

LBO2 Traject 62-1

Logboek beoordeling kunstwerken



Bezoekadres

Maria Theresialaan 99
6043 CX Roermond

Postadres

Postbus 2207
6040 CC Roermond

IBAN: NL10NWAB0636750906
KvK: 67682065

088 88 90 100
info@waterschaplimburg.nl
www.waterschaplimburg.nl

titel LBO2 Traject 62-1
subtitel Logboek beoordeling kunstwerken
datum 16-07-2025
versie 2.0
status Concept
zaaknr. 2024-Z9588
documentnr. WLDOC-2066690340-64909

vrijgave Dit document is tot stand gekomen onder verantwoordelijkheid van en in samenwerking met:

naam	functie	rol
	Adviseur waterveiligheid	Opsteller
	Adviseur waterveiligheid	Controleur (d.d. 12-05-2025)
	Projectleider waterveiligheid	Eindredactie en vaststelling (16-07-2025)

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Doel van dit logboek	5
1.2	Leeswijzer	5
2	Doorlaatwerk 313796	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Hoogte Kunstwerk (HTKW)	6
2.3	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW	6
2.4	Piping Kunstwerk PKW	7
2.5	Sterkte puntconstructie STKWp	9
3	Doorlaatwerk 325756	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Hoogte Kunstwerk (HTKW)	10
3.3	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW	10
3.4	Piping Kunstwerk PKW	10
3.5	Sterkte puntconstructie STKWp	11
4	Doorlaatwerk 205951	12
4.1	Inleiding	12
4.2	Hoogte Kunstwerk (HTKW)	12
4.3	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW	12
4.4	Piping Kunstwerk PKW	13
4.5	Sterkte puntconstructie STKWp	14
5	Doorlaatwerk 325752	15
5.1	Inleiding	15
5.2	Hoogte Kunstwerk (HTKW)	15
5.3	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW	15
5.4	Piping Kunstwerk PKW	15
5.5	Sterkte puntconstructie STKWp	16
6	Doorlaatwerk 325755	17
6.1	Inleiding	17
6.2	Hoogte Kunstwerk (HTKW)	17
6.3	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW	17
6.4	Piping Kunstwerk PKW	17
6.5	Sterkte puntconstructie STKWp	18
7	Doorlaatwerk 313700	19
7.1	Inleiding	19
7.2	Hoogte Kunstwerk (HTKW)	20
7.3	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW	20
7.4	Piping Kunstwerk PKW	21
7.5	Sterkte puntconstructie STKWp	22

8	Conclusie	23
9	Referenties	24
Bijlage 1 Kans per vraag op niet sluiten		25

1 Inleiding

1.1 Doel van dit logboek

Dit logboek beschrijft hoe het oordeel voor de kunstwerken van dijktraject 62-1 Wanssum-Blitterswijck tot stand is gekomen, en welke keuzes bij de schematisatie zijn gemaakt. De beoordeling van de kunstwerken in dit logboek betreft enkel de puntconstructies, en bestaat uit:

- Beoordeling hoogte kunstwerken (HTKW);
- Beoordeling betrouwbaarheid sluiting van kunstwerken (BSKW);
- Beoordeling piping bij kunstwerken (PKW);
- Beoordeling sterkte en stabiliteit van kunstwerken (STKWp)

De resultaten van de beoordeling zijn meegenomen in de assemblage om zo de overstromingskans van het dijktraject te bepalen. Voor de assemblage wordt verwezen naar de beoordelingsrapportage [8].

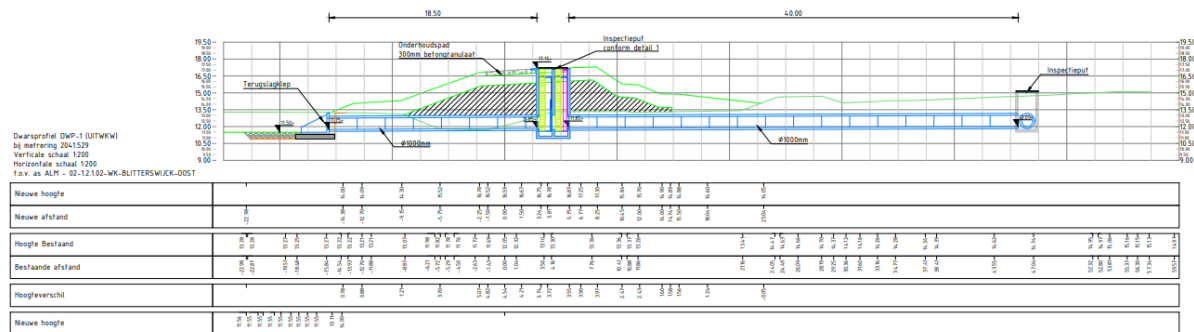
1.2 Leeswijzer

Elk van de volgende hoofdstukken betreft een van de in totaal zes kunstwerken (puntconstructies) die aanwezig zijn in dijktraject 62-1. Elk hoofdstuk bevat een inleidende paragraaf met basisinformatie van het kunstwerk, en daarna een eigen paragraaf voor de beoordeling van elk van de hierboven genoemde faalmechanismen.

2 Doorlaatwerk 313796

2.1 Inleiding

Dit betreft de uitwateringsduiker/duikerdoorvoer Blitterswijck, en is gelegen in vak 62e bij dijkpaal 62.040+70. Onderstaande figuur toont een tekening van de duiker, afkomstig uit het ‘verhaal van de kering’ [1].



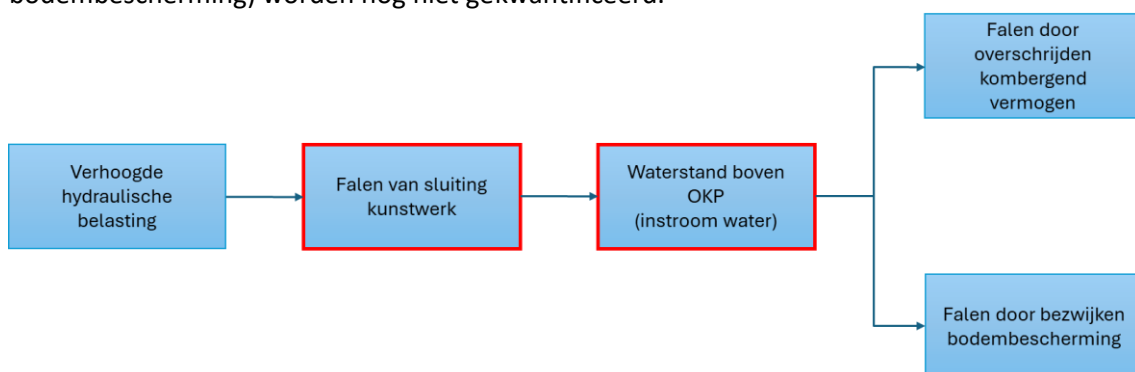
Figuur 1: Duiker 205911

2.2 Hoogte Kunstwerk (HTKW)

Het betreft een kokervormig kunstwerk onder het dijklichaam door. De kerende hoogte wordt verzorgd door het bovenliggende dijklichaam. De hoogte van het kunstwerk (HTKW) is daarmee niet relevant, zoals eerder al geconcludeerd in het 'plan van aanpak' [2].

2.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW

Figuur 2 toont het generieke faalpad voor BSKW. Zoals reeds vermeld in het ‘plan van aanpak’, wordt de faalkans in eerste instantie ingeschat op de kans dat en (1) sluiting van het kunstwerk faalt en (2) de waterstand hoger is dan het open keerpeil (OKP; kerende hoogte in niet gesloten toestand), waardoor water het achterland instroomt; deze onderdelen van het faalpad zijn rood weergegeven. Vervolgmechanismen (falen door overschrijding kombergend vermogen en falen door bezwijken bodembescherming) worden nog niet gekwantificeerd.



