

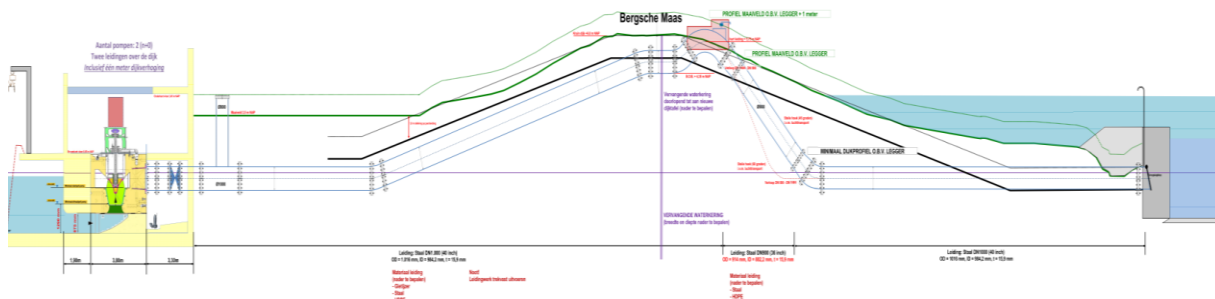
Advies aan Waterschap Brabantse Delta Ontwerp dijkkruising lagedruk persleidingen te Waalwijk

4 december 2020

1. Aanleiding

Waterschap Brabantse Delta (WSBD) heeft in de persoon van Carlijn Bus een 'collegiale vraag' gesteld aan het Expertisenetwerk Leidingen in Waterstaatswerken (ELW, STOWA) over het ontwerp van een dijkkruising met 4 lagedruk persleidingen als gevolg van de aanleg van een nieuw gemaal nabij de primaire waterkering in Waalwijk. In het ELW kunnen de leden reageren op een collegiale vraag vanuit hun expertise en praktijkervaring, zodat de vraagsteller snel kan worden bediend.

Op de collegiale vraag van WSBD is door enkele leden van het ELW gereageerd. Hieruit bleek, dat waterschappen in Nederland nog geen ervaring hadden opgedaan met de door WSBD geschetste problematiek. Wel is door de respondenten een aantal adviezen en tips verstrekt, waaronder het advies om gebruik te maken van de binnen de POV K&L (zie verder in dit hoofdstuk) nieuw ontwikkelde kennis en inzichten ten aanzien van leidingkruisingen met (al dan niet te versterken) primaire waterkeringen. De uitgebreide vraagstelling en reacties van de ELW leden zijn opgenomen in bijlage 1.



De persleiding wordt als hevel aangelegd, waarbij de onderzijde van de buis 1,35 m onder het ontwerppeil (waterstand bij norm) wordt aangelegd. Voor dwarsprofiel zie bovenstaande schets van het voorlopig ontwerp (VO). Volgens de recent geactualiseerde NEN 3651 moet een damwandconstructie worden aangelegd (voorheen 'vervangende waterkering' genoemd), die wordt ontworpen conform de POVM Langsconstructies [1], een publicatie van de Project Overstijgende Verkenning Macrostabieliteit (hierna PPL) over stabiliteitverhogende langsconstructies. Het adviesbureau Royal Haskoning DHV (RHDHV) van WSBD dat het ontwerp maakt, vindt de PPL voor deze specifieke situatie niet toepasbaar. Het adviesbureau stelt voor om de damwandconstructie als een waterkerend kunstwerk te ontwerpen waarbij de principes van de Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken [4] (hierna Werkwijzer KW) worden gevolgd. Dit komt erop neer dat de sterkte van de damwandconstructie in de primaire waterkering wordt ontworpen op basis van de Eurocode RC3 uitgaande van de erosiekrater van de bezweken leiding.

De aard van de collegiale vraag is complex en overstijgt de ontwerppeisen van de NEN 3650 reeks. Er zijn vragen gerezen over de toepassing van een damwandconstructie en daarbij te

hanteren ontwerpdocumenten zoals de PPL en de Werkwijzer KW. Verder is er voor leidingen nog geen passende methodiek beschikbaar die volledig en goed aansluit op de nieuwe overstromingskansbenadering voor de primaire waterkeringen.

De geschetste problematiek heeft een sterke relatie met de activiteiten van de Project Overstijgende Verkenning Kabels & Leidingen (POV K&L). Het ELW heeft daarom ook aan Harry Schelfhout gevraagd om namens de POV K&L advies uit te brengen. Harry Schelfhout is trekker van de activiteit 'Handelingsperspectief veiligheidsrisico' van de POV K&L. Uitgangspunt voor het advies is dat zoveel mogelijk wordt aangesloten op huidige beschikbare kennis en documenten en een pragmatische oplossing wordt geboden. Op verzoek van Harry Schelfhout zijn door WSBD en het adviesbureau RHDHV aanvullende ontwerpgegevens verstrekt, die bij het advies zijn betrokken. De aanvullende gegevens zijn opgenomen in bijlage 2.

Tijdens de ELW-bijeenkomst van 28 mei 2020 is de collegiale vraag van WSBD behandeld en heeft Harry Schelfhout een eerste concept van het POV K&L advies toegelicht in de vorm van een PowerPoint presentatie. De presentatie is daarna aangescherpt en opgenomen in bijlage 3. De inhoud van de presentatie vormt onderdeel van het voorliggende advies.

De behandeling in ELW heeft ertoe geleid dat de POV K&L rechtstreeks een projectgebonden advies uitbrengt aan WSBD. Van de problematiek is een concept uitwerking ter reactie voorgelegd aan onderstaande partijen en is hun inbreng meegenomen bij het afronden van voorliggend document.

- Adviesteam Dijkontwerp (Ruben Jongejan, Bob van Bree en Jan Tigchelaar)
- Beoordelings en Ontwerp Instrumentarium BOI (Robert Slomp, contactpersoon RWS voor POV K&L)
- Externe reviewers POV K&L (Lambert Vendrik en Jan Spiekhout)

Na uitbrengen van het conceptadvies (1 juli 2020) hebben Waterschap Brabantse Delta en RoyalHaskoning/DHV aangepaste uitgangspunten en randvoorwaarden geformuleerd. Deze zijn in voetnoten verwerkt. Voor een compleet overzicht daarvan zie Bijlage 4.

Het voorliggende definitieve advies is opgesteld door Harry Schelfhout, lid van het projectteam POV K&L.

2. Status ontwerpinstrumenten

De NEN-normbladen die door de Regeling Bouwbesluit [10] verplicht worden gesteld, dienen te worden beschouwd als voorschriften. De NEN 3650-reeks [5] is opgesteld in het kader van zelfregulering en wordt niet aangehaald in Bijlage I van [10]. Deze voorschriften staan in de regel ook een volledig probabilistische beoordeling toe. Daarbij wordt dan gekeken naar de kansen op overschrijding van de gespecificeerde grenstoestanden, zie ook paragraaf 3.5 (5) van de NEN-EN1990 Grondslagen van het constructief ontwerp [11]. Het is dus mogelijk om af te wijken van de rekenwaarden/partiële factoren uit NEN-normbladen, al gebeurt dit in de praktijk alleen in bijzondere gevallen. Ongeacht of het een Nederlandse Norm vereist, moet een dijktraject minimaal voldoen aan de van toepassing zijnde veiligheidsnorm uit de Waterwet.

Een dijktraject moet voldoen aan de veiligheidsnorm uit de Waterwet die voor het dijktraject van toepassing is. Voor een dijkontwerp is dat de ondergrens van de toelaatbare kans op overstroming. Het beschikbare instrumentarium voor het ontwerp van waterkeringen op basis van de veiligheidsnormen uit de Waterwet is niet wettelijk voorgeschreven maar strekt alleen tot aanbeveling (conform Waterwet, art. 2.6).

Een contract met een aannemer voor de uitvoering van een dijkversterkingsproject is een privaatrechtelijke overeenkomst, waarin ontwerpuitgangspunten kunnen worden voorgeschreven door de opdrachtgever. Die is vrij om ontwerpuitgangspunten te specificeren, op voorwaarde dat deze niet strijdig zijn met de geldende wet- en regelgeving.

3. Vraagstelling en beantwoording vragen

Bij het ontwerp van een primaire waterkering kan worden geput uit verschillende bronnen, wat de keuze van de toe te passen bron(nen) niet gemakkelijker maakt. Bij de beantwoording van de vragen over het ontwerp van de leidingkruising wordt bij de bepaling van ontwerpuitgangspunten en randvoorwaarden gekeken naar:

- a) welke bronnen daarvoor mogen worden gebruikt;
- b) in hoeverre deze bronnen recht doen aan de fysische achtergronden van de gestelde vragen.

De vragen van WSBD zijn hierna weergegeven en ingedeeld in twee categorieën (A en B). Categorie A heeft betrekking op de toepassing van de PPL. Categorie B heeft betrekking op de toepassing van de Werkwijzer KW.

De antwoorden op de vragen zijn tevens weergegeven.

A. Toepassing PPL

Vraag A1: Geeft de PPL enkel faalkansruimte voor macro-instabiliteit?

Antwoord op vraag A1:

- De PPL geeft inderdaad enkel faalkansruimte voor de dijkfaalmechanismen macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI) en macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU).
- Voor de overige dijkfaalmechanismen kan gebruik worden gemaakt van de Handreiking ontwerpen met overstromingskansen [2] (OI2014v4).

Vraag A2: Vervormingseis ≤ 100 is te conservatief?

Antwoord op vraag A2:

- Bij het ontwerp op basis van de PPL [1] hoeft niet per definitie te worden uitgegaan van vervormingseis van 100 mm. De PPL biedt de mogelijkheid om deze eis te versoepelen. Handvatten daarvoor worden gegeven in Bijlage A van de POVM-publicatie Rekentechnieken [12].
- De PPL [1] geeft geen vervormingseisen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) Deze kunnen in onderling overleg met de waterkeringbeheerder nader worden bepaald. Volgens [13] kan bij het ontwerp van volgens de vigerende ontwerprichtlijnen voor stabiliteitschermen voor de toelaatbare horizontale vervorming worden uitgegaan van $< 0,1$ cm in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) en $< 2\%$

van de wandlengte met een maximum van 500 mm) in de uiterste grenstoestand (UGT).

B. Toepassing Werkwijzer KW

Vraag B1: Is de Werkwijzer KW hier niet beter toepasbaar?

Antwoord op vraag B1:

- Voor de leidingkruising, die net als een waterkerende kunstwerk als puntconstructie kan worden beschouwd, kan ook de Werkwijzer KW [4] worden toegepast.
- Specifieke aandachtspunten daarbij zijn:
 - de damwandconstructie moet worden berekend op basis van de methodiek van de PPL [1] en moet voldoen aan de eisen daarvan.
 - de sterkte van de leidingen moet worden berekend volgens de NEN 3650 reeks [5] en moet voldoen aan de eisen daarvan.

Vraag B2: Moet in NEN 3651 niet een verwijzing naar de Werkwijzer KW worden opgenomen?

Antwoord op vraag B2:

- In NEN 3651 [5f] wordt nu verwezen naar de PPL, die in de praktijk werkbaar is gebleken. Een verwijzing in NEN 3651 [5f] naar de Werkwijzer KW voegt daar niets aan toe en maakt de toch al complexe materie alleen maar lastiger.
- Daarom wordt geadviseerd om voor damwandconstructies in NEN 3651 geen verwijzing naar de Werkwijzer KW op te nemen.

4. Advies in relatie tot specifieke onderwerpen

Het advies gaat naast de antwoorden op de vragen van WSBD ook over een aantal specifieke onderwerpen die bij de inhoudelijke beoordeling van het ontwerp naar voren zijn gekomen. Daarom is het advies uitgesplitst naar een aantal specifieke onderwerpen.

Ontwerpdocumenten

- 1) In NEN 3651 [5f] wordt voor het ontwerp van damwandconstructies in een primaire waterkering doorverwezen en naar de PPL [1] en het OI2014v4 [2] Oorspronkelijk is [1] niet geschreven voor damwandconstructies als vervangende waterkering. Daarom is het raadzaam om kritisch te bezien welke elementen relevant en daarbij van toepassing zijn. Een voorbeeld daarvan is het vereiste betrouwbaarheidsniveau (β), dat voor een dergelijke damwandconstructie kan worden gereduceerd. Een werkwijze met scenario's analoog aan de werkwijze met ondergrondscenario's, conform de schematiseringstheorie uit het Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken [13] ligt niet direct voor de hand. Het gaat hier immers over kansen op een kortdurende hoogwaterbelasting met de eenheid "per jaar" en geen kansen op scenario's waarvan er één continu de onzekere realiteit beschrijft. De in [1] genoemde faalscenario's kunnen ook worden gezien als onderdelen van een probabilistische analyse van faalpaden zoals die door de POV K&L is uitgevoerd.

- 2) De werkwijzer KW kan in principe ook voor leidingkruisingen met damwandconstructies worden toegepast. Echter daarbij is wel verificatie nodig van de methodiek en de eisen van de PPL en de NEN 3650 reeks.¹
- 3) CUR 166 [3] is gebaseerd op eisen voor de levensduurkansen (50 of 100 jaar) en niet zonder meer toepasbaar voor waterkerende constructies, waarvoor faalkanseisen op basis van jaarkansen van toepassing zijn.
- 4) NEN 3651 [5f] verwijst voor de sterkte-toets van de damwandconstructie door naar CUR 166. Aanbevolen wordt om daarvoor uit te gaan van de PPL.
- 5) NEN 3651 voorziet voor vloeistofleidingen in rekenregels voor de bepaling van de verstoringszones als gevolg van een gapend lek (erosiekrater). Daarin ontbreken nog rekenregels voor de bepaling van de verstoringszone als gevolg van een sluipend lek (verweking). De POV K&L neemt dit aspect wel mee bij de analyses.
- 6) NEN 3651 biedt voor het ontwerp niet de mogelijkheid om op basis van faalkans/-risicoanalyses af te wijken van de norm. Deze mogelijkheid wordt enkel in bijlage E van NEN 3651 geboden voor de toetsing van bestaande leidingen.
- 7) NEN 3651 geeft geen eisen voor de betrouwbaarheid van de sluiting van afsluitmiddelen. Die zijn wel te vinden in de Werkwijzer KW [4].

Faalkanseisen damwandconstructie

- 8) OI2014v4.
De leidingkruising ligt in normtraject/dijktraject 35-1 (Donge) met een lengte van 13,8 km. De veiligheidsnorm is $1/10.000$ ($1,0 \times 10^{-4}$) per jaar (signaleringswaarde) met een maximaal toelaatbare kans op overstroming van $1/3.000$ ($3,33 \times 10^{-4}$) per jaar (ondergrens veiligheidsnorm). Bij een dijkversterkingsontwerp dient te worden uitgegaan van de ondergrens. De verdeling van de faalkansruimte over de dijkfaalmechanismen is weergegeven op sheet 8 van bijlage 3. Daaruit blijkt dat de faalkanseis voor overloop/golfoverslag (spoor GEKB) op doorsnedeniveau gelijk is aan $P_{\text{eis,dsn}} = 4,0\text{E-}05$ per jaar, wat overeenkomt met een betrouwbaarheidseis van $\beta_{\text{eis,dsn}} = 3,94$ per jaar.
- 9) PPL.
De faalkanseisen voor de binnenwaartse sterkte/stabiliteit van de damwandconstructie zijn weergegeven op sheet 10 van bijlage 3. Hieruit volgt voor de 3 deelmechanismen op doorsnedeniveau een faalkanseis van $P_{\text{eis,dsn}} = 4,4\text{E-}07$ per jaar, wat overeenkomt met een betrouwbaarheidseis van $\beta_{\text{eis,dsn}} = 4,92$ per jaar.

De faalkanseisen voor de buitenwaartse sterkte/stabiliteit van de damwandconstructie zijn weergegeven op sheet 11 van bijlage 3. Hieruit volgt voor de 3 deelmechanismen op doorsnedeniveau een faalkanseis van $P_{\text{eis,dsn}} = 4,4\text{E-}06$ per jaar, wat overeenkomt met een betrouwbaarheidseis van $\beta_{\text{eis,dsn}} = 4,44$ per jaar.

¹ WSBD/RHDHV heeft er inmiddels voor gekozen om bij het ontwerp uit te gaan van de Werkwijzer KW (zie Bijlage 4).

Damwandontwerp

10) Hydraulische belastingen.

Bij een erosiekrater als gevolg van een gapend lek neemt door de verlaagde damwand de kans op overloop en/of golfoverslag toe. De kans dat bovenkant damwand ($H_D = + 3,85 \text{ m}$)² wordt overschreden door de buitenwaterstand (H_W) is op basis van informatie uit www.waternormalen.nl voor het nabijgelegen peilmeetstation Heesbeen ingeschat op $P \{H_W \geq H_D\} = 1,0 \times 10^{-2}$ per jaar. Deze waarde dient nog voor overloop en golfoverslag te worden geverifieerd op basis van berekeningen met Hydra-NL. Aanbevolen wordt om daarbij uit te gaan van een terugkeertijd van 100 jaar.

11) Kans op hoogwater vóór herstel.

Door de POV K&L is in het bovenrivierengebied voor het bepalen van optreden van hoogwater vóór herstel (of gelijktijdig met herstel) en een erosiekrater als gevolg van een gapend lek uitgegaan van:

- duur van het hoogwater: 4 weken
- duur van herstel: 4 weken
- mate van herstel: de sterkte van de dijk wordt verondersteld weer zo aanwezig te zijn als vóór optreden van de erosiekrater.

Dit resulteert in de volgende kansen:

- Hoogwater vóór herstel: $P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 0,15 [= (4+4)/52 \text{ weken}]$ per jaar
- Hoogwater ná herstel: $P \{H_W \text{ ná herstel}\} = 0,85 [= 1 - 0,15]$ per jaar

Deze waarden moeten nog worden aangepast vanwege de ligging van de leidingkruising in het benedenrivierengebied.³

12) Vervormingen.

Voor de toelaatbare horizontale vervorming van de damwand kan in de bruikbaarheids grenstoestand (BGT) worden uitgegaan $\leq 100 \text{ mm}$ en in de uiterste grenstoestand van UGT van $1/50 \times L (\leq 300 \text{ mm})$.

13) Sluipend lek.

