

Parallelsessie KPNK symposium:

Ankerstangen en leren van slopen

Renger van de Kamp (RWS-WVL)

Hans Brinkman (Deltares)

Remco van den Berg (Deltares)

3 februari 2025



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

nattekunstwerkenvandetoekomst.nl



Programma

**Blok 1 Doel en resultaat ankeronderzoek
(Hans Brinkman)**

**Blok 2 Meting v/d Roggebot legankers
(Remco van den Berg)**

Blok 3 Groepsopdracht met 2 vragen

Blok 4 Terugkoppeling van de Groepen



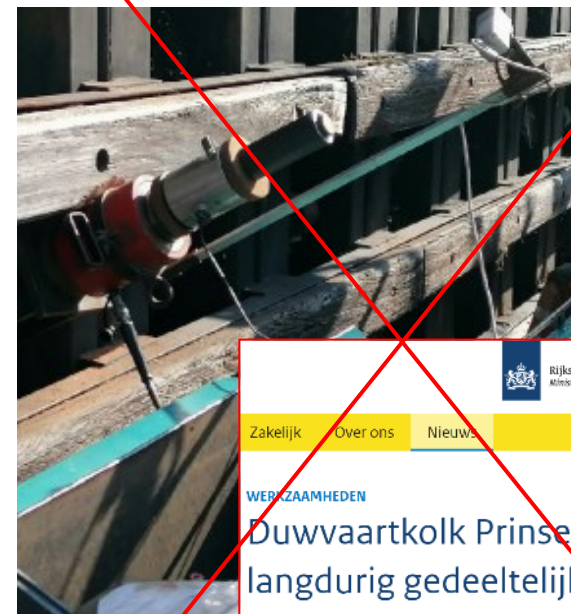
Waarom leren van slopen?

Betrouwbaardere prognose

- Testen, valideren en nagaan betrouwbaarheid inspectie(technieken), modellen en methoden mbt bepaling einde technische levensduur adhv **eind-inspectie in de praktijk**
- Inspecties op normaliter onbereikbare plekken
- Opbouw materiaalgedrag/-degradatie data-reeksen
- Ontdekken onvoorziene/onverwachte fenomenen in de praktijk

~~47 jaar oude ankers Prinses Irenesluis~~

- ~~• Bij controleproeven faalde 40-50%~~
- ~~• Direct maatregelen nodig~~
- ~~• Alle ankers zijn vervangen~~



 Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Zakelijk Over ons Nieuws

WERKZAAMHEDEN

Duwvaartkolk Prinses Irenesluis langdurig gedeeltelijk gestremd door herstelwerkzaamheden

Gepubliceerd op: 5 februari 2021 - Laatste update: 5 februari 2021, 15:21

Rijkswaterstaat plaatst van 15 februari tot en met 4 juni 2021 nieuwe damwandankers in de Prinses Irenesluis bij Wijk bij Duurstede. Daardoor is deze periode de duwvaartkolk regelmatig gestremd. Vooral de duwvaart loopt vertraging op, maar ook de overige scheepvaart moet rekening houden met extra reistijd.

Aanleiding & doel

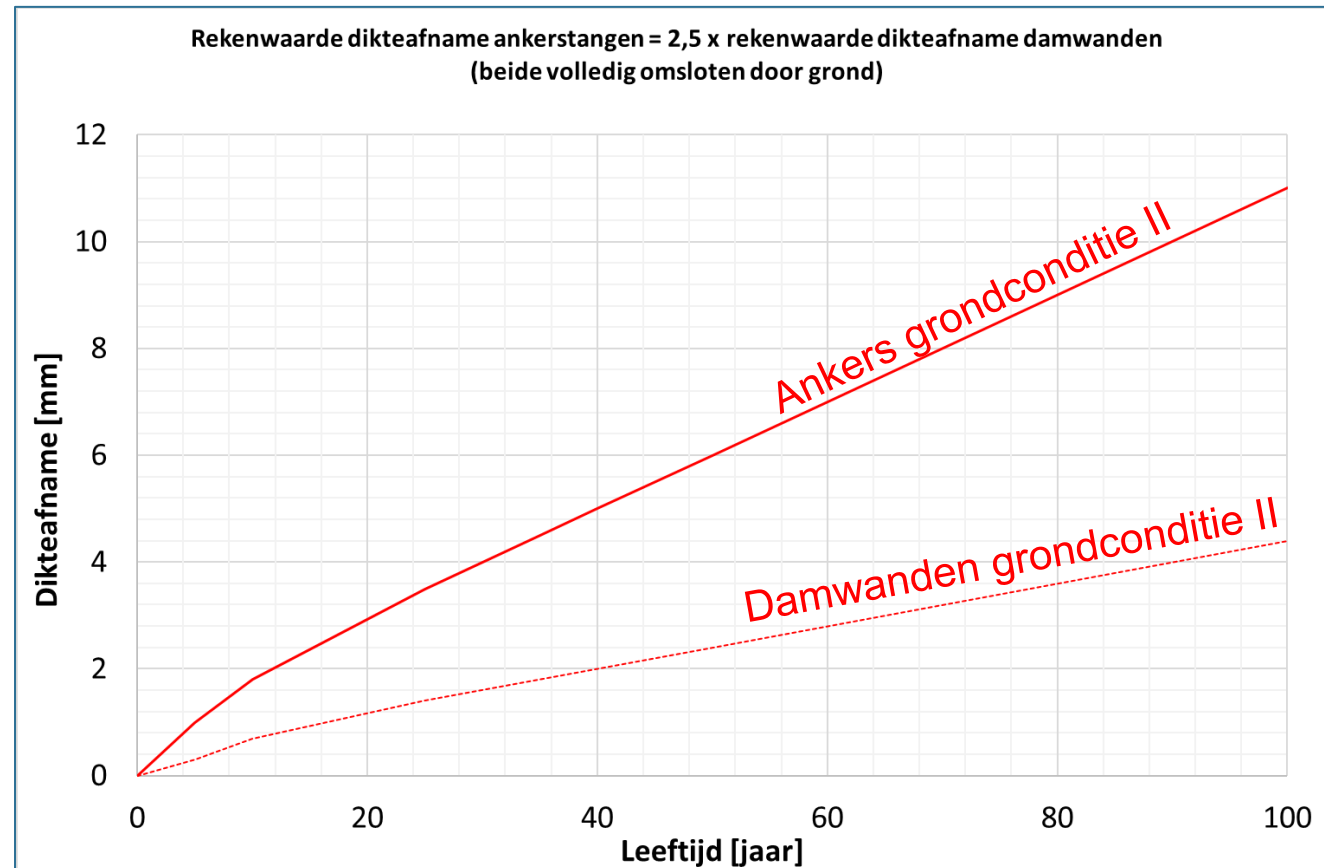
- Geen meetdata corrosie van ankerstangen.
- Geen prognose model voor betrouwbaarheid van corroderende ankers.
- De invloed corrosie op ankers groot
 - Invloed kwadratisch op staaldoorsnede
 - Zwakste doorsnede maatgevend
- NEN 6766 kiest voor corrosie ankers = 2,5 x damwandcorrosie

