt	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
Sandsynligt	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
Meget sandsynlig	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn



Eksempel på vedligeholdelsesstrategi (over tid) målt ift. KPI'erne: Sikkerhed, Økonomi, Miljø, Pålidelighed og Tilgængelighed. "Necks" repræsenterer interventioner, © COST TU1406

Fra data til viden og hvordan? - **Anvendelse af monitoring (eksempel)**

1

Design verifikation

- Dynamisk egenskaber
- Vind respons
- Udmattelse

2

Skadesdetektering

- Kabel vibrationer
- Kabel korrosion (wire brud)
- Revner i dæk

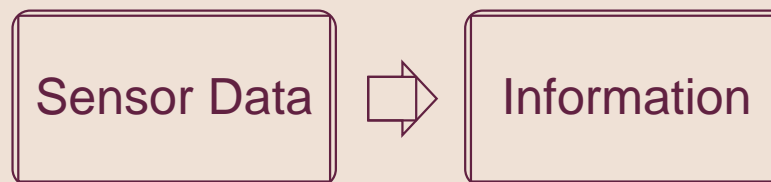
3

Levetidsforlængelse

4

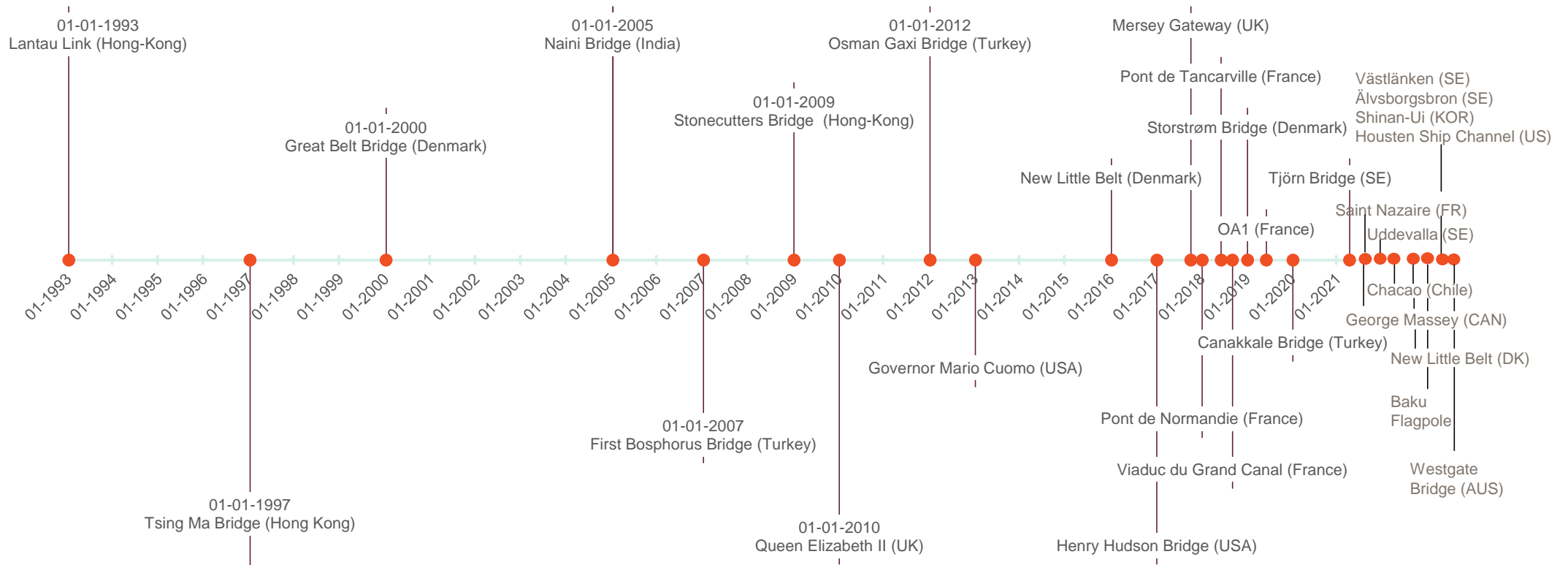
Data-drevet asset management

- Sikre konstruktioners sikkerhed
- Reducer levetidsomkostninger

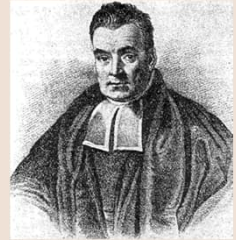


Sensor data alene svarer normalt ikke direkte på spørgsmålet...