Bij de dimensionering van de damwand als erosiescherm wordt aanbevolen om ook rekening te houden met de invloed van een sluipend lek. Dit is een hiaat in NEN 3651 [5f], die enkel rekenregels geeft voor een gapend lek. Bij de analyses van de POV K&L is gebleken dat bij vloeistofleidingen de invloed van een sluipend lek maatgevend kan zijn. Geadviseerd wordt om voorlopig uit te gaan van een conservatieve aanname van 100% verzadiging van het dijklichaam als gevolg van een sluipend lek.

14) Doorvoer leiding door damwand.

Bij toepassing van een damwand onder het ontwerppeil kan bij de doorvoer van de leiding door de damwand een kleikist worden toegepast. Daarbij kan tevens een rubberen flexibele afdichting worden gebruikt conform art. 8.1.7.1.6. NEN 3651 [5f]. Specifiek aandachtspunt daarbij is dat door de optredende zetting de leidingen niet op de damwand komen te rusten. Onduidelijk is of er wel of geen kathodische

² WSBD/RHDHV gaat inmiddels uit van $H_D = \text{NAP} + 4,75 \text{ m}$ en hydraulische belastingen volgens Hydra-NL 2.7.1 met 2120 als zichtjaar (zie Bijlage 4).

³ WSBD/RHDHV gaat inmiddels uit van een duur van het hoogwater van 2 weken (benedenrivieren-gebied) en van een hersteltijd van 4 weken. De kans op hoogwater vóór herstel wordt dan 0,11 per jaar (zie Bijlage 4).

bescherming (KB) op de leiding en/of de damwand wordt toegepast. Zo ja, dan is kortsluiting als gevolg van de KB een specifiek aandachtspunt en dient daarbij zoveel mogelijk te worden aangesloten bij de functionele eisen voor een veiligheidsbeheersysteem (VBS) van buisleidingen volgens NEN 3655 [14].

15) Kans op falen door overloop bij verlaagde damwand.

De kans op falen van de damwand, gegeven een erosiekrater in de kruin bij hoogwater volgt uit $P \{H_D \geq H_W\} \times P_{\text{GAPEND LEK}} \times P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 7,0\text{E-}06$ per jaar. Deze waarde voldoet aan de toelaatbare kans voor spoor GEKB van $P_{\text{eis,dsn}} = 4,0\text{E-}05$ per jaar.

16) Bouwfase.

Onduidelijk is of de damwand wel of geen functie heeft in de bouwfase tijdens de aanleg van de leidingkruising. Zo ja, dan dient te worden geverifieerd of de hoogte, sterkte en stabiliteit in de bouwfase(n) voldoet aan de veiligheidseisen.

Leidingontwerp

17) Hoogte leidingkruising.

De hoogte van de leidingkruising (binnen onderkant buis) in de kruin is 1,35 m onder het ontwerppeil (WBN_{2120}) en voldoet niet aan de eis van NEN 3651 [5f]. Als reden voor het verlagen van de damwand is door het waterschap aangegeven dat de opvoerhoogte van de pompen ontoereikend is. De vraag roept zich op of de gekozen opvoerhoogte wel voldoende toekomstbestendig is. Bij toepassing van pompen met een grotere opvoerhoogte dan 6,5 m kan de leiding in de kruin boven de dijktafelhoogte ($HBN = \text{NAP} + 6,66 \text{ m}$) wel toekomstbestendig worden aangelegd, zodat een damwandconstructie niet nodig is. Daartegenover staat dat de kruin dan ter plekke enkele meters moet worden opgehoogd. Toepassen van een ophoging is niet onoverkomelijk is wordt voor soortgelijke situaties algemeen toegepast. Er is dan wel dan sprake van zettingen, die kunnen worden verminderd door toepassing van licht ophoogmateriaal. Geadviseerd wordt om uit te gaan van een toekomstbestendige opvoerhoogte en na te gaan of dit, eventueel in combinatie met een hoger golfoverslagdebiet, een haalbaar alternatief is.⁴

18) Faalkans leidingen.

Door de POV K&L wordt voor de bepaling van de faalkansen van leidingen gebruik gemaakt van casuïstiek van opgetreden faalincidenten van leidingen. Omdat er voor persleidingen geen casuïstiek beschikbaar is kan daarvoor gebruik worden gemaakt van faalkansen uit NPR 3659 [7]. Indien bij het ontwerp wordt uitgegaan van stalen lagedruk vloeistofleidingen kan per afzonderlijke leiding worden uitgegaan van een faalkans van $2,5 \times 10^{-4}$ per meter per jaar. Deze faalkans is representatief voor schade door externe invloeden, welke faaloorzaak door de POV K&L als dominante faaloorzaak is geïdentificeerd. Deze faalkans is representatief voor veldstrekkingen en dient nog te worden gecorrigeerd vanwege de ligging van de leidingen in een primaire waterkering, waarbij vanuit de Keur verbodsbepalingen voor graafwerkzaamheden et cetera van toepassing zijn. Conform de Handleiding Bevb [7] kan worden uitgegaan van een correctiefactor 0,1, waarmee de genoemde faalkans kan worden vermenigvuldigd, wat overeenkomt met $2,5 \times 10^{-5}$ per meter

⁴ WSBD/RHDHV heeft dit alternatief meegenomen in het ontwerpproces. Daarbij is dit komen te vervallen (zie Bijlage 4).

per jaar. Vervolgens moet deze waarde nog worden vermenigvuldigd met de lengte van de kruising (90 m), wat voor de kruising per afzonderlijke leiding een rekenwaarde voor de faalkans door leidinglek/-breuk van $P_{LEK} = 2,32 \times 10^{-3}$ per 90 m per jaar oplevert. Deze kans moet nog worden verdeeld over gapend en sluipend lek. Uitgaande van een verdeling van 50%/50% (bij faaloorzaak "Externe invloeden") geldt dan voor zowel een gapend als een sluipend lek een rekenwaarde van $P_{GAPEND LEK} = P_{SLUIPEND LEK} = 1,16 \times 10^{-3}$ per 90 m per jaar. Voor de 4 leidingen tezamen geldt dan een faalkans van $4,64 \times 10^{-3}$ (0,00464) per 90 m per jaar.⁵

Indien de flensverbindingen worden vervangen door lasverbindingen is het verantwoord om de faalkans volgens NPR 3659 [6] te vervangen door de basisfaalkans van $1,0 \times 10^{-3}$ per km per jaar, zoals toegepast in referentieprojecten van de POV K&L voor het falen van stalen waterleidingen door externe invloeden. De onderverdeling "groot lek – klein lek" voor de verschillende faaloorzaken kan in dit geval Tabel 1 worden gebruikt omdat het een lagedrukleiding (< 10 bar) betreft.

Faaloorzaak	Klein gat – groot gat (sluipend lek – gapend lek)
Externe invloeden	50% - 50%
Corrosie	90% - 90%
Mechanische gebreken	90% - 90%
Operationele fouten	90% - 90%
Grondbeweging	50% - 50%

Tabel 1: Onderverdeling voor stalen lagedruk waterleidingen.

Onduidelijk is of er in deze situatie met een kanaal aan de binnenzijde en de rivier aan de buitenzijde wel of geen rekening kan worden gehouden met bij de invloed van een maalstop op de faalkans. Dit is een aandachtspunt bij de nadere uitwerking.

Koppelingen

19) Uit de ontwerptekening blijkt dat de leidingsegmenten met elkaar worden verbonden met flens koppelingen. De vraag is of deze wel voldoende trekvast zijn en of deze de kans op een sluipend niet vergroten. Geadviseerd wordt om bij toepassing van stalen leidingen de flens koppelingen te vervangen door gelaste verbindingen.

Aanbevolen wordt om dit advies nader te onderbouwen en uit te breiden. Flensverbindingen voor ondergrondse leidingen moeten in het algemeen zoveel mogelijk worden ontraden. Er zijn echter situaties waarbij dit toch nodig is, zoals in geval van een isolatieflens. Flensverbindingen zijn gevoelig voor lekkage. Corrosiebescherming bij flensverbindingen blijft problematisch. Verder wordt aanbevolen om in plaats van segmentbochten gladde bochten toe te passen. Deze bochten zijn sterktechnisch gunstiger en constructief gezien beter lasbaar. Dit uit zich tevens in een lagere faalkans van de lassen. Het inschakelen van een keuringsinstelling als onafhankelijke partij voor materiaal- en lasinspectie geeft tevens een verder verlaagde faalkans voor de leiding (zie

⁵ WSBDRHDHV heeft inmiddels gekozen voor leidingen van nodulair gietijzer met een faalkans van 0,5 10⁻⁴ /m/j en komt bij een leidinglengte van 60 m uit op een faalkans van 0,00012 per 60 m per jaar. (zie Bijlage 4).

[www.rva.nl] voor de lijsten met toegestane verrichtingen en scope van de betreffende inspectie instelling).

Bij toepassing van nodulair gietijzer dienen trekvastе koppelingen te worden toegepast.

Afsluittmiddelen in de leidingen

20) Uit de aanvullende gegevens van WSBD blijkt dat het ontwerp voorziet in een terugslagklep in de uitstroombak en een afsluiter tussen het gemaal en de binnenteen van de dijk. De vraag is of dat qua betrouwbaarheid voldoende is. In par. 7.3 van NEN 3650-1 [5a] worden eisen gesteld aan drukbeheersingssystemen van buisleidingenbepaling. Daarbij mag het systeem worden ontworpen met behulp van de SIL-methode (Safety Integrity Level). In hoeverre deze methode ook geschikt is voor de bepaling van de kans op niet-sluiten van afsluittmiddelen is niet bekend. De kans op falen van keermiddelen kan worden bepaald volgens de Werkwijzer KW [4]. Daarin staat dat er bij gemalen geen nadere analyse nodig is bij:

- Twee onafhankelijke hoogwaterkerende keermiddelen die met het pompbedrijf geschakeld zijn (deze openen als het gemaal gaat draaien en sluiten automatisch als gestopt wordt met pompen)
- De onafhankelijkheid impliceert bijvoorbeeld toepassing van:
 - een terugslagklep
 - een automatisch sluitende vlinderklep

Geadviseerd wordt om te verifiëren welke type en aantal afsluittmiddelen zullen worden toegepast en de betrouwbaarheid daarvan te toetsen aan de eisen van de Werkwijzer KW.

Kelderconstructie

De kelderconstructie in de dijk aan de rivierzijde is niet beschouwd. Deze kelderconstructie heeft mogelijk een negatief effect op de dijkfaalmechanismen. Indien de kelderconstructie gaat steunen op de leidingen en daarmee in contact komt ontstaat daar mogelijk een probleem met corrosie.

Een kunststofconstructie als toegang voor het mangat/ontluchting kan mogelijk gunstiger uitwerken dan een betonconstructie. Verder kan mogelijk de kelderconstructie achterwege worden gelaten omdat men zelden bij het mangat/ontluchting moet zijn en men deze dan alleen even vrij moet graven.

Bochtstuk met mangat/ontluchting

Onduidelijk is de vorm en locatie van het mangat en de ontluchting. Het bochtstuk, zoals weergegeven op de tekening zal niet makkelijk verkrijgbaar zijn en zal speciaal moeten worden ontworpen. Geadviseerd wordt de constructie te vereenvoudigen. Merk op dat er ter plaatse van het mangat/ontluchting sterktechnisch sprake is van een "gatverzwakking" in de leiding.

Beheerstechnische en juridische aspecten

- 1) In het voorliggend advies is gebruik gemaakt van bestaande (gevalideerde en juridisch geborgde) kennis en recent nieuw ontwikkelde kennis, in het kader van de POV K&L. Dat betekent dat de nieuw ontwikkelde kennis nog niet dezelfde status heeft als de bestaande kennis. Het is de verantwoordelijkheid van de

waterkeringbeheerder (WSBD) om in het geval van de dijkkruising te Waalwijk gebruik te maken van de nieuw ontwikkelde (maar nog niet juridisch geborgde) kennis en inzichten.

- 2) In het advies zijn onder meer de faalkanseisen voor kunstwerken volgens het huidige ontwerpinstrumentarium OI2014v4 [2] afgeleid. Daarbij is voor het betreffende dijktraject op aangeven van het waterschap uitgegaan van 7 kunstwerken, waarvan 4 huidig en 3 toekomstig (waarvan 1 voor het waterschap en 2 voor andere belanghebbenden). Dit is een belangrijk uitgangspunt voor toekomstige (wellicht nu nog niet voorzienbare) ontwikkelingen in dit dijktraject, dat goed geborgd moet worden door de waterkeringbeheerder. Dat kan bijvoorbeeld in het beheerregister en zo mogelijk ook in het waterveiligheidsbeleid en het vergunningenbeleid. Zodoende weten toekomstige ontwerpers en/of vergunningverleners/plantoetsers ook welk uitgangspunt ze moeten hanteren.

Bovengenoemde ontwerpkeuze (maximaal 7 waterkerende kunstwerken in dit dijktraject) kan echter vergaande consequenties hebben voor toekomstige ontwikkelingen in dit dijktraject en kan ook gevolgen hebben voor derden (belanghebbenden), die een toekomstige (nu nog niet bekende) ontwikkeling mogelijk willen maken. Zo'n belanghebbende partij zou bijvoorbeeld een gemeente, particuliere ondernemer of leidingbeheerder kunnen zijn. Hiermee kan een belemmering voor derden worden gecreëerd. De impact hiervan kan te zijner tijd zodanig zijn dat de nu (ambtelijk) gemaakte ontwerpkeuze nog een bestuurlijke afweging en besluitvorming rechtvaardigt.

5. Conclusies en aanbevelingen

Het voorliggende projectgebonden advies biedt verschillende mogelijkheden voor het ontwerp van de dijkkruising met 4 lagedruk persleidingen bij Waterschap Brabantse Delta. Daarbij is naast bestaande kennis en instrumentarium ook gebruik gemaakt van nieuwe kennis die is ontwikkeld binnen de POV K&L.

Aanbevolen wordt om met een kritische blik naar de uitgangspunten te kijken en voor het geheel te heroverwegen of andere keuzes efficiënter kunnen zijn. Met name keuzes over de hoogte van de leidingkruising en opvoerhoogte van de pompen gerelateerd aan de noodzaak om een damwand aan te leggen kunnen van wezenlijke invloed zijn.

Bij het opstellen van voorliggend advies zijn enkele aandachtspunten naar voren gekomen in het beschikbare ontwerpinstrumentarium en diverse ontwerpdocumenten:

- De Werkwijzer KW kan worden toegepast; echter daarbij is wel verificatie nodig of de damwandconstructie ook voldoet aan de rekenmethodiek en de eisen van de PPL en de leidingen ook voldoen aan de rekenmethodiek en eisen van de NEN 3560 reeks.
- NEN 3651 [5f] geeft geen betrouwbaarheidseisen voor het niet-sluiten van afsluitmiddelen in leidingen. Daarvoor kan gebruik worden gemaakt van de Werkwijzer KW [4].
- NEN 3651 verwijst naar CUR 166 voor de sterkte-toets van de damwandconstructie in relatie tot UGT/BGT en vervormingen. Voor primaire waterkeringen is het beter om daarbij aan te sluiten op de PPL [1].

Aanbevolen wordt om de bestuurders tijdig te informeren over de mogelijke consequenties van de ontwerpkeuzes voor toekomstige ontwikkelingen. Zo nodig kan het waterschap de (ambtelijk) gemaakte ontwerpkeuze ook bestuurlijk vaststellen. Aandachtspunt daarbij is dat het ook mogelijk is om de leidingkruising zodanig te ontwerpen (bijvoorbeeld als langsconstructie in plaats van als waterkerend kunstwerk). In dat geval legt de leidingkruising geen belemmering op aan toekomstige ontwikkelingen.

6. Referenties

- [1] POVM Langsconstructies
Een publicatie van de POV Macrostabieleit
Maart 2020

- [2] Handreiking ontwerpen met overstromingskansen
Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen
Versie OI2014v4
Rijkswaterstaat – Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Februari 2017

- [3] CUR Publicatie 166 Damwandconstructies
CUR Bouw & Infra
6^e herziene druk, deel 1 en deel 2
Juli 2012

- [4] Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken
Ontwerpverificaties voor de hoogwatersituatie
Groene versie
Rijkswaterstaat – Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
1 november 2018

- [5] NEN 3650 reeks bestaande uit:
 - a) NEN 3651-1:2020 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemene eisen
 - b) NEN 3650-2:2020 Aanvullende eisen voor leidingen van staal
 - c) NEN 3650-3:2020 Aanvullende eisen voor leidingen van kunststof
 - d) NEN 3650-4:2020 Aanvullende eisen voor leidingen van beton
 - e) NEN 3650-5:2020 Aanvullende eisen voor leidingen van gietijzer
 - f) NEN 3651:2020 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerkenNederlands Normalisatie Instituut
Januari 2020

- [6] Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR 3659
Ondergrondse pijpleidingen – Grondslagen voor de sterkteberekening
Correctieblad NPR 3659/A1:2003/C1
Januari 2006

- [7] Handleiding risicoberekeningen Bevb
Versie 3.1
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
April 2020

- [8] Leidraad Kunstwerken
Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen
Mei 2003
- [9] Grondslagen voor hoogwaterbescherming
Expertise Netwerk Waterveiligheid
November 2017
- [10] Regeling Bouwbesluit 2012
Geldend van 16-07-2020 tot heden
Ministerie van Binnenlandse zaken en Koninkrijksrelaties
22 december 2011
- [11] Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN1990 + A1 + A1/C2, Eurocode
NEN, 2011
- [12] POVM Rekentechnieken - Consequentieanalyse
POV Macrostabieliteit
Maart 2018
- [13] Ontwerprichtlijn voor stabiliteitschermen
Plan van aanpak "Optimalisering vervormingseisen stabiliteitschermen in
waterkeringen"
POV Macrostabieliteit
Versie 1
5 december 2015
- [14] Veiligheidsbeheersysteem (VBS) voor buisleidingsystemen voor het transport van
stoffen - Functionele eisen
NEN 3655
Nederlands Normalisatie Instituut
1 Januari 2020

Bijlagen

1. Collegiale vraag ELW – Ontwerpeisen dijkkruising persleiding conform NEN 3650 reeks onduidelijk (ELW-20-020, 14 april 2020).
2. Aanvullende ontwerpgegevens dijkkruising persleidingen Waalwijk (Waterschap Brabantse Delta, 10 juni 2020).
3. PowerPoint presentatie Ontwerp dijkkruising persleiding (Harry Schelfhout, 28 mei 2020).
4. Reactie Waterschap Brabantse Delta op conceptadvies versie3 POV K&L 1 juli 2020 (21 juli 2020).
5. Reactie Adviesteam Dijkontwerp op conceptadvies versie3 POV K&L 1 juli 2020 (17 juli 2020).
6. Reactie Adviesteam Dijkontwerp op definitief conceptadvies versie5 POV K&L 4 november 2020 (10 november 2020).