Figuur 2: Generiek faalpad BSKW

Bovenstaande komt erop neer dat de faalkans wordt ingeschat op basis van onderstaande formule (Figuur 3), afkomstig uit de 'schematiseringshandleiding betrouwbaarheid sluiting' uit LBO1 [5]. De faalkans BSKW die resulteert uit de formule komt overeen met de combinatie van de rood omrande stappen uit het faalpad van Figuur 2. Als kritieke waterstand in onderstaande formule wordt OKP gehanteerd; de waterstand waarbij instroom start.

$$P(F)_{BS} = P(H > h_{crit}) \cdot P_{open} \cdot n \cdot P_{ns} \cdot P_{f,herstel} \quad F-1$$

Hierin is:

$P(F)_{BS}$	Faalkans betrouwbaarheid sluiting per jaar
$P(H > h_{crit})$	Kans op overschrijding van kritieke buitenwaterstand per jaar vanuit tekort aan komberging en/of bezwijken bodembescherming
P_{open}	Kans dat het kunstwerk bij een naderend hoogwater geopend staat (zie §7.5.1)
n	Aantal identieke doorstroomopeningen (zie §7.5.3)
P_{ns}	Kans op niet sluiten per sluitvraag (zie §7.5.2)
$P_{f,herstel}$	Faalkans herstel van gefaalde situatie (zie §7.6)

Figuur 3: Formule faalkans BSKW

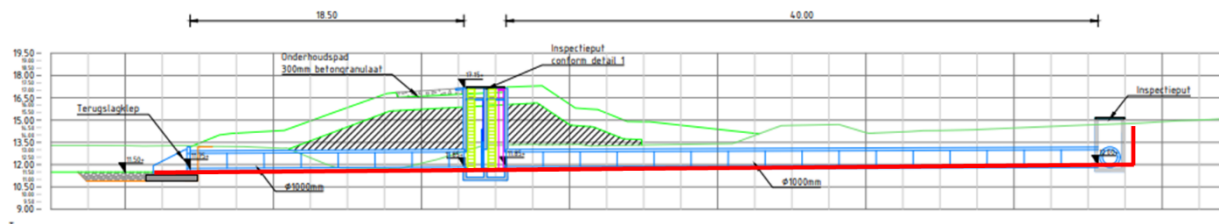
In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

- De kans op niet sluiten P_{NS} (ofwel falen van sluiting) is ingeschat op basis van de scoretabellen uit [6]. Het kunstwerk bevat zowel een terugslagklep als een spindelschuif, waaruit een kans op niet sluiten volgt van $3,37E-08$, zie Bijlage 1.
- Mogelijke instroom naar het achterland vindt plaats via de bovenkant van de inspectieput in het achterland, rechts in Figuur 1. Om instroom naar het achterland mogelijk te maken, dient de buitenwaterstand op de Maas hoger te zijn dan het maaiveld ter plaatse van de inspectieput, $15,0m+NAP$. Dit is de kritieke buitenwaterstand. De overschrijdingskans van deze waterstand is bepaald middels Hydra-NL (op basis van dezelfde hydraulische randvoorwaarden als in de beoordeling op hoogte [7]), en bedraagt $1/12$ per jaar.
- De kans dat het kunstwerk open staat bij een naderend hoogwater is gelijk aan 1.
- Het aantal identieke doorstroomopeningen is gelijk aan 1.
- De kans op falen van herstel is gelijk gesteld aan 1, onder de veronderstelling dat herstel niet mogelijk is. Mogelijkheden tot herstel zijn namelijk al verwerkt in de ingeschatte kans op niet sluiten, conform de scoretabellen.

De resulterende faalkans bedraagt $2,81E-09$ ($1/356.000.000$). Deze kans is niet significant voor dijktraject 62-1, zeker gezien het feit dat voor hoogte al een trajectfaalkans van $1/320$ is bepaald. De faalkans op betrouwbaarheid sluiting van doorlaatwerk 313796 wordt daarom niet meegenomen in de assemblage.

2.4 Piping Kunstwerk PKW

Figuur 4 toont in rood de mogelijke kwelweg langs het kunstwerk, waarlangs piping zou kunnen optreden. Aangezien deze voornamelijk horizontaal gericht is, wordt PKW beoordeeld conform het model van Bligh [3]. Figuur 5 toont de bijbehorende formule, en Figuur 6 een tabel met de Creep factor van verschillende soorten zand. Beide zijn afkomstig uit de schematiseringshandleiding PKW [4].



Figuur 4: Mogelijke kwelweg piping

$$\Delta H = (h_{bu} - h_{bi}) \leq \Delta H_c = \frac{L}{C_{creep}}$$

Het model kent de volgende parameters, die in de volgende subparagrafen besproken worden:

- Kritieke verval $\Delta H_c = L / C_{creep}$
- Horizontale kwelweglengte L .
- Creep-factor behorend bij model van Bligh C_{creep} .
- Verval over het kunstwerk $\Delta H = h_{bu} - h_{bi}$.
- Buitenwaterstand h_{bu} .
- Binnenwaterstand h_{bi} .

Figuur 5: Formule Bligh

Grondsoort	Mediane korreldiameter [μm] ¹	C_{creep} (Bligh) met $\gamma = 1,0$
Uiterst fijn zand, silt	< 105	
Zeer fijn zand	105 – 150	18
Zeer fijn zand (mica)		18
Matig fijn zand (kwarts)	150 – 210	15
Matig grof zand	210 – 300	
Zeer/uiterst grof zand	300 – 2000	12
Fijn grind	2000 – 5600	9
Matig grof grind	5600 – 16000	
Zeer grof grind	> 16000	4

Figuur 6: Creep factor Bligh

In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

- Volgens omliggende boringen in Dinoloket ligt de bovenkant van de zandlaag tussen 12,50m+NAP en 11,2m+NAP. Het betreft een matig grof / matig fijn zand. Daarom is conform Figuur 6 een Creep factor van 15 gehanteerd.
- De lengte van het kunstwerk bedraagt conform de tekening (minimaal) 58,50m. Dit is gehanteerd als horizontale kwelweglengte.
- Het kritiek verval bedraagt daarmee 3,9m.
- Het uittredepunt ligt bij de inspectieput op 15,0m+NAP; dit is ook gehanteerd als binnenwaterstand. De buitenwaterstand wordt gekozen bij signaleringsparameter (1/300), en bedraagt 16,24m+NAP. Het verval over de kering bedraagt daarmee 1,24m.

Het optredend verval is daarmee ruim lager dan het kritiek verval, zelfs voor waterstand bij signaleringsparameter. Op basis daarvan wordt geconcludeerd dat piping bij doorlaatwerk 313796 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1. Piping van doorlaatwerk 313796 wordt daarom niet meegenomen in de assemblage.

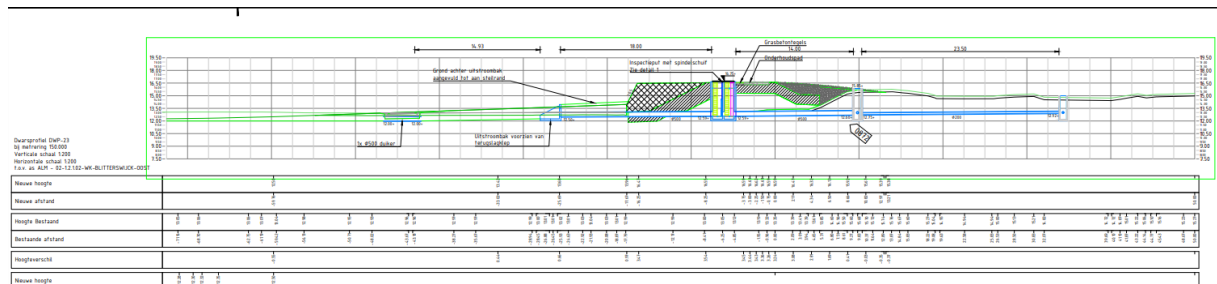
2.5 Sterkte puntconstructie STKWp

De spindelschuif is ontworpen op een belasting van 5 meter waterkolom [1]. De onderkant van de schuif ligt op 11,85m+NAP, de kruinhoogte bedraagt 16,60m+NAP. Dit betekent dat de schuif maximaal met 4,75m waterkolom belast kan worden; bij hogere waterstanden loopt het water over de dijk heen. Aangezien deze absoluut maximale belasting lager is dan de ontwerpwaarde van 5m waterkolom, en hierbij bovendien conservatief is aangenomen dat aan de binnenzijde van de schuif geen water staat, hetgeen in werkelijkheid wel het geval zal zijn, kan worden geconcludeerd dat de sterkte van de keermiddelen bij doorlaatwerk 313796 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

3 Doorlaatwerk 325756

3.1 Inleiding

Dit betreft de duikerdoorvoer bij Haalweide, en is gelegen in vak 62j bij dijkpaal 62.059+40. Onderstaande figuur toont een tekening van de duiker, afkomstig uit het ‘verhaal van de kering’.



