

Kennisprogramma Natte Kunstwerken

Onderzoeklijn: 1a kwantificeren ETL –
Probabilistisch modelleren, meten en monitoren

Ece Ozer (TNO)
Diego Allaix (TNO)
Bram van den Eijnden (Deltares)
Timo Schweckendiek (Deltares)
Greta van Velzen (TNO)
Tommaso Boschetti (Deltares)

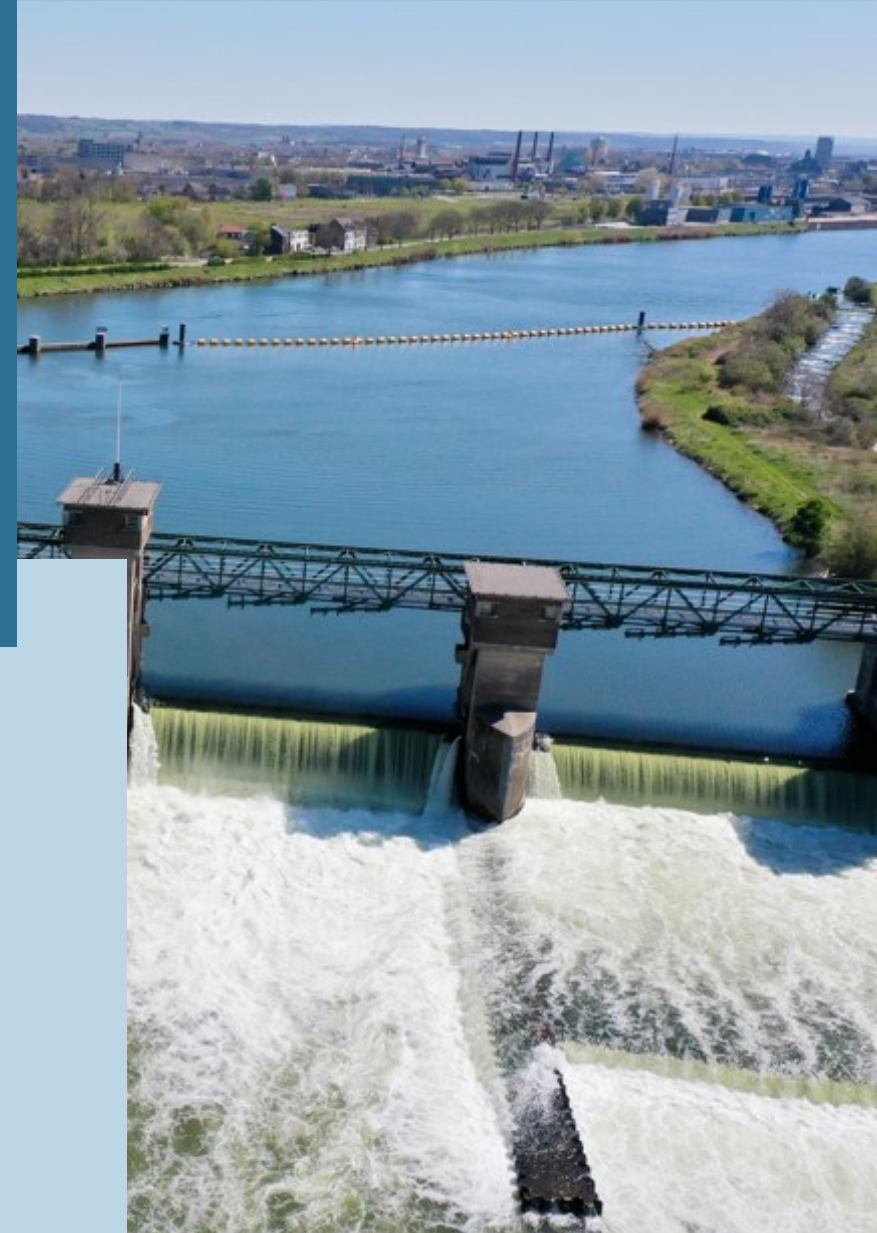
KpNK 2025-2028



Deltares

TNO innovation
for life

MARIN



Twée centrale onderzoeksvragen KpNK 2025-2028

1. Hoe lang gaat mijn kunstwerk nog mee?

Hoe lang gaat een stalen damwand, sluis of stuw mee? Wanneer is deze 'op' en hoe bepaal je dat? We onderzoeken de technische, functionele en economische levensduur, leren van sloopervaringen en verkennen nieuwe meet- en inspectietechnieken.

2. Wat is de functionele relatie tussen een kunstwerk-systeem, nu en in de toekomst, en wat betekent dit voor de vernieuwingsopties en de te maken afwegingen?

Hoe verhoudt een kunstwerk zich tot het infrastructuurnetwerk, nu en in de toekomst? Welke impact hebben lokale keuzes in de levenscyclus van een object op het functioneren van het bredere systeem en hoe beïnvloeden ze keuzes met betrekking tot beheer, vervanging of renovatie?

Vakspecifieke invalshoeken



Geotechniek



Nautiek



Civiele techniek:
constructie



Hydraulica



Asset
Management



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Algemeen doel

Onderzoeklijn: 1a kwantificeren ETL – Probabilistisch modelleren

Het ontwikkelen van probabilistische beoordelingsmethoden die hydraulische belastingen, de constructietoestand en meet- en monitoringsdata integraal meenemen, om:

- **constructieve beoordelingen** te verbeteren;
- de **resterende levensduur** nauwkeuriger in te schatten;
- de **instandhoudingsopgave** en **assetmanagementbeslissingen** van RWS beter te onderbouwen.

Onderzoek → Praktische toepassingen in AM

Hoe doen we dat?