Onderzoeksdoelen

Verzamelen meetdata gecorrodeerde ankers en aanzet voor een beter veiligheidsformat voor gecorrodeerde ankers in NEN 6766.



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN



Ankerstangen en leren van slopen

KpNK metingen doorsnede afname van ankerstangen

Roggebotsluis

- 3 locaties
- 15 hele + 3 stukken stang $L_{\text{tot}} = 125 \text{ m}$
- Alle stangen met corrosiebescherming

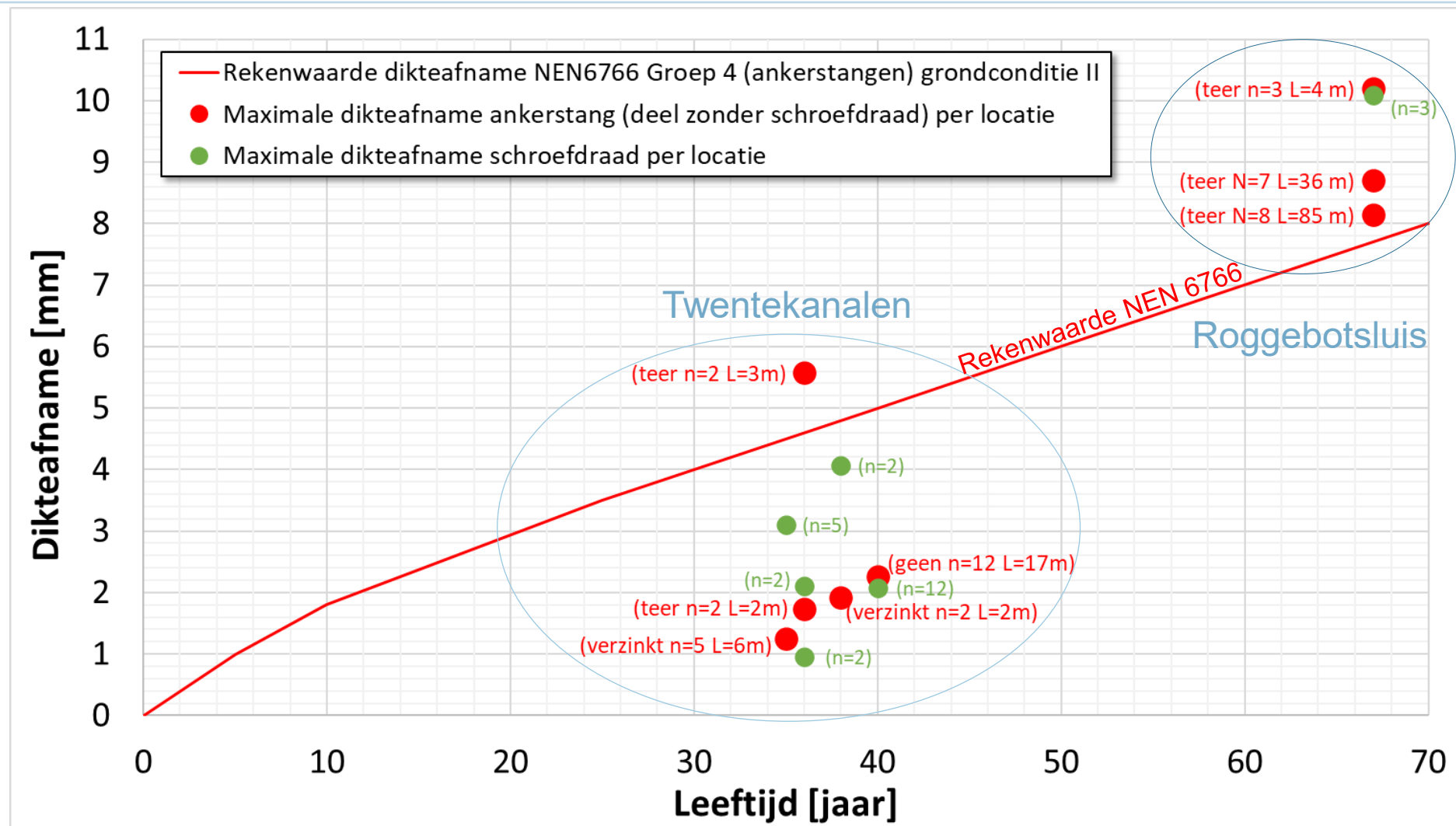


Twentekanalen

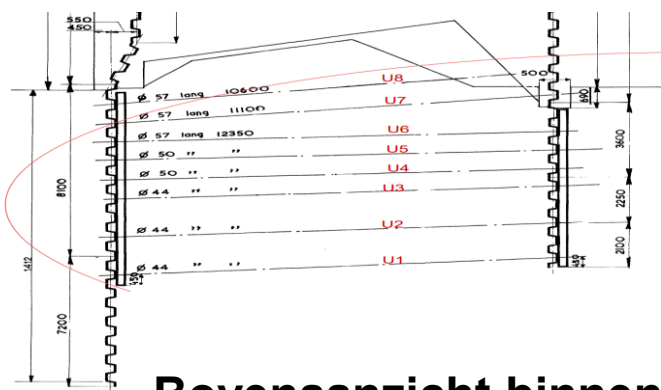
- 5 locaties
- 23 stukken stang $L_{\text{tot}} = 32 \text{ m}$
- 17 m zonder en 15 m met corrosiebescherming



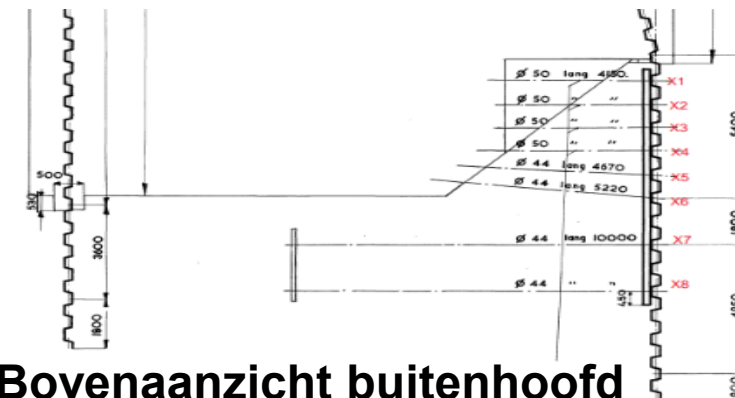
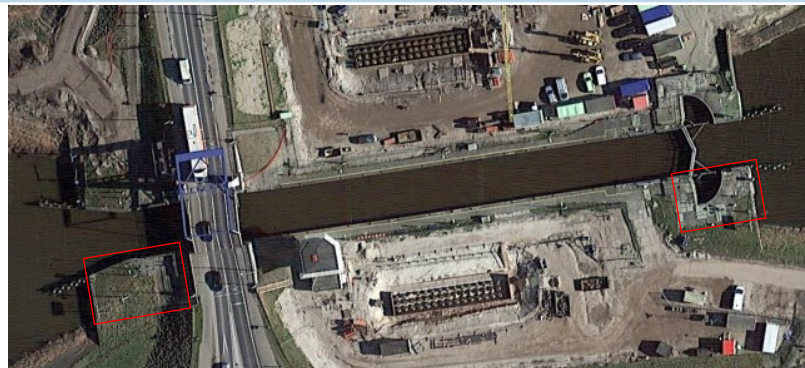
