

Waterveiligheid vispassage Gewande

Waterschap AA en Maas

28 mei 2026 - Confidential

Contactpersoon

BERT WESSELINK
Projectmanager

E bert.wesselink@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Projectomschrijving	5
1.2	Doel rapport	5
1.3	Leeswijzer	5
1.4	Referenties	6
1.4.1	Projectspecifieke documenten	6
1.4.2	Normen en richtlijnen	6
2	Beschrijving waterkering	7
2.1	Uitgangspunten van de waterkering	7
2.2	Verhaal van de kering	8
2.3	Veiligheidskader waterkering	8
2.3.1	Veiligheidskader waterkerende kunstwerken	8
2.3.2	Taakstellende faalkanseis Omgevingswet	9
2.4	Hydraulische randvoorwaarden	10
3	Beschrijving ontwerp kunstwerk	11
3.1	Beschrijving constructie	11
3.2	Beschrijving keermiddelen	12
3.3	Beschrijving ondergrond	12
3.4	Gebruik en bediening	13
4	Waterveiligheidstoetsing ontwerp	14
4.1	Hoogte (HTKW)	14
4.2	Betrouwbaarheid sluiten (BSKW)	14
4.2.1	Beoordeling	14
4.2.2	Aandachtspunten	14
4.2.3	Conclusie	15
4.3	Piping bij kunstwerk (PKW)	15
4.3.1	Beoordeling	15

4.3.2	Aandachtspunten	15
4.3.3	Conclusie	15
4.4	Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)	15
4.4.1	Beoordeling	16
4.4.2	Aandachtspunten	16
4.4.3	Conclusie	17
5	Samenvatting en conclusies	18
	Colofon	25

1 Inleiding

1.1 Projectomschrijving

Waterschap Aa en Maas dient in verband met de Kaderrichtlijn Water (KRW) haar objecten voor de waterhuishouding vispasseerbaar te maken. In 2016 is het tweede convenant beekmondingen tussen Rijkswaterstaat, waterschap Limburg en waterschap Aa en Maas ondertekend. Hierin is vastgelegd welke beekmondingen volgens de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) aangepakt moeten worden. Een van de beekmondingen is Hertogswetering/Roode Wetering bij gemaal Gewande.

Gemaal Gewande is in 1976-1979 gebouwd in het kader van de Ruilverkaveling Midden-Maasland en gerenoveerd medio 2010. Het zorgt voor de afwatering van een circa 30.000 hectare groot gebied van de grens van Limburg tot Waalwijk. Het gemaal is de 'monding' in de Maas van het stroomgebied van de Roode Wetering en de Hertogswetering. Ook het stroomgebied van de Hoefgraaf en Nieuwe Vliet wateren via de Roode Wetering af op de Maas. Daarmee vormt het gemaal een belangrijk vismigratieknelpunt. Om de afvoer van water jaarrond te garanderen én omdat het gemaal een fluctuerende buitenwaterstand kent, kan het gemaal onder vrij verval lozen en water opvoeren.

Het waterschap is voornemens de Roode Wetering optrekbaar te maken. Daarvoor heeft in de voorverkenningfase en de schetsontwerpfase een analyse en afweging plaatsgevonden die geleid heeft tot de volgende keuzes:

- Het gemaal wordt vispasseerbaar gemaakt middels een aparte voorziening om het gemaal heen (en die dus geen gebruik maakt van de bestaande kokers in het gemaal). Op basis van de ligging van de Roode Wetering en de beschikbare ruimte wordt de westelijke oever benut.
- Het gemaal wordt vispasseerbaar gemaakt in de periode dat de Roode Wetering hoger staat dan de Maas.
- Er is gekozen voor een Vertical Slot-vispassage.

Het schetsontwerp is uitgewerkt tot een Voorlopig Ontwerp [1][2].

1.2 Doel rapport

Deze rapportage heeft als doel om aan te tonen dat het Voorlopig Ontwerp [1][2] van de vispassage voldoet aan de waterveiligheidseisen gesteld voor de waterkering waarin deze wordt geplaatst.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de waterkering, het veiligheidskader en de faalkanseisen. Hoofdstuk 3 behandelt het ontwerp van het kunstwerk, inclusief constructie, keermiddelen, ondergrond, bediening en onderhoud. Hoofdstuk 4 bevat de waterveiligheidstoetsing verdeeld over de faalmechanismen hoogte, betrouwbaarheid sluiten, piping en sterkte/stabiliteit. Hoofdstuk 5 geeft een samenvatting en conclusies van de toetsing. In de bijlagen zijn de detailuitwerkingen van de beoordelingen opgenomen.

1.4 Referenties

1.4.1 Projects specifieke documenten

De onderstaande project specifieke documenten zijn gehanteerd om te komen tot het VO.

Tabel 1-1: Project specifieke documenten

Ref	Document	Beschrijving
[1]	VO Ontwerptoelichting vismigratie Gewande, maart 2026	
[2]	Tekening VGG-ARC-4901-REV-VERT-040_V4, 24-02-2026	VO tekening definitief Vertical Slot
[3]	Rapportage Veiligheidsbeoordeling Dijktraject 36-4 Lith – 's-Hertogenbosch, mei 2020	
[4]	Betrekkingslijnen Maas 2023_2024	

1.4.2 Normen en richtlijnen

De onderstaande normen en richtlijnen zijn van toepassing op de huidige beschouwing.

Tabel 1-2: Normen en richtlijnen

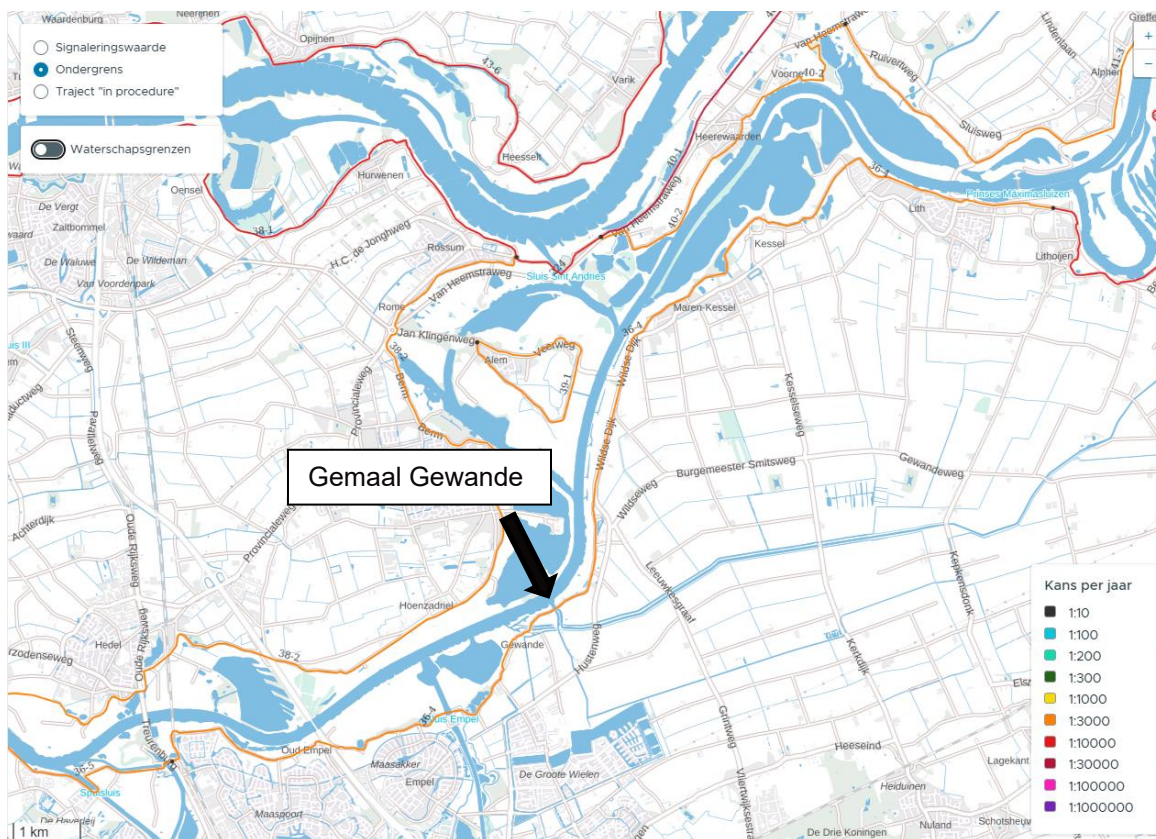
Ref	Document	Beschrijving
[a.]	WOWK - Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken – Ontwerpverificaties voor de hoogwatersituatie, Groene versie, 1 november 2018	
[b.]	Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Bijlage III Voorschriften Bepaling Sterkte en Veiligheid Primaire Waterkeringen behorende bij Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Staatscourant Nr. 65697, 27 december 2016.	

2 Beschrijving waterkering

In dit hoofdstuk zijn de algemene uitgangspunten en basisgegevens aangegeven die bij het ontwerp gebruikt zijn. Er is een beeld gegeven van de opzet van de ontwerptoetsing, een overzicht van het nieuw te bouwen kunstwerk, de gehanteerde hydraulische randvoorwaarden en de faalkanseisen waaraan is beoordeeld.

2.1 Uitgangspunten van de waterkering

Nederland is een laaggelegen land dat wordt beschermd door waterkeringen. Aan deze waterkeringen worden eisen gesteld die in de Omgevingswet via het Besluit kwaliteit leefomgeving zijn vastgelegd. Gemaal Gewande is gelegen in Traject 36-4, zie Figuur 2-1. De locatie van Gemaal Gewande (en de toekomstige vispassage) is weergegeven in Figuur 2-2.



Figuur 2-1: Ligging van dijktraject 36-4 (inclusief omgevingswaarde) en de locatie van Gemaal Gewande [Bron: <https://waterveiligheidsportaal.nl/nss/norm>]

In de Omgevingswet heeft het gehele traject 36-4:

- een signaleringsparameter van 1:10.000 per jaar (Besluit kwaliteit leefomgeving, bijlage II) en
- een omgevingswaarde (maximaal toelaatbare overstromingskansen) van 1:3000 per jaar (Besluit kwaliteit leefomgeving, bijlage II).



Figuur 2-2: Overzicht locatie gemaal Gewande met de locatie van de vispassage als blauwe lijn aangeduid

2.2 Verhaal van de kering

Dijktraject 36-4 is een belangrijk onderdeel van de primaire waterkering langs de Maas in Noord-Brabant. Het traject strekt zich uit over een lengte van 20,0 kilometer, beginnend bij 's-Hertogenbosch en eindigend nabij Lithoijen. Het traject beschermt het achterland, waaronder delen van de gemeente 's-Hertogenbosch, tegen overstromingen als gevolg van hoge Maasstanden. Een overstroming in het achterland van dit traject kan optreden door het falen van het dijklichaam zelf of door het niet functioneren van de kunstwerken.

Binnen dit traject bevinden zich in totaal 12 waterkerende kunstwerken, waaronder zes coupures, drie gemalen, een schutsluis, een uitwateringssluiss en een vispassage. Belangrijke kunstwerken zijn onder andere het gemaal Gewande, dat een grote en essentiële functie vervult in het gebied, en het sluiscomplex Empel. De meeste van deze constructies dateren uit de periode 1950-1980 en zijn sterk verouderd.