WP1: ETL – Betrouwbaarheid

WP2: Hydraulische Belastingen



Leeropdrachten

- Damwanden
- Leren van slopen

Externe projecten/ontwikkelingen

- OPV
- InfraScan
- Risicogestuurde assetmanagement v.d. toekomst (e.i. ISO 55000)



1. ETL - Betrouwbaarheid

Van levensduurmodellering naar onderbouwde beslissingen



Life-Time Reliability Model 'digital-twin' (Deltares)

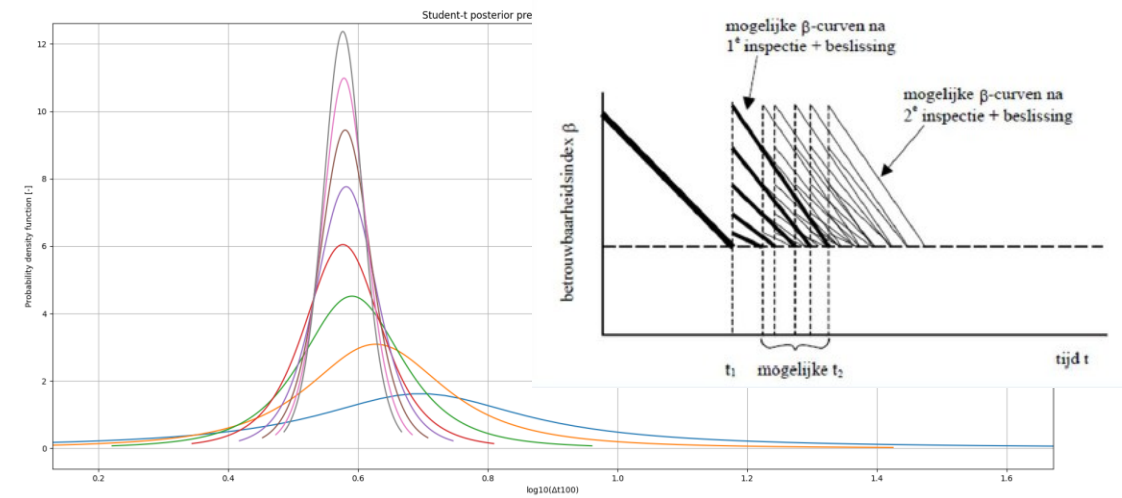
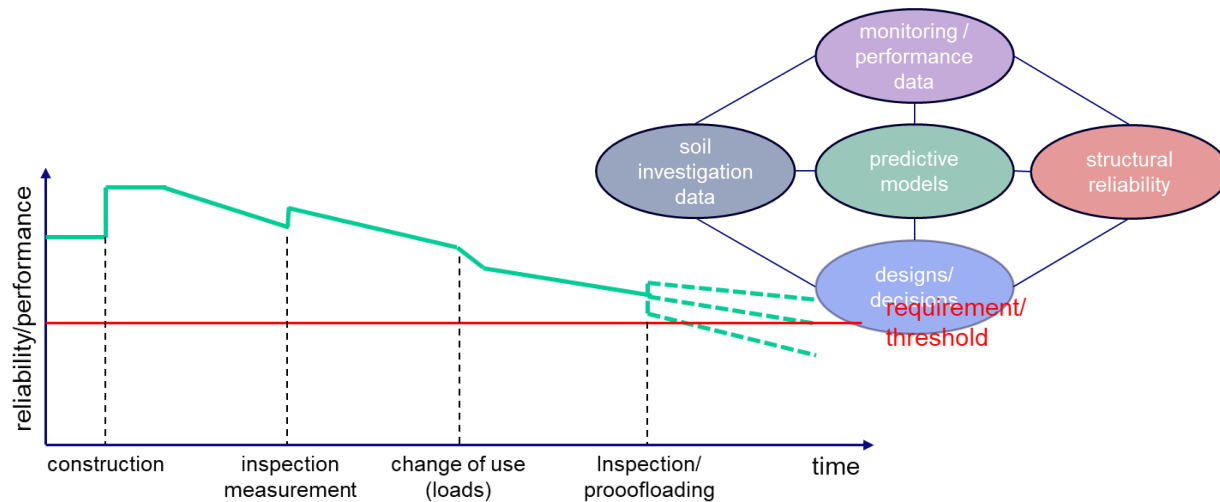
Assesses evolving reliability over entire life span of the structure.



β

Reliability-informed decision-making (TNO)

Develops reliability-based framework to support data-informed decision making, incl. inspection & monitoring