Figuur 7: Duiker 205911

3.2 Hoogte Kunstwerk (HTKW)

Het betreft een kokervormig kunstwerk onder het dijklichaam door. De kerende hoogte wordt verzorgd door het bovenliggende dijklichaam. De hoogte van het kunstwerk (HTKW) is daarmee niet relevant, zoals eerder al geconcludeerd in het 'plan van aanpak'.

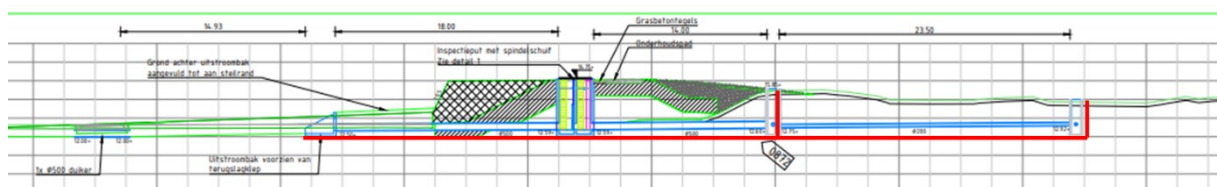
3.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW

Het kunstwerk betreft een ronde koker/leiding met een diameter van 0,5m. Het doorstroomoppervlak bedraagt daarmee 0,196m². Conform de beslisregels uit de 'Handreiking overstromingskansanalyse Kunstwerken' [3] is betrouwbaarheid sluiten voor een kunstwerk met minimaal één keermiddel en een doorstroomoppervlak kleiner dan 0,2m² niet relevant. Het betreffende kunstwerk bevat zowel een terugslagklep als een spindelschuif, waarmee aan de beslisregel is voldaan. Betrouwbaarheid sluiten is daarmee niet relevant, en wordt voor doorlaatwerk 325756 dan ook niet meegenomen in de assemblage.

3.4 Piping Kunstwerk PKW

Figuur 8 toont in rood de mogelijke kwelwegen langs het kunstwerk, waarlangs piping zou kunnen optreden. Er kunnen twee mogelijke kwelwegen worden onderscheiden: (1) met een uittredepunt bij het de eerste put, met hoger binnendijs maaiveld en (2) met een uittredepunt bij de tweede put, met lager binnendijs maaiveld.

Aangezien beide kwelwegen voornamelijk horizontaal gericht zijn, wordt PKW beoordeeld conform het model van Bligh [3]. Figuur 5 (paragraaf 2.4) toont de bijbehorende formule, en Figuur 6 een tabel met de Creep factor van verschillende soorten zand.



Figuur 8: Mogelijke kwelweg piping

In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

- Volgens omliggende boringen in Dinoloket is niet overal een deklaag aanwezig. Het watervoerend pakket bestaat uit matig grof tot grof zand. Daarom is conform Figuur 6 als veilige waarde een Creep factor van 15 gehanteerd.
- De lengte van kwelweg (1) bedraagt conform de tekening 32,0m. De lengte van kwelweg (2) bedraagt 55,5m.
- Het kritiek verval bedraagt bij kwelweg (1) 2,1m en bij kwelweg (2) 3,7m.
- Het uittredepunt ligt bij kwelweg (1) op 15,85m+NAP en bij kwelweg (2) op 15,0m+NAP. De buitenwaterstand wordt gekozen bij signaleringsparameter (1/300), en bedraagt 15,98m+NAP. Het verval over de kering bedraagt daarmee 0,13m (kwelweg 1) en 0,98m (kwelweg 2).

Het optredend verval is daarmee – voor beide mogelijke kwelwegen - ruim lager dan het kritiek verval, zelfs voor waterstand bij signaleringsparameter. Op basis daarvan wordt geconcludeerd dat piping bij doorlaatwerk 325756 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

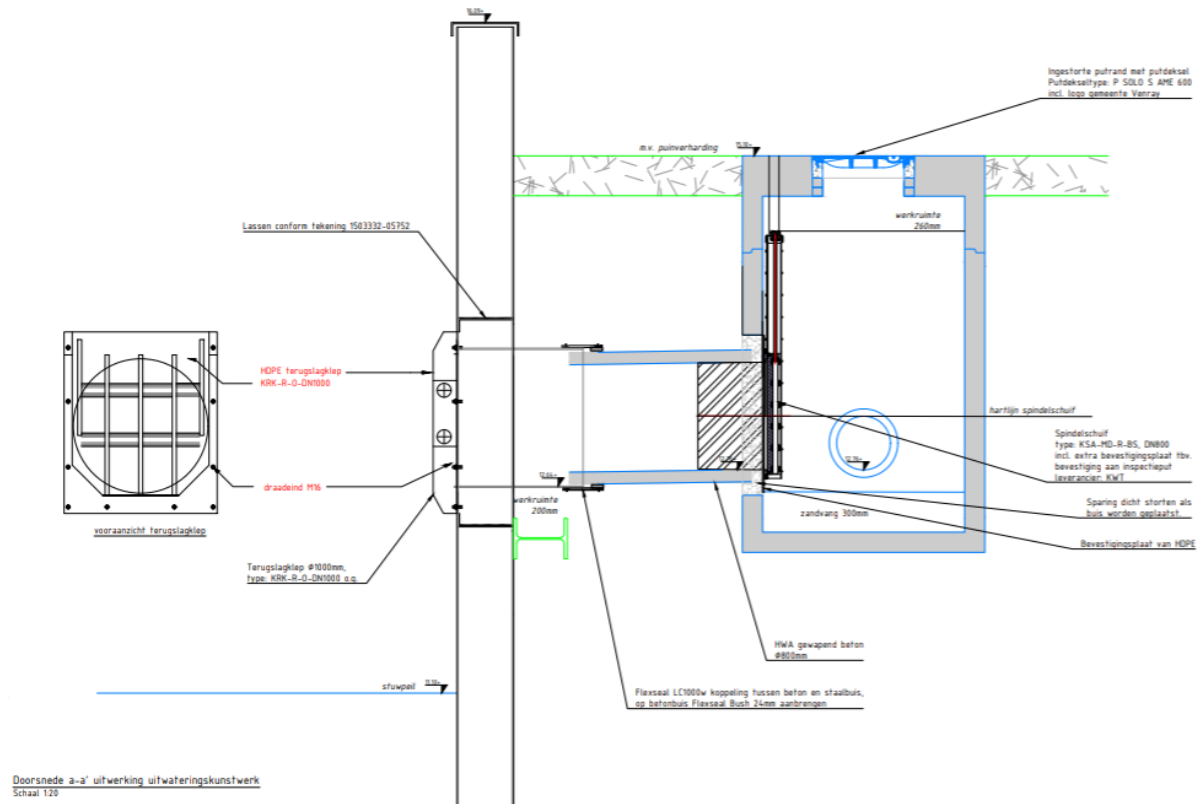
3.5 Sterkte puntconstructie STKWp

De spindelschuif is ontworpen op een belasting van 5 meter waterkolom [1]. De onderkant van de buis ligt op 12,50m+NAP, de kruinhoogte bedraagt 16,40m+NAP. Dit betekent dat de schuif maximaal met 3,90m waterkolom belast kan worden; bij hogere waterstanden loopt het water over de dijk heen. Aangezien deze absoluut maximale belasting significant lager is dan de ontwerpwaarde van 5m waterkolom, kan worden geconcludeerd dat de sterkte van de keermiddelen bij doorlaatwerk 325756 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

4 Doorlaatwerk 205951

4.1 Inleiding

Dit betreft het uitwateringskunstwerk van de riolering voor Agrifirm in de industriehaven, en is gelegen in vak 62o bij dijkpaal 62.074+20. Onderstaande figuur toont een tekening van het kunstwerk, afkomstig uit het 'verhaal van de kering'.