Gezien de concentratie van verouderde kunstwerken binnen dijktraject 36-4 is het van groot belang dat de nieuwe vispassage zorgvuldig wordt ingepast, gebouwd en beheerd. Op deze manier wordt de waterveiligheidsruimte zo min mogelijk aangetast en blijft de robuustheid en betrouwbaarheid van het traject als geheel gewaarborgd.

2.3 Veiligheidskader waterkering

Deze paragraaf beschrijft de eisen gesteld aan waterveiligheid. Deze eisen zijn bindend. Afwijken van waterveiligheidseisen is niet zondermeer toegestaan. Het volgende komt aan bod;

- Het veiligheidskader waterkerende kunstwerken
- De eisen voortvloeiende uit de Omgevingswet.

2.3.1 Veiligheidskader waterkerende kunstwerken

Waterkerende kunstwerken in de primaire waterkering moeten voldoen aan de Omgevingswet. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt naar;

- 1) Onderdelen die bij falen leiden tot een overstroming. Deze onderdelen moeten voldoen aan de waterveiligheidseisen uit de Omgevingswet.
- 2) Onderdelen die bij falen niet leiden tot een overstroming. Deze onderdelen moeten voldoen aan de algemene eisen gesteld aan constructieve veiligheid zoals deze ook gelden voor normale bouwwerken.

2.3.2 Taakstellende faalkanseis Omgevingswet

De traject-eis van normtraject 36-4 is weergegeven in onderstaande tabel. De omgevingswaarde geeft de maximaal toelaatbare faalkans voor een waterkering weer. De signaleringsparameter is zodanig gekozen dat er voldoende tijd is voor het uitvoeren van een verbeteractie.

De nieuwe waterkering dient te voldoen aan de hydraulische randvoorwaarden behorende bij de omgevingswaarde in het maatgevende zichtjaar. Meestal is het maatgevende zichtjaar het laatste jaar van de levensduur van de constructie. De signaleringsparameter is niet relevant bij het ontwerp van een nieuw waterkerend kunstwerk.

Tabel 2-1: Trajecteis normtraject 36-4

Waarde	Trajecteis [faalkans/jaar]
Signaleringsparameter	1/10.000
Omgevingswaarde	1/3.000

De trajecteis moet vertaald worden naar een doorsnede eis. Voor Vismigratie Gewande is hierbij gebruik gemaakt van de standaard faalkansbegroting uit tabel 1 document [a.].

Onderstaande tabel geeft de omgevingswaarde (eis) per faalmechanisme. De omgevingswaarde is taakstellend voor het ontwerp.

Tabel 2-2: Taakstellende faalkanseis per faalmechanisme [kans/jaar], kunstwerk

Faalmechanisme	Beschrijving	Faalkans-ruimtefactor	Lengte-effectfactor	Overslag-factor	Omgevingswaarde
HTKW	Hoogte kunstwerk	24%	1	-	1/12.500
BSKW	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	4%	3	-	1/225.000 bij N=3
PKW	Piping bij kunstwerk	2%	10	-	Sellmeier: 1/1.500.000 Bligh/Lane: 1/3000
STKWp	Sterkte en stabiliteit, puntconstructie	2%	3	3	1/150.000*

*Deze omgevingswaarde is iets anders dan de terugkeerperiode van de hydraulische randvoorwaarden, zie paragraaf 4.4

Toelichting HTKW

Volgens [a.] tabel 2 is de Ndsn voor het toetsspoor HTKW gegeven in OI2014 bijlage A. Voor traject 36-4 is de Ndsn = 1.

Toelichting BSKW

Volgens [a.] tabel 2 is de Ndsn voor het toetsspoor BSKW gelijk aan het aantal kunstwerken in het traject waar niet-sluiten een relevant faalmechanisme is. Het huidige aantal kunstwerken binnen het traject is 12. Bij de toetsing [3] is uitgegaan van 4 kunstwerken met verwaarloosbare bijdrage en zijn de 6 coupures samengevoegd in een kunstwerk waardoor N = 3. In overleg met de beheerder is in deze analyse dezelfde waarde van N=3 aangehouden.

Toelichting PKW

Volgens [a.] tabel 2 is de Ndsn voor het toetsspoor PKW gelijk aan het aantal kunstwerken in het traject waar piping een relevant faalmechanisme is. Het huidige aantal kunstwerken binnen het traject is 12. De bovengrens van Ndsn=10 is aangehouden. De berekende omgevingswaarde van 1/1500000 is alleen van toepassing als de ontwerpbeurt met behulp van het model van Sellmeijer wordt uitgevoerd. Bij gebruik van andere modellen (Bligh-Lane) dient de omgevingswaarde (1/3000) van het gehele traject aan te zijn gehouden.

Toelichting STKWp

Volgens [a.] tabel 2 geldt $N_{dsn}=3$. Dit is onafhankelijk van het aantal kunstwerken binnen het traject. Bij het bepalen van faalkanseis voor STKWp is op aangegeven van de beheerder in lijn met formule 7.6 uit de WOWK [a.] de overslagfactor (c) meegenomen. Op basis van tabel 9 uit [a.] en de trajectomgevingswaarde van 1/3000 geldt een overslagfactor c van 3.

2.4 Hydraulische randvoorwaarden

Met het uitgangspunt dat constructieve onderdelen worden ontworpen voor 100 jaar en verwacht uitvoering van werkzaamheden rond 2030, is het zichtjaar waar rekening mee is gehouden het jaar 2130. Tabel 2-3 toont de te verwachten waterstanden voor dit zichtjaar voor twee verschillende herhalingsstijden.

Tabel 2-3: Verwachte waterstanden op de Maas bij de locatie van de vispassage voor het zichtjaar 2130 voor twee verschillende overschrijdingskansen. Volgens opgave Waterschap op basis van informatie van project Lith-Bokhoven.

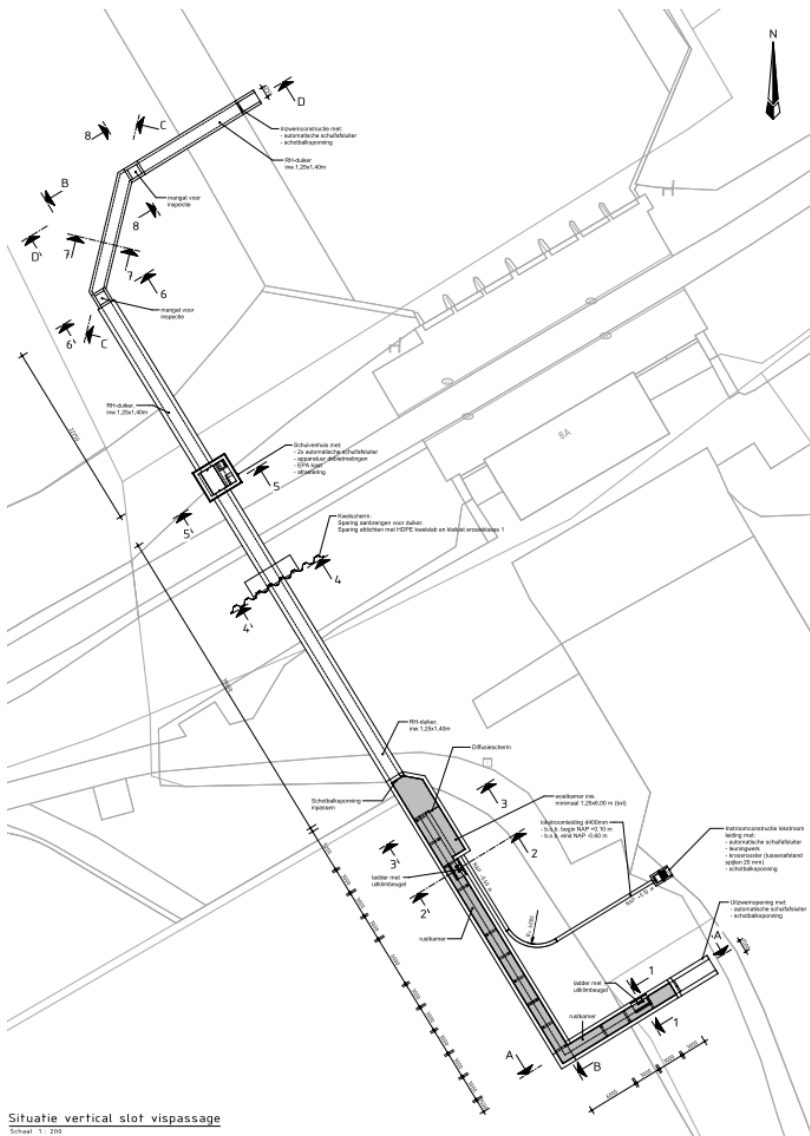
Overschrijdingskansen per jaar	Zichtjaar	Waterstand
1/3000	2130	NAP +8,18 m
1/12500	2130	NAP +8,63 m

3 Beschrijving ontwerp kunstwerk

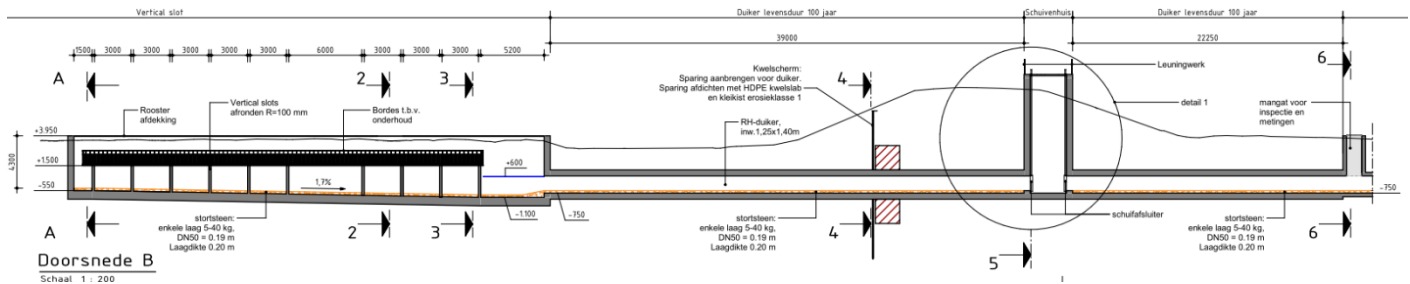
In de toekomstige situatie is er aan de westzijde van het gemaal Gewande een verticaal slot gerealiseerd om vismigratie mogelijk te maken vanaf de Maas naar de Roode Wetering.

3.1 Beschrijving constructie

Het kunstwerk bij gemaal Gewande bestaat uit een vispassage met een vertical slot en een bijbehorende duiker die haaks onder de primaire kering doorloopt. De vertical slot telt dertien kamers (veertien schotten), inclusief twee rustkamers met een dubbele lengte voor optimale spreiding en rust voor migrerende vissen. De constructie van het vertical slot is uitgevoerd met een volledige sleufbreedte van 0,25 meter, een inwendige kamerbreedte van 1,5 meter en een kamerlengte van 3,0 meter. De maximale waterdiepte is 1,5 meter, afgestemd op de hoogste functionele waterstand van de vispassage. De vertical slot sluit aan op een betonnen duiker met een inwendige maat van 1,25 m breed en 1,40 m hoog, die is voorzien van een laag stortsteen voor visvriendelijkheid. Boven de vispassage zijn roosters aangebracht ter bescherming en onderhoud, met een loopvoorziening voor het verwijderen van drijfvuil. Het kunstwerk is landschappelijk ingepast en komt op eigen grondgebied te liggen, waarbij rekening is gehouden met bestaande kabels, leidingen en toekomstige dijkversterking.