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

2. Hydraulische Belastingen

Van onzekerheid naar onderbouwde instandhouding

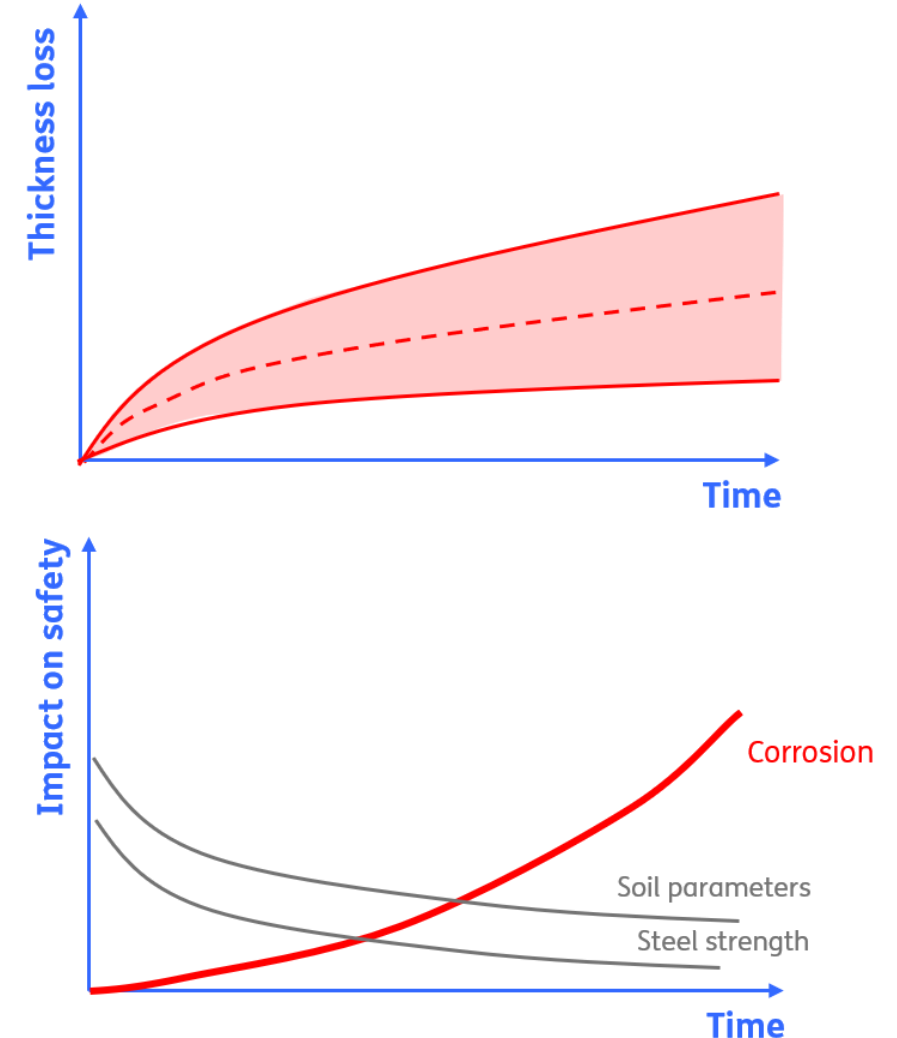


ETL - Betrouwbaarheid

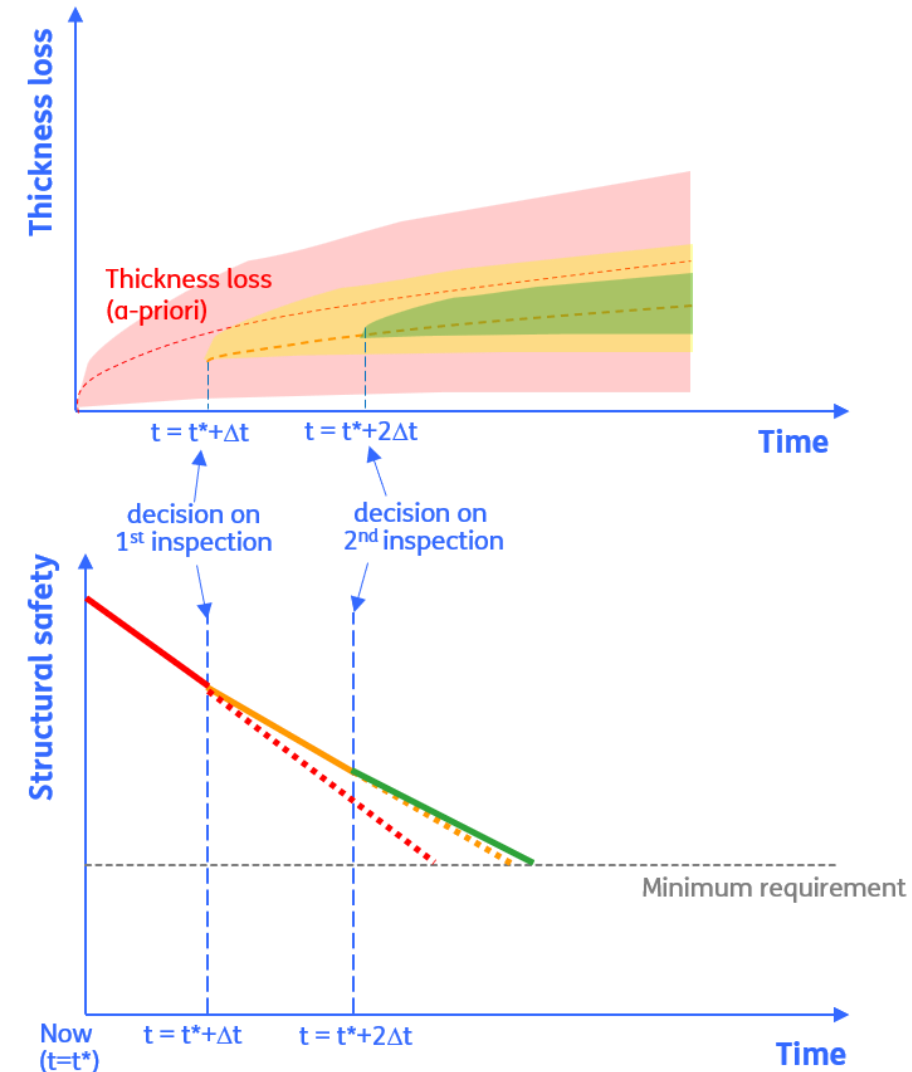
Reliability-informed optimization of inspections for sheet pile structures

Why optimize inspections?

- **maximize information gain** by inspecting at the most informative locations and moments in time
- **enable structural assessment** tailored to actual exposure and deterioration patterns, based on **site-specific, time-dependent corrosion models**
- **reduce uncertainty in remaining service life** as corrosion progresses
- **support critical decisions** on lifetime extension, corrosion mitigation, or replacement