Figuur 9: Duiker 313369

4.2 Hoogte Kunstwerk (HTKW)

Het betreft een kokervormig kunstwerk met een doorvoer door de damwand. De kerende hoogte wordt verzorgd door de damwand. De hoogte van het kunstwerk (HTKW) is daarmee niet relevant, zoals eerder al geconcludeerd in het 'plan van aanpak'.

4.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW

Voor het betreffende kunstwerk wordt BSKW beoordeeld conform hetzelfde faalpad (Figuur 2) en dezelfde formule (Figuur 3) als beschreven in paragraaf 2.3.

In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

- De kans op niet sluiten P_{NS} (ofwel falen van sluiting) is ingeschat op basis van de scoretabellen uit [6]. Het kunstwerk bevat zowel een terugslagklep als een spindelschuif, waaruit een kans op niet sluiten volgt van $3,37E-08$, zie Bijlage 1.
- Mogelijke instroom naar het achterland kan plaatsvinden via de bovenkant van de inspectieput, rechts in Figuur 9, op een niveau van 15,1m+NAP. Maar ook via de leiding in de inspectieput en vervolgens via de bovenkant van de putten aan de Stayerhofweg. Deze liggen

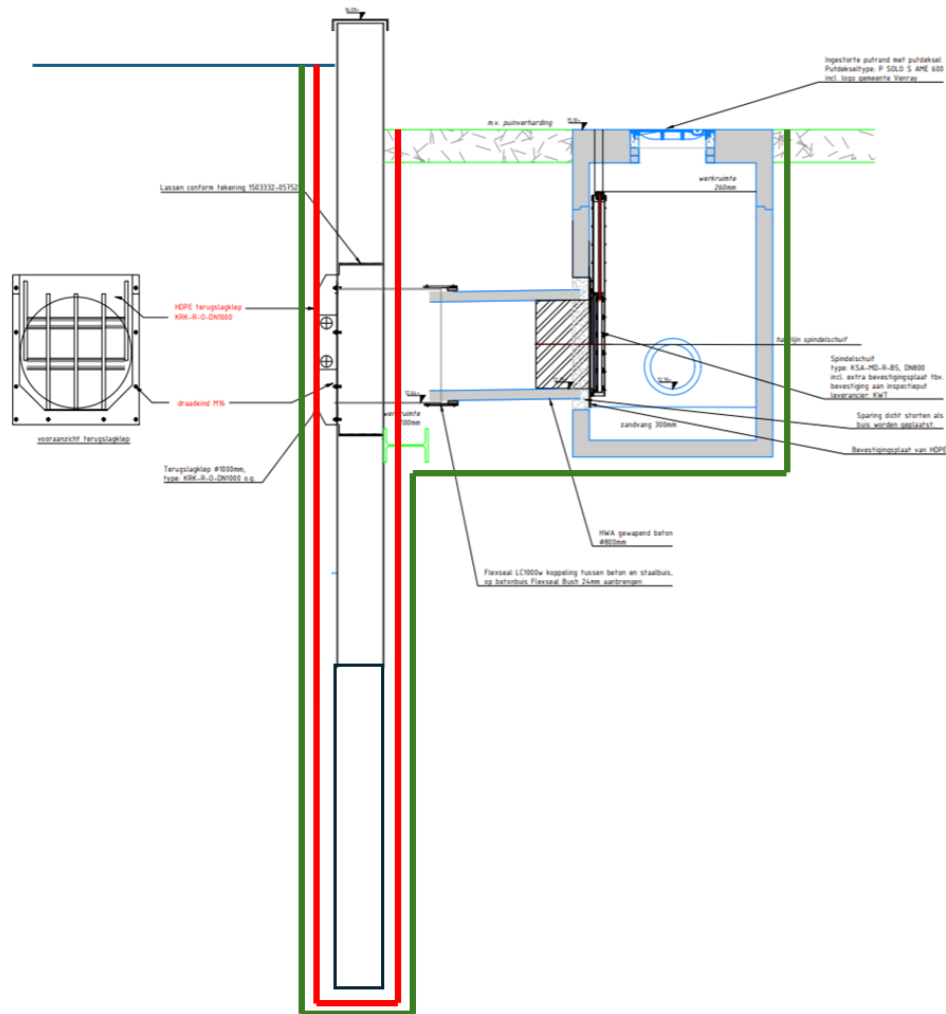
op een niveau van 14,5m+NAP. Om instroom naar het achterland mogelijk te maken, dient de buitenwaterstand op de Maas dus hoger te zijn dan 14,5m+NAP. Dit is de kritieke buitenwaterstand (open keerpeil). De overschrijdingskans van deze waterstand is bepaald middels Hydra-NL, en bedraagt 1/11 per jaar.

- De kans dat het kunstwerk open staat bij een naderend hoogwater is gelijk aan 1.
- Het aantal identieke doorstroomopeningen is gelijk aan 1.
- De kans op falen van herstel is gelijk gesteld aan 1, onder de veronderstelling dat herstel niet mogelijk is. Mogelijkheden tot herstel zijn namelijk al verwerkt in de ingeschatte kans op niet sluiten, conform de scoretabellen.

De resulterende faalkans bedraagt $3,06E-09$ (1/326.400.000). Deze kans is niet significant voor dijktraject 62-1, zeker gezien het feit dat voor hoogte al een trajectfaalkans van 1/320 is bepaald. De faalkans op betrouwbaarheid sluiting van doorlaatwerk 205951 wordt daarom niet meegenomen in de assemblage.

4.4 Piping Kunstwerk PKW

Figuur 10 toont de mogelijke kwelweg langs het doorlaatwerk (in groen). Bij de damwand is verondersteld dat lekken door de instroom niet mogelijk is. De kwelweg wordt daarom geforceerd onder de damwand door. De kwelweg langs de duiker is daarom altijd langer dan een kwelweg enkel rond de damwand (in rood). Aangezien het uittredepunt op hetzelfde niveau ligt, is de kwelweg langs de damwand altijd maatgevend. Dit is beoordeeld in het logboek langsconstructies. Piping langs doorlaatwerk 205951 wordt niet afzonderlijk meegenomen in de assemblage.



Figuur 10: Mogelijke kwelwegen

4.5 Sterkte puntconstructie STKWp

De spindelschuif is ontworpen op een belasting van 5 meter waterkolom [1]. De onderkant van de buis ligt op 12,76m+NAP, de kruinhoogte bedraagt 16,09m+NAP. Dit betekent dat de schuif maximaal met 3,33m waterkolom belast kan worden; bij hogere waterstanden loopt het water over de dijk heen. Aangezien deze absoluut maximale belasting significant lager is dan de ontwerpwaarde van 5m waterkolom, kan worden geconcludeerd dat de sterkte van de keermiddelen bij doorlaatwerk 205951 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

5 Doorlaatwerk 325752

5.1 Inleiding

Dit betreft een uitwateringsduiker bij het originele (niet versterkt in GOW) deel van de industriehaven, in vak 62n. Het betreft een doorvoer in de damwand met een diameter van 1m. Tekeningen van het kunstwerk ontbreken, maar o.b.v. Geoweb kan worden verondersteld dat het kunstwerk min of meer dezelfde opbouw/configuratie heeft als bovenstaande doorlaatwerk 205951. Geoweb geeft bovendien aan dat het kunstwerk zowel een terugslagklep als spindelschuif bevat.