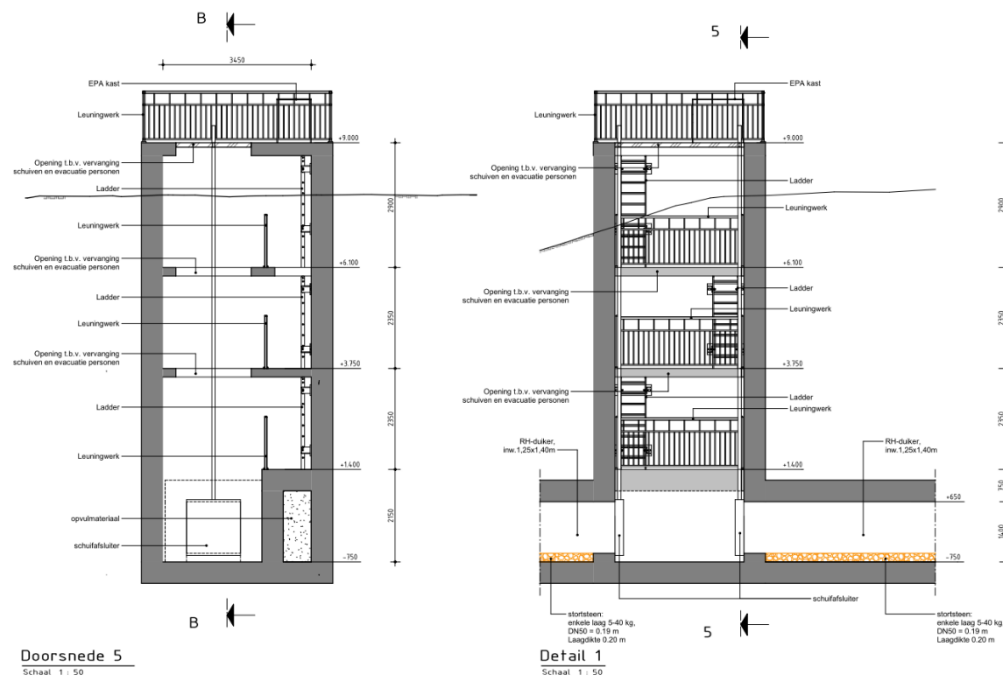
Figuur 3-1: Situatie vispassage [2], zie ook bijlage D



Figuur 3-2: Dwardsoorsnede vispassage inclusief deel van de vertical slots en het schuivenhuis. [2], zie ook bijlage D

3.2 Beschrijving keermiddelen

Het kunstwerk is uitgerust met geautomatiseerde schuifafsluiters aan zowel de Maaszijde als de Roode Weteringzijde. De schuifafsluiter aan de Maaszijde kan een waterkolom tot NAP +8,18 m keren (conform WBN-norm voor dagelijks peilbeheer), met een afmeting van 1,25 x 1,40 m voor de duiker. De schuifafsluiter aan de Roode Weteringzijde heeft een breedte van 0,25 m, gelijk aan de sparing in het vertical slot. Deze keermiddelen maken het mogelijk om de vispassage aan beide zijden af te sluiten voor inspectie, onderhoud en peilbeheer. Alle kunstwerken zijn voorzien van schotbalkspanningen op de in- en uitstroomopeningen om het kunstwerk droog te zetten. Voor de hoogwaterveiligheid zijn in het schuivenhuis twee additionele schuiven aanwezig, bereikbaar voor onderhoud via ladders en verdiepingvloeren. De aandrijving en E-kast zijn boven op het schuivenhuis geplaatst, waardoor onderhoud in afgesloten ruimten wordt voorkomen.



Figuur 3-3: Dwardsoorsneden schuiven inclusief keermiddelen [2], zie ook bijlage D

3.3 Beschrijving ondergrond

Op de beoogde locatie van de vispassage zijn twee sonderingen en vijf boringen beschikbaar. Eén sondering is gemaakt in de primaire kering en één sondering binnendijs, in het achterland ter hoogte van het "vertical slot". In de beschouwing is van de twee sonderingen degene met de meest slechte grondopbouw aangehouden.

Uit de geotechnische onderzoeken blijkt dat een deklaag aanwezig is die van buitendijs naar binnendijs in dikte afneemt. Aan buitendijs zijde is onderin veen aanwezig en ligt de onderkant op NAP -0,3 m. Onder de kruin bestaat de deklaag enkel uit klei en ligt de onderkant op NAP +0,2 m. In het achterland ligt de onderkant op NAP +0,5 m.

Onder de deklaag is een dik watervoerend pakket aanwezig. In de sondering in het achterland (sop_36-4_A762+028_al48) is tussen NAP -14,0 en -16,0 m een afdekkende kleilaag aanwezig. Deze ontbreekt in de sondering onder de kruin.

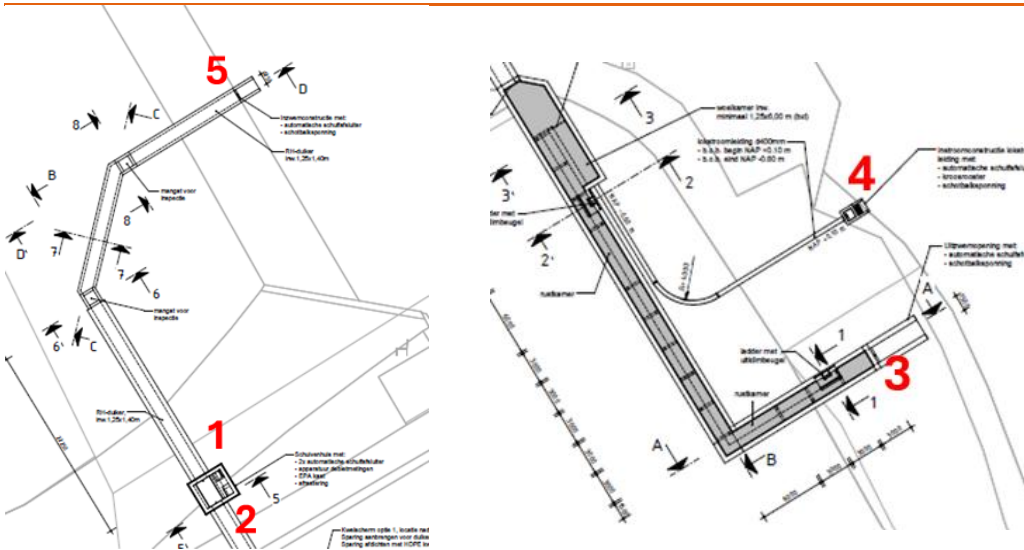
3.4 Gebruik en bediening

De vispassage is in gebruik in de periode dat de Roode Wetering hoger staat dan de Maas. De vispassage is gesloten op het moment het waterstandsverschil van de Roode Wetering naar de Maas kleiner is dan 0,1 m of er een negatieve vervalsituatie is (Waterstand Maas > Roode Wetering) is. Deze reguliere sluiting wordt verzorgd door de schuif in de inzwemopening aan maaszijde. Bij hogere waterstanden (boven NAP +2,2 m) sluiten ook de schuiven in het schuifhuis aan de buitenteen van de dijk.

Het openen en sluiten van de passage gebeurt via geautomatiseerde schuiven die gekoppeld zijn aan het peilbeheer en het functioneren van het gemaal. Voor de aansturing van de vispassage en hoogwaterveiligheidsvoorzieningen wordt het systeem aangesloten op bestaande meetnet van gemaal Gewande. Per locatie komt er een E(pa)-kast te staan, die voeding krijgt vanuit gemaal Gewande. De procesautomatisering van de nieuwe schuiven is ook gekoppeld met gemaal Gewande. Tabel 3-1 geeft een overzicht van de 5 schuiven en de bijbehorende functie en werking en gehanteerde nummer. Figuur 3-4 toont locatie van deze schuiven.

Tabel 3-1: Gebruik en functie van de schuiven [1]

#	Locatie schuif - afsluiter	Functie- werking
1	1 ^e schuif schuifhuis hoogwaterzijde	Hoogwaterveiligheidsluiting. Sluiting op Maaspeil NAP +2,20 of NAP +1,40 m. Dit peil is te besluiten door de beheerder.
2	2 ^e schuif schuifhuis laagwaterzijde	Hoogwaterveiligheidsluiting. Sluiting op Maaspeil NAP +2,20 of NAP +1,40 m. Dit peil is te besluiten door de beheerder.
3	Schuif vispassage Roode wetering	Waterbeheerschuif. Sluiten bij geen afvoer-droogte of bij onderhoudswerkzaamheden.
4	Schuif inlaatleiding Roode wetering	Debietregelfunctie: Debiet aanvullen (tot 350 liter per seconde) in de duiker als de vispassage zelf geen 350 liter per seconde levert
5	Schuif inzwemopening – duiker Maas	Waterbeheerschuif. Sluiten als er geen vrije afvoer meer mogelijk is op de Maas en het gemaal gaat pompen. Sluiten bij onderhoudswerkzaamheden.



Figuur 3-4: Locatie van de vijf schuifafsluiters [1]

4 Waterveiligheidstoetsing ontwerp

In onderstaande paragrafen is een samenvatting gegeven van de waterveiligheidstoetsing voor de onderdelen hoogte, betrouwbaarheid sluiten, piping en sterkte en stabiliteit van het nieuwe kunstwerk. Detailuitwerkingen zijn terug te vinden in de bijbehorende bijlagen A t/m C.

4.1 Hoogte (HTKW)

De Hoogte van de waterkering wordt ingevuld door de dijk. Door de aanleg van de vispassage vindt er geen mutatie plaats. Het faalmechanisme hoogte is daarom niet beschouwd.

4.2 Betrouwbaarheid sluiten (BSKW)

In deze paragraaf is het faalmechanisme betrouwbaarheid van sluiten van de vispassage beoordeeld. Dit faalmechanisme beschrijft het risico dat het waterkerend kunstwerk niet of niet tijdig wordt gesloten, waardoor bij hoge waterstanden een overstroming optreedt. Voor dijktraject 36-4 geldt een taakstellende faalkanseis van 1/225.000 per jaar.

De vispassage bestaat uit meerdere bouwdelen: een betonnen vertical-slot vispassage aan de binnenzijde van de dijk, een duiker als dijkdoorlaat en een schuifhuis met hoogwaterkerende schuiven aan de buitenteen. Tijdens het grootste deel van het jaar is de vispassage geopend voor vismigratie tussen de Maas en de Roode Wetering. Bij een hoge waterstand op de Maas wordt het systeem gesloten volgens een 4-laagse aanpak:

- Functionele sluiting: De schuif in de inzwemconstructie aan de buitenzijde sluit bij geen vrije afvoer op de Maas.
- Hoogwatersluiting: Het schuifhuis met twee onafhankelijke schuiven sluit automatisch bij verwachte waterstanden boven NAP +2,2 m.