BIJLAGE 1

**Collegiale vraag ELW – Ontwerpeisen dijkkruising
persleiding conform NEN 3650 reeks onduidelijk**

(ELW-20-020, 14 april 2020)

Collegiale vraag

Ontwerpeisen dijkkruising persleiding conform NEN 3650 reeks onduidelijk

Inleiding:

Naar aanleiding van een project in één van onze primaire keringen, zijn wij tegen een onduidelijk punt in de NEN3651:2020 aangelopen. Het betreft de eis die wordt gesteld, wanneer een persleiding wordt aangelegd met de onderzijde van de buis onder het ontwerppeil, zie paragrafen 8.1.7.1.1 tabel 5, 8.1.7.1.2 en 8.1.7.1.3. Vereist wordt dat een vervangende waterkering worden aangelegd, die wordt ontworpen conform OI2014 en "Publicatie Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL). Deze publicatie moet worden toegepast voor de bepaling van de toelaatbare vervormingen.

Echter, dit voorschrift in de NEN roept vragen op en lijkt ook niet goed toepasbaar in deze situatie.

De redenen hiervoor zijn:

- In de PPL wordt alleen de faalkansruimte voor macrostabiliteit gebruikt.
- Huidige resultaten met de PPL-richtlijn laten zien dat een onverankerde damwand al snel kritisch wordt met betrekking tot vervormingen. Voor een stabiliteitswand wordt een maximale vervorming opgelegd van 100 mm. Dit resulteert in een kistdam oplossing. Dit is mogelijk streng voor een constructie die als functie heeft het water te keren als de persleiding al bezweken is.

Naast de PPL, bestaat voor waterkerende damwanden nog de "Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Constructies". Deze lijkt hier beter toepasbaar, maar heeft geen plek gekregen in de NEN.

Vanuit ELW is daarom het voorstel om de normtekst in de komende vergadering tegen het licht te houden. Wanneer blijkt dat deze niet werkbaar is of er fouten in zitten, dan zullen we dit voor een komende herziening moeten aandragen.

De vraag:

Omdat wij binnen het project al snel eisen moeten stellen aan de vervangende waterkering, heb ik voor nu de volgende collegiale vragen:

- Heeft een van de waterschappen al ervaring met deze problematiek, en hoe is dit opgelost?
- Welke tips hebben jullie voor ons om tot goede eisen richting de aannemer te komen?

Nadere toelichting van onze problematiek:

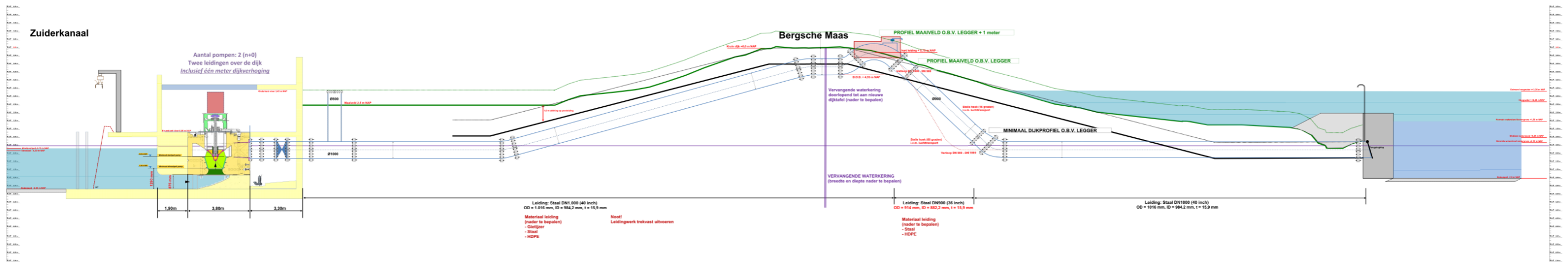
Op dit moment hebben wij een project, waarbij nabij Waalwijk een gemaal wordt aangelegd met een persleiding die de primaire kering kruist. De persleiding is een hevel, maar als gevolg van de maximaal beschikbare pompcapaciteit, ligt de onderzijde van de buis 1,35 m lager dan het ontwerppeil. In de bijlage is een ontwerptekening opgenomen. Het ontwerppeil is NAP+5,70 m.

De vervangende waterkering wordt aangelegd in de kruin van de kering. Bij het ontwerp conform de NEN3651:2020 zijn een aantal uitdagingen geconstateerd:

- Ontwerpen met de PPL resulteert in een kistdam, als gevolg van de strenge eisen aan vervorming in de UGT. Omdat de persleiding relatief hoog ligt en er dus na falen van de leiding een restprofiel aanwezig blijft, lijkt een kistdam erg streng;
- Boven de leiding is onvoldoende ruimte aanwezig om de vervangende waterkering door te trekken. Indien hiervoor geen extra voorzieningen worden getroffen, heeft de vervangende damwand minder hoogte ter plaatse van de leidingkruising;
- Het is niet duidelijk of in deze situatie met het CSSM-model moet worden gerekend. Moet voor het falen van een vervangende waterkering, ongedraineerd worden gerekend?

Het adviesbureau heeft het volgende voorstel:

"Zoals aangegeven is ons voorstel om de vervangende waterkering als een waterkerend kunstwerk te ontwerpen waarbij we principes van de Werkwijzer volgen wat erop neerkomt dat de sterkte van de vervangende waterkering in de primaire waterkering ontwerpen op basis van de Eurocode RC3 uitgaande van de erosiekrater van de bezweken leiding. Omdat de hoogte van de vervangende waterkering in principe 0,5 m onder de onderkant leiding ligt zullen we controleren of dit binnen de overstromingskansbenadering acceptabel is. In dit principe wordt de waterdichte verbinding met de damwand gemaakt door de leiding in een kleikist te leggen waarin de damwand voldoende overlap heeft. De controle van de hoogte doen we door de kans op falen van de leiding (t.o.v. vergravingen omdat deze maatgevend is met de hoogste kans op voorkomen met 1.10^{-3}) te toetsen aan de kans van optreden van een waterstand die de hoogte van de damwand overschrijdt. De kans op falen van de leiding t.g.v. vergravingen zullen we in eerste instantie op 1 zetten."



Reacties:

Er zijn 3 reacties ontvangen van:

- Lambert Vendrik
- Tom den Ouden
- Jan Paul Bras en Niels Alferink

De ontvangen reacties zijn onderaan dit document bijgevoegd.

Conclusie:

Heeft een van de waterschappen al ervaring met deze problematiek, en hoe is dit opgelost?

Geen van de respondenten heeft ervaring met deze problematiek, in het kader van de NEN3651:2020.

Welke tips hebben jullie voor ons om tot goede eisen richting de aannemer te komen?

De adviezen laten zich samenvatten in de volgende punten:

- De vervangende waterkering is een noodvoorziening voor het geval van een ontgrondingskuil door leidingbreuk. Met de vervormingseis kan daarom soepel worden omgegaan. Ook is het de vraag of de constructie moet worden gezien als langsconstructie.
- Om een goed beeld te krijgen van de functie van de vervangende waterkering, kan voor de leidingkruising worden bepaald wat de faalkansbijdrage aan de overstromingskans is. Voor het bepalen van de faalkansbijdrage kan allereerst worden bepaald wat de kans is op een ontgrondingskuil, gegeven de uitgangspunten van het leidingontwerp. Vervolgens kan worden bepaald wat de kans op falen van de kering, gegeven de ontgrondingskuil is.
- Voor dijkversterking Wolferen-Sprok doen o.a. Deltares en TNO onderzoek naar de faalkansbijdrage van een leidingkruising. Mogelijk zullen vanuit de POV Kabels en Leidingen aanbevelingen worden gedaan aan de normcommissie om in de toekomst ruimte te bieden om bij een leidingkruising met een verwaarloosbaar kleine faalkansbijdrage, de vervangende waterkering te laten vervallen.
- Voor dit project is het leidingontwerp sterk in vergelijking met de druk in de leiding.
- Omdat in de NEN3651:2020 wel een vervangende waterkering wordt voorgeschreven voor deze situatie, is de eindconclusie dat een vervangende waterkering moet worden ontworpen maar dan met inachtnaam van de daadwerkelijke bijdrage aan de overstromingskans.

Carlijn Bus

Lid ELW

**Specialist Waterveiligheid
Waterschap Brabantse Delta**

14 April 2020

In de volgende bijlage staan de reacties van de collega's integraal vermeld.

Volledige teksten ontvangen reacties:

Reactie Lambert Vendrik, WS Scheldestromen

Beste Carlijn,

Ik heb je collegiale vraag over de vervangende waterkering t.p.v. het nieuw te bouwen gemaal aan het Zuiderkanaal bij de primaire waterkering langs de Bergsche Maas gelezen.

Daarin stel je de volgende twee vragen:

- Heeft een van de waterschappen al ervaring met deze problematiek, en hoe is dit opgelost?
- Welke tips hebben jullie voor ons om tot goede eisen richting de aannemer te komen?

N.a.v. je eerste vraag:

Bij waterschap Scheldestromen hebben we nog geen ervaring m.b.t. het probleem dat je signaleert over het ontwerpen van een vervangende waterkering op basis van de nieuwste versie van NEN 3651 (2020).

Omdat de nieuwste versie van NEN 3651 van 2020 dateert, zal er vermoedelijk ook elders in het land nog geen ervaring mee zijn.

N.a.v. je tweede vraag:

Conform NEN 3651 moet er in het geval de onderzijde van de leiding onder de ontwerpwaterstand ligt een vervangende waterkering worden aangebracht.

Het is weliswaar geen hogedrukleiding, maar gezien de grote diameter en de vermoedelijke drukhoogte lijkt bij het volgen van NEN 3651 een vervangende waterkering inderdaad noodzakelijk.

Hiervoor wordt meestal een onverankerde damwand toegepast. Hoe sterk en zwaar die damwand moet zijn, zal mede afhangen van de omvang van de ontgronding die bij breuk van de leiding kan ontstaan. Is er al een berekening gemaakt van de maximale ontgrondingskuil?

In je document verwijst je (terecht) naar een vervormingseis. Het is inderdaad belangrijk dat de vervorming niet te groot wordt. Daarentegen moet de vervangende waterkering mijns inziens vooral gezien worden als een noodvoorziening in het geval een breuk in de leiding zou ontstaan ten tijde van extreem hoog water. Het is dan ook de vraag of een vervangende waterkering bij een kruisende leiding moet worden beschouwd als een langsconstructie en hoe stringent de vervormingseis moet worden toegepast.

Er is de laatste tijd best wat discussie over de 'vervangende waterkering' en hoe die constructie beschouwd zou moeten worden. Het is momenteel onderwerp van onderzoek in het kader van de POV Kabels en Leidingen, ook in het licht van de nieuwe veiligheidsnormen (overstromingskansnormen) voor de primaire waterkeringen. Er loopt b.v. momenteel een onderzoek naar een kruising van een hogedruk gasleiding en een waterleiding in het dijkversterkingsproject Wolferen – Sprok (Waterschap Rivierenland). Hier liggen ruim 50 jaar oude leidingen waarvan de onderkant beneden het ontwerppeil ligt en geen vervangende waterkering aanwezig is. De vraag was of deze dijk kruising(en) zonder vervangende waterkering in de toekomst gehandhaafd zou(den) kunnen blijven en de waterveiligheid ook de komende 50 jaar (ook rekening houdend met de uit te voeren dijkversterking) zou kunnen worden gewaarborgd. Er loopt een uitgebreid onderzoek door o.a. Deltares en TNO naar de faalkans van de leiding en de bijdrage aan de faalkans (overstromingskans) van de waterkering. Het lijkt er voorsnog op dat ook zonder vervangende waterkering de leidingkruising bij de huidige veiligheidsnormen veilig genoeg zal worden bevonden. Wat dit betekent voor toekomstige leidingkruisingen is nu nog niet duidelijk, maar het roept wel de vraag op of in alle gevallen een vervangende waterkering nog nodig zal zijn in situaties waarbij NEN 3651 die (nu) wel voorschrijft. Mogelijk zullen vanuit de POV

Kabels en Leidingen aanbevelingen worden gedaan aan de normcommissie om hiervoor in de toekomst ruimte te bieden. Uiteraard moet wel aantoonbaar kunnen worden gemaakt, dat de faalkansbijdrage van de leiding zodanig klein is, dat die acceptabel kan worden geacht. De bijdrage van een kruisende leiding aan de overstromingskans van de kering kan dan mogelijk ook op andere manieren voldoende worden geminimaliseerd, b.v. door de leiding ter plaatse van de dijk kruising extra sterk te maken of door andere voorzieningen te treffen.

Het is in dit verband misschien wel aardig om je nog wat informatie te verstrekken over het vernieuwen van persleidingen van het gemaal Joh. Glerum nabij Kruiningen in 2011 (nog ten tijde van de oude waterveiligheidsnormen). Hierover is in juni 2011 een artikel verschenen in Land en Water, die ik je separaat zal toesturen. Ook hier gaan de uitstroomleidingen (van het binnendijs gelegen gemaal) door het dijklichaam, dat destijds ook versterkt is. Men heeft hier wel een vervangende waterkering toegepast, maar deze extra sterk gemaakt door te kiezen voor een combiwand (combinatie buispalen en damwandprofielen). Daarnaast is er als veiligheidsmaatregelen gekozen voor automatische onderbreking van de vacuüminstallatie en automatische onderbreking van de pompen. Dit in combinatie met een terugslagklep bij de uitstroomconstructie en een vlinderklep in het gemaal (eigenlijk zoals ook bij het gemaal aan het Zuiderkanaal wordt gekozen).

Als een vervangende waterkering noodzakelijk wordt geacht en een damwand te veel zou vervormen, kan dus mogelijk ook voor een combiwand worden gekozen, alvorens een kistdamconstructie in beeld komt.

Ik stuur je ook nog een tekening (dwarsprofiel) en enkele foto's van de uitstroomleidingen van het gemaal Joh. Glerum, waarop je de combiwand als vervangende waterkering goed kan zien.

Een tip die ik ook nog zou willen meegeven is of misschien overwogen kan worden om lokaal (alvast) een dijkverzwaring/-verhoging uit te voeren, waarin de uitstroom-/persleidingen nog wat hoger zouden kunnen worden gelegd, zodat de onderkant van de leidingen boven het ontwerppeil komt te liggen. Dan zou een vervangende waterkering volgens NEN 3651 niet noodzakelijk zijn. De kosten van een lokale dijkverhoging/dijkverzwaring kan mogelijk opwegen tegen het aanbrengen van een vervangende waterkering. Er moet immers t.b.v. de aanleg van de leidingen toch al redelijk omvangrijk graafwerk worden verricht.

Ik hoop je hiermee van enige nuttige informatie te hebben voorzien.

Met vriendelijke groet,

Lambert Vendrik

Beleidsmedewerker waterkeringen

Reactie Tom den Ouden, HHSK

Beste Carlijn,

Uit mijn vorige werk kan ik me herinneren dat vraagstukken met vervangende waterkeringen geen sinecure zijn.

Via mijn HHSK-collega's Frans Veerman en Jaap Stoop hierbij de ervaring die wij binnen HHSK hebben in relatie tot het vraagstuk. Onderstaande e.e.a. verwoord door Jaap Stoop:

Voor [dijkversterking] KIJK en voor inlaat Krimpen zijn inmiddels ontwerpberekeningen voor een onverankerde damwand als vervangende waterkering in de kruin gemaakt op basis van de nieuwe normen en de PPL. Weliswaar niet t.b.v. leidingkruising maar t.b.v. de dijkversterking, maar komt in de basis op hetzelfde neer. Het is bewerkelijk, maar het lukt wel. En inderdaad loop je al snel tegen die genoemde vervormingsgrens aan. In de laatste versie van de PPL is dat overigens geen harde eis meer. Bij overschrijden van 10 cm horizontale vervorming moeten dan wel aanvullende controles worden gedaan op effect op kruinhoogte of initialiseren van andere faalmechanismen. Ik had zelf altijd al bedenkingen bij het stellen van te strakke vervormingseisen aan dit soort constructies die er voor de UGT staan. Zolang ze maar blijven staan denk ik dan, daar gaat het om. En zowel bij DV Krimpen als bij KIJK stuurde ik er wel op aan soepel met die vervormingseis om te gaan. Ik zou dat WBD ook adviseren.

Mocht dit nog aanvullende vragen oproepen, stuur mij even een mailtje en ik vraag het voor je na.

Groeten,

Tom

Reactie Jan Paul Bras en Niels Alferink, WRIJ

Beste Carlijn,

Mijn collega Niels Alferink en ik hebben de casus doorgenomen. Het is een lastig vraagstuk, maar het is ook de vraag hoe je deze situatie wilt benaderen. Inhoudelijk zijn we geen geroutineerden in het ontwerpen van damwanden. Maar vanuit het ontwerp van de leiding valt wel het een en ander te zeggen. We hopen je daarmee verder te helpen. Zelf heb ik jarenlang leidingen ontworpen, waaronder leidingen in waterkeringen.