5.2 Hoogte Kunstwerk (HTKW)

Het betreft een kokervormig kunstwerk met een doorvoer door de damwand. De kerende hoogte wordt verzorgd door de damwand. De hoogte van het kunstwerk (HTKW) is daarmee niet relevant, zoals eerder al geconcludeerd in het 'plan van aanpak' [2].

5.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW

Voor het betreffende kunstwerk wordt BSKW beoordeeld conform hetzelfde faalpad (Figuur 2) en dezelfde formule (Figuur 3) als beschreven in paragraaf 2.3.

In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

- De kans op niet sluiten P_{NS} (ofwel falen van sluiting) is ingeschat op basis van de scoretabellen uit [6]. Het kunstwerk bevat zowel een terugslagklep als een spindelschuif, waaruit een kans op niet sluiten volgt van 3,37E-08, zie Bijlage 1.
- Mogelijke instroom naar het achterland kan plaatsvinden via de bovenkant van de inspectieput, op een niveau van 15,0m+NAP. Maar ook via de leiding in de inspectieput en vervolgens via de bovenkant van de putten aan de Stayerhofweg. Deze liggen op een niveau van 14,5m+NAP. Om instroom naar het achterland mogelijk te maken, dient de buitenwaterstand op de Maas dus hoger te zijn dan 14,5m+NAP. Dit is de kritieke buitenwaterstand (open keerpeil). De overschrijdingskans van deze waterstand is bepaald middels Hydra-NL, en bedraagt 1/11 per jaar.
- De kans dat het kunstwerk open staat bij een naderend hoogwater is gelijk aan 1.
- Het aantal identieke doorstroomopeningen is gelijk aan 1.
- De kans op falen van herstel is gelijk gesteld aan 1, onder de veronderstelling dat herstel niet mogelijk is. Mogelijkheden tot herstel zijn namelijk al verwerkt in de ingeschatte kans op niet sluiten, conform de scoretabellen.

De resulterende faalkans bedraagt 3,06E-09 (1/326.400.000). Deze kans is niet significant voor dijktraject 62-1, zeker gezien het feit dat voor hoogte al een trajectfaalkans van 1/320 is bepaald. De faalkans op betrouwbaarheid sluiting van doorlaatwerk 325752 wordt daarom niet meegenomen in de assemblage.

5.4 Piping Kunstwerk PKW

Voor deze duiker geldt dezelfde redenering als in paragraaf 4.4. Ook hier is piping langs de damwand zelf maatgevend. Dit wordt beoordeeld in het logboek langsconstructies. Piping langs doorlaatwerk 325752 wordt niet afzonderlijk meegenomen in de assemblage.

5.5 Sterkte puntconstructie STKWp

De spindelschuif is ontworpen op een belasting van 5 meter waterkolom [1]. De onderkant van de buis ligt op 12,50m+NAP, de kruinhoogte bedraagt 15,90m+NAP. Dit betekent dat de schuif maximaal met 3,40m waterkolom belast kan worden; bij hogere waterstanden loopt het water over de dijk heen. Aangezien deze absoluut maximale belasting significant lager is dan de ontwerpwaarde van 5m waterkolom, kan worden geconcludeerd dat de sterkte van de keermiddelen bij doorlaatwerk 325752 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

6 Doorlaatwerk 325755

6.1 Inleiding

Dit betreft een uitwateringsduiker bij het originele (niet versterkt in GOW) deel van de industriehaven, in vak 62n. Het betreft een doorvoer in de damwand met een diameter van 1m. Tekeningen van het kunstwerk ontbreken, maar o.b.v. Geoweb kan worden verondersteld dat het kunstwerk min of meer dezelfde opbouw/configuratie heeft als bovenstaande doorlaatwerk 205951. Geoweb geeft bovendien aan dat het kunstwerk zowel een terugslagklep als spindelschuif bevat.

6.2 Hoogte Kunstwerk (HTKW)

Het betreft een kokervormig kunstwerk met een doorvoer door de damwand. De kerende hoogte wordt verzorgd door de damwand. De hoogte van het kunstwerk (HTKW) is daarmee niet relevant, zoals eerder al geconcludeerd in het 'plan van aanpak' [2].

6.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW

Voor het betreffende kunstwerk wordt BSKW beoordeeld conform hetzelfde faalpad (Figuur 2) en dezelfde formule (Figuur 3) als beschreven in paragraaf 2.3.

In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

- De kans op niet sluiten P_{NS} (ofwel falen van sluiting) is ingeschat op basis van de scoretabellen uit [6]. Het kunstwerk bevat zowel een terugslagklep als een spindelschuif, waaruit een kans op niet sluiten volgt van 3,37E-08, zie Bijlage 1.
- Mogelijke instroom naar het achterland kan plaatsvinden via de bovenkant van de inspectieput, op een niveau van 15,1m+NAP. Maar ook via de leiding in de inspectieput en vervolgens via de bovenkant van de putten aan de Stayerhofweg. Deze liggen op een niveau van 14,5m+NAP. Om instroom naar het achterland mogelijk te maken, dient de buitenwaterstand op de Maas dus hoger te zijn dan 14,5m+NAP. Dit is de kritieke buitenwaterstand (open keerpeil). De overschrijdingskans van deze waterstand is bepaald middels Hydra-NL, en bedraagt 1/11 per jaar.
- De kans dat het kunstwerk open staat bij een naderend hoogwater is gelijk aan 1.
- Het aantal identieke doorstroomopeningen is gelijk aan 1.
- De kans op falen van herstel is gelijk gesteld aan 1, onder de veronderstelling dat herstel niet mogelijk is. Mogelijkheden tot herstel zijn namelijk al verwerkt in de ingeschatte kans op niet sluiten, conform de scoretabellen.

De resulterende faalkans bedraagt 3,06E-09 (1/326.400.000). Deze kans is niet significant voor dijktraject 62-1, zeker gezien het feit dat voor hoogte al een trajectfaalkans van 1/320 is bepaald. De faalkans op betrouwbaarheid sluiting van doorlaatwerk 325755 wordt daarom niet meegenomen in de assemblage.

6.4 Piping Kunstwerk PKW

Voor deze duiker geldt dezelfde redenering als in paragraaf 4.4. Ook hier is piping langs de damwand zelf maatgevend. Dit wordt beoordeeld in het logboek langsconstructies. Piping langs doorlaatwerk 325755 wordt niet afzonderlijk meegenomen in de assemblage.

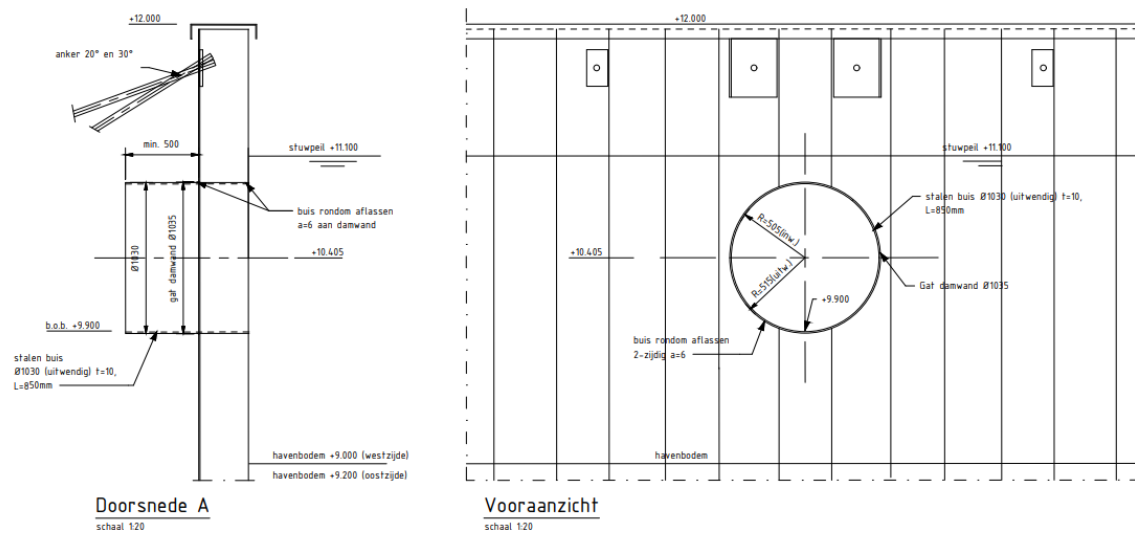
6.5 Sterkte puntconstructie STKWp

De spindelschuif is ontworpen op een belasting van 5 meter waterkolom [1]. De onderkant van de buis ligt op 12,50m+NAP, de kruinhoogte bedraagt 15,90m+NAP. Dit betekent dat de schuif maximaal met 3,40m waterkolom belast kan worden; bij hogere waterstanden loopt het water over de dijk heen. Aangezien deze absoluut maximale belasting significant lager is dan de ontwerpwaarde van 5m waterkolom, kan worden geconcludeerd dat de sterkte van de keermiddelen bij doorlaatwerk 325755 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