Succesvolle uitvoering van de 1^e laag is voldoende voor een veilige sluiting van het kunstwerk. Pas als de 1^e laag faalt, alle andere lagen ook falen en er sprake is van een overstroming is er sprake van falen sluiting.

4.2.1 Beoordeling

De faalkans per sluitvraag is bepaald op basis van een faalpadanalyse, waarbij de kansen op falen van de verschillende componenten zijn bepaald op basis van het faalpad. Voor de afzonderlijke schuif in de inzwemconstructie wordt een technische faalkans van 1/10.000 per vraag gehanteerd; voor het paar onafhankelijke schuiven in het schuifhuis 1/5.000 tot 1/30.000 per vraag. Onder de aanname dat de afhankelijkheid van deze twee schuiflocaties de faalkans met een factor 10 verhoogd, is de gecombineerde faalkans van de schuiven in de inzwemconstructie en het schuivenhuis 1/5.000.000 per vraag (zie Bijlage A).

Op basis van de betrekkinglijnen van de Maas uit 2023-2024 [4] is te stellen dat een buitenwaterstand hoger dan NAP + 2,2 meter in het heden circa 10 á 11 dagen per jaar voor komt. Aangenomen is dat deze 11 dagen verspreid zijn over 3 hoogwatergolven, waarmee een conservatief uitgangspunt voor de sluitvraag 3 x per jaar is. In geval van sluiting bij een hoogwater waterstand van NAP +2,2 m zijn er naar schatting 3 sluitvragen per jaar en is de taakstellende faalkans 1/675.000 per sluitvraag. De berekende faalkans is ruim kleiner dan deze waarde.

In het geval van een (conservatieve) sluiting bij een hoogwater waterstand van NAP+1,4 m zijn er naar schatting 15 sluitvragen per jaar. De geëiste faalkans per sluiting is dan 1/3.375.000. De berekende faalkans ligt ook nog onder deze waarde. Mocht het sluitpeil voor hoogwater worden verlaagd naar het peil waarbij de vispassage sluit (NAP +1,4 m), dan voldoet de kering vanwege zijn robuustheid dus nog steeds aan de taakstelling voor betrouwbaarheid sluiten.

4.2.2 Aandachtspunten

Met betrekking tot het behalen van de taakstelling voor betrouwbaarheid sluiten zijn er de volgende aandachtspunten:

- Er dient een duidelijk en compleet sluitprotocol aanwezig te zijn, waarin de sluitcriteria, verantwoordelijkheden en stappen helder zijn beschreven.
- De schuiven dienen zowel automatisch als handmatig bedienbaar te zijn. Er is een tweede, onafhankelijk aandrijfsysteem zoals een handslinger of boormachine aanwezig.

- De schuif in de inzwemopening is hoogwaterkerend uitgevoerd.
- Periodiek onderhoud, controles en sluitingstests worden minimaal twee keer per jaar uitgevoerd om de technische staat en werking van de schuiven en aandrijfsystemen te waarborgen.
- Er is een automatische meldfunctie (d.m.v. bijvoorbeeld debietmeting) die bij falen van een sluiting direct een signaal geeft aan de bedienpost, zodat snel kan worden ingegrepen.
- De organisatie rond de bediening en het onderhoud is goed afgestemd met de bemensing van Gemaal Gewande, aangezien beide systemen nauw samenwerken tijdens hoogwater.

Het naleven van deze aandachtspunten is essentieel om de faalkans van het niet sluiten van het kunstwerk binnen de gestelde waterveiligheidseisen te houden.

4.2.3 Conclusie

Het ontwerp van de vispassage voldoet ruimschoots aan de taakstellende faalkanseis voor betrouwbaarheid sluiten. Door de meerlaagse aanpak en redundantie in het systeem is het risico op falen van het sluiten van de vispassage zeer klein.

4.3 Piping bij kunstwerk (PKW)

In deze paragraaf is het faalmechanisme piping beoordeeld. Piping is het verschijnsel waarbij water onder een waterkering doorstroomt, met als gevolg het meenemen van zand en het ontstaan van ondergrondse kanaaltjes. Wat uiteindelijk kan leiden tot instabiliteit van de kering of het kunstwerk. De beoordeling is erop gericht om aan te tonen dat het kunstwerk voldoende beschermd is tegen piping en dat de betrouwbaarheid op dit mechanisme is aangetoond conform de geldende eisen.

De analyse is uitgevoerd volgens het model van Lane, waarbij specifiek is gekeken naar onderloopsheid. Door de dijkversterking en de aansluiting van het kunstwerk op het pipingscherm vanuit het oosten en westen, ontstaat een gesloten scherm langs het kunstwerk. Hierdoor is het niet nodig om achterloopsheid te beoordelen.

4.3.1 Beoordeling

Het faalmechanisme piping is geanalyseerd met de Lane methode. De taakstellende faalkanseis voor piping (PKW) is dan 1/3000. De waterstand van NAP +8,18 m behorend bij deze terugkeertijd voor 2130 is gehanteerd in de toetsing. Op basis van de Lane-formule, het maatgevende verval en het VO is de aanwezige kwelweg gecontroleerd (zie bijlage B). Rekening houdend met de lengte van de kwelweg en de creepfactor, voldoet de situatie aan de eisen. Door de aanleg van het kwelscherm tot een diepte van NAP -7,0 m is de kwelweg voldoende lang om piping te voorkomen. Daarmee wordt dus voldaan aan de taakstellende faalkanseis.

4.3.2 Aandachtspunten

De beoordeling is uitgevoerd op basis van de situatie in het VO. Bij het DO en UO moet de kwelweg opnieuw worden beoordeeld.

4.3.3 Conclusie

Op basis van het Voorlopig Ontwerp voldoet het kunstwerk aan de taakstellende eisen voor piping. Het faalmechanisme piping is afdoende onderzocht volgens de geldende richtlijnen en het Lane-model. Door de constructie van een pipingscherm tot NAP -7,0 m en is het risico op piping bij het gemaal Gewande voldoende beheerst.

4.4 Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)

In deze paragraaf is de sterkte en stabiliteit van het kunstwerk beoordeeld op basis van het Voorlopig Ontwerp (VO) en de bijbehorende constructieberekeningen (Bijlage C). De beoordeling richt zich op het aantonen dat de vispassage voldoet aan de relevante normen en dat de constructie voldoende robuust is voor de waterveiligheid. De uiteindelijke berekeningen voor het Definitief Ontwerp (DO) en Uitvoeringsontwerp (UO) is aan de aannemer.

Het kunstwerk bestaat uit een gesloten kokerconstructie en een schuivenhuis, uitgevoerd in C30/37 beton en B500B wapeningstaal. De ontwerplevensduur bedraagt 100 jaar en de gevolglasce is CC3. De milieuklassen zijn vastgesteld

op XC2, XF1 (uitwendig) en XC4, XF1 (inwendig), met een minimale dekking van 40 mm op de wapening. De constructie is getoetst aan de relevante Eurocodes, waaronder NEN-EN 1990, NEN-EN 1991, NEN-EN 1992, en NEN-EN 1995. Wind- en temperatuurbelastingen zijn niet beschouwd vanwege de geringe invloed op de constructie.

4.4.1 Beoordeling

De taakstellende faalkanseis voor sterkte en stabiliteit is 1/150.000 per jaar (Tabel 2-2). De bijbehorende beta-factor (β) is 4.35. Met behulp van figuur 37 uit de WOWK [a.] is op basis van deze beta-factor te herleiden dat de bijbehorende overschrijdingskans in het laatste levensjaar maximaal 1/5000 per jaar is. Bij het toetsen op sterkte en stabiliteit dient dus minimaal een waterstand met een terugkeertijd kleiner dan deze waarde te zijn gehanteerd.

In Bijlage C zijn de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis getoetst bij een extreme hoogwatersituatie met een terugkeertijd van 1/12500 per jaar (waterstand NAP +8,63 m). Dit is een hogere waarde dan de vereiste waterstand met een terugkeertijd van 1/5000 per jaar.

De dikte van de koker (wanden, vloer en dak) is in het voorontwerp op 500 mm ingetekend. Met deze dikte is in eerste instantie de berekening gemaakt. Ook is er naar optimalisaties (400 en 300 mm) van de betondoorsnede gekeken. De constructie is ontworpen op een lage en hoge bedding (3 en 10 MN/m³), passend bij zandgronden. Voor drie varianten van de kokerwanddikte (300, 400, 500 mm) zijn de interne momenten en dwarskracht berekend. De grootste momenten treden op bij de dikste variant en nemen af met dunnere wanden. Voor alle varianten is geen dwarskrachtwapening benodigd; hierdoor is een effectievere wapeningsconstructie mogelijk. Uit de analyse blijkt dat alle varianten op sterkte voldoen.

Opdrijven van de vispassage is niet van toepassing vanwege het grote eigen gewicht en voldoende gronddekking

De sterkte van de schuiven is niet specifiek getoetst. Bij de ontwerpdocumenten is aangegeven dat de te plaatsen schuiven een verval van meer dan 10 meter moeten kunnen keren. Dit is voldoende ten opzichte van de voorkomende waterstanden. Bij een waterpeil behorende bij een terugkeertijd van 1/12.500 en zichtjaar 2130 (NAP +8,63 m) en een lege duiker (NAP -0,75 m) is het maximale verval 9,38 m. Dit is kleiner dan de geëiste 10 meter verval.

4.4.2 Aandachtspunten

De verkennende beschouwing is gebaseerd op een enkele sondering. Voor het definitief ontwerp dient door de opdrachtnemer een volledig geotechnisch onderzoek te worden uitgevoerd

Het geotechnisch advies voor de fundering en de bouwwijze (mede in relatie tot de bouwkuip voor (hoogwater)veiligheid) dient door de opdrachtnemer te worden gemaakt om de berekeningen in het definitief ontwerp en het uitvoeringsontwerp verder uit te kunnen werken.

Opdrijven van de constructie is in deze memo niet beschouwd. De onderdelen die in deze memo zijn beschouwd, kunnen naar verwachting niet opdrijven vanwege het relatief grote eigen gewicht ten opzichte van het oppervlak. Daarnaast bevindt zich een bepaalde gronddekking op de constructie die dit ook tegengaat. De Opdrachtnemer van het UAV-gc contract dient voor de duiker en overige onderdelen van de vispassage / bouwkuip c.a. een oprijfberekening te maken en aantonen dat de constructie stabiel genoeg is.

Het effect van zettingen is in de analyse niet beschouwd. Het is van belang om te voorkomen dat er ongelijke zettingen optreden of dat wanneer die zouden kunnen optreden de effecten hiervan (zoals open voegen) niet optreden. Dit is met name van belang bij de aansluitingen van de constructie.

De uitvoeringsmethode is niet in de verkennende beschouwingen meegenomen en dienen bij het definitief ontwerp van de constructie beschouwd te zijn. Eventuele invloeden door de uitvoeringsmethode op de hoogwaterveiligheid dienen door de Opdrachtnemer inzichtelijk te worden gemaakt en verwerkt te worden in het definitief ontwerp.

De sterkte van de schuiven is via het contract geregeld (minstens 10 m waterkolom). De aannemer dient aan te tonen dat de gekozen schuiven daaraan voldoen.