KpNK metingen ankerstangen op 8 locaties



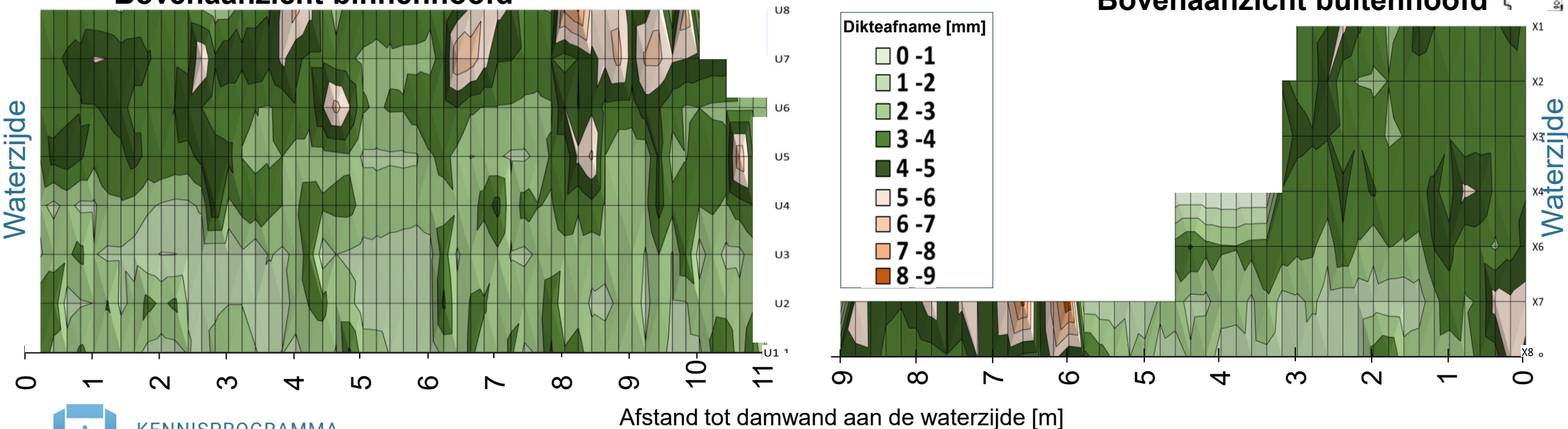
Corrosiepatronen Roggebotsluis maxima per 0,1 m



Bovenaanzicht binnenhoofd



Bovenaanzicht buitenhoofd



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Metingen ankerstangen, samenvatting

Ankerstang

- 7 v/d 8 locaties met corrosiebescherming teer/verzinkt. Er zijn onvoldoende locaties en stanglengte om onderscheidt te kunnen maken tussen staal zonder en met een (type) corrosiebescherming.
- Maximale dikteafname was meer dan rekenwaarde NEN6766 (onbeschermd) staal:
 - Gemiddeld 1x per 39 m over de 157 m stang.
 - Gemiddeld 1x per 42 m bij de Roggebotsluis en 1x per 32 m bij de Twentekanal.
 - 3 van de 16 stangen bij de Roggebotsluis.