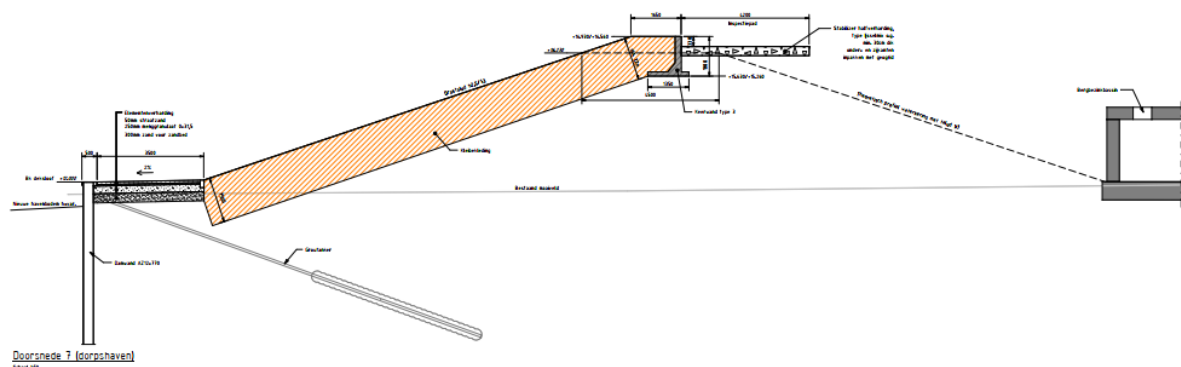
7 Doorlaatwerk 313700

7.1 Inleiding

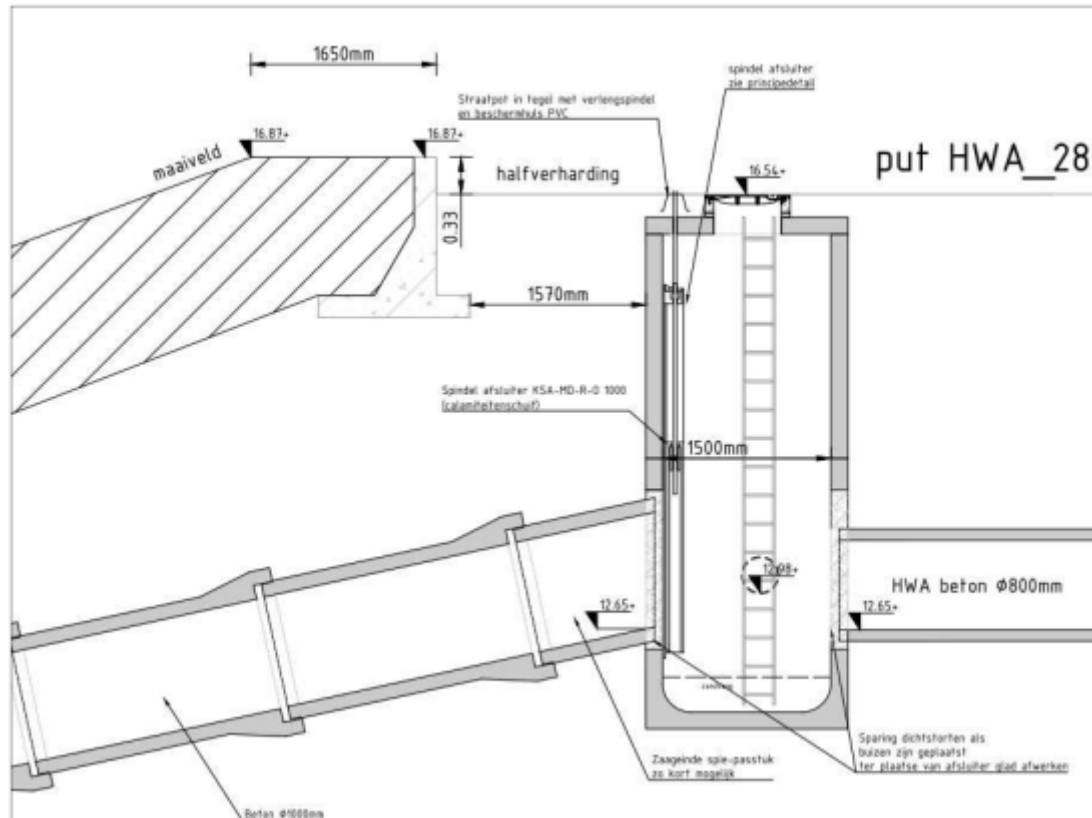
Dit betreft het uitwateringskunstwerk van een binnendijs gelegen bergbezinkbassin. Het kunstwerk is gelegen in vak 62q bij dijkpaal 62.074+20. Onderstaande figuren tonen tekeningen van het kunstwerk en het lokale dijkprofiel, afkomstig uit het 'verhaal van de kering'. De uitstroompopening heeft een diameter van 1m. Conform Geoweb van Waterschap Limburg (geraadpleegd d.d. 7-11-2024) zijn als afsluitmiddelen twee schuiven aanwezig, en bedraagt de totale lengte van de duiker 27,95m.



Figuur 11: Duiker 313703



Figuur 12: Lokaal dijkprofiel (rechts bergbezinkbassin)



Figuur 13: Detail spindelschuif

7.2 Hoogte Kunstwerk (HTKW)

Het betreft een kokervormig kunstwerk onder een waterkerend grondlichaam, met een doorvoer door de damwand bij de buitenteen. De kerende hoogte wordt verzorgd door het grondlichaam. De hoogte van het kunstwerk (HTKW) is daarmee niet relevant, zoals eerder al geconcludeerd in het 'plan van aanpak' [2].

7.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk BSKW

Voor het betreffende kunstwerk wordt BSKW beoordeeld conform hetzelfde faalpad (Figuur 2) en dezelfde formule (Figuur 3) als beschreven in paragraaf 2.3.

In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

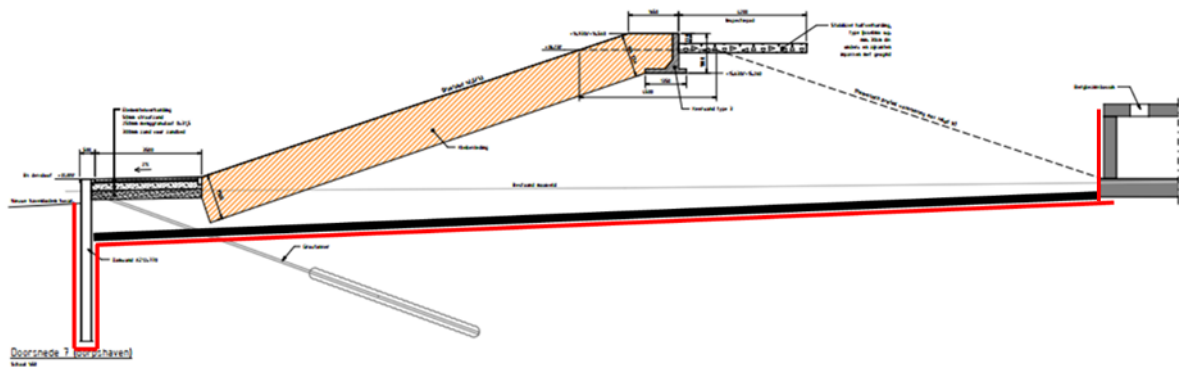
- De kans op niet sluiten P_{NS} (ofwel falen van sluiting) is ingeschat op basis van de scoretabellen uit [6]. Het kunstwerk bevat een dubbele schuif, waaruit een kans op niet sluiten volgt van $5,26E-05$, zie Bijlage 1.
- Uitstroom richting achterland kan plaats vinden via de drempel van het bergbezinkbassin. Dit ligt op een hoogte van $13,7m+NAP$, zie verhaal van de kering. Als kritieke buitenwaterstand is daarom $13,7m+NAP$ gehanteerd. De overschrijdingskans van deze waterstand is bepaald middels Hydra-NL en bedraagt $1/4$.
- De kans dat het kunstwerk open staat bij een naderend hoogwater is gelijk aan 1.
- Het aantal identieke doorstroomopeningen is gelijk aan 1.
- De kans op falen van herstel is gelijk gesteld aan 1, onder de veronderstelling dat herstel niet mogelijk is. Mogelijkheden tot herstel zijn namelijk al verwerkt in de ingeschatte kans op niet sluiten, conform de scoretabellen.