4.4.3 Conclusie

Op basis van het Voorlopig Ontwerp voldoet het kunstwerk aan de taakstellende eisen voor sterkte en stabiliteit.

Uit de verschillende varianten van de duikerconstructie (500, 400 en 300 mm) blijkt dat alle onderzochte dikten voldoen aan de normen en richtlijnen en dat de benodigde wapening voor zowel sterkte als duurzaamheid (voor de wapening en beton) acceptabel is. Voor alle varianten is geen dwarskrachtwapening benodigd en hierdoor is een effectievere wapeningsconstructie te ontwerpen die voldoende betrouwbaarheid geeft met betrekking tot de faalkans van sterkte en stabiliteit.

5 Samenvatting en conclusies

De waterveiligheidstoetsing van de nieuwe vispassage bij gemaal Gewande toont aan dat het ontwerp voldoet aan alle gestelde eisen voor waterkering binnen dijktraject 36-4.

- **Hoogte (HTKW):** wordt verzorgd door de dijk; daarom is dit faalmechanisme niet nader beoordeeld.
- **Betrouwbaarheid sluiten (BSKW):** Met een meerlaags-sluitproces, redundante schuiven en uitgebreide onderhouds- en testprotocollen, voldoet het sluitingssysteem ruimschoots aan de faalkanseis van 1/225.000 per jaar.
- **Piping (PKW):** Door de aanleg van een pipingscherm tot NAP -7,0 m en de gunstige grondopbouw is het risico op piping afdoende beheerst en voldoet het ontwerp aan de geldende normen en faalkanseisen.
- **Sterkte en stabiliteit (STKWp):** De constructie van de duiker en het schuifhuis is getest bij extreme hoogwaterbelasting en een hogere dijkconstructie. Deze voldoet aan de relevante Eurocodes en faalkanseisen. Verschillende varianten van de wanddikte zijn beoordeeld en alle voldoen aan de sterkte- en stabiliteitseisen.

Kortom, het ontwerp van de vispassage is waterveilig en robuust.

Bijlage A Betrouwbaarheid sluiten

De faalkans-eis voor het faalmechanisme Betrouwbaarheid Sluiting is 1/225.000 per jaar. De kans op een overstroming door niet sluiten dient kleiner te zijn dan deze eis. Het faalmechanisme niet sluiten is een faalmechanisme dat bij kunstwerken speelt. Falen als gevolg van het faalmechanisme niet sluiten treedt op wanneer het instromende volume aan water door het geopende kunstwerk dusdanig groot is dat dit leidt tot substantiële schade en/of slachtoffers (een vuistregel is >20 cm water op straat binnen een postcodegebied).

De vispassage bestaat uit een aantal bouwdelen. Aan de binnenzijde van de dijk bevindt zich een betonnen vertical-slot vispassage. In de buitenteen van dijk staat het schuifhuis met hoogwaterkerende schuiven. De dijkdoorkruising zelf is gerealiseerd door middel van een duiker. De vispassage is een waterkerend kunstwerk dat onderdeel is van een groter dijktraject (36-4). De dijkdoorlaat faciliteert vismigratie tussen de rivier de Maas met de Roode Wetering en is het grootste deel van het jaar geopend. Dijktraject 36-4 kent een omgevingswaarde van 1/3.000 per jaar. De taakstellende faalkans-eis op doorsnede niveau bedraagt 1/225.000 per jaar op basis van $N = 3$.

Het streefpeil van de Roode Wetering is seizoen afhankelijk en bedraagt respectievelijk NAP +0,9 m en NAP + 1,3 m in het winter en zomerseizoen. De maximaal toelaatbare waterstand in het achterliggende kombergend gebied van de Roode Wetering bedraagt NAP +2,2 meter [3]. Als de buitenwaterstand op de Maas hoger is dan het peil van de Roode Wetering, wordt de doorlaat gesloten. Als de doorlaat niet sluit bij de sluitvraag zijn er twee scenario's mogelijk;

- Niet sluiting leidt tot een verhoogde binnenwaterstand lager dan het maximale toelaatbare peil van NAP +2,2 m.
- Niet sluiten leidt tot een binnenwaterstand hoger dan NAP +2,2 m en daarmee tot een overstroming.

Enkel in het tweede scenario is sprake van een overstroming en daarmee falen volgens de Waterwet. Niet sluiten in scenario 1 leidt tot een afwijking op het streefpeil. Dit is niet wenselijk maar vanuit waterveiligheid gezien wel toegestaan. Aan scenario 1 kan een minder strenge eis worden gesteld. Een logische invulling hierbij is het zoeken van aansluiting bij de eisen gesteld aan de berging van regenwater.

Faalpadanalyse

De faalpadanalyse is een methode om te komen tot een inschatting van de overstromingskans, gebaseerd op zogenaamde 'faalpaden'. Een faalpad beschrijft een opeenvolging van gebeurtenissen die leiden tot een overstroming. Bij de faalpaden aanpak geldt dat alle gebeurtenissen in het faalpad moeten optreden om een overstroming te veroorzaken.

De invulling van de waterveiligheid en de betrouwbaarheid sluiten is ingevuld met een 2-laags aanpak:

1. Functionele sluiting: bij regulier gebruik van de vispassage: De schuif in de inzwemconstructie aan buitenwaterzijde sluit in het geval er geen vrije afvoer meer mogelijk is op de Maas en het gemaal gaat pompen.
2. Hoogwatersluiting: sluitproces bij verwacht hoogwater. Het schuifhuis met 2 verticale schuiven sluit op het moment dat de verwachte waterstand op de Maas hoger wordt dan NAP +2,2 m.

De schuif in de inzwemconstructie wordt regelmatig geopend en gesloten in verband met het gebruik van de vispassage. Bij een waterstand op de Maas hoger dan NAP + 1,4 meter of een verval (van Roode Wetering naar de Maas) kleiner dan 0,1 meter, wordt de vispassage gesloten om instroming te voorkomen. Dit is geen hoogwatersluiting. Bij een reguliere sluiting ten behoeve van waterbeheer sluit de schuif in de inzwemopening. Deze schuif wordt op afstand aangestuurd maar kan ook handmatig worden gesloten met boormachine of handslinger. De schuif is zo ontworpen dat deze de maximale vervalsituatie aankan en dus ook hoogwaterkerend is. Op het moment dat hoogwaterkeren zich voordoet, is deze schuif vanwege de automatische sluiting bij een peil van NAP +1,4 al gesloten.

In het ontwerp is voorzien dat bij falen van sluiting tijdens de vispassagefunctie er automatisch een melding aan de bedienpost wordt gemaakt. Deze melding kan bijvoorbeeld zijn gekoppeld aan de debietmeter in het schuifenhuis, een sens op de stang van de schuif of middels visuele detectie (wegafstandsmeter). Bij een negatief debiet (in de richting van de Roode Wetering) dient er direct een signaal worden afgegeven, zodat er al vroegtijdig kan worden ingegrepen. Sluiten onder reguliere omstandigheden vindt in de uiterste situatie plaats bij een Maaswaterstand van NAP +1,4 m. Uitgaande van sluiting bij een Maaswaterstand van NAP + 1,4 meter, de eerdergenoemde maximaal toelaatbare binnenwaterstand van NAP + 2,2 meter en een stijgsnelheid van het buitenwater (Maas) van 0,75 meter

per etmaal (WBI Toetsing) bedraagt de beschikbare tijd voor herstel meer dan 24 uur. Dit is ruim voldoende tijd om eventuele maatregelen te treffen.

Bij een verwachte waterstand hoger dan de toelaatbare binnenwaterstand van NAP +2,2 m worden ook de schuiven in het schuivenhuis aan de buitenzijde van de dijk gesloten. Het schuifhuis is voorzien van een tweetal onafhankelijk aangedreven (electro)-mechanisch hefschuiven. De schuiven worden op afstand aangestuurd, maar kunnen ook handmatig worden gesloten met boormachine of handslinger. Bij een volledig functionerend systeem zijn bij hoogwater dus de schuiven in de inzwemconstructie en in het schuivenhuis beiden gesloten.

Gemaal Gewande wordt bij hoogwater 24/7 bemand waardoor mobilisatie voor de vispassage samenvalt met mobilisatie van Gemaal Gewande.

Schatting sluitfrequentie in verband met hoogwater

Op basis van de betrekkinglijnen van de Maas uit 2023-2024 [4] is te stellen dat een buitenwaterstand hoger dan NAP + 2,2 meter in het heden circa 10 á 11 dagen per jaar voor komt. Aangenomen is dat deze 11 dagen verspreid zijn over 3 hoogwatergolven, waarmee een conservatief uitgangspunt voor de sluitvraag 3 x per jaar is. In de toekomst, met enige effecten van zeespiegelstijging of verhoogde rivierafvoer, neemt het aantal sluitvragen per jaar en het aantal dagen met een buitenwaterstand hoger dan NAP +2,2 meter mogelijk toe.

Het moment van sluiten valt samen met het moment waarop bij Gemaal Gewande lozen onder vrij verval niet meer mogelijk is. Gemaal Gewande wordt bij hoogwater 24/7 bemand waardoor mobilisatie voor de vispassage samenvalt met mobilisatie van Gemaal Gewande.

Beschouwing betrouwbaarheid

De faalkans-eis voor het faalmechanisme Betrouwbaarheid Sluiting is 1/225.000 per jaar. Bij 3 sluitingen per jaar geeft dat een faalkans per vraag van 1/675.000 per vraag ($1,48 \times 10^{-6}$), namelijk de eis van 1/225.000 per jaar gedeeld door 3. Dit is een zeer strenge eis.

Op basis van het eerder beschreven faalpad is de faalkans op niet sluiten te bepalen aan de hand van de kans dat de schuif bij de inzwemconstructie faalt (en dus open staat), maal de kans dat de dubbele schuiven in het schuivenhuis falen.

De enkele hefschuif in de inzwemopening sluit automatisch en op regelmatige basis. Faalprocessen als alarmering, mobilisatie en bediening zijn daarom niet direct van toepassing. Voor een dergelijke schuif is in bijlage B van de WOWK [a.] als indicatie een faalkans van 1/10.000 per vraag gegeven. Om deze faalkans te behalen is het van belang dat:

- Er een onderhoudsplan aanwezig is
- Het keermiddel inclusief de aandrijfmechanismen minstens 2 keer per jaar wordt gecontroleerd en getest
- Ervaringen van controles, test en daadwerkelijke sluitingen worden teruggekoppeld en verbetering doorgevoerd in de mobilisatieregeling en het bedieningsprotocol
- Het afsluitmiddel op handkracht te sluiten is en een tweede aandrijfsysteem heeft
- Er in het sluitprotocol is geanticipeerd op het risico van belemmering

Bij toepassing van de werkwijze bepaling faalkans niet sluiten met behulp van scoretabellen (WBI) wordt voor een tweetal onafhankelijke hefschuiven een technische faalkans van 1/5.000 tot 1/33.000 per vraag gevonden. Bij de bovengrens van deze faalkans is van het volgende uitgegaan:

- Er is een onderhoudsplan aanwezig
- De keermiddelen inclusief de aandrijfmechanismen wordt minstens 2 keer per jaar gecontroleerd
- De sluiting wordt minstens één keer per jaar getest
- Ervaringen van controles, test en daadwerkelijke sluitingen worden teruggekoppeld en verbetering doorgevoerd in de mobilisatieregeling en het bedieningsprotocol
- Het afsluitmiddel is op handkracht te sluiten en heeft een tweede aandrijfsysteem
- In het sluitprotocol is er geanticipeerd op het risico van belemmering
- De tweede schuif in het schuivenhuis is onafhankelijk te bedienen van de eerste schuif

Bij een volledige onafhankelijkheid van de enkele hefschuif in de inzwemopening en de hefschuiven in het schuivenhuis is de gecombineerde maximale faalkans $1/50.000.000$ ($1/10.000 * 1/5.000$). Het falen van de schuiven op de twee locaties is door bijvoorbeeld het gebruik van dezelfde stroombron, dezelfde informatievoorziening en de afhankelijkheid van dezelfde operators niet volledig onafhankelijk. De exacte afhankelijkheid is vanwege het complexe systeem moeilijk in te schatten. Er is aangenomen dat deze afhankelijkheid de faalkans met een factor 10 vergroot. Wat dus neer komt op een gecombineerde faalkans van $1/5.000.000$ per vraag.