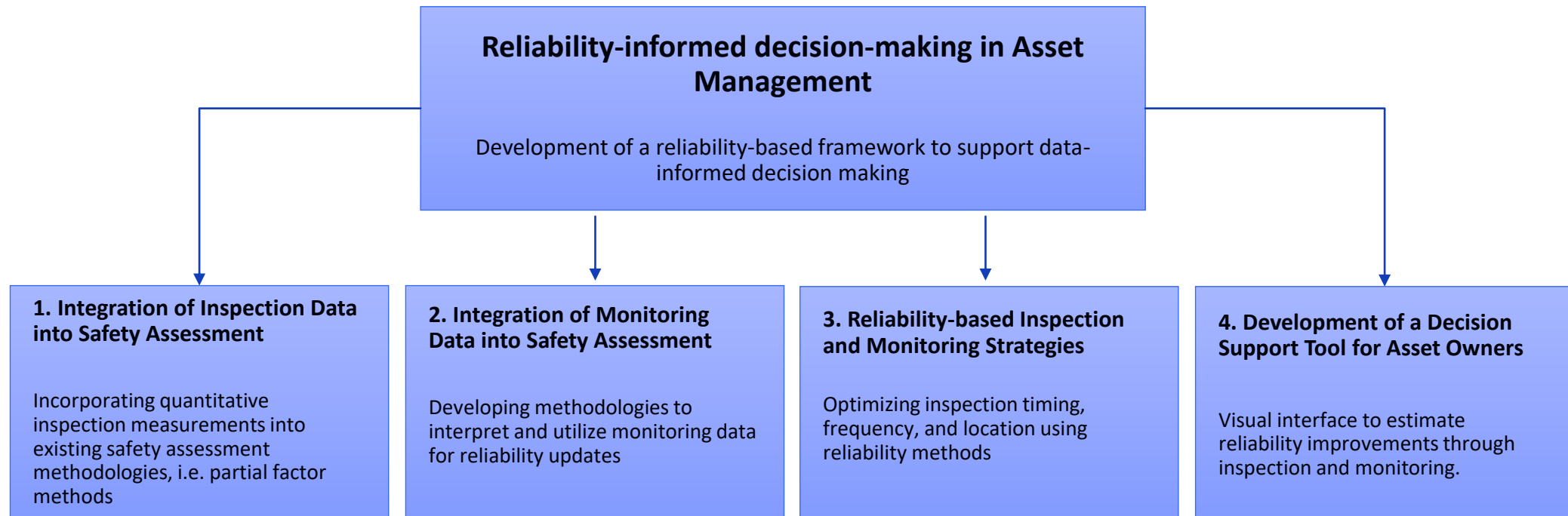


The modelling approach



ETL - Betrouwbaarheid

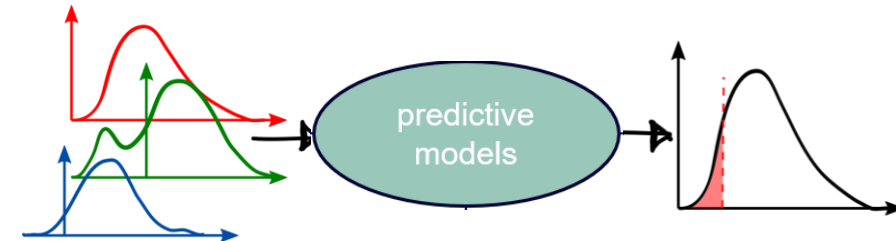
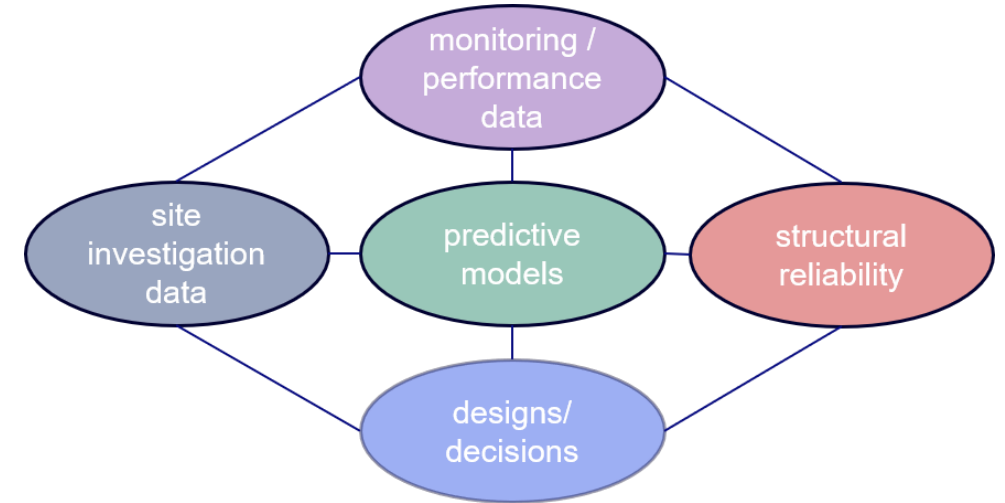
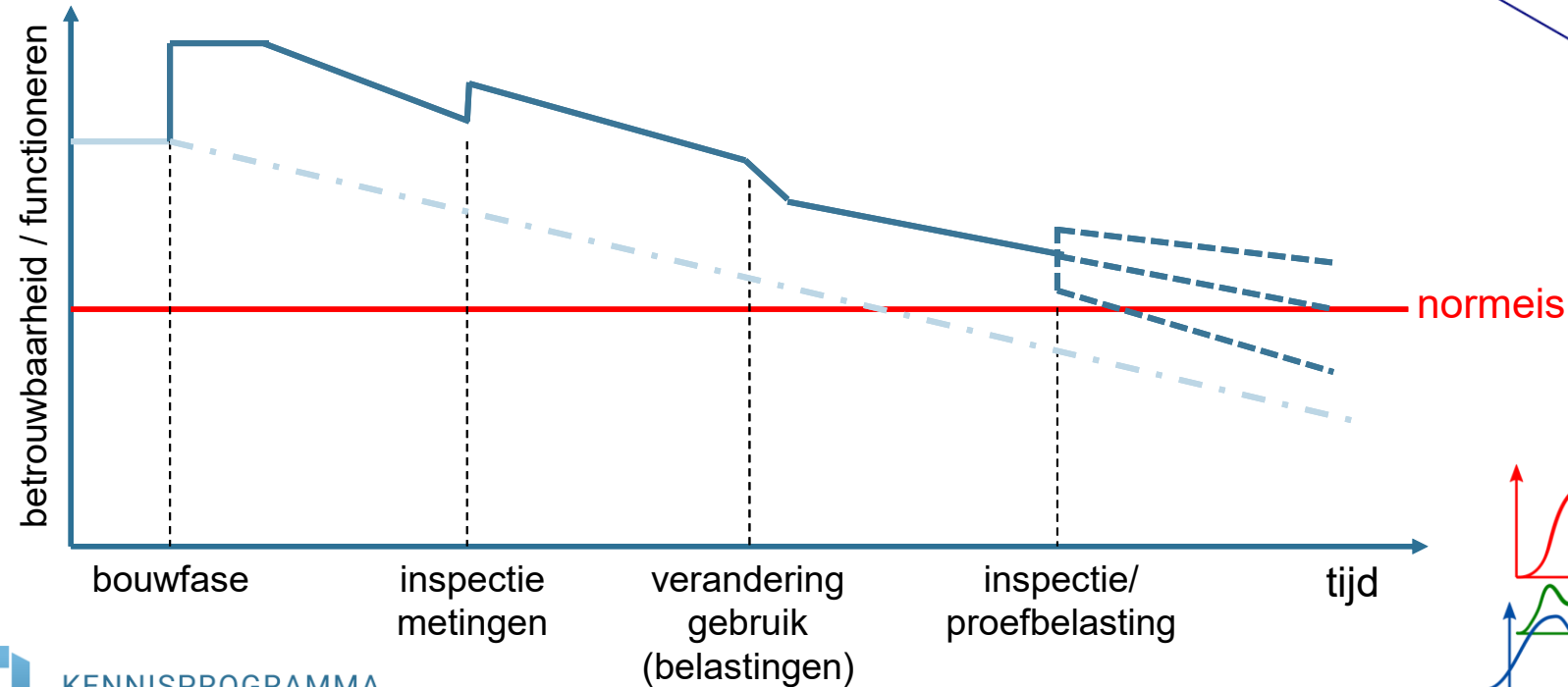
Main objective of TNO: to develop a reliability-based decision-support framework that integrates inspection, monitoring, and performance data to assist asset management strategies, including maintenance planning and life-extension decisions, across all phases of a structure's life cycle.