Fra data til viden og hvordan? - COWIs historie med monitoring



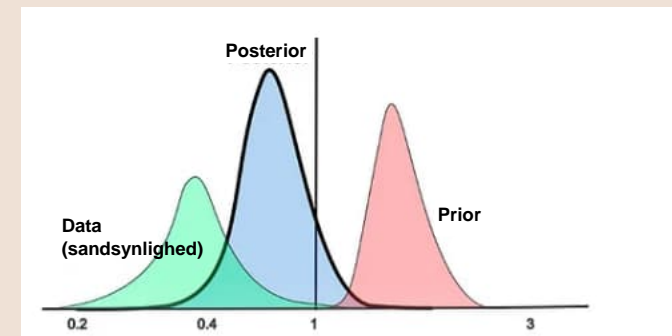
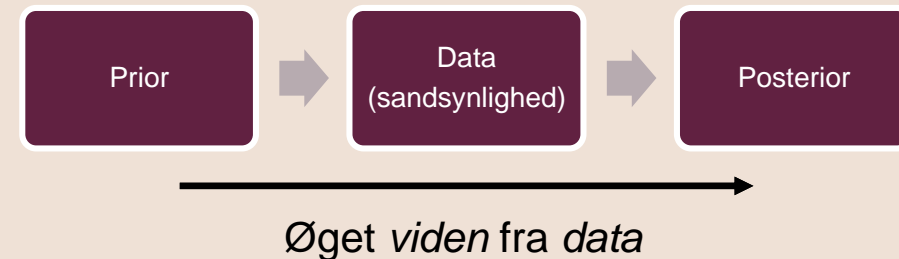
Fra data til viden og hvordan? - Opdatering



$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

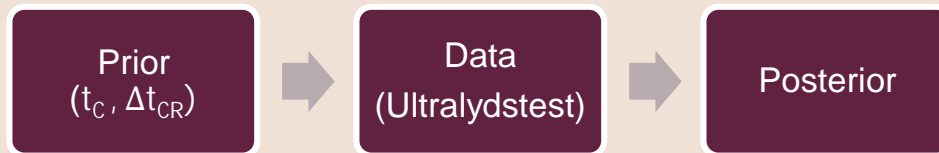
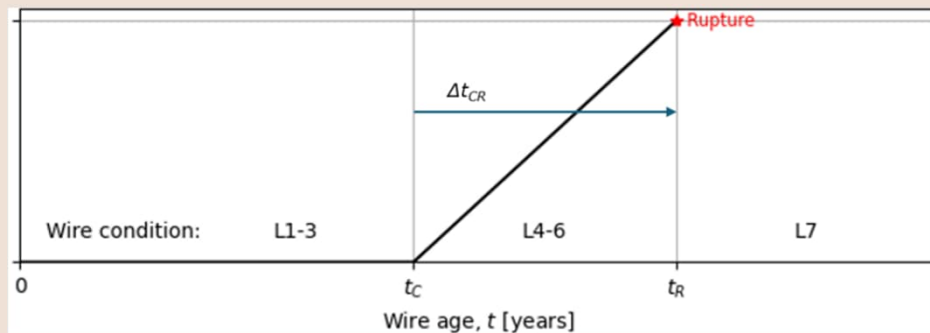
- til **verifikation** af specifikke antagelser
- til at **forbedre** modellen (brug af u-udnyttet bæreevne)
- til **periodisk verifikation** af modellens validitet mht. skadeudvikling, nedbrydningsmekanismer og -hastighed

Baseret på opdateringen kan D&V-programmet opdateres.