De bovengrens voor de faalkans per vraag is dus $1/5.000.000$ per sluitvraag. Daarmee wordt ruim voldaan aan de eis van $1/675.000$ per vraag.

Een waterpeil van NAP +1,4 m komt circa 45 dagen per jaar voor [4]. Uitgaande van hoogwatergolven van gemiddeld 3 dagen komt dit neer op 15 sluitingen per jaar. De eis van $1/225.000$ per jaar gedeeld door 15 geeft een faalkanseis van $1/3.375.000$ per sluitvraag. De berekende faalkans is ook nog kleiner dan deze waarde. Mocht het sluitpeil voor hoogwater worden verlaagd naar het peil waarbij de vispassage sluit (NAP +1,4 m), dan voldoet de kering vanwege zijn robuustheid dus nog steeds aan de eis voor betrouwbaarheid sluiten. De kering is daarmee "klimaatrobuust" uitgevoerd.

Bijlage B Memo – piping vispassage Gewande

ONDERWERP
Piping vispassage Gewande

PROJECTNUMMER
30217088

DATUM
21 januari 2026

ONZE REFERENTIE
1.0

VAN
Wiebe Janssen

AAN
Waterschap Aa en Maas

Aanleiding

Waterschap Aa en Maas dient in verband met de Kaderrichtlijn Water (KRW) haar objecten voor de waterhuishouding vispasseerbaar te maken. In 2016 is het tweede convenant beekmondingen tussen Rijkswaterstaat, waterschap Limburg en waterschap Aa en Maas ondertekend. Hierin is vastgelegd welke beekmondingen volgens de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) aangepakt moeten worden. Een van de beekmondingen is Hertogswetering/Roode Wetering bij gemaal Gewande.

Gemaal Gewande is in 1976-1979 gebouwd in het kader van de Ruilverkaveling Midden-Maasland en gerenoveerd medio 2010. Het zorgt voor de afwatering van een circa 30.000 hectare groot gebied van de grens van Limburg tot Waalwijk. Het gemaal is de 'monding' in de Maas van het stroomgebied van de Roode Wetering en de Hertogswetering. Ook het stroomgebied van de Hoefgraaf en Nieuwe Vliet wateren via de Roode Wetering af op de Maas. Daarmee vormt het gemaal een belangrijk vismigratieknelpunt. Om de afvoer van water jaar rond te garanderen én omdat het gemaal een fluctuerende buitenwaterstand kent, kan het gemaal onder vrij verval lozen en water opvoeren.

Bij het wordt een vispassage aangelegd. Deze bestaat uit een lange betonnen duikerconstructie met een schuivenhuis in de buitenkruin van de kering. In de binnenkruin wordt een damwandscherm aangebracht als kwelwegverlenging. In voorliggende notitie wordt gekeken naar eisen die vanuit piping gesteld kunnen worden aan dit scherm.



Figuur 1: Overzicht locatie gemaal Gewande met de locatie vispassage

Doel

Het doel van onderhavige memo is om te beoordelen of met de voorgestelde inbrengdiepte van het kwelscherm op NAP -7,0 m de waterkerende constructie (vispassage) voldoet aan onderloopsheid.

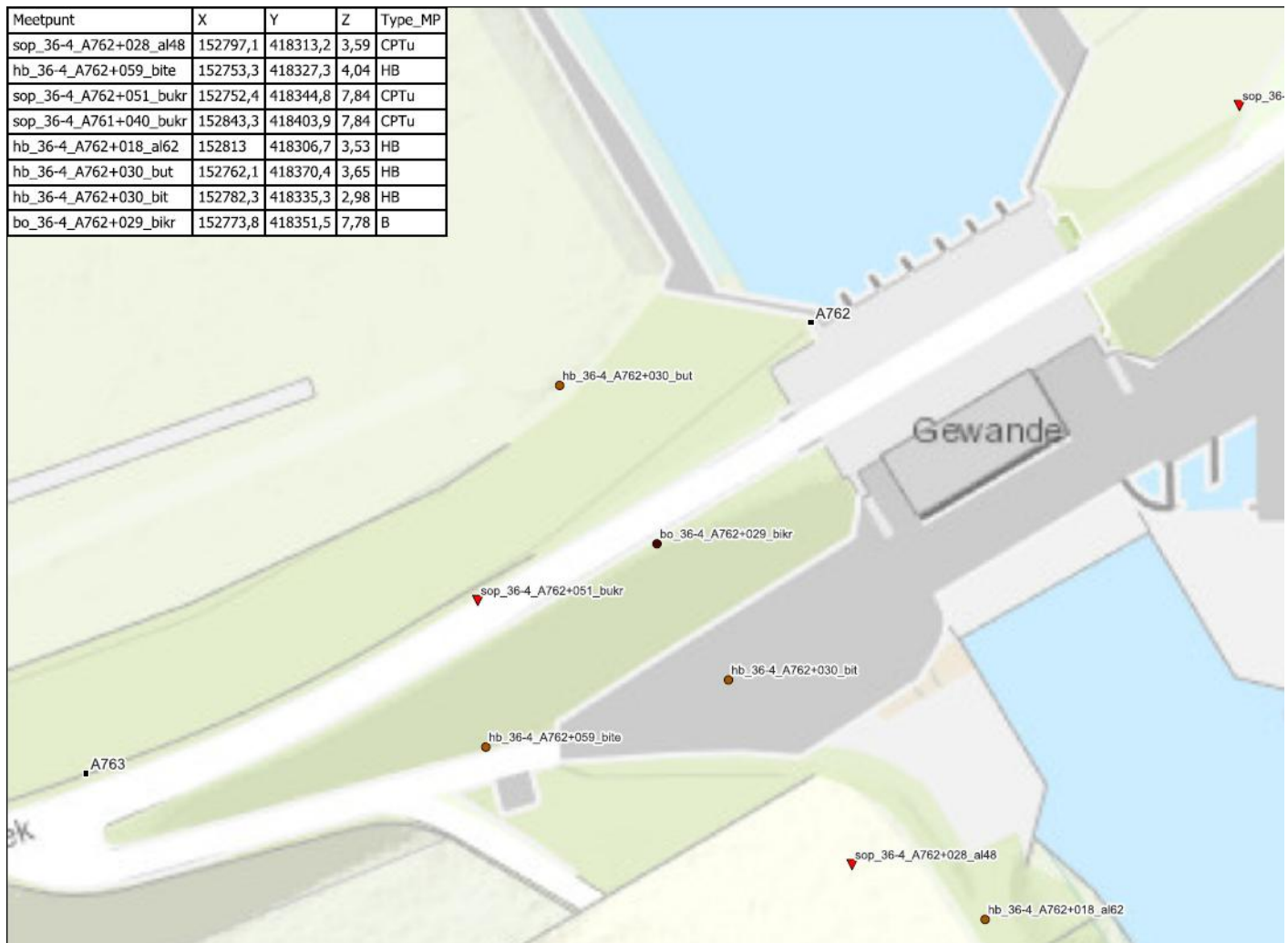
Voor achterloopsheid wordt geen toetsing uitgevoerd, omdat de dijkverterking Lith-Bokhoven een oplossing gaat kiezen waarin de duiker met dit kwelscherm in haar geheel wordt opgenomen in het ontwerp voor de pipingopgave.

Uitgangspunten

Voor de uitgevoerde piping analyse zijn uitgangspunten ten aanzien van de bodemopbouw, getechnische parameters en hydraulische belastingen van belang. Onderstaand zijn de gehanteerde uitgangspunten beschreven.

Bodemopbouw

Ter hoogte van de realiseren vispassage zijn twee sonderingen en en vijf boringen beschikbaar. In Figuur 2 zijn de beschikbare geotechnische onderzoeken weergegeven. In Bijlage A zijn de boringen zijn sonderingen toegevoegd.



Figuur 2: Geotechnische onderzoeken ter hoogte van gemaal Gewande

Uit de geotechnische onderzoeken blijkt dat een deklaag aanwezig is die van buitendijks naar binnedijks in dikte afneemt. Aan buitendijkse zijde is onderin veen aanwezig en ligt de onderkant op NAP -0,3 m. Onder de kruin bestaat de deklaag enkel uit klei en ligt de onderkant op NAP +0,2 m. In het achterland ligt de onderkant op NAP +0,5 m. Onder de deklaag is een dik watervoerend pakket aanwezig. In de sondering in het achterland (sop_36-4_A762+028_al48) is tussen NAP -14,0 en -16,0 m een afdekkende kleilaag aanwezig. Deze ontbreekt in de sondering onder de kruin.

Zandgrofheid

Van het zand direct onder de deklaag zijn monsters genomen tijdens de veldwerkzaamheden. In totaal zijn in het laboratorium zes zeefanalyses uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Resultaten zeefanalyse zandmonsters pipinggevoelige laag

Boring + monster	Diepte [m +NAP]	Mediane korrelfractie [μ m]	D70 [μ m]
bo_36-4_A762+029_bikr_16	0,28	233	304
bo_36-4_A762+029_bikr_18	-0,72	264	328
hb_36-4_A762+018_al62_103	0,52	197	273
hb_36-4_A762+018_al62_104	-0,48	240	302
hb_36-4_A762+030_but_101	-0,35	260	321
hb_36-4_A762+030_but_102	-1,35	268	329
Gemiddeld		245	310