De resulterende faalkans bedraagt $1,41E-05$ ($1/71.000$). Deze kans is niet significant voor dijktraject 62-1, zeker gezien het feit dat voor hoogte al een trajectfaalkans van $1/320$ is bepaald. De faalkans op betrouwbaarheid sluiting van doorlaatwerk 313700 wordt daarom niet meegenomen in de assemblage.

7.4 Piping Kunstwerk PKW

Figuur 14 toont in rood de mogelijke kwelweg langs het kunstwerk, waarlangs piping zou kunnen optreden. Bij de damwand is verondersteld dat lekken door de instroom niet mogelijk is. De kwelweg wordt daarom geforceerd onder de damwand door. Het bergbezinkbassin is een betonnen bak in de ondergrond; door de afgesloten constructie is hier geen uittredepunt voor piping mogelijk. De kwelweg loopt verticaal langs het bassin naar maaiveld op een niveau van $14,60\text{m}+\text{NAP}$.

Aangezien de kwelweg zowel verticaal als horizontaal gericht is, wordt PKW beoordeeld conform het model van Lane [3]. Figuur 15 toont de bijbehorende formule, en Figuur 16 een tabel met de Creep factor van verschillende soorten zand. Beide zijn afkomstig uit de schematiseringshandleiding PKW [4].



Figuur 14: Mogelijke kwelweg piping

$$\Delta H \leq \Delta H_c = \frac{\left(\frac{1}{3}L_h + L_v\right)}{C_{w,creep}}$$

7-1

Hierin zijn de volgende parameters opgenomen, die in de volgende subparagrafen besproken worden:

- Horizontale kwelweglengte L_h .
- Verticale kwelweglengte L_v .
- Creep-factor behorend bij model van Lane $C_{w,creep}$.
- Verval over het kunstwerk $\Delta H = h_{bu} - h_{bi}$.
- Buitenwaterstand h_{bu} .
- Binnenwaterstand h_{bi} .

Figuur 15: Formule Lane

Grondsoort	Mediane korreldiameter [μm] ¹	$C_{w,creep}$ (Lane) met $\gamma = 1,0$
Uiterst fijn zand, silt	< 105	8,5
Zeer fijn zand	105 – 150	
Zeer fijn zand (mica)		7
Matig fijn zand (kwarts)	150 – 210	7
Matig grof zand	210 – 300	6
Zeer/uiterst grof zand	300 – 2000	5
Fijn grind	2000 – 5600	4

Figuur 16: Creep factor Lane

In de formule zijn de volgende waarden gehanteerd:

- Volgens omliggende boringen in Dinoloket is vanaf ca. 14,50m+NAP naar beneden matig fijn tot matig grof zand aanwezig. Daarom is conform Figuur 16 als veilige waarde een Creep factor van 7 gehanteerd.
- De onderkant van de damwand ligt plaatselijk op 3m+NAP (zie Verhaal van de kering voor de bron), de havenbodem ligt op 9,2m+NAP. De onderkant van de duiker ligt op 9,90m+NAP. De bodem van het bergbezinkbassin ligt op 12,0m+NAP en het maaiveld bij uittredepunt op 14,6m+NAP. De verticale kwelweg bedraagt daarmee $(9,2 - 3) + (9,9 - 3) + (14,6 - 12,0) = 15,6\text{m}$.
- De horizontale kwelweg is gelijk aan de lengte van de duiker, en bedraagt 27,95m.
- Conform de formule bedraagt het kritiek verval daarmee 4,2m.
- Het uittredepunt ligt op 14,6m+NAP. De buitenwaterstand wordt gekozen bij signaleringsparameter (1/300), en bedraagt 15,80m+NAP. Het verval over de kering bedraagt daarmee 1,2m.

Het optredend verval is daarmee ruim lager dan het kritiek verval, zelfs voor waterstand bij signaleringsparameter. Op basis daarvan wordt geconcludeerd dat piping bij doorlaatwerk 313700 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

7.5 Sterkte puntconstructie STKWp

De spindelschuif is ontworpen op een belasting van 5 meter waterkolom [1]. De onderkant van de schuif ligt op 12,65m+NAP, de kruinhoogte bedraagt 16,03m+NAP. Dit betekent dat de schuif maximaal met 3,38m waterkolom belast kan worden; bij hogere waterstanden loopt het water over de dijk heen. Aangezien deze maximale belasting significant lager is dan de ontwerpwaarde van 5m waterkolom, kan worden geconcludeerd dat de sterkte van de keermiddelen bij doorlaatwerk 313700 niet significant is voor de faalkans van traject 62-1, en daarom niet wordt meegenomen in de assemblage.

8 Conclusie

In voorgaande hoofdstukken zijn de zes uitwateringskunstwerken van dijktraject 62-1 beoordeeld op de faalpaden hoogte, betrouwbaarheid sluiten, piping en sterkte keermiddelen. Hierin is geconcludeerd dat voor alle zes kunstwerken geen van de faalpaden significant bijdraagt aan de faalkans van dijktraject 62-1. De faalpaden zijn dan ook niet meegenomen in de assemblage.

9 Referenties

1. Waterschap Limburg (2025). *Het verhaal van de kering 62-1 Wanssum Blitterswijck*. WLDOC-2066690340-51938
2. Waterschap Limburg (2025). *Plan van Aanpak LBO2 62-1 Wanssum Blitterswijck*. WLDOC-2066690340-59182
3. Rijkswaterstaat (2023). *Handleiding Overstromingskansanalyse Kunstwerken*. juli 2023.
4. Min.I&W (2021). *Schematiseringshandleiding piping bij kunstwerk*. 28 mei 2021
5. Min.I&W (2021). *Schematiseringshandleiding betrouwbaarheid sluiting kunstwerk*. 28 mei 2021
6. RWS-WVL (2017). *Werkwijze bepalen kans op niet sluiten per sluitvraag met scoretabellen*. 1 november 2017
7. Waterschap Limburg (2025). *LBO2 Traject 62-1, Logboek beoordeling hoogte*. WLDOC-2066690340-62667
8. Waterschap Limburg (2025). *LBO2 Traject 62-1. Beoordelingsrapportage Wanssum-Blitterswijck*. WLDOC-2066690340-73671

Bijlage 1 Kans per vraag op niet sluiten

Terugslagklep en spindelschuif:

Alarmering			
Vraag		antwoord	score
a	Wordt het contact met Rijkswaterstaat tenminste jaarlijks geëvalueerd?	ja	4
b	Is er een tweede methode voor hoogwateralarmering?	ja	2
c	Is er een mogelijkheid dat de bevolking tijdig waarschuwt?	nee	0
E1	Kunstwerk niet sluiten door falen Alarmering	a+b+c	6