Credit: *Medium* online article

Fra data til viden og hvordan? – Opdatering af sikkerhedsbaseret D&V-plan



Pont de Normandie

...også anvendeligt f.eks. ift. udbredt korrosion på betonelementer

Fra data til viden og hvordan? – AI, store fordele... men også ulemper

- AI hallucinere og kan være en løgnhals
- AI er en maskine og ikke et menneske med fri vilje, der træffer beslutninger
- AI processerer baseret på træning og modeller
- AI er let og derfor farlig

- AI kræver kritiske ingeniører...
- AI er ikke løsningen – det er et værktøj for “eksperter”
(men vi skal have flere kolleger, der arbejder i krydsfeltet => innovation + effektivisering)
- Tekstrig data (rapporter) => ideelt for Large Language Models (ChatGPT etc.)
- **Invester i case studies => skalér og tilpas digital infrastruktur**
- Hvis du kommunikerer med dit køleskab, hvorfor så ikke med dine broer (via kognitiv AI agent)?

Fra data til viden og hvordan?

InSAR satellit data kan være brugbar (eks. underskylninger kan være svære at monitere)

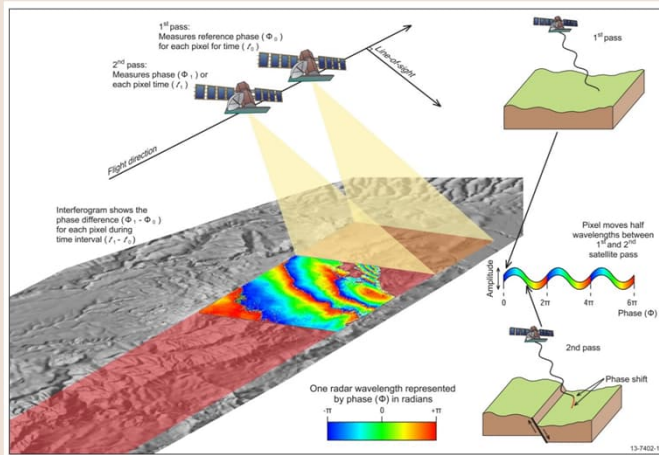


Figure 1.1: Cartoon depiction of the InSAR methodology. Two SAR images of the same area are acquired at different times. If the surface moves between the two acquisitions a phase shift occurs and an interferogram maps this phase difference.

Source: Interferometric Synthetic Aperture Radar, [Interferometric Synthetic Aperture Radar](#) | Geoscience Australia by Geoscience Australia which is © Commonwealth of Australia and is provided under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence and is subject to the disclaimer of warranties in [section 5](#) of that licence.



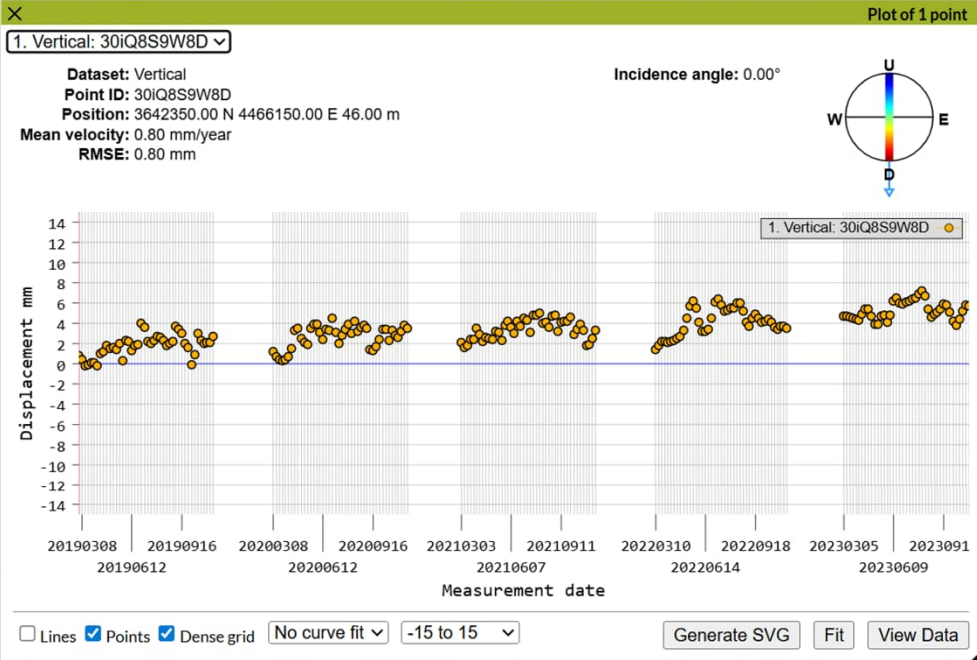
InSAR analyse af Morandi-broen o.a.