We willen het volgende aandragen:

- Los van alle regels en eventuele knelpunten daarin is het goed je de vraag te stellen: Welke situatie is gezien vanuit het ontwerp en de algemene randvoorwaarden maatgevend?
- Uit de tekening blijkt dat het hoogste punt van de leiding ruim boven de te keren waterstand ligt. Hetzelfde geldt voor de leiding in de kruin van de dijk.
- Welke locatie voor leidingbreuk is maatgevend als bedreiging voor de dijk?
- In de bijdrage van het adviesbureau is falen van de leiding door graafschade het uitgangspunt. Dat geldt overal in Nederland, maar niet bij hoog water in een dijklichaam. In die omstandigheid zijn graafactiviteiten verboden en dat wordt actief op gehandhaafd. Dat is een zwaarwegende faalkansreducerende maatregel. Voor dit scenario rekenen met een faalkans van 1 doet geen recht aan de feitelijke situatie ter plaatse en het beheerregime.
- In de methodiek voor risicoberekeningen voor leidingen met gevaarlijke stoffen is de reductiefactor voor graafschade bij 'geen maatregelen' 1 en bij dijken 0,1 (par. 2.4.6.4 van de Handleiding risicoberekeningen Bevb, RIVM, versie 3.1, april 2020).
 - 2.4.6.4 Cluster 4 – fysieke barrières op maaiveld
 - Dit betreffen maatregelen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd.
 - 40. geen factor: 1,000
 - 41. hekwerk factor: 0,000
 - 42. dijklichaam factor: 0,100
- In hetzelfde licht bezien is een gronddekking van 1 meter een goede bescherming tegen graafschade (bij een dekking van 0,5 m is de kans op het raken door graven groter). Raken is overigens nog geen falen.
- De stalen DN900 leiding heeft een wanddikte van 15,9 mm. Pijp met deze wanddikte krijg je zelfs niet kapot door er een kraanbak met de tanden op te laten vallen. Een deuk is namelijk geen gat!

- Het ontwerp bekijkend lijkt flenslekkage een veel waarschijnlijker faaloorzaak. Door aanleg van de leiding en eventueel ophoging van de dijk ontstaat door uitvoeringszakking en zetting een grote buigbelasting op de flenzen. Flenzen willen in dat geval gaan kieren. Voor dit soort leidingen worden doorgaans PN16 flenzen toegepast, maar het zijn allemaal potentiële leidinglekken. Vanwege de ondergrondse toepassing zie je de lekkages trouwens niet.
- De faalkans door lekkage kan worden geminimaliseerd door lasverbindingen toe te passen. Dit geeft ook een beter vervormingsgedrag van de leiding, omdat de 'scharnieren' van de flensverbindingen wegvallen.
- Voor het berekenen van een erosiekrater kun je uitgaan van verschillende gatgroottes. Het meest conservatief is een guillotinebreuk, maar de vraag is of dat representatief is voor deze situatie.
- Bij flenzen en een zwaar uitgevoerde leiding als deze is het reëler een klein gat te veronderstellen. Een flens gaat kieren en niet volledig bezwijken. Op welke manier zou voor deze toepassing op deze plek een groot gat in de leiding kunnen ontstaan?
- Op basis van de constructie (diameter, wanddikte en materiaal) kan het pijpmateriaal fysiek een inwendige druk aan van minimaal 88 bar in het elastische gebied. De beoogde pijpconstructie is echt sterk genoeg!
- Gezien de druk (een paar bar), de zwaarte van de constructie en het faalgedrag van staal lijkt een hele conservatieve benadering voor een eventuele vervangende waterkering wel heel zwaar aangezet.
- Of te wel: kijk eerst een naar de uitgangspunten in het leidingontwerp en de resultaten in faalkans alvorens veel energie in damwanden te steken. Ontwerp niet meer dan minimaal nodig is. Zeker gezien de zwaarte van het leidingontwerp lijkt ons dat een reëel en verantwoord uitgangspunt. Misschien is een vervangende waterkering wel helemaal niet nodig.

Wij denken dat de soep ook in dit geval wat minder heet wordt gegeten, dan dat deze is opgediend.

Succes met je overwegingen!

Met vriendelijke groet,

ing Jan Paul Bras MPT
Specialist waterkeringen

BIJLAGE 2

Aanvullende ontwerpgegevens dijk kruising persleidingen Waalwijk

(Waterschap Brabantse Delta, 10 juni 2020)

Aanvullende ontwerpgegevens dijk kruising persleidingen Waalwijk

Overzicht van aanvullende gegevens van Waterschap Brabantse Delta naar aanleiding van vragen van Harry Schelfhout (POV K&L), 10 juni 2020

1. *Wat is de totale lengte van de kruising?*

Deze is ongeveer 80 – 90 m

2. *Wat is de ontwerpdruk?*

Diameter	Locatie	h
[mm]		[m]
Ø900	Kruin	0,5
Ø600	Kruin	0,4
Ø900	Binnenteen	6,45
Ø600	Binnenteen	6,2

h =maatgevende drukhoogte ter plaatse

3. *Wat is de hart op hart-afstand tussen de vier leidingen?*

Tussen de leidingen wordt 1 meter vrije ruimte aangehouden (dus 1,6 m hart op hart tussen de 600 leidingen, 1,8 m tussen de 600 en 900 leiding en 2 meter tussen de rond 900 leidingen).

4. *Zijn die leidingen allebei wel of niet gelijktijdig in bedrijf?*

Dat is nog onzeker, maar daar gaan we wel vanuit.

5. *In welk dijktraject ligt de kruising?*

Dat is dijktraject 35-1 (Donge), (lengte = 13,8 km), norm = 1/10.000 per jaar (signaleringswaarde) en maximaal toelaatbare kans op overstroming is $P_{\max} = 1/3.000$ per jaar (ondergrens).

6. *Hoeveel langsconstructies en kunstwerken liggen er in het dijktraject?*

In het dijktraject liggen 4 bestaande kunstwerken:

Gemaal Keizersveer
Keersluis Schipdiep
RWZI Waalwijk – Bergsche Maas
Schutsluis Waalwijk

7. *Met hoeveel kunstwerken moeten er voor toekomstige ontwikkelingen/uitbreiding rekening worden gehouden?*

Als de kruising wordt gezien als een kunstwerk, komt er minstens nog 1 kunstwerk bij. Het lijkt me raadzaam om toekomstige ontwikkelingen niet te belemmeren en rekening te houden een extra aantal kunstwerken. Indien b.v. wordt uitgegaan van 2 extra kunstwerken wordt het totaal kunstwerken $N_{KW} = 7$) en 0 langsconstructies (als bij de persleiding een kistdam of damwand wordt toegepast moet deze worden ontworpen als onderdeel van de primaire waterkering, zodat er minimaal rekening moet worden gehouden met 1

langsconstructie). Op dit moment wordt ten oosten van sluis Waalwijk een kade-kering constructie aangelegd, dus dat is 1 langsconstructie erbij. Er zijn dus 2 langsconstructies en mogelijk komen er in de toekomst nog enkele bij. We willen inderdaad ontwikkelingen niet belemmeren, 2 extra kunstwerken is een conservatieve aanname. Het is per kunstwerkenspoor afhankelijk welke lengte-effect factor nodig is. Niet elk spoor is voor elk kunstwerk relevant. In dit geval zijn de sporen falen constructieve sterkte constructie-onderdelen (STCO), stabiliteit grondconstructie (STGC), onder-/achterloopsheid (STPH) en falen sluiting keermiddelen/afsluiters (BS) van toepassing voor alle kunstwerken, dus voor elk spoor kan $N_{KW} = 7$ worden aangehouden.

8. *Moet het Ontwerppeil van NAP + 5,70 m worden beschouwd als WBN (waterstand bij norm)?*
Ja, dit is de waterstand bij de ondergrens norm bij het zichtjaar 2120 (1/3000 per jaar)

9. *Wat is het HBN bij verschillende overslagcriteria (0,1, 5 of 10 l/m/s)?*

Dit heb ik met Hydra-NL 2.4.1 berekend, zonder voorland en met buitentaludhelling 1 : 3,5. De overschrijdingskans van HBN is 1/25.000 per jaar (Voor GEKB geldt een faalkansruimte van 24% en een $N = 2 \rightarrow 0,24 / 3000 / 2 = 1/25.000$ (4,00E-05) per jaar, zie ook tabellen in OI2014v4.

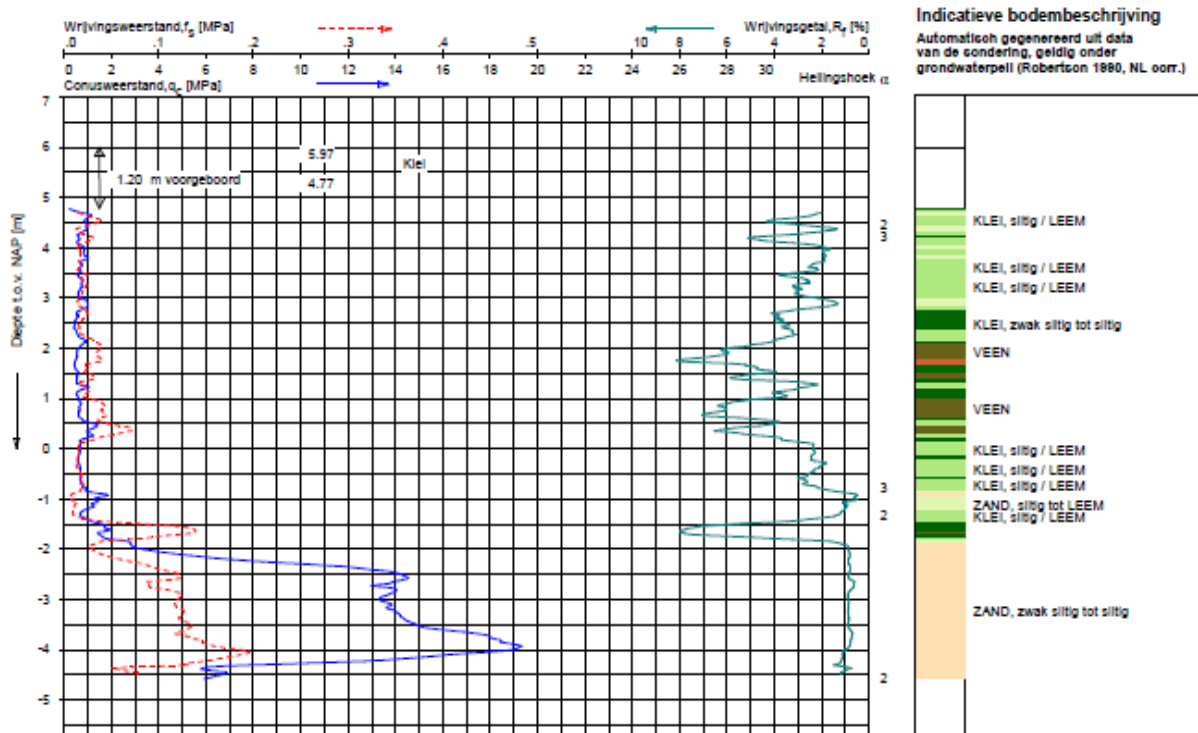
Zichtjaar	Golfoverslagdebiet [l/m/s]	HBN [m +NAP]
2050	0,10	6,595
2050	1	6,105
2050	5	5,827
2050	10	5,724
2100	0,10	6,941
2100	1	6,502
2100	5	6,255
2100	10	6,163
2120	0,10	7,0794
2120	1	6,6608
2120	5	6,4262
2120	10	6,3386

10. *Op welk overslagdebiet wordt de kruinhoogte van de dijk berekend?*

Dit is afhankelijk van de erosiebestendigheid en de kwaliteit van de grasmat/kleibekleding op de kruin en het binnentalud. Hier hebben we nog geen uitgangspunten voor vastgesteld. Mijn advies zou zijn om in dit geval **1 l/m/s** te gebruiken, omdat er dan geen raakvlak is met macrostabiliteit binnenwaarts. De binnenwaartse macrostabiliteit is op deze locatie namelijk niet ruim voldoende.

11. *Is bekend welk materiaal in de kern van de dijk zit (klei, zand of heterogeen)? Dit met het oog op de erosiebestendigheid daarvan, de evenwichtshelling na leidingfalen en verweking als gevolg van sluipende lekkage.*

Het is een kleidijk. Zie onderstaande figuur voor een kruinsondering op deze locatie.



12. Hoeveel leidingkruisingen liggen er nu het dijctract? Dat hoeft niet exact te zijn; een veilige schatting is ook voldoende. Dit met het oog op de verdeling van de faalkansruimte.

Alleen leidingkruising RWZI Waalwijk – Bergsche Maas. De overige leidingkruisingen worden behandeld als NWO's – op basis van de gegevens die ik heb zie ik een glasvezelkabel in een mantelbuis en 2 rioolbuizen van beperkte diameter. In totaal dus 1 + 3 = 4 bestaande leidingkruisingen + 4 nieuwe leidingen (in leidingkruising t.p.v. het nieuwe gemaal) + 2 extra voor toekomstige ontwikkelingen = 10 leidingkruisingen of $N_{PL,KR} = 10$. Daaruit volgt een toelaatbare kans op falen van een afzonderlijke leidingkruising van 1% van $P_{max} / N_{PL,KR} = 1\%$ van $(1/3.000) / 10$ of $P_{eis,PL,KR} = 1/3.000.000$ (3,33E-07) per jaar.

Opmerking: het falen van de afsluiters in de 4 leidingen ter plaatse van het nieuwe gemaal zijn via de bediening gecorreleerd. Dat geldt ook voor het falen van de leidingsterkte, omdat de zettingen van alle 4 de leidingen gelijk zijn. Indien nodig kan daarom worden uitgegaan van $N_{PL,KR} = 6$.

13. Hoeveel afsluittmiddelen (en van welk type, zoals afsluiter, vlinderklep, terugslagklep et cetera) worden voorzien? Dit in verband met de bepaling van de kans op niet-sluiten daarvan. Voor zover ik weet krijgt elke leiding een terugslagklep en een afsluiter (binnenteen). Dat is conform het laatste ontwerp rapport dat ik heb gezien.

BIJLAGE 3

**PowerPoint presentatie Ontwerp dijkkruising persleiding
(Harry Schelfhout, 28 mei 2020)**

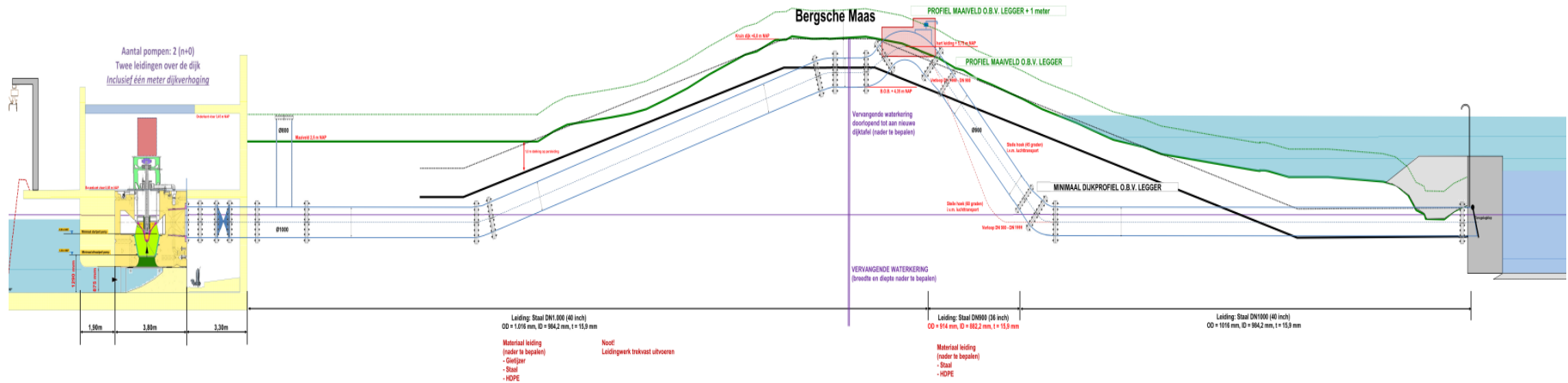
Project Overstijgende Verkenning Kabels & Leidingen

Ontwerp dijk kruising persleiding



Advies POV K&L (Harry Schelfhout)

Vraagstelling



- **Kruising < Ontwerppeil (WBN):**
 - Damwandconstructie kan niet i.v.m. vervormingseis 100 mm
 - Kistdam nodig; is mogelijk te streng?
- **Rekenregels ontwerp:**
 - Publicatie 'Stabiliteitsverhogende Langsconstructies (PPL)' roept vragen op:
 - enkel faalkansruimte voor macro-instabiliteit
 - vervormingseis ≤ 100 mm erg conservatief
 - Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken toepasbaar?

Voorstel adviesbureau



Ontwerp volgens Werkwijzer KW:

- Sterkte damwand op basis van de **Eurocode RC3**, uitgaande van de erosiekrater na bezwijken leiding.
- Controleren of de **hoogte van de verlaagde damwand** binnen de overstromingskansbenadering acceptabel is.
- Maken waterdichte verbinding met damwand door de leiding in een kleikist te leggen, waarin de damwand voldoende overlap heeft.
- Controle van de hoogte doen we door de faalkans van de leiding te toetsen aan de kans van optreden van een waterstand die de hoogte van de damwand overschrijdt.
- De faalkans van de leiding wordt in eerste instantie op 1 gezet.
- Als dit niet voldoet wordt voor de **faalkans van de leiding 1×10^{-3}** als maatgevend aangehouden welke wordt gedomineerd door vergravingen.

Aanvullende gegevens

- **Kruising ligt in dijktraject 35-1 (Donge):**
 - Trajectlengte: 13,8 km
 - Norm: 1/10.000 p.j. (signaleringswaarde) c.q. 1/3.000 p.j. (ondergrens)
 - Aantal kunstwerken: $N_{KW} = 4$ (huidig) + 3 (toekomst) = 7
 - Aantal langsconstructies: $N_{LC} = 1$ (huidig) + 3 (toekomst) = 4
 - Aantal leidingkruisingen: $N_{PL,KR} = 4$ (huidig) + 6 (toekomst) = 10
 - Ontwerppeil = $WBN_{2120} = NAP + 5,70$ m (1/3.000 p.j.)
 - Dijktafelhoogte = $HBN_{2120} = NAP + 6,66$ m bij 1,0 l/s/m (1/25.000 p.j.)
- **Totale lengte kruising: 80 – 90 m**
- **Kruising bestaat uit 4 leidingen (kunnen gelijktijdig in bedrijf zijn):**
 - 2 st \varnothing 900 mm, lokale inwendige druk: 6,45 mwk (teen) en 0,5 mwk (kruin)
 - 2 st \varnothing 600 mm, lokale inwendige druk: 6,2 mwk (teen) en 0,4 mwk (kruin)
 - Afstand tussen leidingen: 2,0 m (\varnothing 900 mm) en 1,0 m (\varnothing 600 mm)
 -
- **Afsluitmiddelen: 1 afsluiter (binnenzijde) en 1 terugslagklep (uitstroombak)**
- **Kernmateriaal dijk: klei**

Ontwerpdocumenten (ref. in NEN 3651)

Waterstaatkundige voorziening	Boezemwaterkering		Primaire waterkering	
	Damwandconstructie	Leiding boven MBP	Damwandconstructies CUR 166 [14]	Leiding boven OP
Leiding onder MBP		Leidraad Waterkerende Kunstwerken in Regionale waterkeringen [16]	Leiding onder OP	Handreiking ontwerpen met overstromingskansen [4], POVM Stabiliteitsverhogende langsconstructies [17] en POVM Rekentechnieken [18]
Kistdam	Leiding boven MBP	Maatwerk ^a	Leiding boven OP	Maatwerk ^a
	Leiding onder MBP	TR Kistdammen en Diepwanden [15]	Leiding onder OP	TR Kistdammen en Diepwanden [15] en Handreiking ontwerpen met overstromingskansen [4], POVM Stabiliteitsverhogende langsconstructies [17] en POVM Rekentechnieken [18]

^a) Methodiek van TR Kistdammen en diepwanden [14] in combinatie met Damwandconstructies CUR 166 [14], POVM Stabiliteitsverhogende langsconstructies [17] en POVM Rekentechnieken [18].