ETL – Betrouwbaarheid

Betrouwbaarheid in de tijd

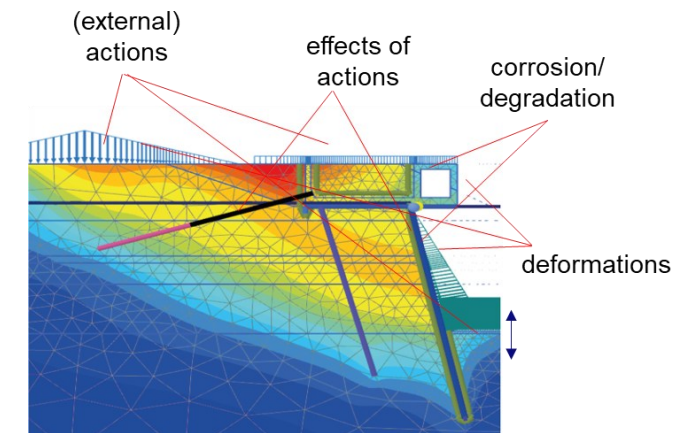
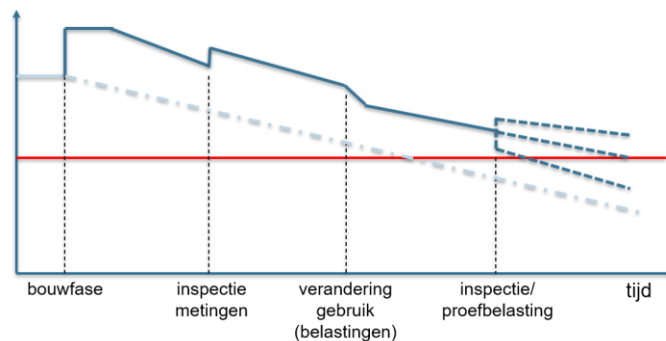
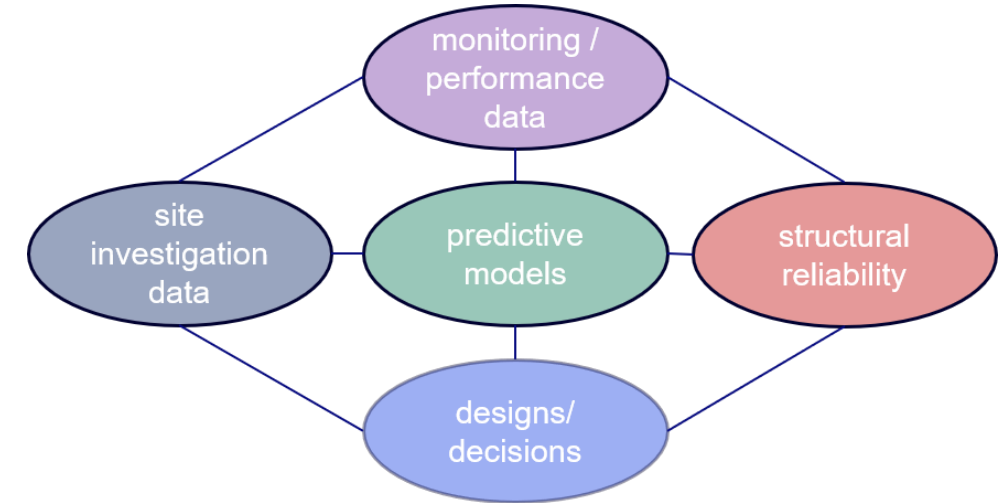
- degradatie constructie
- toenemende (onzekerheid in) belastingen
- **nieuwe data / kennis / gebruik**



ETL – Betrouwbaarheid

Framework voor asset performance modelling

- betrouwbaarheidsanalyse over levensduur → ETL
- continu updaten ‘van alle kanten’
- pre-posteriori en Vol analyses
- modulair en schaalbaar in complexiteit (modellen, methodes, portfolio-breed)
- toepassing in asset management als digital twin

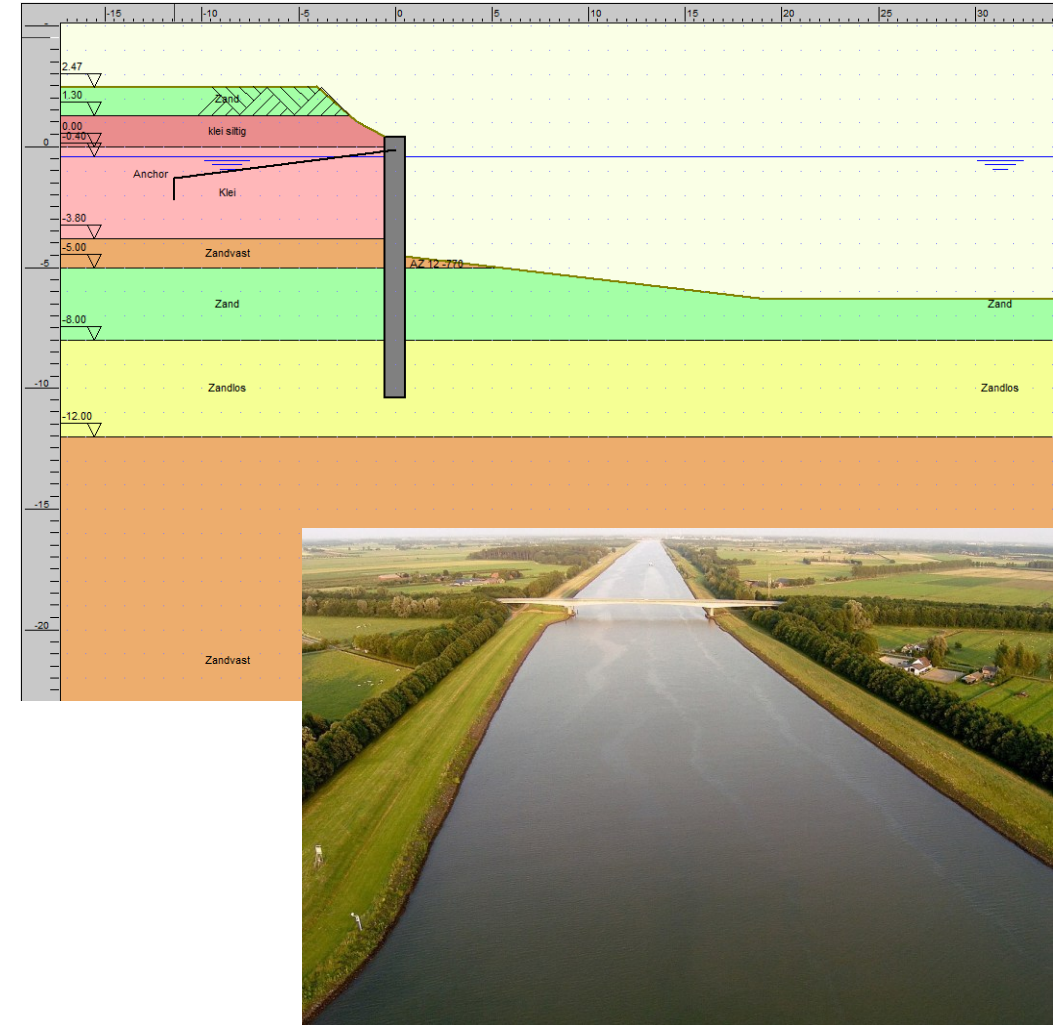
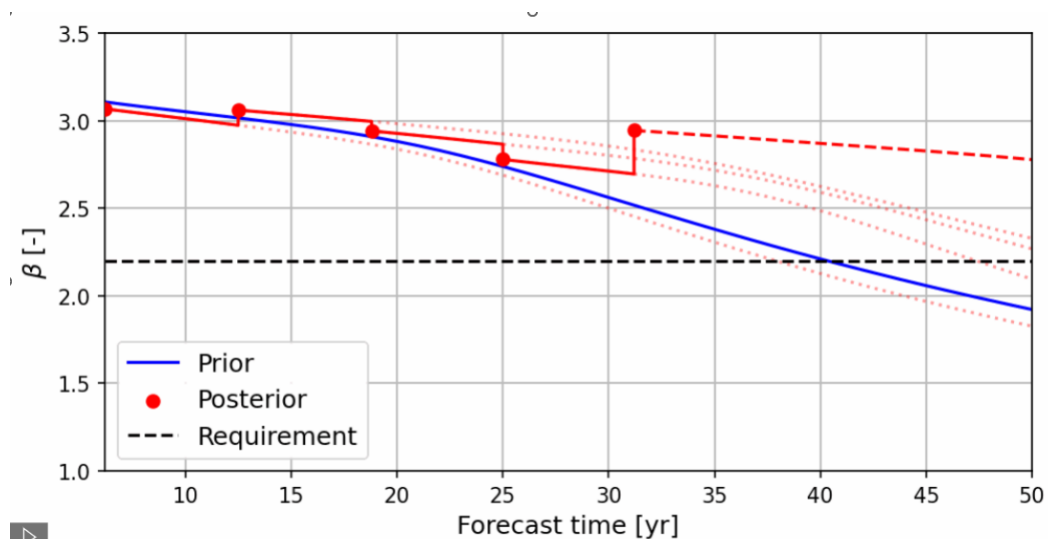