Schroefdraad

- Maximale dikteafname schroefdraad gemiddeld 25% meer dan die van de ankerstang



Afleiding veiligheidsformat

Opzet veiligheidsformat gelijk aan wijze waarop f -factor in NEN 6766 voor damwanden is gebaseerd:

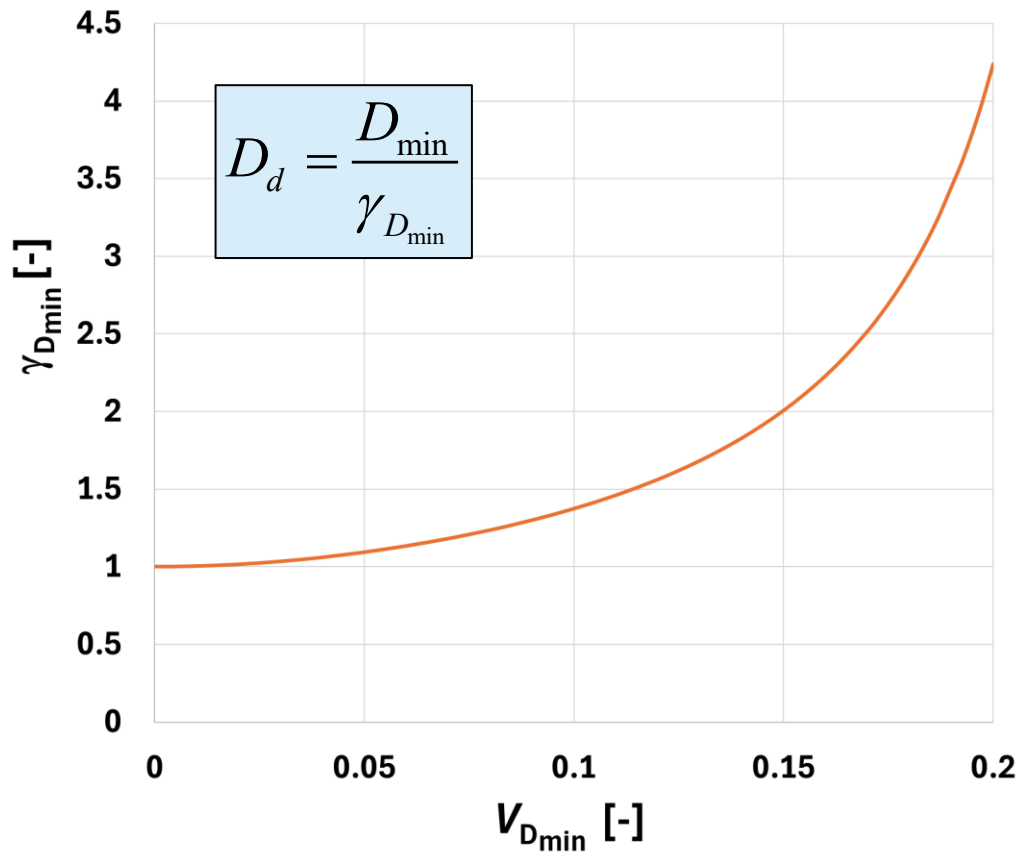
- Sterkte in NEN-EN 1990 is gebaseerd op $\beta_R \geq \alpha_R \times \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$

Dat betekent een faalkanseis voor de sterkte van $P_R \leq 1/845$

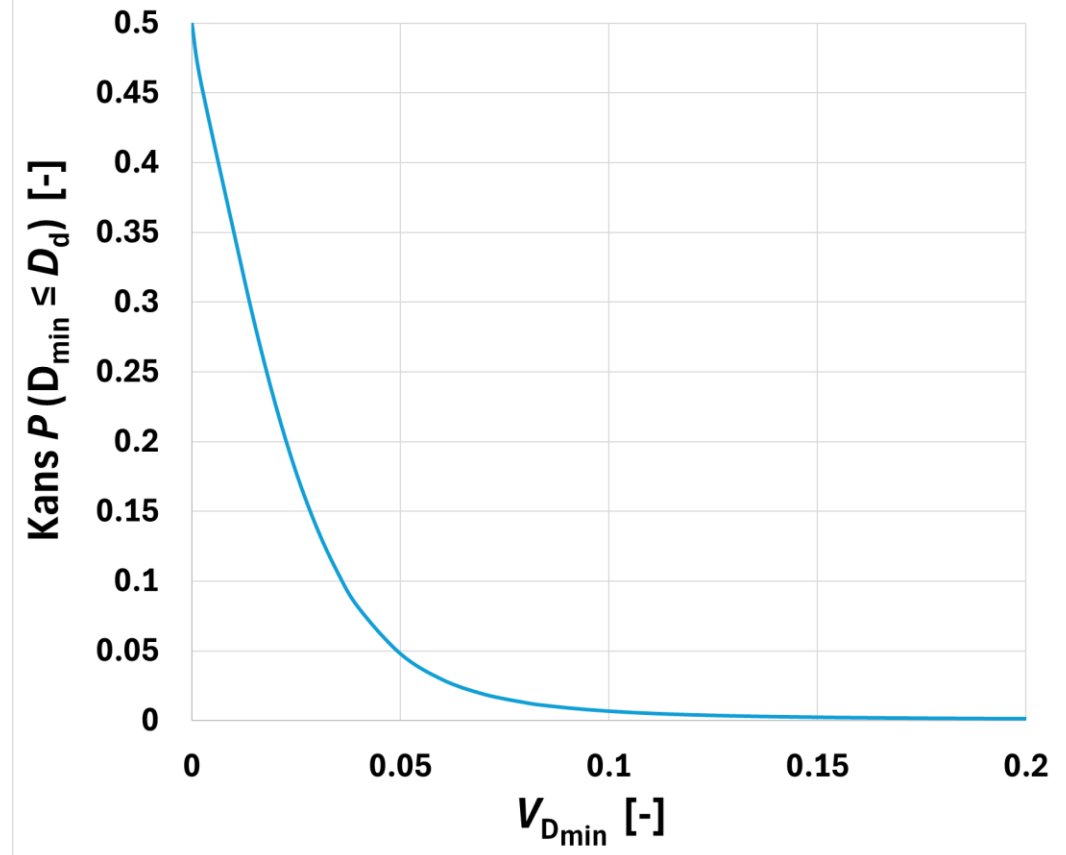
- NEN-EN 1990 resulteert zonder corrosie onzekerheid ankerstang $\beta_R \geq 3,04$
- Partiele factor voor de corrosie hoeft alleen de toename van de totale onzekerheid van de sterkte door corrosie af te dekken zodat $\beta_{R,t} \geq 3,04$