MBP = maatgevend boezempeil

OP = ontwerppeil

Functie:

- erosiescherm

Functie:

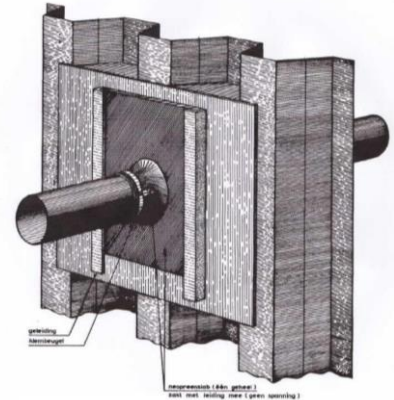
- erosiescherm
- waterkerende constructie

Geen verwijzing naar Werkwijzer Kunstwerken

Eisen NEN 3651 (1)

KRUISING < ONTWEPPEIL:

- Damwand of kistdam tot DTH:
 - Bovenkant damwand: $H_D \geq \text{NAP} + 6,66 \text{ m} + \Delta Z$
- Breedte damwandconstructie/kistdam:
 - LD vloeistof: $B = 25 \text{ m}$ (zonder leidingen + tussenruimten)
 - $B = 33 \text{ m}$ (incl. leidingen + tussenruimten = 8 m)



LEIDINGEN:

- Sterkteberekening: $\beta_{STR,PL,KR,dsn} = 5,1 \rightarrow P_F = 1,6E-07 / 30 \text{ jaar}$
- Minimum wanddikte (t):
 - 13 mm (DN 900 mm) en 12 mm (DN 600 mm) \rightarrow voorgestelde $t = 15,9 \text{ mm}$ voldoet, of Importantiefactor $S = 1$
- Verstoringszones (vereenvoudigde formule)
 - $R_B \approx 7 \text{ m}$ (kruin) of 11 m (teen), $R_L = 1,0 \times R_B$ (groot gat)
 - $D_K = \text{gronddekking } H + (1,2 \times D_u)$

Eisen NEN 3651 (2)

OVERIGE EISEN:

- Damwand moet voldoen aan eisen **OI2014v4** en **POV-M Richtlijn (PPL)**
- Doorvoer leiding door damwand: $H_D \geq H_L - 0,50 \text{ m} + \text{kwelscherm in kleikist}$
- Sterktetoets: **UGT/BGT en vervormingen conform [14] (CUR 166) 1)**
- Toets overige faalmechanismen: macrostabiliteit en piping
- Corrosietoeslag: conform Protocol ([20] en [21])
- Kruinbreedte: 3 m ter weerszijden van de damwand
- Diepte erosiekrater; 3 m eenzijdige ontgroning (of tot o.k. leiding – 0,50 m)
- Trekvast koppelingen
- Afsluiters

1) CUR 166 is n.v.t. voor leiding onder OP in primaire waterkering. Daarvoor gelden de POV-M Richtlijn (PPL) en het OI2014v4.

Discrepancie in NEN 3651:

“8.1.7.1.2 Sterktetoets damwandconstructie

De sterkte van de damwand moet worden getoetst aan de uiterste grenstoestand en de bruikbaarheidstoestand (BGT) op basis van karakteristieke waarden en partiële veiligheidsfactoren. Hieraan wordt een nadere invulling gegeven in [14].”

Eisen OI2014v4



FALEN DIJK- TRAJECT 35-1 (Donge)

1. Faalkanseis dijktraject: $P_{max} = 100\%$

3,33E-04 / jaar

$\beta_{max} = 3,40$

OF

70%

FAALMECHANISMEN

2,33E-04 / jaar

30%

OVERIGE MECHANISMEN

1,00E-04 / jaar

zie deelfoutenboom A

OF

24%

pipng (STPH)

8,00E-05 / jaar

$N_{STPH} = 42,4$

$P_{eis,dsn} = 1,89E-06$ / jaar

$T_H = 530.000$ jaar

$\beta_{eis,dsn} = 4,62$ / jaar

10%

graserosie buitentalud (GEBU)

3,33E-05 / jaar

$N_{GEBU} = 1$

$P_{eis,dsn} = 1,50E-05$ / jaar

$N_{STEEN} = 4$

$P_{eis,dsn,STEEN} = 8,33E-06$ / jaar

4%

macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI)

1,33E-05 / jaar

$N_{STBI} = 10,1$

$P_{eis,dsn} = 1,32E-06$ / jaar

$T_H = 758.100$ jaar

$\beta_{eis,dsn} = 4,70$ / jaar

macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU)

$10 \times P_{eis,STBI} = 1,33E-04$ / jaar

$N_{STBU} = 10,1$

$P_{eis,dsn,STBU} = 1,32E-05$ / jaar

$T_H = 75.810$ jaar

$\beta_{eis,dsn} = 4,20$ / jaar

24%

golfoverslag dijken (GEKB) + KW (HT)

8,00E-05 / jaar

$N_{HT} = 2$

$P_{eis,dsn} = 4,00E-05$ / jaar

$T_H = 25.000$ jaar

$\beta_{eis,dsn} = 3,94$ / jaar

8%

falen KW (puntconstructies)

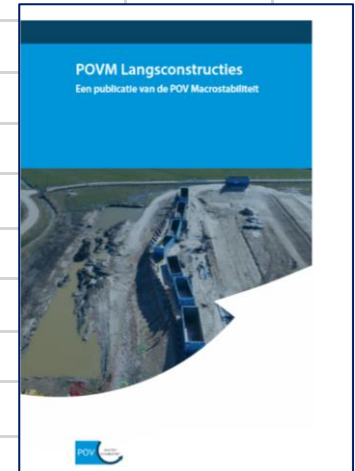
2,67E-05 / jaar

zie deelfoutenboom B

Overige eisen OI2014v4

- Beschikbare faalkansruimte moet op doorsnedeniveau d.m.v. van mogelijke faalscenario's worden vertaald naar een vereiste β op onderdeelniveau.
- De deelfaalmechanismen (en de daarbij horende faalkansverdeling) die van toepassing zijn, zijn afhankelijk van het type langsconstructie.
- Voor de bepaling van de schadefactoren (γ_n) moet onderscheid worden gemaakt in:
 - geotechnische deelfaalmechanismen: afleiding γ_n zoals bij grond dijken.
 - constructieve deelfaalmechanismen: afleiding γ_n uitgaande van de faalkanseis op doorsnedeniveau, verdeeld over de deelfaalmechanismen.
 - verondersteld wordt dat per mechanisme tevens de eis volgens Eurocode 7 wordt gerealiseerd ($\beta = 3,8 / 50$ jaar).
- Stabiliteitschermen berekenen met **EEM/Plaxis** (i.p.v. D-Sheet Piling)
- Vervormingseisen:
 - $\leq 0,10$ m kruinzakking
 - $\leq 0,10$ m horizontale verplaatsing onverankerde constructie
 - $\leq (1/50 \times L)$ horizontale vervorming van de constructie in UGT

Eisen Richtlijn PPL voor STBI



Ter vergelijking: doorsnede-eis Eurocode RC3/CC3 per faalmechanisme:

- $\beta_{eis,dsn} = 4,3 / 50$ jaar of $P_{eis,dsn} = 8,5E-06 / 50$ jaar of $2,9E-07 /$ jaar $\rightarrow \beta_{eis,dsn} = 5,1 /$ jaar

Eisen Richtlijn PPL voor STBU

				macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU)					
				1,33E-04	/ jaar				
				$N_{STBU} = 10,1$					
				$P_{eis,dsn} = 1,32E-05$	/ jaar				
				OF					
		1/3							1/3
				geotechnisch falen (GEO)		constructief falen (STR)		falen interactie grond- constructie (SSI)	
				4,40E-06	/ jaar	4,40E-06	/ jaar	4,40E-06	/ jaar
				$P_{eis,dsn} = 4,40E-06$	/ jaar	$P_{eis,dsn} = 4,40E-06$	/ jaar	$P_{eis,dsn} = 4,40E-06$	/ jaar
				$\beta_{eis,dsn} = 4,44$	/ jaar	$\beta_{eis,dsn} = 4,44$	/ jaar	$\beta_{eis,dsn} = 4,44$	/ jaar



Ter vergelijking: doorsnede-eis Eurocode RC2/CC2 per faalmechanisme:

- $\beta_{eis,dsn} = 3,8 / 50$ jaar of $P_{eis,dsn} = 7,2E-05 / 50$ jaar of $1,5E-06 /$ jaar $\rightarrow \beta_{eis,dsn} = 4,7 /$ jaar

Overige eisen Richtlijn PPL

- Vervormingseisen:
 - $\leq 0,1$ m kruindaling over een kruinbreedte ≥ 3 m (of over de oorspronkelijke kruinbreedte als < 3 m is)
 - $\leq 0,1$ m horizontale (wand)verplaatsing van de constructie
 - $\leq 0,1$ m horizontale verschilverplaatsing tussen binnenteen en buitenteen voor alle situaties waarin niet met een restprofiel wordt gerekend
 - **Minder strenge vervormingseisen zijn mogelijk**

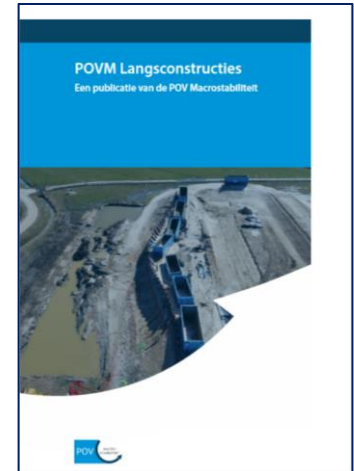
Voorstel voor versoepeling vervormingseisen:

- 0,1 m in BGT
- $1/50 \times L$ in UGT ($\leq 0,3$ m)

- Niet-kritische afschuiving (restprofiel):
 - Het talud achter de constructie mag afschuiven., als dit geen directe invloed heeft op de overstromingskans
 - **Restprofiel** bij kleikern i.c.m. overslagdebiet van $1,0$ l/m/s

Restprofielbenadering mogelijk:

- Erosiekrater door leidinglek/-breuk



Uitgangspunten bij verlaagde damwand



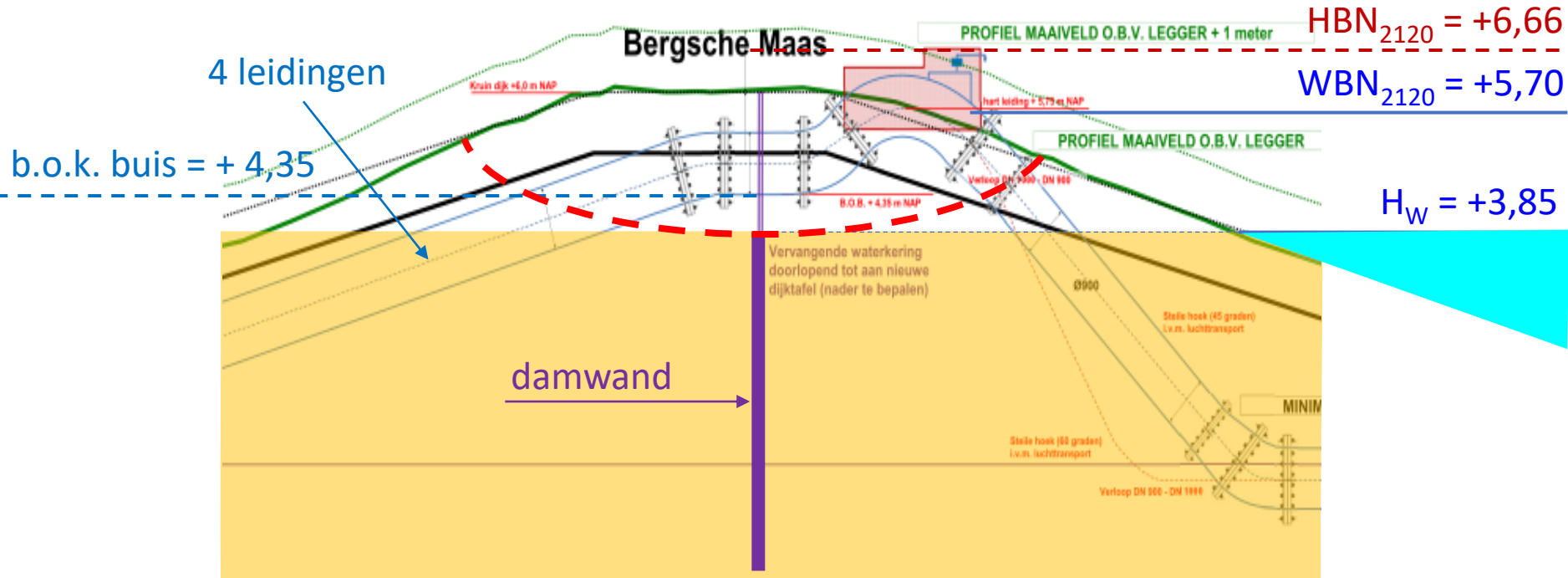
Uitgangspunten en randvoorwaarden:

- $WBN_{2120} = NAP + 5,70$ ($P_{WBN} = 1/3.000$ p.j.)
- B.o.k leiding = $NAP + 4,35$ m
- Hoogte damwand $H_D = WBN_{2120} - 1,85$ m = $NAP + 3,85$ m
- Decimeringshoogte waterstand $D_W = 1,25$ m (bron: www.waternormalen.nl, pms Heesbeen)
- $P \{H_W \geq H_D\} \approx WBN_{2120} - (1,5 \times D_W) = 1,0E-02$ / jaar (voorlopige schatting)

Verificatie overloop/golfoverslag nodig met Hydra-NL

- Totale lengte kruising $L_{KR} = 90$ m
- Faalkans per afzonderlijke leiding:
 - Geen casuïstiek beschikbaar van faalincidenten persleidingen
 - Faalkans LD staal (bron: NPR 3659): $P_{f,PL} = 2,5E-04$ /m / jaar
 - Dominante faaloorzaak: schade door externe invloeden (graafwerkzaamheden etc.)
 - In dijk geldt correctiefactor van 0,1 (bron: BEVB) of $P_{f,PL} = 2,5E-05$ / m / jaar
 - Faalkans kruising door leidinglek/-breuk: $P_{LEK} = 2,32E-03$ / 90 m / jaar
 - 50% gapend lek/50% sluipend lek $\rightarrow P_{GAPEND LEK} = P_{LSLUIPEND EK} = 1,16E-03$ / 90 m / jaar
- Kans op hoogwater vóór herstel:
 - Duur hoogwater = 4 weken en duur herstel = 4 weken
 - $P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = (4 + 4) / 52 = 0,15$

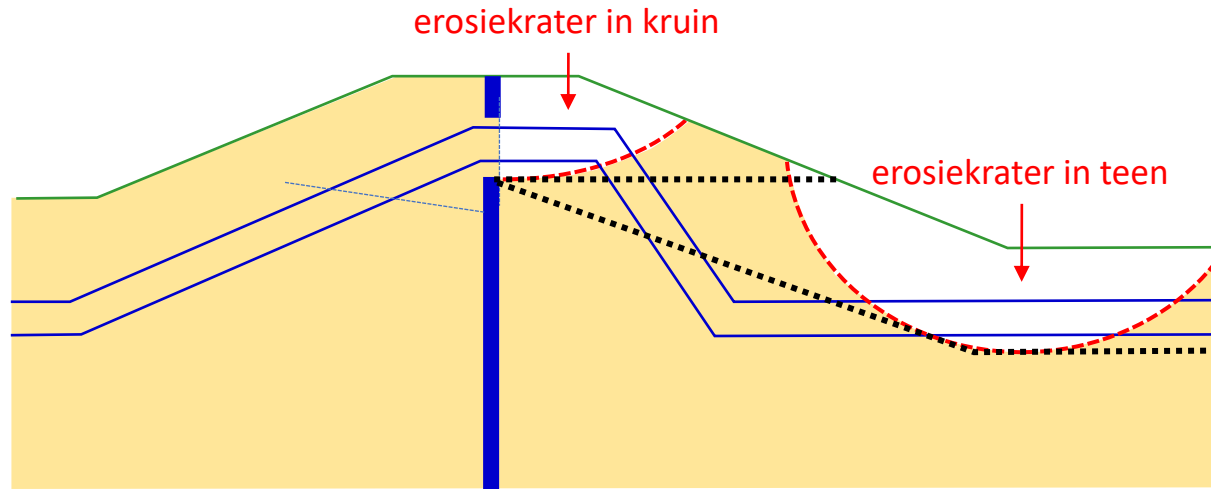
Faalkans verlaagde damwand (1)



Spoor GEKB, OI2014v4:

- $P \{H_W \geq H_D\} = P \{H_W \geq +3,85\} = 1,0E-02$ p.j.
- $P_{\text{GAPEND EK}} = 1,16E-03 \times 4 = 4,64E-03$ p.j. (bij $P_{\text{LEK}} = 1,0$ wordt niet aan $P_{\text{eis,dsn}}$ voldaan)
- $P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 0,15$
- $P \{H_W \geq H_D\} \times P_{\text{GAPEND LEK}} \times P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 7,0E-06$ p.j. ($< P_{\text{eis,dsn}} = 4,0E-05$ p.j.)