ETL – Betrouwbaarheid

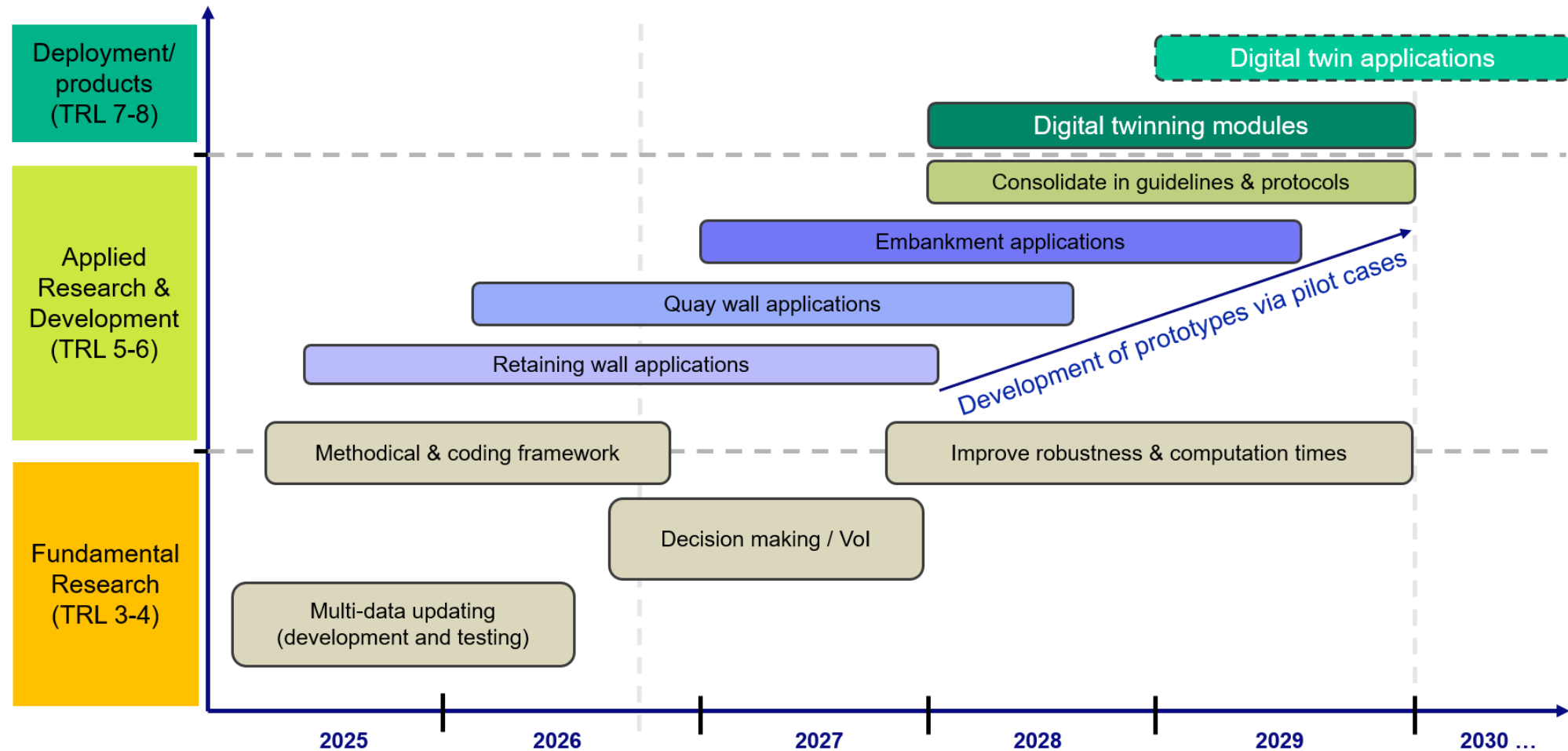
Toepassing in case-study ARK verankerde damwand

schaalbaar in:

- complexiteit modellering
- hoeveelheid en variatie beschikbare data
- doorsnede vs. strekking / portfolio



ETL – Betrouwbaarheid



Hydraulische Belastingen



Uitdaging en oplossingsrichting

- Veel natte kunstwerken bereiken het einde van hun ontwerplevensduur
- Feitelijke gedrag wordt onzekerder (degradatie, afwijkingen tov ontwerpuitsgangspunten).