Partiële factor en onderschrijdingskans $P(D_{\min} \leq D_d)$

Partiele factor voor rekenwaarde diameterafname van gecorrodeerde ankerstangen



Kans dat minimale diameter van ankerstang $\leq$ rekenwaarde diameter gecorrodeerde ankerstang



Voorbeeld veiligheidsformat. Rekenwaarde dikteafname uitgaande van Roggebotmeting $\Delta D_{\min, \text{gem}} = 0,766 \cdot \Delta D_{\text{NEN6766}}$ & $V_{\Delta D_{\min}} = 0,305$ en de NEN 6766 trend

Toetsing ankerstangen op $t = 67$ jaar aan maximale onderschreidingskans van het veiligheidsformat. Roggebotsluismeting $\Delta D_{\max, \text{gem}} = 5,9 \text{ mm}$ en $\sigma_{\Delta D_{\max, \text{gem}}} = 1,8 \text{ mm}$

D_{ini} [mm]	$D_{\min}$ [mm]	$V_{D_{\min}}$ [mm]	$\gamma_{D_{\min}}$ [-]	D_d [mm]	ΔD_d [mm]	P_{eis} [-]	P_{meting} [-]
32	26,1	0,069	1,176	22,2	9,8	1/50	1/16
44	38,1	0,047	1,082	35,2	8,8	1/18	1/16
57	51,1	0,035	1,047	48,8	8,2	1/9,5	1/8

Let op, bij ankerstangen is het effect van de dikteafname op de staaldoorsnede kwadratisch.

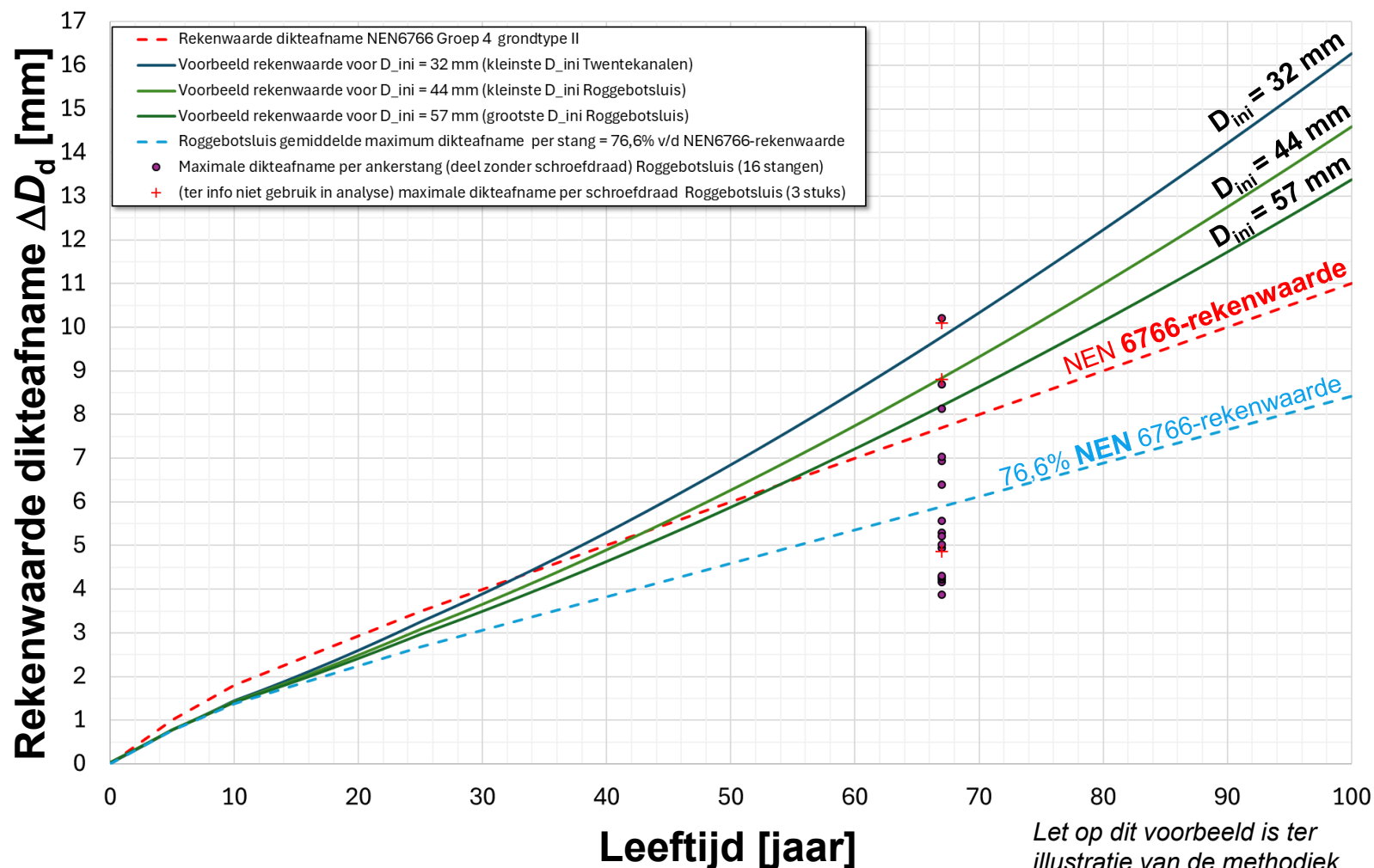
$D_{\text{ini}} = 32 \text{ mm}$ op $t = 100$ jaar