Mobilisatie			
Vraag		antwoord	score
a1	Is er een schriftelijk vastgelegde up to date mobilisatieregeling inclusief standby regeling en terugmeldingssysteem?	ja	
a2	Wordt de mobilisatie jaarlijks geoefend?	ja	
a3	Worden de ervaringen van de oefening en mobilisaties teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling?	ja	
a4	Tussenscore: Zijn de vragen a1 - a3 allemaal met ja beantwoord?	ja	4
b	Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de mobilisatieregeling? NB1: als vraag a1, a2 of a3 met 'nee' is beantwoord dan is ook geen herstel mogelijk NB2: voor een kunstwerk in het kust- of merengebied alleen van toepassing als er een permanent keermiddel aanwezig is	ja	1
c	Indien coupure zonder permanent keermiddel: zijn de kerende elementen op dezelfde plaats opgeslagen als de reserve elementen?	nvt	0
E2	Kunstwerk niet sluiten door falen Mobilisatie	a4+b+c	5

Bediening			
Vraag		antwoord	score
a1	Is een sluitprocedure aanwezig?	ja	
a2	Wordt de sluitsprocedures minstens eenmaal per jaar geoefend?	ja	
a3	Worden de ervaringen van de oefening en bediening teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de sluitprocedure?	ja	
a4	Tussenscore: Zijn de vragen a1 - a3 allemaal met ja beantwoord?	ja	3
b	Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de sluitprocedure? NB1: als vraag a1, a2 of a3 met 'nee' is beantwoord dan is ook geen herstel mogelijk NB2: voor een kunstwerk in het kust- of merengebied alleen van toepassing als er een permanent keermiddel aanwezig is	ja	2
E3	Kunstwerk niet sluiten door falen Bediening	a4+b	5

Technisch falen			
Onderdeel	Vraag	Antwoord	score
A	a1	Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?	ja 0.5
A	a2	Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?	ja 1.5
A	a3	Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zonodig aan het sluitmiddel zelf?	ja 0.5
Aandrijving	c	Is het afsluutmiddel op handkracht te sluiten?	ja 0.5
Aandrijving	b1	Is er een tweede aandrijfsysteem?	ja 1
Aandrijving	d	Aandrijving faalt (tussen score)	c+b 1.5
Keermiddel	e	Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1.5
Keermiddel	f	Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1.5
Keermiddel	g	Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?	ja 0.5
Keermiddel	b2	Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	ja 0.5
Keermiddel	h	Falen tijdens sluiten: belemmering (tussenscore)	g+b2 1
Keermiddel	i	Keermiddel 1 faalt (tussenscore)	min(e,f,h) 1
Sluiting eerste keermiddel	j	Sluiting keermiddel 1 faalt (tussenscore)	min(d,i) 1
2de keermiddel	b3	Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden? Indien ja: beantwoord de vragen k en l voor het tweede keermiddel. Let op indien 2de keermiddel een terugslagklep is die zelfsluitend is dan geldt er voor de klep een generieke kans en zijn de vragen voor 2de keermiddel niet van toepassing. Advies Bob van Bree zie ook schematiseringshandleiding biz 79	nee 0
Keermiddel	k	Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?	nvt 0
Aandrijving	l	Is dit tweede afsluutmiddel op handkracht te sluiten?	nvt 0
Sluiting tweede keermiddel	m	Keermiddel 2 faalt (tussenscore)	min(b3+k,b3+l) 0
E4	Kunstwerk niet sluiten door technisch falen en falen herstelacties	a1+a2+a3+j+l	3.5

Kans op niet sluiten		score
Alarmering E1	6	1.00E-06
Mobilisatie E2	5	1.00E-05
Bediening E3	5	1.00E-05
Technisch falen E4	3.5	3.16E-04
Totaal score		3.37E-04
kans per vraag (numeriek)		0.00033722
kans per vraag (1/keer)		2.965
generieke kans terugslagklep		1.00E-04
Faalkans bij combinatie eerste keermiddel met terugslagklep		3.37E-08
kans per vraag (numeriek)		0.00000003
kans per vraag (1/keer)		29.654.143

Dubbele schuif:

Situatie riool met schuif met 2de schuif

Alarmering

Vraag		antwoord	score
a	Wordt het contact met Rijkswaterstaat tenminste jaarlijks geverifieerd?	ja	4
b	Is er een tweede methode voor hoogwateralarmering?	ja	2
c	Is er een mogelijkheid dat de bevolking tijdig waarschuwt?	nee	0
E1	Kunstwerk niet sluiten door falen Alarmering	a+b+c	6

Mobilisatie

Vraag		antwoord	score
a1	Is er een schriftelijk vastgelegde up to date mobilisatieregeling inclusief standby regeling en terugmeldingssysteem?	ja	
a2	Wordt de mobilisatie jaarlijks geoefend?	ja	
a3	Worden de ervaringen van de oefening en mobilisaties teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling?	ja	
a4	Tussenscore: Zijn de vragen a1 - a3 allemaal met ja beantwoord?	ja	4
b	Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de mobilisatieregeling? NB1: als vraag a1, a2 of a3 met 'nee' is beantwoord dan is ook geen herstel mogelijk NB2: voor een kunstwerk in het kust- of merengebied alleen van toepassing als er een permanent keermiddel aanwezig is	ja	1
c	Indien coupure zonder permanent keermiddel: zijn de kerende elementen op dezelfde plaats opgeslagen als de reserve elementen?	nvt	0
E2	Kunstwerk niet sluiten door falen Mobilisatie	a4+b+c	5

Bediening

Vraag		antwoord	score
a1	Is een sluitprocedure aanwezig?	ja	
a2	Wordt de sluitingsprocedure minstens eenmaal per jaar geoefend?	ja	
a3	Worden de ervaringen van de oefening en bediening teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de sluitprocedure?	ja	
a4	Tussenscore: Zijn de vragen a1 - a3 allemaal met ja beantwoord?	ja	3
b	Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de sluitprocedure? NB1: als vraag a1, a2 of a3 met 'nee' is beantwoord dan is ook geen herstel mogelijk NB2: voor een kunstwerk in het kust- of merengebied alleen van toepassing als er een permanent keermiddel aanwezig is	ja	2
E3	Kunstwerk niet sluiten door falen Bediening	a4+b	5

Technisch falen

Onderdeel	Vraag	Antwoord	score
A	a1	Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?	ja 0.5
A	a2	Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende aandrijfmechanismen?	ja 1.5
A	a3	Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zonodig aan het sluitmiddel zelf?	ja 0.5
Aandrijving	c	Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	ja 0.5
Aandrijving	b1	Is er een tweede aandrijfsysteem?	ja 1
Aandrijving	d	Aandrijving faalt (tussen score)	c+b1 1.5
Keermiddel	e	Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1.5
Keermiddel	f	Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1.5
Keermiddel	g	Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?	ja 0.5
Keermiddel	b2	Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	ja 0.5
Keermiddel	h	Falen tijdens sluiten: belemmering (tussenscore)	g+b2 1
Keermiddel	i	Keermiddel 1 faalt (tussenscore)	min(e,f,h) 1
Sluiting eerste keermiddel	j	Sluiting keermiddel 1 faalt (tussenscore)	min(d,i) 1
2de keermiddel	b3	Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden? Indien ja: beantwoord de vragen k en l voor het tweede keermiddel. Let op indien 2de keermiddel een terugslagklep is die zelfsluitend is dan geldt er voor de klep een generieke kans en zijn de vragen voor 2de keermiddel niet van toepassing. Advies Bob van Bree zie ook schematiseringshandleiding biz 79	ja 0.75
Keermiddel	k	Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?	nee 0.25
Aandrijving	l	Is dit tweede afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	ja 0.25
Sluiting tweede	m	Keermiddel 2 faalt (tussenscore)	min(b3+k, b3+l) 1
E4	Kunstwerk niet sluiten door technisch falen en falen herstelacties	a1+a2+a3+j+m	4.5

Kans op niet sluiten	score	
Alarmering E1	6	1.00E-06
Mobilisatie E2	5	1.00E-05
Bediening E3	5	1.00E-05
Technisch falen E4	4.5	3.16E-05
Totaal score		5.26E-05