© COST TU1406



Place/coordinates (lat lon)



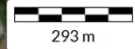
Legend

Legend across all datasets. Limits are in mm/year.

-5 5

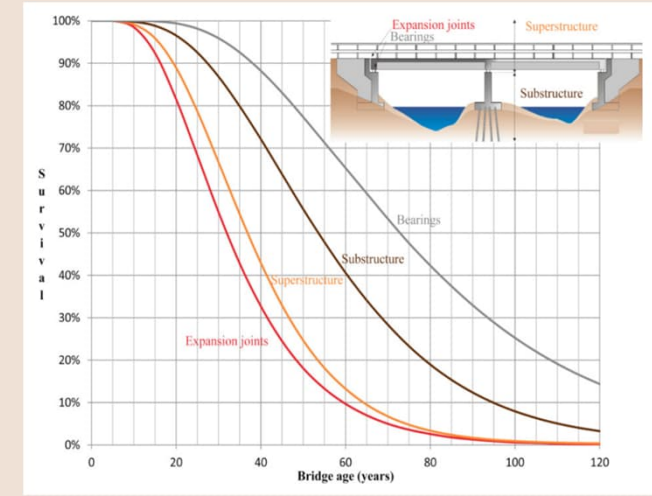
InSAR default

WGS84 55.8644 N 12.3173 E 45.05 m Live [Credits](#)

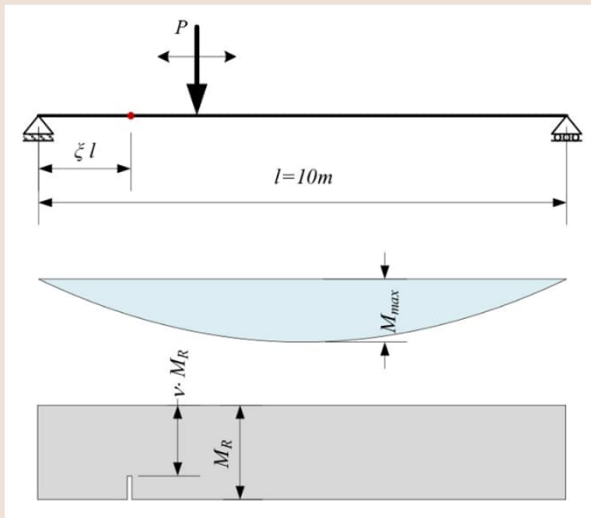


Fra data til viden og hvordan?

- **Markov modeller** for udvikling i nedbrydning (tilstandskarakter)
- Simpel **pålidelighedsbaseret** brudgrænse analyse for bro med skade:

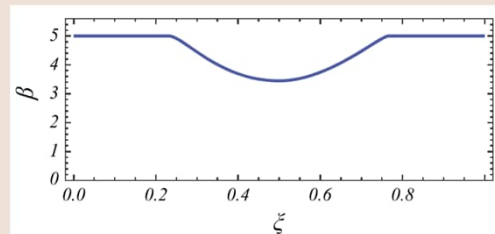


© COST TU1406 (2013 data)



$$\beta = \frac{\mu_{M_R} - \frac{\mu_P \cdot l}{4}}{\sqrt{\sigma_{M_R}^2 + \left(\frac{\sigma_P \cdot l}{4}\right)^2}} = \frac{500 - 250}{\sqrt{40^2 + \left(\frac{120}{4}\right)^2}} = \frac{250}{40 \cdot \sqrt{\frac{25}{16}}} = \frac{1000}{200} = 5.0 \Rightarrow P_f = 2.87 \cdot 10^{-7}$$

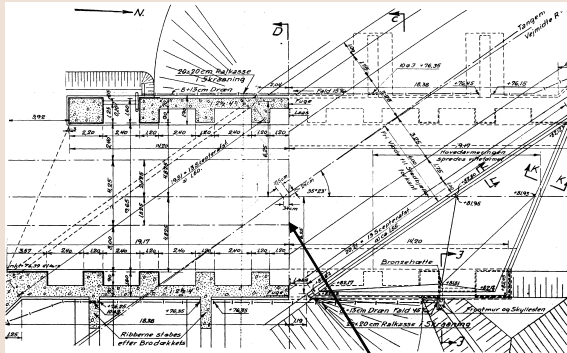
Resistance reduction (1 - ν)	5%	10%	15%	20%
Likelihood	60%	20%	10%	10%