$\Delta D_{d, \text{NEN6766}} = 11,0 \text{ mm} \rightarrow A_d = 346 \text{ mm}^2$

$\Delta D_{d, \text{Voorbeeld}} = 16,3 \text{ mm} \rightarrow A_d = 194 \text{ mm}^2$



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN



Conclusies

- De waargenomen dikteafnamen zijn regelmatig hoger dan de NEN 6766-rekenwaarde
- De maximale dikteafname van de schroefdraden was 25% meer dan de maximale diameterafname van het overige deel van de ankerstang.
- De aanzet tot een afleiding van een veiligheidsformat voor gecorrodeerde ankerstaven laat zien dat:
 - De benodigde rekenwaarde van de dikteafname is afhankelijk van de initiële diameter van de ankerstaaf.
 - Het is goed mogelijk een partiele factor (c.q. f -factor) voor ronde ankerstaven te definiëren.
 - De kans dat de rekenwaarde van de dikteafname mag worden overschreden mag fors groter zijn ten opzichte van die vereist is voor de staalsterkte.
- De steekproef is nog te klein om over te gaan tot het opstellen van een compleet wijzigingsvoorstel voor NEN 6766 van het veiligheidsformat van massieve ankerstangen. De resultaten laten al wel wel zien dat een aanpassing nodig is.

Programma

Blok 1 Doel en resultaat ankeronderzoek (Hans Brinkman)

Blok 2 Meting v/d Roggebotsluis legankers
(Remco van den Berg)

Blok 3 Groepsopdracht met 2 vragen

Blok 4 Terugkoppeling van de Groepen



Roggebotsluis



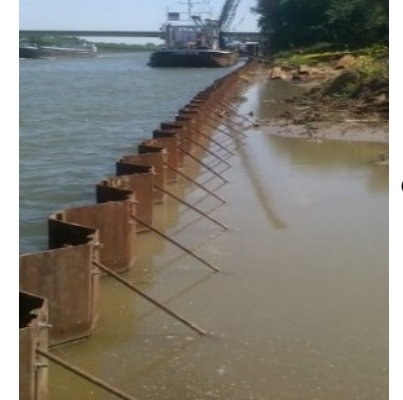
Luchtfoto van de Roggebotsluis (Kamper Nieuws, 2018)



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Damwanden en leganker onderzoek

start sloop



vb aanlegfase ankers

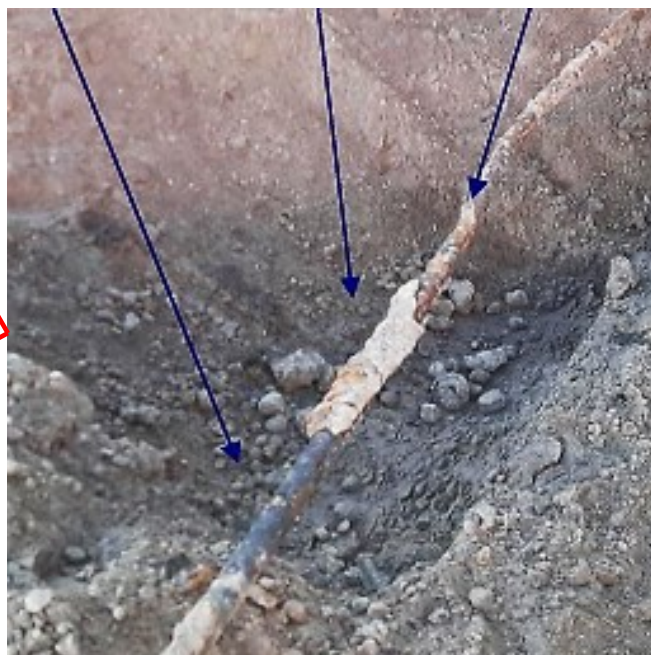


KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Voorzichtig bergen ankerstangen van de damwanden