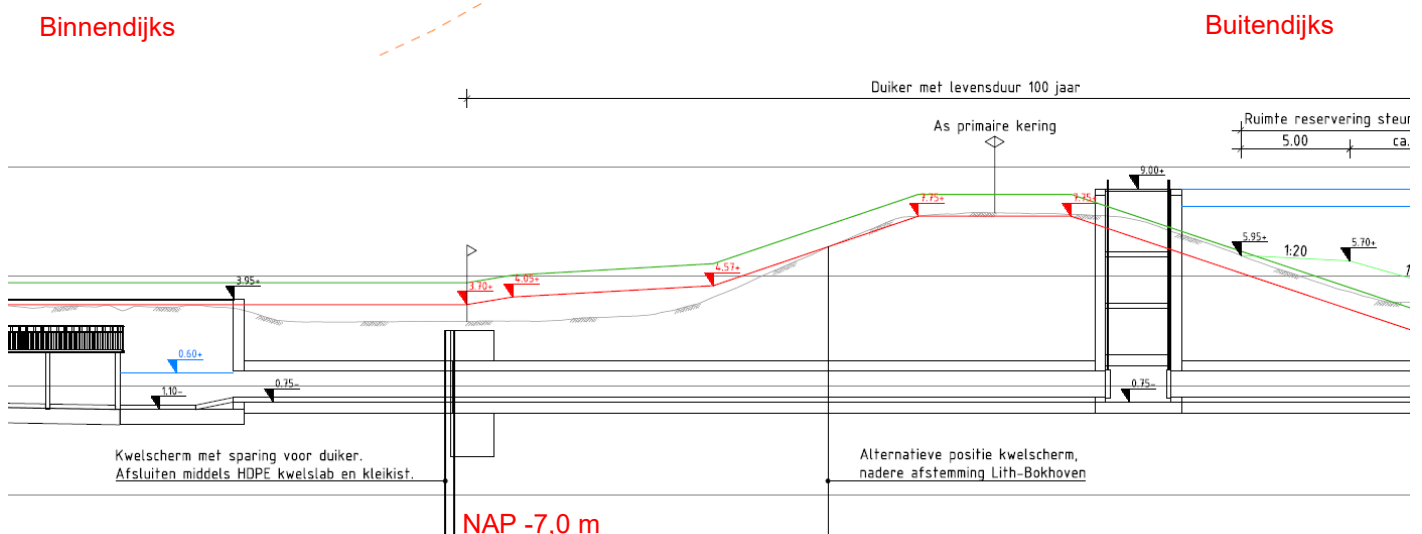
Hydraulische randvoorwaarden

De volgende relevante hydraulische randvoorwaarden zijn gehanteerd:

- Ter plaatse is de waterstand bij de norm ($1/3.000 =$ Omgevingswaarde) voor 2130 NAP +8,18 m;
- De waterstand aan de binnenzijde varieert tussen NAP -0,90 m (winterpeil) en NAP +1,30 m (zomerpeil);
- Het verval in de winter is hiermee maximaal NAP +8,18 – NAP-0,90 m = 9,08 m.

Constructie vispassage

De constructie van de vispassage is gemaakt van beton en bestaat voor het buitendijkse deel uit een koker van uitwendig 2,25 m breed en 2,40 m hoog. Binnendijks bestaat de constructie grotendeels uit een betonnen bak van circa 5,60 m hoog en 2,5 m breed. De onderkant van de betonconstructie ligt op circa NAP -1,0 m en daarmee onder de onderkant van de kleilaag. De totale lengte van de constructie is 150 m. Ten behoeve van de waterveiligheid van de waterkering en het waterkerende object wordt een kwelscherm aangebracht. In overeenstemming met het projectteam van dijkverbetering Lith-Bokhoven is diepte van het kwelscherm vastgesteld. Voor de positie van het scherm zijn nog twee mogelijkheden, maar voor de onderbouwing in deze memo is de precieze locatie minder relevant. Op basis van de diepte is beoordeeld of de constructie voldoet aan de gestelde eisen voor piping. De onderkant van het kwelscherm wordt aangebracht tot een diepte van NAP -7,0 m. In Figuur 3 is een doorsnede weergegeven van de vispassage met het kwelscherm aan binnendijkse zijde. In het binnentalud is de alternatieve positie voor het kwelscherm weergegeven.



Figuur 3: Uitsnede ontwerp vispassage

Pipinganalyse

Voor de analyse voor piping is enkel beoordeeld op onderloopsheid met het model van Lane. Aangezien door de dijkversterking vanuit het oosten en westen aangesloten wordt op het pipingscherm van de constructie ontstaat een doorlopend scherm. Derhalve hoeft niet beoordeeld te worden op achterloopsheid.

Op basis van de zeefanalyses is vastgesteld dat grond onder het kunstwerk is te classificeren als matig grof zand ($d_{50} = 245 \mu\text{m}$) zand. De creepfactor voor de regels van Lane bedraagt in dit geval $C_{\text{Lane}} = 6$.

Op basis van de formule van Lane en het maatgevende verval is de aanwezige kwelweg gecontroleerd.

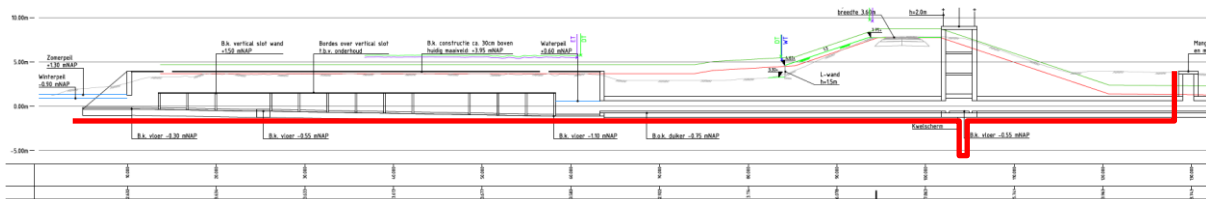
$$\Delta H_{\text{lane}} = \frac{\left(\frac{1}{3}L_h + L_v\right)}{C_{\text{Lane}}} \Rightarrow \left(\frac{1}{3}L_h + L_v\right) = \Delta H_{\text{lane}} \times C_{\text{Lane}} = 9,08 \times 6 = 55 \text{ m}$$

Scenario 1: totale lengte constructie

De totale lengte van de constructie is 150 m (inzwemopening buitendijks tot en met de uitzwemopening binnendijks) en het kwelscherm heeft een inbedding van 6 m in het zand, waardoor de totale verticale lengte 12 m is. Met een kwelscherm tot NAP -7,0 m wordt voldaan aan de eis voor onderloopsheid ($1/3 \cdot 150 + 12 = 62 > 55$).

Scenario 2: intrede bij het buitendijkse mangat

Een mogelijk andere kwelweg is dat er intrede plaatsvindt via de betonconstructie van het mangat in de nabijheid van het buitentalud (spleet tussen kleibekleding en beton). In dit scenario is de totale horizontale kwelweg 130 m.

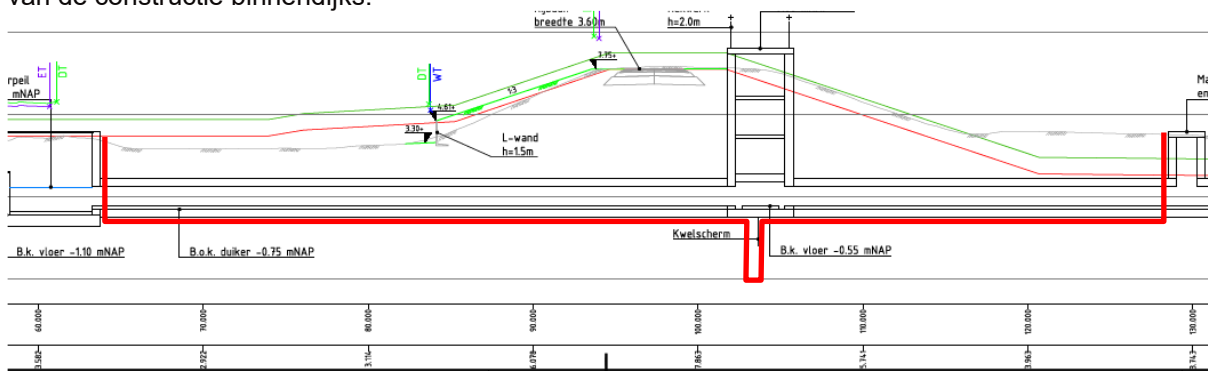


Figuur 4: kwelweglengte vanaf mangat tot en met uitzwemopening (binnendijks). Kwelscherm indicatief weergegeven

Voor onderloopsheid geldt dat intrede via de buitenzijde van het mangat tot onder de koker loopt en vervolgens de koker volgt. Bij het mangat is hiermee een verticale kwelweglengte van circa 4,5 m aanwezig. Met een kwelscherm tot NAP -7,0 m wordt voor dit scenario voldaan aan de eis voor onderloopsheid ($1/3 \cdot 130 + 16,5 = 59,8 > 55$).

Scenario 3: intrede buitendijkse mangat en uittrede maaiveld constructie binnendijks

Tot slot is de situatie beschouwd waarin intrede bij het mangat plaatsvindt en uitstroming op het maaiveld ter plaatse van de constructie binnendijks.



Figuur 5: kwelweglengte vanaf mangat tot en met begin vispassage (vertical slot) (binnendijks). Kwelscherm indicatief weergegeven

In dit geval is het maatgevende verval aanmerkelijk kleiner namelijk het verschil tot de waterstand bij de omgevingswaarde (NAP +8,18 m) en het maaiveld binnendijs (circa NAP +3,5 m). Daarmee is het verval $8,18 - 3,5 = 4,68$ m. De gewogen kwelweglengte voor Lane is hiermee $4,68 \times 6 = 28$ m.

De horizontale kwelweglengte is circa 65 m. Voor onderloopsheid geldt dat er twee verticale wegdelen zijn van circa 4,5 m. Met een kwelscherm tot NAP -7,0 m wordt voor dit scenario voldaan aan de eis voor onderloopsheid ($1/3 \times 65 + 21 = 42,6 > 28$).

Conclusie

In onderhavige memo is beoordeeld of de geadviseerde kwelscherm diepte voldoet aan de gestelde eisen voor onderloopsheid bij de waterkerende constructie. Er zijn drie scenario's beschouwd en in alle drie de scenario's is, uitgaande van een kwelscherm tot een diepte van NAP -7,0 m, de aanwezige kwelweg voldoende.

Beschrijfflocatie: VELD

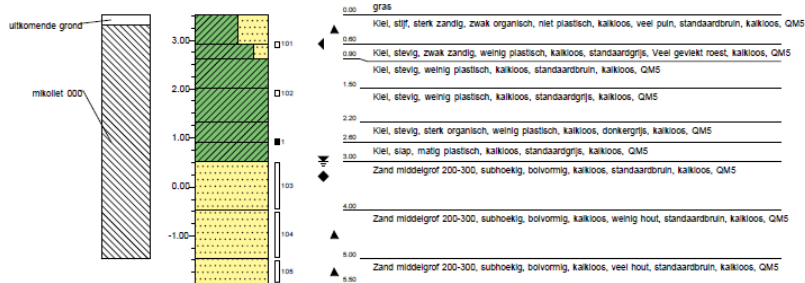
Boring: hb_36-4_A762+018_al62
 Uitvoering op: 25-9-2025
 Uitvoering door: Lbn
 Werknummer: HB123

Boornorm: NEN-EN-ISO 22475-1

Grondwaterstand [cm-mv]: 300
 GHG [cm-mv]: 60
 GLG [cm-mv]: 330

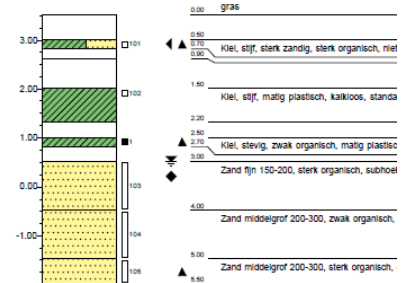
Identificatie conform NEN-EN-ISO 14688-1

x-coördinaat [m RD]: 152812,98
 y-coördinaat [m RD]: 418306,66
 Referentiehoogte [m]: 3.52 . N.A.P.
 Reden boring gestopt: Beperking technisch