Stabiliteit damwand (kerend naar buiten)



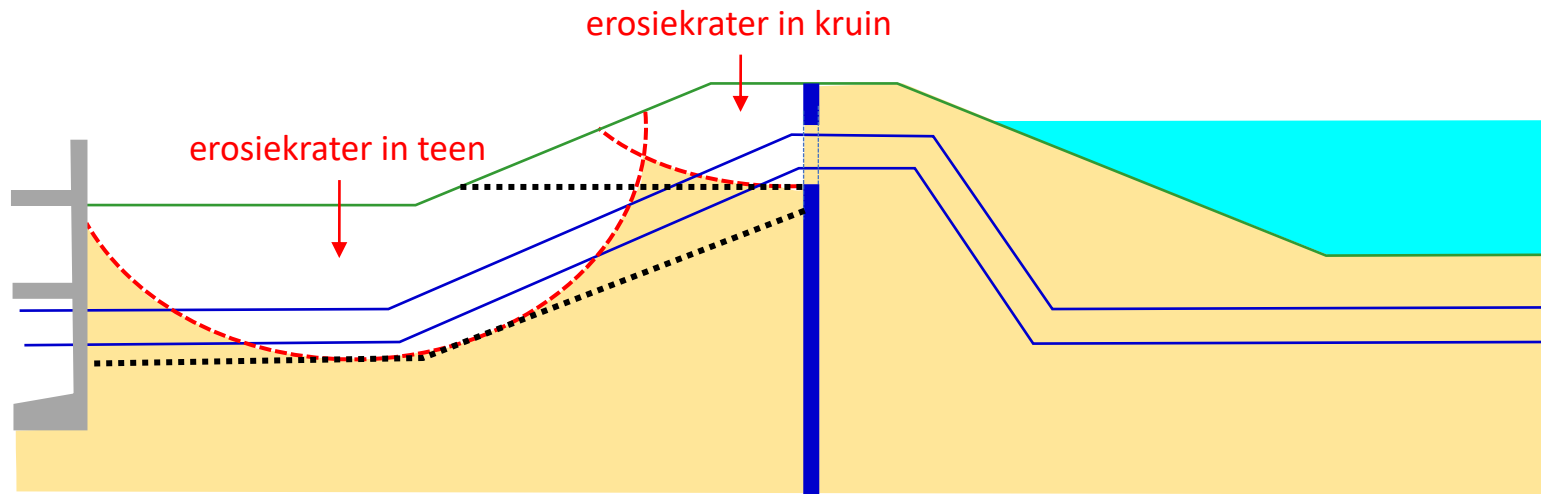
Faalscenario's STBU (GEO, STR en SSI), PPL:

- Erosiekrater bij gapend lek:
 - Erosiestraal: $R_L = 7$ m (kruin) of 11 m (teen)
 - $P_{\text{GAPEND,LEK}} = 1,0$ (of $P_{\text{GAPEND,LEK}} \times P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 1,9E-02 \times 0,15 = 2,8E-03$ p.j.)
- Sluipend lek (geen krater):
 - dijklichaam 100% verzadigd (geen detectie/herstel mogelijk)
 - $P_{\text{SLUIPEND,LEK}} = 1,0$ (of $P_{\text{SLUIPEND,LEK}} = 1,16E-03$ p.j.)

Ter vergelijking eis NEN 3651:

- 3 m ontgraving of o.k. leiding – 0,50 m als dit ongunstiger is

Stabiliteit damwand (kerend naar binnen)



Faalscenario's STBI (GEO, STR en SSI), PPL:

- Erosiekrater bij gapend lek:
 - Erosiestraal: $R_L = 7$ m (kruin) of 11 m (teen)
 - $P_{\text{GAPEND,LEK}} = 1,0$ (of $P_{\text{GAPEND,LEK}} \times P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 1,9\text{E-}02 \times 0,15 = 2,8\text{E-}03$ p.j.)
- Sluipend lek (geen krater):
 - dijklichaam 100% verzadigd (geen detectie/herstel mogelijk)
 - $P_{\text{SLUIPEND,LEK}} = 1,0$ (of $P_{\text{SLUIPEND,LEK}} = 1,16\text{E-}03$ p.j.)

Ontwerpdocumenten kunstwerken

Leidraad Kunstwerken (n.v.t.)

Ontwerpinstrumentarium OI2014v4 (2017)

- Kunstwerk is puntconstructie
- Sterkte en stabiliteit: géén specifieke ontwerpregels voor constructief falen
- Verwachting: constructief ontwerp op basis van Gevolgklasse 3 uit de Eurocode NEN-EN1990 bij een levensduur van 50 of 100 jaar in de praktijk levert een voldoende zwaar ontwerp op
- **Nieuwe Leidraad Kunstwerken i.o.?**



Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken (2018)



Sterkte en stabiliteit

- géén specifieke ontwerpregels (verwijst naar OI2014v4).
- Verwachting: constructief ontwerp op basis van Gevolgklasse 3 uit de Eurocode NEN-EN1990 bij een levensduur van 50 of 100 jaar levert een voldoende zwaar ontwerp op.

Eurocode Gevolgklasse 3 $\rightarrow \beta = 4,3 / 50$ jaar ($\approx P_{\text{eis,dsn}} = 8,5E-06$) per constructie-onderdeel)

Toepassing Eurocode NEN-EN 1990 voor hoogwaterbelasting:

- STR: Intern bezwijken of vervorming van de constructie.
- GEO: Bezwijken of vervorming van de grond waarbij de sterkte van grond bepalend is.

Vergelijkbaar met WBI2017:

- STCO: Sterkte constructie
- STGC: Stabiliteit grondconstructie

Betrouwbaarheidseisen constructie-onderdelen:

- Vereiste betrouwbaarheidsindex in doorsnede: $\beta_{\text{eis,dsn}}$ per jaar

Eurocode gaat uit van betrouwbaarheidseisen per 50 jaar en is niet van toepassing voor waterkerende kunstwerken!

Betrouwbaarheidseisen (Werkwijzer KW)

Damwandconstructie:

- Macro-instabiliteit binnenwaarts: $\beta_{\text{eis,dsn}} = 4,83$ p.j.

Ter vergelijking: doorsnede-eis OI2014v4 voor STBI:

- $P_{\text{eis,dsn}} = 1,32\text{E-}06$ / jaar $\rightarrow \beta_{\text{eis,dsn}} = 4,7$ / jaar

- Vloei damwand: $\beta_{\text{eis,dsn}} = 5,23$ p.j.
- Grondbreuk: $\beta_{\text{eis,dsn}} = 5,23$ p.j.

Ter vergelijking: doorsnede-eis Eurocode RC3/CC3 per faalmechanisme:

- $\beta_{\text{eis,dsn}} = 4,3$ / 50 jaar of $P_{\text{eis,dsn}} = 8,5\text{E-}06$ / 50 jaar of $1,7\text{E-}07$ / jaar $\rightarrow \beta_{\text{eis,dsn}} = 4,8$ / jaar

Leidingkruising (4 leidingen):

- Sterkte-eis per afzonderlijke leiding: $\beta_{\text{eis,dsn}} = 5,58$ p.j.

Ter vergelijking: doorsnede-eis kruising NEN 3650 reeks:

- $\beta_{\text{eis,dsn}} = 5,1$ / 30 jaar $\approx P_{\text{eis,dsn}} = 1,6\text{E-}06$ / 30 jaar of $5,3\text{E-}08$ / 1 jaar $\rightarrow \beta = 5,3$ / jaar

Faalkans niet-sluiten (Werkwijzer KW)

Bepaling faalkanseis:

$$P_{eis,KW,NS} = \frac{P_{max} \cdot \omega_{NS}}{N_{NS}}$$

Waarin:

$P_{eis,KW,NS}$	Faalkanseis voor <i>niet sluiten</i> van een individueel kunstwerk voor een referentieperiode van 1 jaar [-]
P_{max}	Faalkanseis voor gehele dijktraject (normtraject) uitgaande van de maximaal toelaatbare overstromingskans uit de Waterwet ¹⁵ [-]
ω_{NS}	Faalkansruimtefactor voor <i>niet sluiten</i> [-]
N_{NS}	Lengte-effectfactor voor <i>niet sluiten</i> [-]

Bepaling faalkans niet-sluiten:

$$P_{f,KW,NS} = P_{open} \cdot P_{ns} \cdot P_{f,herstel} \cdot P(\{Z_{NS1} < 0 \text{ EN } Z_{NS2} < 0\} \text{ OF } Z_{NS3} < 0)$$

Hierin is:

$P_{f,KW,NS}$	Kans op overstroming na niet-sluiten [per jaar]
P_{open}	Kans op open kering bij een sluitvraag [-]
P_{ns}	Kans op falen sluiting bij een sluitvraag [-]
$P_{f,herstel}$	Kans op falen herstel van gefaalde sluiting [-]
$P(Z_{NS1} < 0)$	Kans op bezwijken bodembescherming [-]
$P(Z_{NS2} < 0)$	Kans op bezwijken kunstwerk in geval van een bezwijken bodembescherming, ook wel $P_{f,KW erosie\ bodem}$ genoemd [-]
$P(Z_{NS3} < 0)$	Kans op overschrijden van het kombergend vermogen [-]

Bepaling P_{ns} (Werkwijzer KW)

Gemalen

- Geen nadere analyse nodig bij:
 - Twee onafhankelijke hoogwaterkerende keermiddelen die met het pompbedrijf geschakeld zijn (deze openen als het gemaal gaat draaien en sluiten automatisch als gestopt wordt met pompen)
 - De onafhankelijkheid impliceert b.v. toepassing van:
 - een terugslagklep
 - een automatisch sluitende vlinderklep

Aanwezige keermiddelen:

- 1 terugslagklep (bij uitstroombak)
- 1 afsluiter (tussen de binnenteen en het gemaal); wel/niet automatisch?
- 1 vlinderklep o.i.d. ??? (meestal zit er bij de pomp ook een afsluitvoorziening, die bij pomputval automatisch in werking treedt).

1. Ontwerp volgens NEN 3651

- Functie: erosiescherm en langsconstructie (conform OI2014v4)
- Macro-instabiliteit (STBI/STBU): Richtlijn PPL
- Overige faalmechanismen (GEKB en STPH): OI2014v4
- Enkel toepasbaar voor STBI en STBU
- Strengere vervormingseisen kan worden versoepeld:
 - BGT: ≤ 100 mm
 - UGT: $\leq 1/50 \times L$ (≤ 300 mm)

2. Ontwerp met Werkwijzer KW

- Is in principe mogelijk
- Strengere betrouwbaarheidseisen dan Richtlijn PPL
- Minder strenge eisen dan NEN 3650 reeks
- Niet toepasbaar voor parallelle leidingen

3. Discrepanties tussen NEN 3651, OI2014v4 en Werkwijzer KW

- Toepassing jaarkansen versus levensduurkansen

4. Aanpassing NEN 3651

- Niet nodig (behoudens kleine tekstwijziging)
- Tabel met verwijzing naar documenten niet-normatief maken, i.c.m. handleiding hoe daarmee om te gaan

Antwoorden op vragen (1)

Vraag A: *Problemen bij toepassing POV-M Richtlijn (PPL)?*

A1: Geeft enkel faalkansruimte voor macro-instabiliteit?

A2: Toelaatbare vervorming ≤ 100 mm erg streng \rightarrow kistdam nodig?

A3: Kan kerende hoogte damwand worden verlaagd?

Antwoord op vraag A1:

- PPL geeft enkel faalkansruimte voor STBI en STBU.
- Voor overige dijkfaalmechanismen en langsconstructies is OI2014v4 van toepassing.

Antwoord op vraag A2:

- Vervorming ≤ 100 mm is (te) conservatief.
- Bij het ontwerp van de damwand uitgegaan van ≤ 100 mm in BGT en $1/50 \times L$ (≤ 300 mm) in UGT; een kistdam of combiwand is dan niet nodig.

Antwoord op vraag A3:

- Verlaging van de damwand is mogelijk o.b.v. maatwerk, rekening houdend met de verhoogde hydraulische belastingen, restprofielbenadering, faalkans van de leidingen en kans op herstel

Antwoord op vragen (2)

Vraag B: Is Werkwijzer KW hier niet beter?

B1: Deze lijkt hier beter toepasbaar

B2: Moet daarnaar in NEN 3651 niet een verwijzing worden opgenomen?

Vraag B1:

- Werkwijzer KW is in principe mogelijk
- Moet wel worden gebruikt i.c.m. OI2014v4 en NEN 3650 reeks.
- Is n.v.t. voor parallelle leidingen.

Vraag B2:

- Een verwijzing in NEN 3651 naar de Werkwijzer KW maakt de toch al complexe materie nog lastiger en is niet zinvol.

Advies aan WSBD

1. Ontwerp damwandconstructie o.b.v. OI2014v4, Richtlijn PPL en NEN 3651.
2. Controle invloed van gapend en sluipend lek (met 100% verzadiging dijklichaam) op sterkte/stabiliteit damwand.
3. Dimensionering sterkte damwand o.b.v. Eurocode RC3/CC3 is n.v.t.
4. Ontwerp verlaagde damwand, rekening houdend met verhoogde hydraulische belastingen, restprofielbenadering, faalkans leidingen en kans op herstel.
5. Kans op overloop/golfoverslag verlaagde damwand nader bepalen met Hydra-NL-berekeningen.
6. Voor faalkans stalen leiding NPR 3659 ($2,5 \times 10^{-4}$ / m / jaar) toepassen met correctiefactor 0,1 voor dijk kruising conform Handreiking Bevb.
7. Leiding b.v.k. aanleggen boven DTH i.c.m. een hogere pompcapaciteit, zodat geen damwand nodig is.
8. Flensverbindingen vervangen door gelaste verbindingen.

BIJLAGE 4

**Reactie Waterschap Brabantse Delta op conceptadvies
POV K&L 1 juli 2020**

(21 juli 2020)

**Bijlage 4 - Reactie van Waterschap Brabantse Delta (Dusan Bozic), mede namens RHDHV, d.d. 21 juli 2020 op POV K&L Advies aan Waterschap Brabantse Delta
Ontwerp dijkkruising lagedruk persleidingen te Waalwijk, concept 03, d.d. 1 juli 2020**

Nr	Aanbeveling POV K&L	Uitgangspunt RoyalHaskoningDHV	Toelichting
1	Voor het ontwerp van damwandconstructies in een primaire waterkering dient te worden uitgegaan van NEN 3651 [5f], in combinatie met de PPL [1] voor macro-instabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts en het OI2014v4 [2] voor de overige dijkfaalmechanismen.	.	Deze methode is conservatief voor de vervangende waterkering. Wij hebben de leidingkruising met vervangende waterkering als een kunstwerk beschouwd en vinden daarbij de PPL te smal, omdat slechts ingegaan wordt op damwanden die macro-instabiliteit tegengaan. Gezien het risico (erosie door leidingbreuk), is het in onze optiek logischer om te kiezen voor de Werkwijzer. De damwand dient namelijk en de hoogte, en gronderosie (onder- en achterloopsheid) en macrostabiliteit te ondervangen, overeenkomstig met een kunstwerk. Verder wordt het gehele gemaal als kunstwerk ontworpen.
2	De werkwijzer KW kan in principe ook voor leidingkruisingen worden toegepast. Echter omdat deze voor de damwandsterkte tot strengere eisen leidt dan de PPL [1] en voor de leidingsterkte tot minder strenge eisen leidt dan de NEN 3650 reeks [5] wordt geadviseerd om de Werkwijzer KW niet toe te passen.	Zie bovenstaand	zie bovenstaand.
3	CUR 166 [3] is gebaseerd op faalkanseisen voor 50 of 100 jaar en niet van toepassing voor waterkerende constructies, waarvoor faalkanseisen gelden op basis van jaarkansen.	n.v.t.	
4	NEN 3651 [5f] verwijst voor de sterktoets van de damwandconstructie door naar CUR 166. Deze verwijzing klopt niet voor een damwandconstructie, die ook functioneel onderdeel is van een primaire waterkering. Daarvoor dient de PPL te worden toegepast.	Hier is de Eurocode toegepast.	De constructie dient te voldoen aan de Eurocode en deze is strenger dan de PPL.
5	NEN 3651 [5f] voorziet voor vloeistofleidingen in rekenregels voor de bepaling van de verstoringszones als gevolg van een gapend lek (erosiekrater). Daarin ontbreken nog rekenregels voor de bepaling van de verstoringszone als gevolg van een sluipend lek.	Als uitgangspunt voor het ontwerp van de vervangende waterkering en het dijklichaam is uitgegaan van een verzadigde dijk.	Door zowel hoogwater als een sluipend lek kan het dijklichaam verzadigd raken.