Eerste visuele impressies

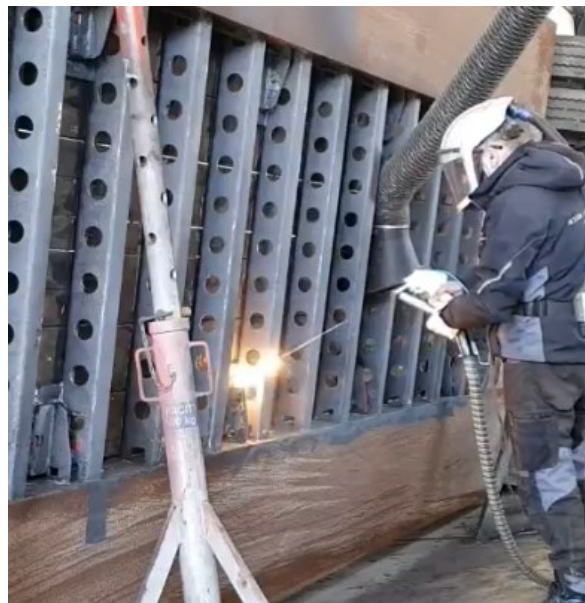


Klaarmaken voor transport, nog meer impressies

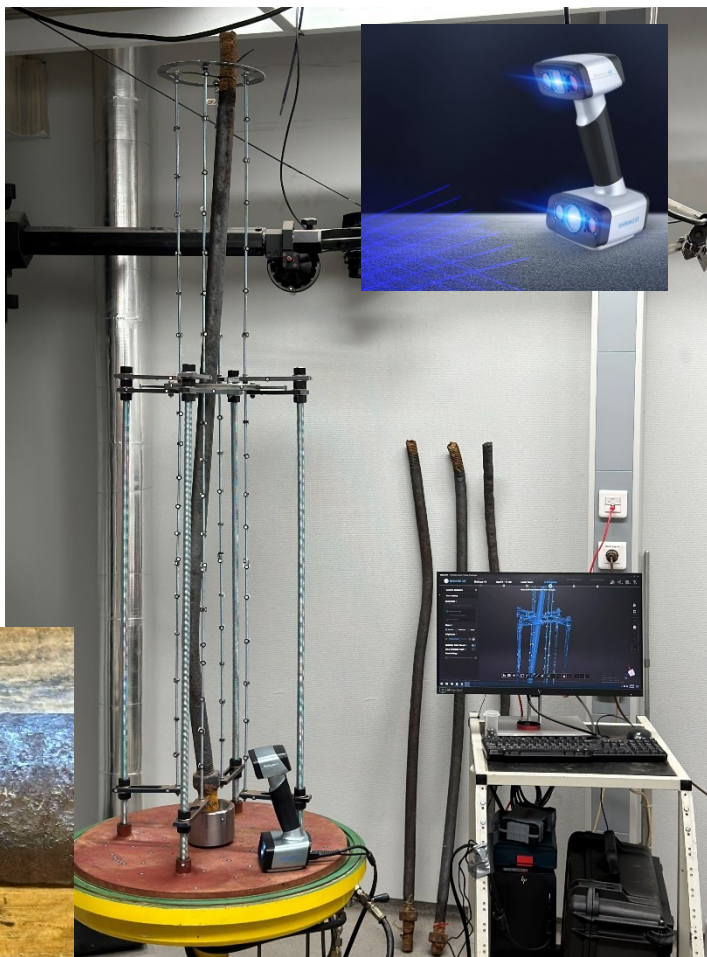


Schoonmaken ankerstangen en 3D-scannen in lab

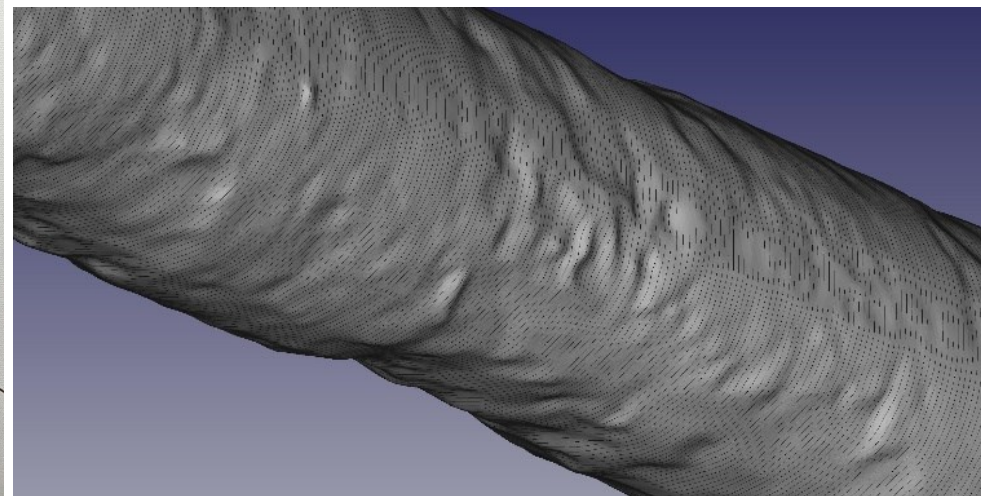
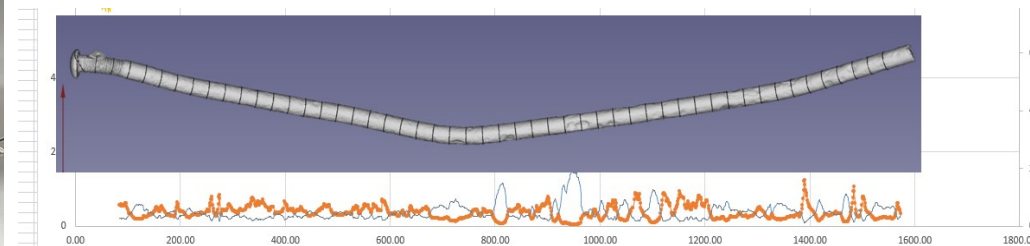
Schoonmaken laser/gritten