→ Behoefte aan een meer risico- en conditie-gestuurd beheer

→ Beoordelingsmethodiek bestaande natte kunstwerken

- Belastingen (maritiem, water, grond,..)
- Materiaalkennis
- Constructieve beoordeling (probabilistisch)

Huidige focus: stromingsbelasting op deur en BWW bij het openen en sluiten van de deur.

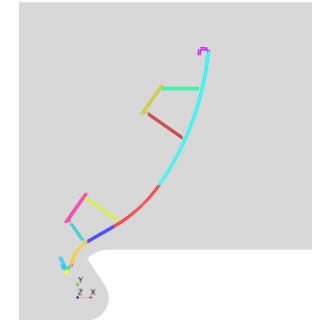
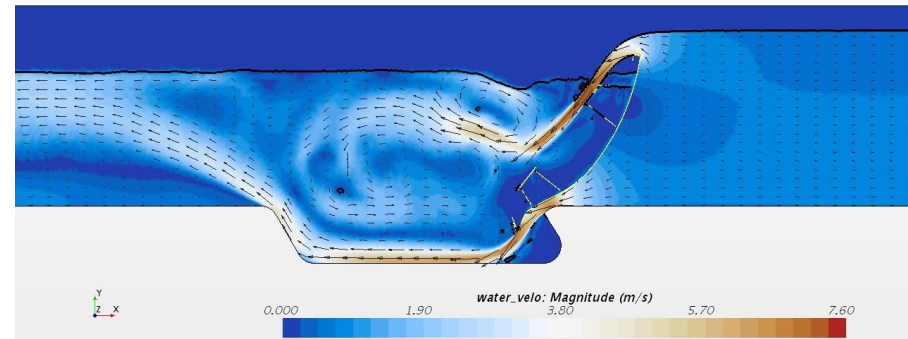
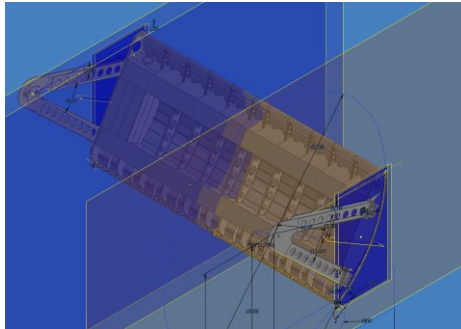


Hydraulische Belastingen

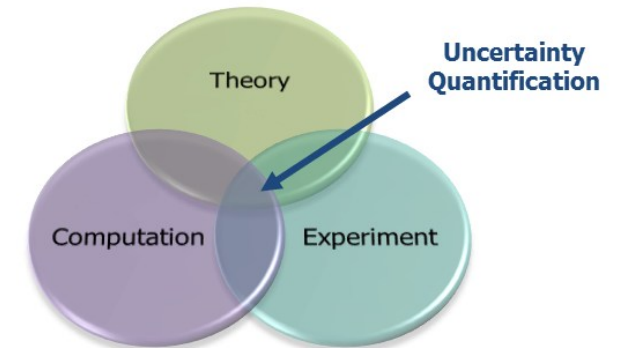
Een van de geïntroduceerde punten gaat over de behoordeling van de hydraulische belastingen op het systeem. Dit wordt vaak door middel van numerieke berekeningen gedaan.

Hierbij komen dus de volgende vragen voor:

- Zijn numerieke modellen betrouwbaar om de hydraulische krachten (statisch en dynamisch) te schatten?
→ validatie numerieke modellering (best practice)



- Wat is de gevoeligheid van de numerieke modellen voor de verschillende input parameters?
→ Gevoeligheidsanalyse, statistische weergave parametersgewicht



Hydraulische Belastingen

In 2026 validatie statische hydraulische krachten door stroming.
Start bij onderstromende schuif (opbouw in complexiteit):

- 2D zonder bypass schuif, enkel fase modellering (water)
- 2D met bypass schuif, enkel fase modellering (water)
- 2D met bypass schuif, multi fase modellering (water en lucht)
- 3D met bypass schuif, multi fase modellering (water en lucht)

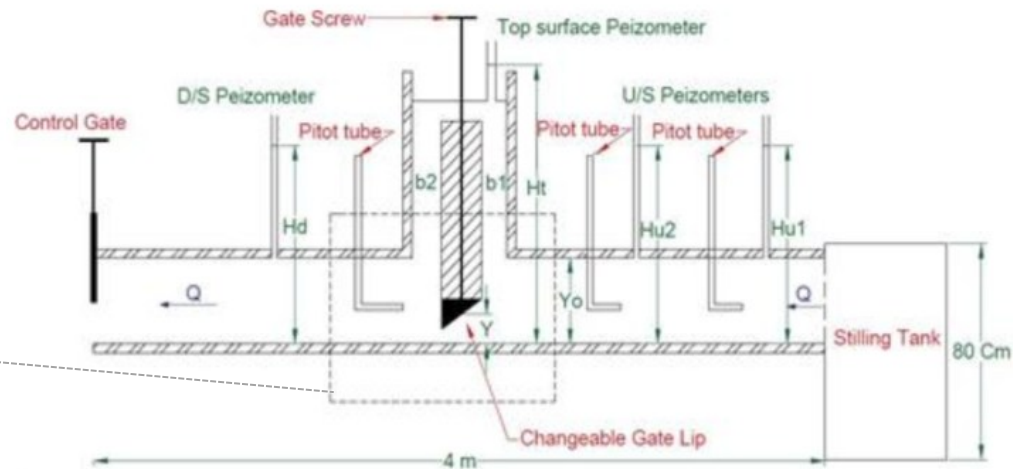
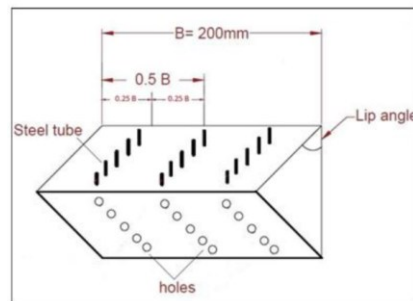
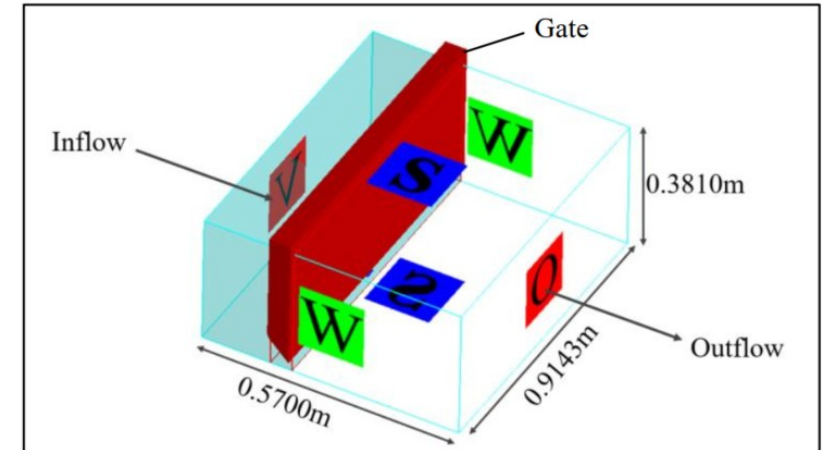


Figure (1): Scheme of hydraulic model



Hydraulische Belastingen

Validatie wordt uitgevoerd op basis van beschikbare datasets en literatuur. Voor onderstromende schuiven is het werk van Naudascher leidend (ook nog in recente publicaties).