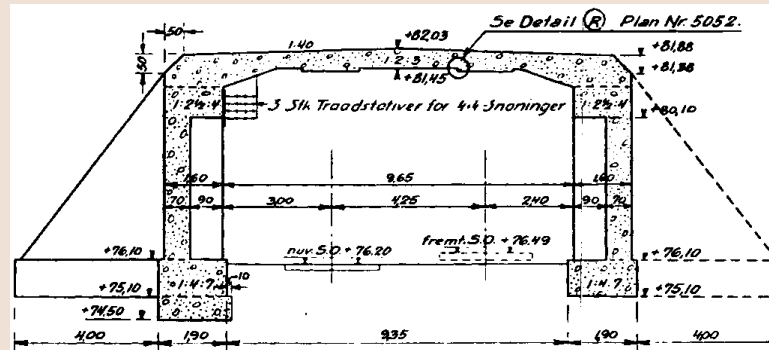
© COST TU1406

Fra data til viden og hvordan?

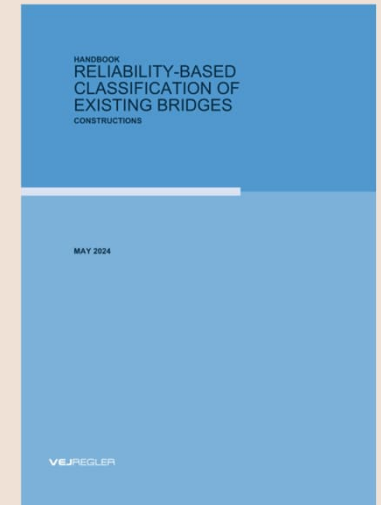
Kompleks pålidelighedsbaseret brudgrænse analyse for Banedanmark (2001):



Joint (no load transfer)



baseret på iteration mellem simpel brudfigur og kompleks ikke-lineær FEM => Bæreevne > Normal klasse 100



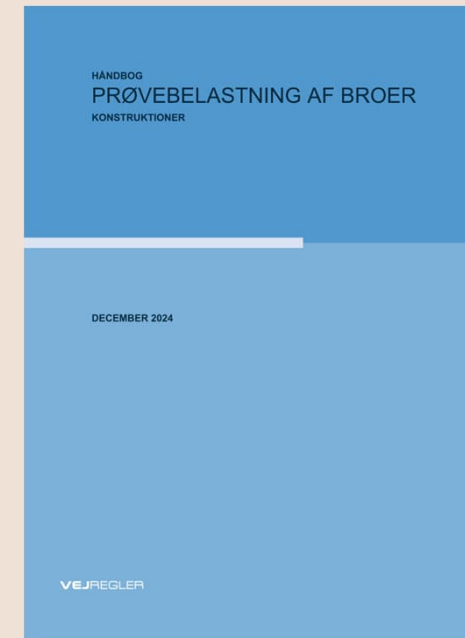
Fra data til viden og hvordan? - **Prøvebelastning** ”i stedet for beregninger”...



Belastningselementer kombineret med kraft- eller deformationsstyrede donkrafte



Køretøj m. hydraulisk styrede aksler



Virtual Reality (VR) til samarbejde (og træning, ASCE), Augmented Reality (AR) ligeså...



Opsamling af data - AI og drone/robot assisterede inspektioner

- Valg af AI model er en balance mellem hastighed, præcision og hvor mange skadestyper, der skal opfanges
- Missouri S&T robotter (se video) ...
- Online video stream øger nyttelast

- Vi skal måske til at se på inspektionshåndbøger inkl. armlængde princip?