Scannen



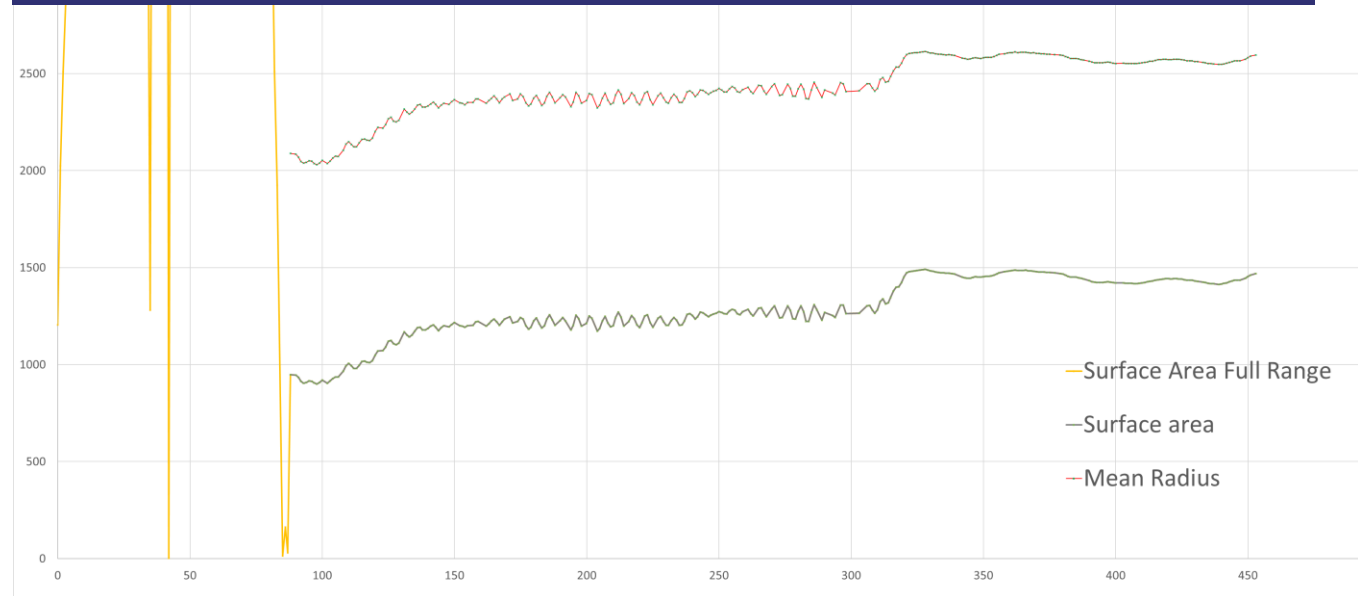
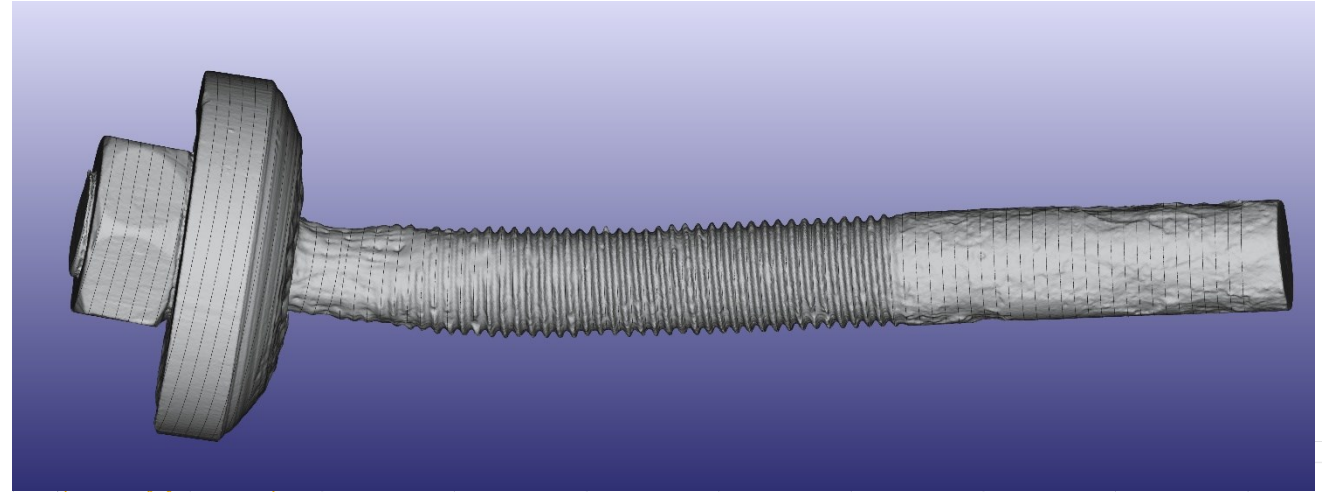
Verwerking meetdata naar doorsnede data per mm



Ankerkop schoonmaken



Ankerkop 3D-gescand in lab



Conclusies / Geleerd

- 1^e set metingen met betrouwbare data van 8 locaties
- Goede procedure van veld tot in het lab en analyse
- Zorgvuldig 'slopen' kost tijd en geld
 - Duidelijke afspraken met alle betrokken partijen
 - Goede planning
 - Beschikbaarheid van mensen, locaties en materieel
 - Ruimte voor improvisatie en flexibiliteit



Programma

Blok 1 Doel en resultaat ankeronderzoek
(Hans Brinkman)

Blok 2 Meting v/d Roggebotsluis legankers
(Remco van den Berg)

Blok 3 Groepsopdracht met 2 vragen

Blok 4 Terugkoppeling van de Groepen



Vragen voor de groepsopdracht

1. Wat kan u in de praktijk als beheerder met deze resultaten?
2. Welke dingen zou u meer willen weten?

Programma

Blok 1 Doel en resultaat ankeronderzoek
(Hans Brinkman)

Blok 2 Meting v/d Roggebotsluis legankers
(Remco van den Berg)

Blok 3 Groepsopdracht met 2 vragen

Blok 4 Terugkoppeling van de Groepen



Vragen voor de groepsopdracht

1. Wat kan u in de praktijk als beheerder met deze resultaten?
2. Welke dingen zou u meer willen weten?

Het kennisprogramma loopt door !

Interesse of meedoen?

Bezoek [nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/meedoen](https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/meedoen)

Rapporten:

<https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/kennisbank/>



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

[nattekunstwerkenvandetoekomst.nl](https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl)

Deltares



Renger van de Kamp

: renger.vande.kamp@rws.nl

Hans Brinkman

: hans.brinkman@deltares.nl

Remco van den Berg

: remco.vandenberg@deltares.nl