6	NEN 3651 biedt voor het ontwerp niet de mogelijkheid om op basis van faalkans-/risicoanalyses af te wijken van de norm. Deze mogelijkheid wordt enkel in bijlage E van NEN 3651 geboden voor de toetsing van bestaande leidingen.	Wij hebben hier gekozen om onderbouwd af te wijken van de norm.	
7	NEN 3651 geeft geen eisen voor de betrouwbaarheid van afsluitmiddelen.	Hier is de Werkwijzer toegepast.	
8	De leidingkruising ligt in normtraject/dijktraject 35-1 (Donge) met een lengte van 13,8 km. De veiligheidsnorm is 1/10.000 ($1,0 \times 10^{-4}$) per jaar (signaleringswaarde) met een maximaal toelaatbare kans op overstroming van 1/3.000 ($3,33 \times 10^{-4}$) per jaar (ondergrens veiligheidsnorm). Bij een dijkversterkingsontwerp dient te worden uitgegaan van de ondergrens. De verdeling van de faalkansruimte over de dijkfaalmechanismen is weergegeven op sheet 8 van bijlage 3. Daaruit blijkt dat de faalkanseis voor overloop/golfoverslag (spoor GEKB) op doorsnedeniveau gelijk is aan $P_{eis,dsn} = 4,0E-05$ per jaar, wat overeenkomt met een betrouwbaarheidseis van $\beta_{eis,dsn} = 3,94$ per jaar.	Uitgegaan van de ondergrens. Er is uitgegaan van een faalkansruimte van 1% van de norm.	Aangezien geen leidraad beschikbaar is, welke exact ingaat op het risico van inundatie door een leidingbreuk van een gemaal in combinatie met een hoogwater, is gekozen voor een geringe faalkansruimte. De waarde van 1% van de norm is tevens te vinden als criterium in de Leidraad Kunstwerken (oude norm).
9	De faalkanseisen voor de binnenwaartse sterkte/stabiliteit van de damwandconstructie zijn weergegeven op sheet 10 van bijlage 3. Hieruit volgt voor de 3 deelmechanismen op doorsnedeniveau een faalkanseis van $P_{eis,dsn} = 4,4E-07$ per jaar, wat overeenkomt met een betrouwbaarheidseis van $\beta_{eis,dsn} = 4,92$ per jaar. De faalkanseisen voor de buitenwaartse sterkte/stabiliteit van de damwandconstructie zijn weergegeven op sheet 11 van bijlage 3. Hieruit volgt voor de 3 deelmechanismen op doorsnedeniveau een faalkanseis van $P_{eis,dsn} = 4,4E-06$ per jaar, wat overeenkomt met een betrouwbaarheidseis van $\beta_{eis,dsn} = 4,44$ per jaar.	Zie bovenstaand.	zie bovenstaand.
10	Bij een erosiekrater als gevolg van een gapend lek neemt door de verlaagde damwand de kans op overloop en/of golfoverslag toe. De kans dat bovenkant damwand ($H_D = + 3,85$ m) wordt overschreden door de buitenwaterstand (H_W) is op basis van informatie uit www.waternormalen.nl voor het nabijgelegen peilmeetstation. Heesbeen ingeschat op $P \{H_W \geq H_D\} = 1,0 \times 10^{-2}$ per jaar. Deze waarde dient nog voor overloop en golfoverslag te worden geverifieerd op basis van berekeningen met Hydra-NL.	De bovenkant damwand bevindt zich op NAP + 4,75m. In het ontwerp is uitgegaan van Hydra-NL 2.7.1 - Hydraulische database: WBI2017_Benedenmaas_35-1_v04_reparatie_01.sqlite - Zichtjaar: 2120 (dmv lineaire extrapolatie 2050 en 2100) - Klimaatscenario W+ - Sluitfrequentie Europoortkeringen meenemen - Rekenen met modelonzekerheid en statistische onzekerheid In ontwerppunt is er geen golfhoogte.	Het kruinniveau van de damwand is zo ontworpen dat én erosiekrater (/gapend lek) én hoogwater kan worden weerstaan. In de bepaling van het kruinniveau van de damwanden zijn veel onzekerheden meegenomen, waardoor beoordeeld is dat dit voldoende risico's ten aanzien van overloop/overslag/onzekerheden in voorspelling afdekt.

11	<p>Kans op hoogwater vóór herstel. Door de POV K&L is in het bovenrivierengebied voor het bepalen van optreden van hoogwater vóór herstel (of gelijktijdig met herstel) en een erosiekrater als gevolg van een gapend lek uitgegaan van: • duur van het hoogwater: 4 weken • duur van herstel: 4 weken • mate van herstel: de sterkte van de dijk wordt verondersteld weer zo aanwezig te zijn als vóór optreden van de erosiekrater. Dit resulteert in de volgende kansen: • Hoogwater vóór herstel: $P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 0,15 [= (4+4) / 52 \text{ weken}]$. Deze waarden kunnen op grond van het lokale verloop van de buitenwaterstand en de visie van het Waterschap worden aangepast. • Hoogwater ná herstel: $P \{H_W \text{ ná herstel}\} = 0,85 [= 1 - 0,85]$</p>	<p>In het ontwerp is uitgegaan van een duur van hoogwater van 2 weken (benedenrivieren-gebied) en van herstel van 4 weken. De volgende kans op geen herstel wordt dan gevonden: $1-50/52 \cdot 48/52=0,11$ per jaar.</p>	<p>De resultaten van de berekening veranderen niet bij een kans van 0,15. We staan open voor een aanpassing hiervan.</p>
12	<p>Voor de toelaatbare horizontale vervorming van de damwand kan in de bruikbaarheids grenstoestand (BGT) worden uitgegaan ≤ 100 mm en in de uiterste grenstoestand van UGT van $1/50 \times L (\leq 300 \text{ mm})$.</p>	<p>Een vervorming van 125 mm is berekend.</p>	<p>Deze vervorming wordt acceptabel geacht omdat het een calamiteitensituatie betreft.</p>
13	<p>Bij de dimensionering van de damwand als erosiescherm dient tevens rekening te worden gehouden met de invloed van een sluipend lek. Dit is een hiaat in NEN 3651, die enkel rekenregels geeft voor een gapend lek. Bij de integrale analyses van de POV K&L is gebleken dat bij vloeistofleidingen de invloed van een sluipend lek maatgevend kan zijn. Hiervoor ontbreken in NEN 3651 [5f] rekenregels. Geadviseerd wordt om voorlopig uit te gaan van een conservatieve aanname van 100% verzadiging van het dijklichaam als gevolg van een sluipend lek.</p>	<p>Als uitgangspunt voor het ontwerp van de vervangende waterkering en het dijklichaam is uitgegaan van een verzadigde dijk.</p>	<p>Zie reactie op 5.</p>
14	<p>De kans op falen van de damwand, gegeven een erosiekrater in de kruin bij hoogwater volgt uit $P \{H_D \geq H_W\} \times P_{\text{GAPEND LEK}} \times P \{H_W \text{ vóór herstel}\} = 7,0E-06$ per jaar. Deze waarde voldoet aan de toelaatbare kans voor spoor GEKB van $P_{\text{eis,dsn}} = 4,0E-05$ per jaar.</p>	<p>RHDHV is uitgegaan van nodulair staal ($0,5 \times 10^{-4}$ per meter), 4 leidingen en 60 meter leidinglengte die kan leiden tot dit risico. Een correctiefactor voor waterkeringen van 0,1 is toegepast, waarmee een kans van 0,0012 per jaar op leidingbreuk wordt berekend.</p>	
15	<p>De hoogte van de leidingkruising (binnen onderkant buis) in de kruin is 1,35 m onder het ontwerppeil (WBN2120) en voldoet niet aan de eis van NEN 3651 [5f]. Als reden voor het verlagen van de damwand is door het waterschap aangegeven dat de opvoerhoogte van de pompen ontoereikend is. Bij toepassing van pompen met een grotere opvoerhoogte dan 6,5 m kan de leiding in de kruin boven de dijktafelhoogte (HBN = NAP +6,66 m) worden aangelegd, zodat een damwandconstructie niet nodig is. Daartegenover staat dat de kruin dan ter plekke enkele meters moet worden opgehoogd. Geadviseerd wordt om na te gaan of dit, eventueel in combinatie met een hoger golfoverslagdebiet, een haalbaar alternatief is.</p>	<p>Deze optie is meegenomen in het ontwerpproces en afgevalen.</p>	<p>Het ontwerpproces is gestart met deze optie. Vanwege het functioneren van het gemaal (gekozen pomp, motorvermogen, gewenst energiegebruik, betrouwbaarheid van werking) is gekozen voor een lager gelegen leiding, waarbij een vervangende waterkering nodig is.</p>

16	<p>Door de POV K&L wordt voor de bepaling van de faalkansen van leidingen gebruik gemaakt van casuïstiek van opgetreden faalincidenten van leidingen. Omdat er voor persleidingen geen casuïstiek beschikbaar is kan daarvoor gebruik worden gemaakt van faalkansen uit NPR 3659 [7]. Indien bij het ontwerp wordt uitgegaan van stalen lagedruk vloeistofleidingen kan per afzonderlijke leiding worden uitgegaan van een faalkans van $2,5 \times 10^{-4}$ per meter per jaar. Deze faalkans is representatief voor schade door externe invloeden, welke faaloorzaak door de POV K&L als dominante faaloorzaak is geïdentificeerd. Deze faalkans is representatief voor veldstrekkingen en dient nog te worden gecorrigeerd vanwege de ligging van de leidingen in een primaire waterkering, waarbij vanuit de Keur verbodsbepalingen voor graafwerkzaamheden etcetera van toepassing zijn. Conform de Handleiding Bevb [7] kan worden uitgegaan van een correctiefactor 0,1, waarmee de genoemde faalkans kan worden vermenigvuldigd, wat overeenkomt met $2,5 \times 10^{-5}$ per meter per jaar. Vervolgens moet deze waarde nog worden vermenigvuldigd met de lengte van de kruising (90 m), wat voor de kruising per afzonderlijke leiding een rekenwaarde voor de faalkans door leidinglek/-breuk van $PLEK = 2,32 \times 10^{-3}$ per 90 m per jaar oplevert. Deze kans moet nog worden verdeeld over gapend en sluipend lek. Uitgaande van een verdeling van 50%/50% geldt dan voor zowel een gapend als een sluipend lek een rekenwaarde van $PGAPEND LEK = PSLUIPEND LEK = 1,16 \times 10^{-3}$ per 90 m per jaar. Voor de 4 leidingen tesamen geldt dan een faalkans van $4,64 \times 10^{-3}$ per 90 m per jaar.</p>	Zie reactie 14.	
17	<p>Uit de ontwerptekening blijkt dat de leidingsegmenten met elkaar worden verbonden met flenskoppelingen. De vraag is of deze wel voldoende trekvast zijn en of deze de kans op een sluipend niet vergroten. Geadviseerd wordt om de flenskoppelingen te vervangen door gelaste verbindingen.</p>	<i>Onze leidingsspecialist is met vakantie tot 10 augustus.</i>	

18	<p>Uit de aanvullende gegevens van WSBD blijkt dat het ontwerp voorziet in een terugslagklep in de uitstroombak en een afsluiter tussen het gemaal en de binnenteen van de dijk. De vraag is of dat qua betrouwbaarheid voldoende is. In NEN 3651 [5f] worden daaraan geen eisen gesteld. De kans op falen van keermiddelen kan worden bepaald volgens de Werkwijzer KW [4]. Daarin staat dat er bij gemalen geen nadere analyse nodig is bij:</p> <ul style="list-style-type: none">• Twee onafhankelijke hoogwaterkerende keermiddelen die met het pompbedrijf geschakeld zijn (deze openen als het gemaal gaat draaien en sluiten automatisch als gestopt wordt met pompen)• De onafhankelijkheid impliceert bijvoorbeeld toepassing van:<ul style="list-style-type: none">- een terugslagklep- een automatisch sluitende vlinderklep <p>Geadviseerd wordt om te verifiëren welke type en aantal afsluitmiddelen zullen worden toegepast en de betrouwbaarheid daarvan te toetsen aan de eisen van de Werkwijzer KW. Voor faalgegevens van afsluitmiddelen kan gebruik worden gemaakt van numerieke gegevens uit de Leidraad Kunstwerken [8].</p>	<p>Het risico tot ongewenst inlaten (leidend tot inundatie) is op de volgende wijze ondervangen in het ontwerp: 1) de leidingen zijn voorzien van een terugslagklep, 2) de leidingen zijn dermate hoog neergelegd (onderkant buis: NAP + 5m) dat een hoog peil noodzakelijk is voor inundatie, 3) de vacuümafsluiter is van het type 'normally open', welke bij verandering van stromingsrichting niet meer werkt, 4) een vlinderklep is voorzien en 5) in veel situaties kan het gemaal voldoende opvoeren.</p>	
----	--	--	--

BIJLAGE 5

**Reactie Adviesteam Dijkontwerp op conceptadvies
versie3 POV K&L 1 juli 2020**

(17 juli 2020)

Van Adviesteam Dijkontwerp
Aan Nisa Nurmohamed (POV Kabels en Leidingen)
Door Ruben Jongejan, Bob van Bree
Betrokken -
Review Jan Tigchelaar
Kopie aan -
Datum 17 juli 2020
Versie 1
Onderwerp Advies nr. 56: Ontwerpeisen dijk kruising met persleidingen te Waalwijk, POV Kabels en Leidingen

1. Inleiding

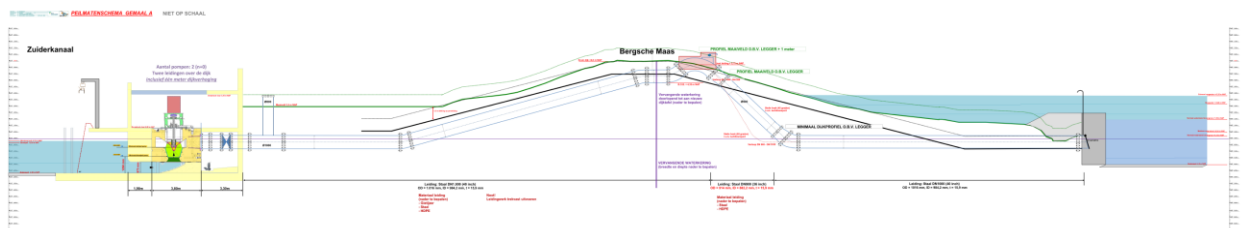
Nabij Waalwijk wordt een gemaal aangelegd met 4 bij elkaar liggende lage druk persleidingen die de primaire kering kruisen (Figuur 1). Bij het ontwerp zijn vragen gerezen over de toepassing van een damwandconstructie en de daarbij te hanteren ontwerpdocumenten zoals de POVM-publicatie Langsconstructies (PPL) en de Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken (WOWK). Hierover is door de POV Kabels en Leidingen een conceptadvies opgesteld en gedeeld met de vraagsteller. Dit conceptadvies, bestaande uit een notitie [1] met een drietal bijlagen [2-4], is door de POV aan het Adviesteam Dijkontwerp voorgelegd voor commentaar. Het voorliggende memo bevat dit commentaar.

Hoewel in het conceptadvies [1] van de POV Kabels en Leidingen staat dat de inbreng van het Adviesteam Dijkontwerp is verwerkt, is dit nog niet het geval.

Het voorliggende memo is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 worden de oorspronkelijke vragen van WSBD over de leidingkruising kort samengevat. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de uitgevoerde review gepresenteerd.

2. Context

De persleidingen die nabij Waalwijk worden aangelegd zijn hevels. Als gevolg van de maximaal beschikbare pompcapaciteit ligt de onderzijde van de buis 1,35 m lager dan het ontwerppeil van NAP+5,70m. Volgens de recent geactualiseerde NEN 3651: 2020 moet een damwandconstructie worden aangelegd (voorheen 'vervangende waterkering' genoemd), die wordt ontworpen conform de PPL. De positie van deze damwand is weergegeven door de verticale paarse lijn onder de kruin in Figuur 1. In het navolgende wordt bewust de (oude) term 'vervangende waterkering' gebruikt om te verduidelijken dat het gaat om een noodconstructie over een korte lengte die slechts bij een zeldzame calamiteit een waterkerende functie vervult. In dit opzicht wijkt de damwandconstructie duidelijk af van een reguliere stabiliteitsverhogende (langs)constructie in een waterkering.



Figuur 1. Dwarsdoorsnede leidingkruising (bron: [2]).

De adviseur van WSBD acht de PPL niet toepasbaar en stelt voor om de damwandconstructie te ontwerpen op basis van de WOWK, uitgaande van Consequence Class 3 (CC3) en een erosiekrater door een bezweken leiding. De redenen die hiervoor in [2] worden gegeven zijn dat toepassing van de PPL tot een zeer zwaar ontwerp (kistdam) leidt omdat de PPL (1) alleen de faalkansruimte voor macrostabiliteit gebruikt en (2) een vervormingseis oplegt van 100mm. Door enkele leden van het Expertisenetwerk Leidingen in Waterstaatswerken (ELW) is hierop gereageerd, waarna de vraag is voorgelegd aan de POV Kabels en Leidingen. In het advies van de POV Kabels en Leidingen wordt aanbevolen om uit te gaan van de PPL met een vervormingseis van 100mm voor de BGT en 300mm voor de UGT. Daarnaast worden nog diverse andere aanbevelingen gedaan over het ontwerp van de leidingkruising en de doorontwikkeling van de NEN 3651: 2020.

3. Review memo POV Kabels en Leidingen

3.1 Hoofdpunten review

Het advies heeft een sterk 'rule-based' karakter, waarbij redeneringen vertrekken vanuit ontwerpinstrumenten en regels, en niet zozeer vanuit de waterkering. Daarbij lijken ontwerpinstrumenten die feitelijk tot aanbeveling strekken te zijn beschouwd als wettelijke voorschriften. In dit verband verwijst het Adviesteam ook naar het recente ENW-advies "Naar geloofwaardige overstromingskansen" [5] (zie bijvoorbeeld paragraaf 2.3 van deze ENW-publicatie). De praktische betekenis van de vele faalkanseisen, adviezen en opmerkingen uit het advies is moeilijk te overzien. Bovendien ziet het Adviesteam het risico dat er mogelijk belangrijke aspecten/faalpaden worden gemist in de gevolgde werkwijze. Het Adviesteam beveelt daarom aan om:

- eerst de mechanismen die tot een ongewenste gebeurtenis (schade, overstroming) kunnen leiden te inventariseren, zodat daar vervolgens gericht tegen ontworpen kan worden,
- bij de selectie van ontwerpuitgangspunten primair te kijken naar de vraag in hoeverre zij recht doen aan de fysica: het gaat het er primair om 'wat klopt' in plaats van 'wat moet',
- helderheid te geven over het (publiekrechtelijk) dwingende karakter van de bepalingen uit de NEN3651.

In paragraaf 3.2 wordt dit nader toegelicht.

3.2 Nadere toelichting

1. Een goed ontwerp vereist een goed begrip van de mechanismen die tot een ongewenste gebeurtenis (schade, overstroming) kunnen leiden, zodat daar gericht tegen ontworpen kan worden. In [4] vertrekt de analyse echter vanuit eisen aan constructieonderdelen en faalkanseisen voor de faalmechanismen uit het WBI/BOI. Deze eisen worden vervolgens op de leidingkruising geprojecteerd. De praktische betekenis van de vele eisen is moeilijk te overzien en het is lastig om zeker te zijn dat er geen belangrijke aspecten/faalpaden worden gemist. Ter illustratie:
 - a. De vervangende waterkering is een noodvoorziening voor het geval er een ontgrondingskuil ontstaat als gevolg van een leidingbreuk. Het is onduidelijk of een vervangende waterkering in deze situatie nodig is om aan de eis vanuit de Waterwet te voldoen en of dit de beste ontwerp oplossing is.
 - b. De eisen ten aanzien van betrouwbaarheid sluiting in [4] staan los van de vragen van WSBD [2] over het ontwerp van een vervangende waterkering,
 - c. In de stukken wordt vrij summier ingegaan op operationele aspecten (bijv. het maalprotocol: gebruik of juist niet-gebruik persleiding bij hoogwater, noodvoorzieningen) en de relatie met dit ontwerp of nader te maken keuzes [4],
 - d. Het is onduidelijk waarom een vervangende waterkering (of andere voorziening) niet langer nodig is als deze de dijk op dijktafelhoogte kruist, zoals gesteld in [1] en [4], als lekkage nog steeds tot verzadiging kan leiden en een leidingbreuk nog steeds kan leiden tot het eroderen van een deel van de dijk. Ongeacht wat er in een NEN-normblad staat, zal een primaire waterkering moeten voldoen aan de Waterwet.