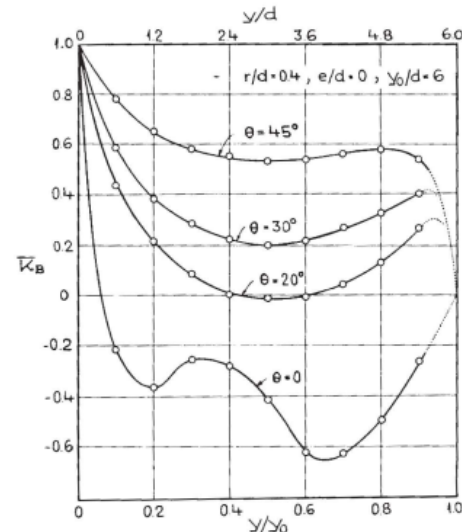
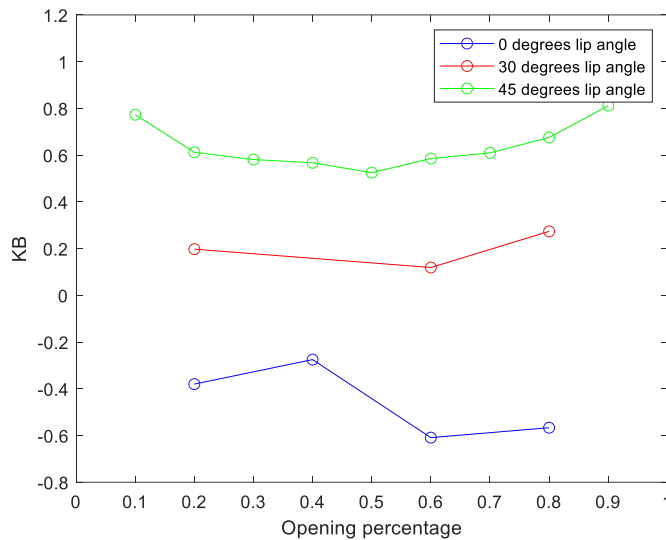
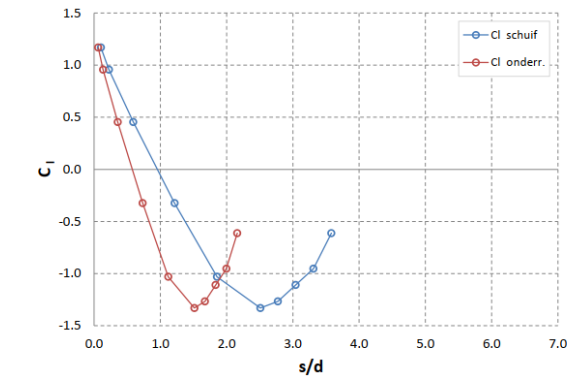
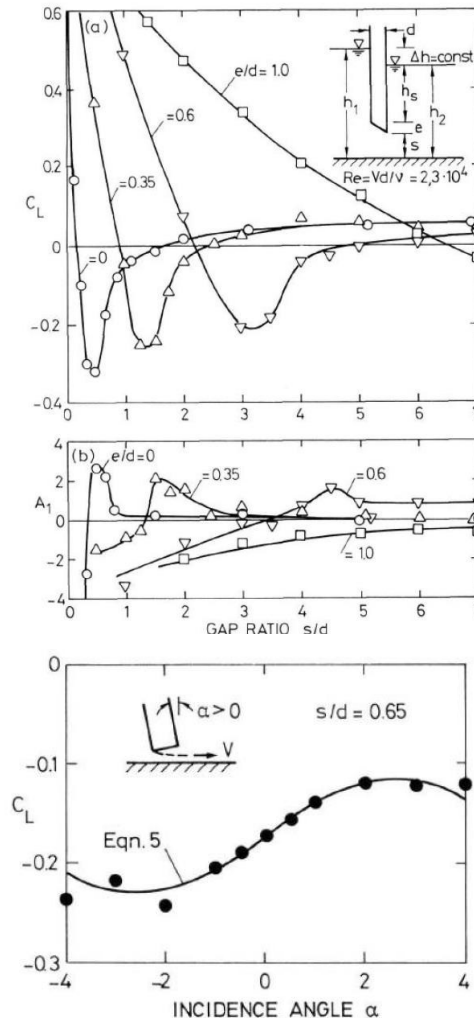
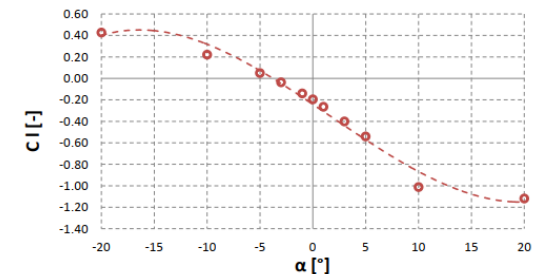


FIG. 15. - VARIATION OF K_B WITH RELATIVE GATE OPENING FOR VARIOUS θ

Voorgaande onderzoek naar kans voor trillingen door stroming (Deltares samen met TNO, 2017)



Figuur 3.2 - Resultierende C_L numerieke berekeningen voor de sector schuif situatie.



Figuur 3.6 - Variatie C_L met de stroomrichting (α)

Heb jij een praktijkvraag of slim idee waar we samen aan kunnen werken?

Neem contact met ons op om samen verder te praten over de mogelijkheden.



Ece Ozer
ece.ozertno.nl
TNO



Diego Allaix
diego.allaix@tno.nl
TNO



Timo Schweckendiek
timo.schweckendiek@deltares.nl
Deltares



Bram van den Eijnden
Bram.vandenEijnden@deltares.nl
Deltares



Greta van Velzen
greta.vanvelzen@tno.nl
TNO



Tommaso Boschetti
tommaso.boschetti@deltares.nl
Deltares