INSPIRE University Transportation Center at Missouri University of Science and Technology, Rolla, MO 65401, USA.
Email: inspire-utc@mst.edu

Udfordringer og muligheder - **Change management** inkl. uddannelse og træning

- AM på uddannelsesinstitutionerne
(fokuser på driftsfasen, skalerbare modeller hvor data kan opnås - ROI, inviter til efteruddannelse)
- Hvilken AM-ramme (udover ISO55000) skal vi bekende os til (AASHTO, IAM...)?
- Prioriter efteruddannelse
- Vi skal have flere broingeniører, der kan arbejde i krydsfeltet med AI og data
- Modstand overfor forandringer kan være en udfordring

Udfordringer og muligheder – Jobomsætning mm.

- Broerne har lang levetid
- Tab af viden, når folk flytter
- Det kræver gode systemer at bibeholde viden (og data)
- Papirløst ≠ Datadrevet
- Arkiver og digitaliser, det hele - ”data is king”, ”data is gold”



Jobomsætning efter branche, 15-74-årige, 4. kvartal 2024

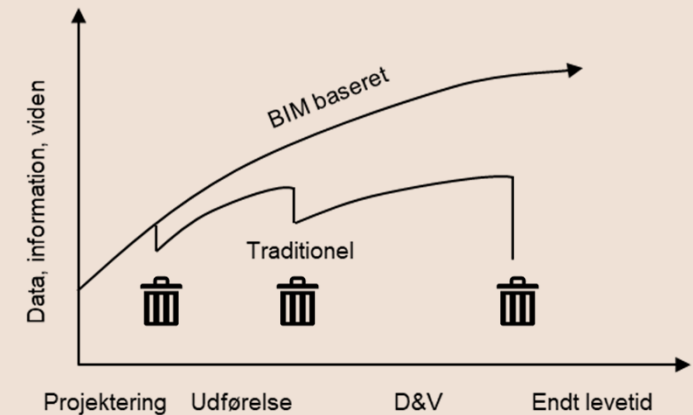
	Under 1 år	1-3 år	3-9 år	Over 9 år
	pct.			
Landbrug, skovbrug og fiskeri	12,5*	10,6*	17,5	59,5
Industri, råstofindvinding og forsyningsvirksomhed	19,4	21,6	25,7	33,3
Bygge og anlæg	19,8	18,0	32,7	29,5
Handel og transport mv.	30,1	24,8	25,1	20,0
Information og kommunikation	16,2	26,9	28,8	28,2
Finansiering og forsikring	8,1	22,7	25,4	43,8
Ejendomshandel og udlejning	21,7	23,7	30,9	23,8
Erhvervsservice	22,5	22,1	28,2	27,2
Offentlig administration, undervisning og sundhed	20,8	21,1	28,5	29,6
Kultur, fritid og anden service	19,8	24,8	26,3	29,1

Note: * angiver, at tallet er behæftet med usikkerhed grundet få observationer

Kilde: Specialudtræk fra [Arbejdskraftundersøgelsen](#)

Udfordringer og muligheder - BIM for D&V er en del af løsningen

- Hvorfor smider vi vores 3D/BIM i skraldespanden efter bygværket er opført?
- Vi har altid drømt om "fødselsattester", i hvert fald i mine 25 år i branchen => stil krav
- Nye broer kontra eksisterende broer (udfordringer)
- Storstrømsbroen er den første med en reality capture model, som vi kan følge over tid



Data, information og viden forsvinder over tid.
BIM er måske en del af løsningen?

Konklusion

- **Data** er en kritisk ressource, idet den muliggør
 - forbedret beslutningstagning
 - optimeret asset management
 - forbedret bæreevne/performance
 - øget bæredygtighed

Gennem nøjagtig **indsamling, integration og analyse af data** fra flere kilder kan vi forudsige vedligeholdelsesbehov, forlænge levetiden, reducere omkostninger og minimere miljøpåvirkningen.

Data transformerer traditionelle arbejdsgange til **digitalt understøttede, evidensbaserede processer**, der styrker sikkerhed og driftseffektivitet.

Konklusion

- Digital sikkerhed og resiliens
 - Vi bliver mere effektive men også mere sårbare (fejl, datalæk og cyberangreb)
 - Dataejerskab
 - Governance (styring/ledelse) baseret på risikoforståelse
 - Risikovurdering og cybersikkerhed på linje med kvalitet, arbejdsmiljø mm.
 - Det handler ikke om IT - men ledelse, samarbejde og risikoforståelse

Tak for opmærksomheden

Poul Linneberg
pli@cowi.com