2. Bij het ontwerp van een primaire waterkering kan worden geput uit verschillende informatiebronnen. Het Adviesteam beveelt aan om bij de selectie van ontwerpuitgangspunten primair te kijken naar de vraag in hoeverre zij recht doen aan de fysica. Ofwel: het gaat erom 'wat klopt' in plaats van 'wat mag'. Het taalgebruik in het conceptadvies [1] en de bijlagen [2-4] wekt echter nog vaak een andere suggestie. Aanbevolen wordt om de notitie hierop na te lopen. Het is de ervaring van het Adviesteam dat een 'oneigenlijke juridisering' van een technisch vraagstuk gemakkelijk tot weinig productieve discussies en suboptimale ontwerp oplossingen leidt.
3. Het is het Adviesteam onduidelijk in hoeverre de NEN3651, waarin een vervangende waterkering wordt vereist, een (wettelijk) dwingend karakter heeft. De NEN3650-serie lijkt te zijn opgesteld in het kader van zelfregulering; ze wordt althans niet aangehaald in de Regeling Bouwbesluit. Het Adviesteam adviseert om hier helderheid over te geven, alvorens in het ontwerp te veronderstellen dat een vervangende waterkering met een minimale betrouwbaarheid/sterkte publiekrechtelijk vereist is (en geen wens of 'goed gebruik'), zie ook het onderstaande tekstkader.

Voorschriften en keuzevrijheid

Een dijktraject moet voldoen aan de norm of normen uit de Waterwet die op het dijktraject van toepassing zijn (hier: een overstromingskansnorm, ondergrens). De beschikbare instrumenten voor het ontwerp van waterkeringen op basis van de normen uit de Waterwet strekken echter alleen tot aanbeveling (cf. Waterwet, art. 2.6). Er bestaan geen wettelijk voorschreven ontwerpregels.

De NEN-normbladen die door de Regeling Bouwbesluit verplicht worden gesteld, dienen te worden beschouwd als voorschriften (NB: de NEN3650-serie lijkt te zijn opgesteld in het kader van zelfregulering; ze wordt niet aangehaald in de Regeling Bouwbesluit, bijlage I). Deze voorschriften staan in de regel ook een volledig probabilistische beoordeling toe. Daarbij wordt dan gekeken naar de kansen op overschrijding van de gespecificeerde grenstoestanden, zie ook paragraaf 3.5 (5) van de NEN-EN1990 Grondslagen van het constructief ontwerp. Het is dus mogelijk om af te wijken van de rekenwaarden/partiële factoren uit NEN-normbladen, al gebeurt dit in de praktijk alleen in bijzondere gevallen. Ongeacht hetgeen een Nederlandse Norm vereist, moet een dijktraject minimaal voldoen aan de van toepassing zijnde norm of normen uit de Waterwet.

Een contract met een aannemer is een privaatrechtelijke overeenkomst waarin ontwerpuitgangspunten kunnen worden voorgescreven door de opdrachtgever. Een opdrachtgever is vrij om ontwerpuitgangspunten te specificeren, op voorwaarde dat deze niet strijdig zijn met (dwingende) wet- en regelgeving.

4. De PPL en de WOWK geven een ontwerper meer vrijheid dan zowel de vraagstelling [2] als het advies [1,4] suggereren. Zo hoeft de sterkte van een waterkering volgens de WOWK niet te zijn bepaald op basis van CC3 (in afwijking van de eerste bullet op pag. 7 in [1]). Bij het ontwerp op basis van de PPL hoeft niet te worden uitgegaan van vervormingseis van bijv. 100mm, zie ook de handvatten die daarvoor zijn gegeven in Bijlage A van de POVM-publicatie Rekentechnieken (PPE). Een duidelijke motivatie van het advies [1] om in de BGT-berekening een vervormingseis van 100mm te hanteren en in de UGT-berekening 300mm is in de toegezonden documenten niet gevonden. Het is ook onduidelijk waarom BGT-eisen relevant zijn voor een vervangende waterkering. In alle gevallen is het mogelijk om een ontwerp te maken op basis van bijv. een faalpadenanalyse waarin wordt gekeken naar het volledige proces tot overstroming.
5. Het Adviesteam adviseert om de typering van waterkeringen in publicaties zoals de PPL en de WOWK niet als leidend maar als ondersteunend/informerend te beschouwen bij de selectie van ontwerpinstrumenten. Een discussie over de *geschiktheid* van ontwerpkeuze is belangrijker dan een discussie over de juiste *typering* van de waterkering. Gelet op de wijze waarop de vervangende waterkering zijn stabiliteit ontleent aan de omliggende grond (mobiliseren weerstand door vervorming) wordt aanbevolen om bij het ontwerp van de vervangende waterkering gebruik te maken van de PPL (in lijn met [1] maar op basis van een andere argumentatie). Omdat deze POVM-publicatie niet oorspronkelijk is geschreven voor

vervangende waterkeringen is het wel raadzaam om kritisch te bezien welke elementen relevant/van toepassing zijn. Een voorbeeld daarvan is de doelbetrouwbaarheid die voor een vervangende waterkering gereduceerd kan worden vanwege de zeer kleine kans op een aanspraak. Hier wordt bij punt 6 nader op ingegaan.

6. Als de kleine kans op loss of containment en de kleine kans op een hoogwater binnen de hersteltijd buiten beschouwing wordt gelaten bij een ontwerp op basis van de WOWK of de PPL, dan worden faalkanseisen verkregen die ordegrottes strenger zijn dan nodig is. In [1] worden weliswaar kansen op loss of containment genoemd, maar ontbreekt een duidelijk advies hoe hiermee omgegaan moet worden bij toepassing van de PPL. Een werkwijze met scenario's analoog aan de werkwijze met ondergrondscenario's (conform de schematiseringstheorie uit het Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken) ligt niet direct voor de hand. Het gaat hier immers over kansen op een kortdurende beschadiging met de eenheid "per jaar", geen kansen op scenario's waarvan er één continu de onzekere realiteit beschrijft. De in [1] genoemde kansen op schadegevallen door loss of containment zouden ook gezien kunnen worden als onderdelen van een probabilistische faalpadenanalyse. In dat geval zal het een aannemer echter niet direct duidelijk zijn hoe de relatie met de PPL gelegd moet worden.
7. Het is de vraag of het adviesmemo [1] in de huidige vorm tegemoet komt aan de behoefte van WSBD aan een heldere set ontwerpeisen richting de aannemer (los van bovenstaande punten). Om de complexiteit voor de aannemer te beperken en de kans op discussie te minimaliseren, kan ervoor gekozen worden om de ontwerpuitgangspunten voor de vervangende waterkering op een niveau te specificeren dat weinig ruimte laat voor interpretatie (zie ook het tekstkader op pag. 3). Zo zou de minimale kerende hoogte van de vervangende waterkering voorgeschreven kunnen worden. Ook zou gesteld kunnen worden dat de damwandconstructie moet voldoen aan de PPL bij een gereduceerde doelbetrouwbaarheid, uitgaande van een beschadigd profiel. Het specificeren van dergelijke ontwerpuitgangspunten kan worden gedaan door zelf een probabilistische faalpadenanalyse uit te voeren (van loss of containment tot overstroming) en van daaruit concrete eisen aan de vervangende waterkering te bepalen. Dat kan van grof naar fijn worden gedaan, waarbij het detailniveau wordt afgestemd op de vraag in hoeverre verdergaande verfijning van invloed is op o.a. de kosten van de vervangende waterkering. Door de analyse te starten 'vanuit de kering' (inclusief het gebruik van de leiding) kan onnodige complexiteit worden vermeden en kan met grotere zekerheid tot een passende oplossing worden gekomen.
8. In de conclusies en aanbevelingen van [1] wordt ingegaan op enkele geconstateerde 'discrepanties en hiaten (...) in bestaande ontwerpdocumenten'. Deze constatering verdient enige nuancering:
 - a. De WOWK vereist geen ontwerp op basis van CC3. Dit is weliswaar gangbaar bij het ontwerp van waterkerende kunstwerken maar geen eis (zie ook pag. 106 van de WOWK). Als bij het ontwerp van een vervangende waterkering wordt uitgegaan van CC3 (of bijv. CC2) maar de kleine kans op schade door loss of containment wordt genegeerd, dan leidt dit tot forse overdimensionering.
 - b. De referentieperiode van 50 jaar bij de betrouwbaarheidseisen uit de NEN-EN1990 verschilt van de referentieperiode van 1 jaar bij de overstromingskansnormen uit de Waterwet. Dit verschil in kaders is weinig ideaal maar geen (door technici) te herstellen discrepantie of hiaat in ontwerpdocumenten (zie ook hoofdstukken 2 en 7 van de WOWK voor nadere toelichting).
 - c. Bij het opnemen van een verwijzing in de NEN 3561 naar de WOWK voor betrouwbaarheid sluiting moet worden bedacht dat de scoretabellen uit de Leidraad Kunstwerken uit 2003 verouderd zijn (zoals vrijwel deze gehele leidraad) en dat de WOWK doorverwijst naar [6,7] (tevens relevant voor aanbeveling 18 uit [1]). Het is ook de vraag of het ontbreken van een informatieve verwijzing een belangrijke lacune betreft; een normatieve verwijzing ligt hier minder voor de hand.
 - d. Een verwijzing naar de PPL in plaats van CUR166 kan op zijn plaats zijn in de NEN 3651, maar bedacht moet worden dat de beide documenten een verschillende oorsprong kennen (Bouwbesluit vs. Waterwet). Zo wordt bij het ontwerp van bouwwerken zoals damwandconstructies voor bouwkuipen uitgegaan van CUR166 en niet van POVM-publicaties. Verder kan een verwijzing naar de PPL zonder correcties voor het bijzondere karakter van een vervangende waterkering (o.a. kleine kans op schade, alleen UGT relevant) gemakkelijk tot onduidelijkheid leiden, zie ook punt 6.

Ten slotte moet worden bedacht dat primaire waterkeringen hoe dan ook dienen te voldoen aan (de eisen die voortvloeien uit) de normen uit de Waterwet, ongeacht wat er in een NEN-normblad is vastgelegd.

- e. Hoewel wordt gesteld dat de vervormingseisen conform OI2014v4 'onrealistisch conservatief' zijn, zijn er bij het ontwerp van primaire waterkeringen geen harde vervormingseisen voorgeschreven, zie ook punt 4 en het tekstkader op pag. 3.
9. Volgens de NEN 3651: 2020 is een vervangende waterkering (alleen) nodig bij een leidingkruising onder het ontwerppeil. Echter, ook bij een leidingkruising boven het ontwerppeil kan een vervangende waterkering nodig zijn om te voldoen aan (de eisen die voortvloeien uit) de normen uit de Waterwet, als een leidingbreuk dan nog steeds kan leiden tot zware schade aan de waterkering. Het lijkt ongewenst dat een verificatie op basis van de NEN 3651 kan leiden tot mindere strenger ontwerpuitgangspunten dan volgens de Waterwet nodig is. Het is dan ook raadzaam om dit punt in gedachte te houden bij een toekomstige actualisatie van de NEN 3651.

Naast bovenstaande opmerkingen op hoofdlijnen heeft het Adviesteam diverse vragen en opmerkingen op een hoger detailniveau. Het lijkt het Adviesteam daarom goed om in een verdiepend gesprek in meer detail in te gaan op de toegezonden documenten, waarbij het Adviesteam natuurlijk graag bereid is om te ondersteunen bij het formuleren van praktische ontwerpvoorstellen voor de leidingkruising.

Referenties

- [1] POV K&L, 1 juli 2020, 'Advies aan Waterschap Brabantse Delta, Ontwerp dijk kruising lagedruk persleidingen te Waalwijk', concept, versie 3.
- [2] Bijlage 1 bij advies POV K&L, 'Collegiale vraag: Ontwerpvoorstellen dijk kruising persleiding conform NEN 3650 reeks onduidelijk' van Expertisenetwerk Leidingen in Waterstandswerken, ELW-20-020.
- [3] Bijlage 2 bij advies POV K&L, 'Aanvullende ontwerpgegevens dijk kruising persleidingen Waalwijk'.
- [4] Bijlage 3 bij advies POV K&L, 'Ontwerp dijk kruising persleiding', presentatie advies POV K&L, 28 mei 2020.
- [5] ENW, Naar geloofwaardige overstromingskansen, Expertise Netwerk Waterveiligheid, 2020.
- [6] Rijkswaterstaat WVL, Werkwijze bepalen kans op niet sluiten per sluitvraag met scoretabellen, 1 november 2017, Definitief.
- [7] Rijkswaterstaat WVL, Handreiking borging betrouwbaarheid sluiting in draaiboeken, Achtergrondrapport bij het gebruik van de scoretabellen voor het faalmechanisme niet sluiten, november 2017, Definitief.

Het Adviesteam Dijkontwerp geeft onafhankelijk technisch-inhoudelijk advies aan de alliantie Hoogwaterbescherming over de toepassing van de waterveiligheidsbenadering en de nieuwe kennis die hiermee samenhangt. Meer informatie over de adviezen van het Adviesteam Dijkontwerp vind je op de website www.adviesteamdijkontwerp.nl onder Werkwijze.

BIJLAGE 6

**Reactie Adviesteam Dijkontwerp op definitief
conceptadvies versie5 POV K&L 4 november 2020**

(10 november 2020)

Van Adviesteam Dijkontwerp
Aan Nisa Nurmohamed (POV Kabels en Leidingen)
Door Ruben Jongejan
Betrokken -
Review Bob van Bree
Kopie aan -
Datum 10 november 2020
Versie 1
Onderwerp Advies nr. 56-02: Ontwerpeisen dijk kruising met persleidingen te Waalwijk, POV Kabels en Leidingen

1. Inleiding

Nabij Waalwijk wordt een gemaal aangelegd met 4 bij elkaar liggende lage druk persleidingen die de primaire kering kruisen. Bij het ontwerp zijn vragen gerezen over de toepassing van een damwandconstructie en de daarbij te hanteren ontwerpdocumenten zoals de POVM-publicatie Langsconstructies (PPL) en de Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken (WOWK).

In reactie op de bovengenoemde vragen is door de POV Kabels en Leidingen (POV K&L) een advies opgesteld, in de vorm van een memo met Bijlagen [1-4]. Op dit conceptadvies heeft het Adviesteam op 17 juli 2020 gereageerd [5], op verzoek van de POV K&L. Mede op basis van die reactie heeft de POV K&L zijn conceptadvies aangepast en een definitief eindconcept opgesteld [6]. De eerdere review van het Adviesteam [5] is daarin bijgevoegd als bijlage. Het definitief eindconcept is aan het Adviesteam voorgelegd voor een “check op onoverkomelijke zaken”. De resultaten van deze controle worden in het voorliggende memo besproken.

2. Bevindingen

Gelet op de onafhankelijke positie van het Adviesteam is het prettig dat het definitief eindconcept duidelijk wordt gepresenteerd als een advies *van* de POV-K&L en dat de inbreng vanuit het Adviesteam zichtbaar is als bijlage.

De belangrijkste aanbevelingen van het Adviesteam uit de eerdere review [5] waren om:

- eerst de mechanismen te inventariseren die tot een ongewenste gebeurtenis (schade, overstroming) kunnen leiden, zodat daar vervolgens gericht tegen ontworpen kan worden,
- bij de selectie van ontwerpuitgangspunten primair te kijken naar de vraag in hoeverre zij recht doen aan de fysica: het gaat het er primair om ‘wat klopt’ in plaats van ‘wat moet’, en
- helderheid te geven over het (publiekrechtelijk) dwingende karakter van de bepalingen uit de NEN3651.

De laatste twee punten komen duidelijk terug in het definitief eindconcept. Dat geldt niet voor het eerste punt. Dit had echter een goede kapstok kunnen zijn voor de vele punten die in het definitief eindconcept

worden aangestipt. De selectie van punten en hun samenhang/compleetheid is, althans voor het Adviesteam, niet geheel duidelijk. Het zou ook goed zijn om ontwerpers nadrukkelijk op het spoor te zetten om eerst te bedenken wat er mis zou kunnen gaan en hoe daartegen ontworpen kan worden, voordat men overgaat tot feitelijke ontwerpverificaties. Wat uiteindelijk echter telt, is dat de vraagsteller met het advies van de POV K&L geholpen is. Het Adviesteam beveelt dan ook aan om het bovenstaande alleen toe te voegen als dat in dit stadium nog werkelijk toegevoegde waarde heeft. Het Adviesteam kan zich namelijk goed voorstellen dat het definitief eindconcept in zijn huidige vorm al de antwoorden geeft waar de vraagsteller naar op zoek was (en meer).

Referenties

- [1] POV K&L, 1 juli 2020, 'Advies aan Waterschap Brabantse Delta, Ontwerp dijk kruising lagedruk persleidingen te Waalwijk', concept, versie 3.
- [2] Bijlage 1 bij advies POV K&L, 'Collegiale vraag: Ontwerpeisen dijk kruising persleiding conform NEN 3650 reeks onduidelijk' van Expertisenetwerk Leidingen in Waterstandswerken, ELW-20-020.
- [3] Bijlage 2 bij advies POV K&L, 'Aanvullende ontwerpgegevens dijk kruising persleidingen Waalwijk'.
- [4] Bijlage 3 bij advies POV K&L, 'Ontwerp dijk kruising persleiding', presentatie advies POV K&L, 28 mei 2020.
- [5] Adviesteam Dijkontwerp, 17 juli 2020, Advies nr. 56: Ontwerpeisen dijk kruising met persleidingen te Waalwijk, POV Kabels en Leidingen.
- [6] POV K&L, 4 november 2020, 'Advies aan Waterschap Brabantse Delta, Ontwerp dijk kruising lagedruk persleidingen te Waalwijk', definitief eindconcept, versie 5.