Beschrijfflocatie: LABORATORIUM

Boring: hb_36-4_A762+018_al62



Beschrijfflocatie: VELD

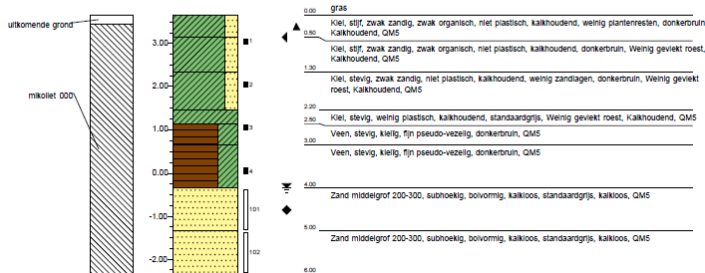
Boring: hb_36-4_A762+030_but
 Uitvoering op: 12-9-2025
 Uitvoering door: Lbn
 Werknummer: HB125

Boornorm: NEN-EN-ISO 22475-1

Grondwaterstand [cm-mv]: 400
 GHG [cm-mv]: 50
 GLG [cm-mv]: 450

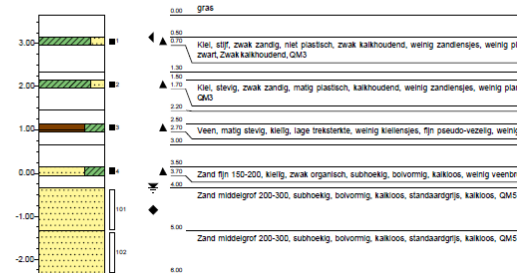
Identificatie conform NEN-EN-ISO 14688-1

x-coördinaat [m RD]: 152782,14
 y-coördinaat [m RD]: 418370,44
 Referentiehoogte [m]: 3.65 . N.A.P.
 Reden boring gestopt: Einddoel



Beschrijfflocatie: LABORATORIUM

Boring: hb_36-4_A762+030_but



Boring: hb_36-4_A762+030_bit

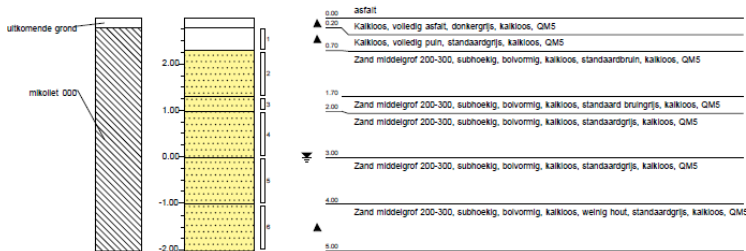
Uitvoering op: 13-11-2025
 Uitvoering door: Lbn
 Werknummer: HB124

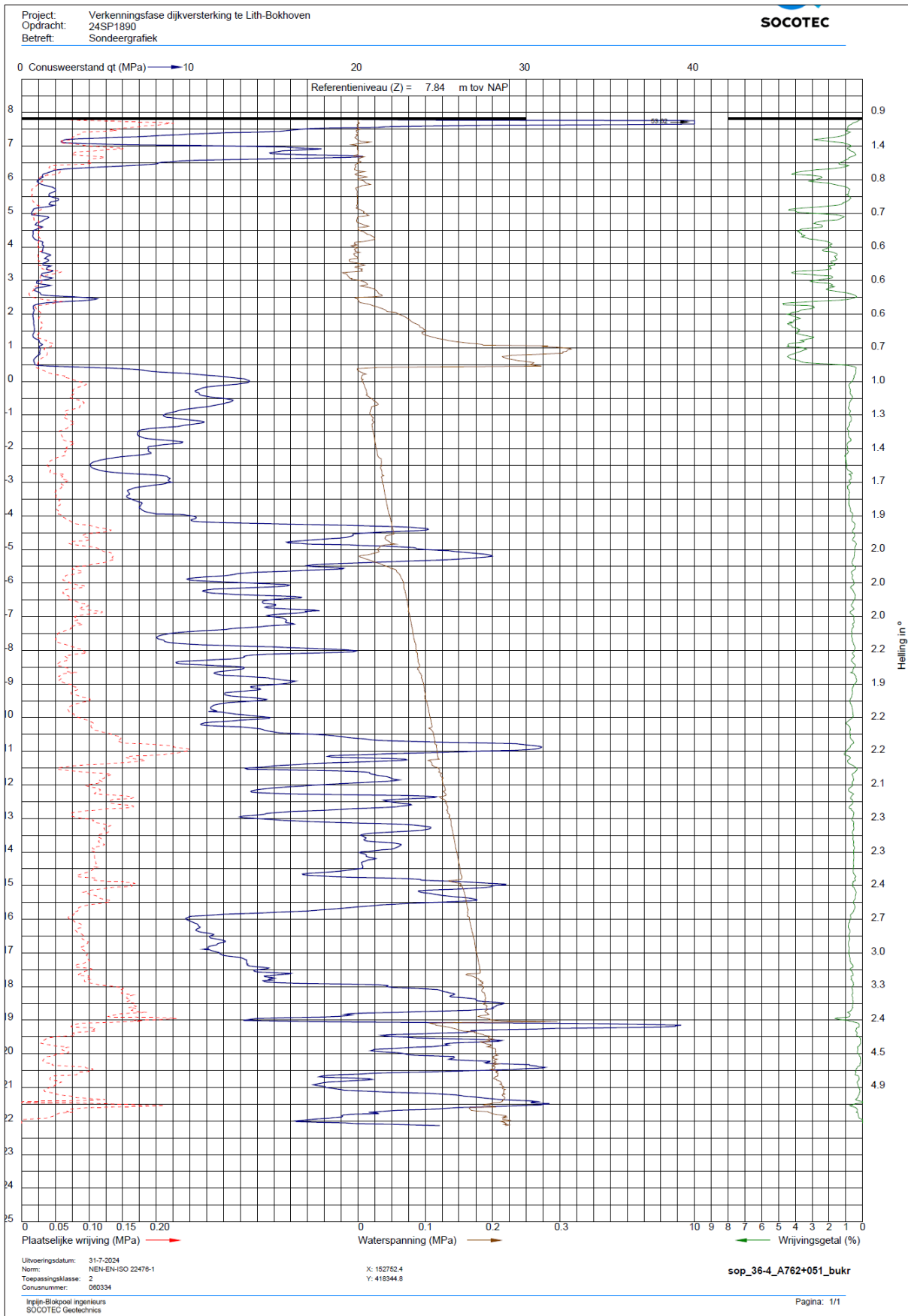
Boornorm: NEN-EN-ISO 22475-1

Grondwaterstand [cm-mv]: 300

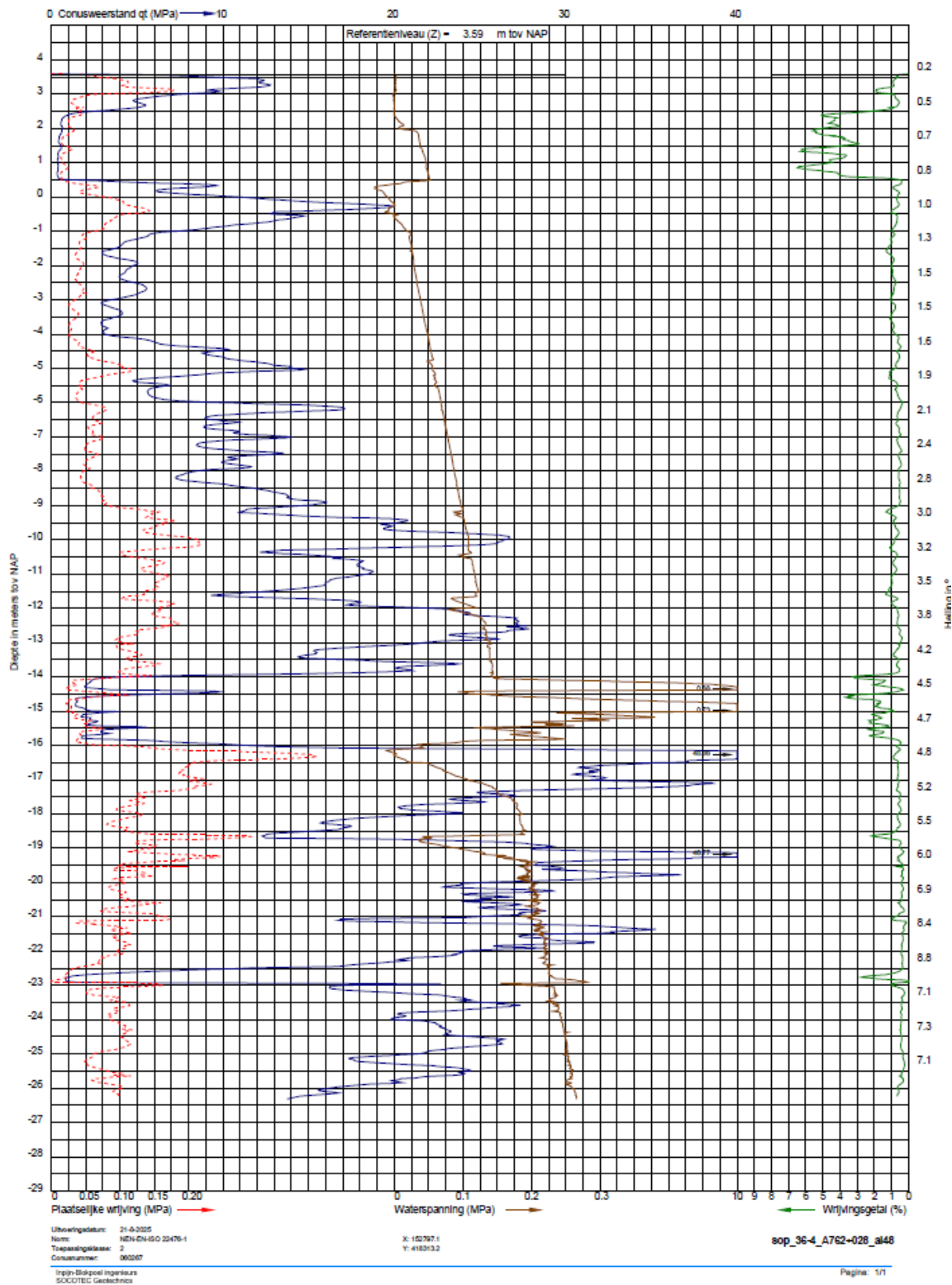
Identificatie conform NEN-EN-ISO 14688-1

x-coördinaat [m RD]: 152782,30
 y-coördinaat [m RD]: 418335,27
 Referentiehoogte [m]: 2.98 . N.A.P.
 Reden boring gestopt: Einddoel





Project: LUBO fase 2
Opdracht: 24SP1890-01
Betreft: Sondeergrafiek



Bijlage C Constructieberekeningen gemaal gewande

ONDERWERP

Vispassage gemaal Gewande: VO constructieberekeningen

PROJECTNUMMER

30217088

DATUM

14 januari 2026

ONZE REFERENTIE

P5JDCT2J2PR2-1439929986-2202:1.0

VAN

Hans Breteler

AAN

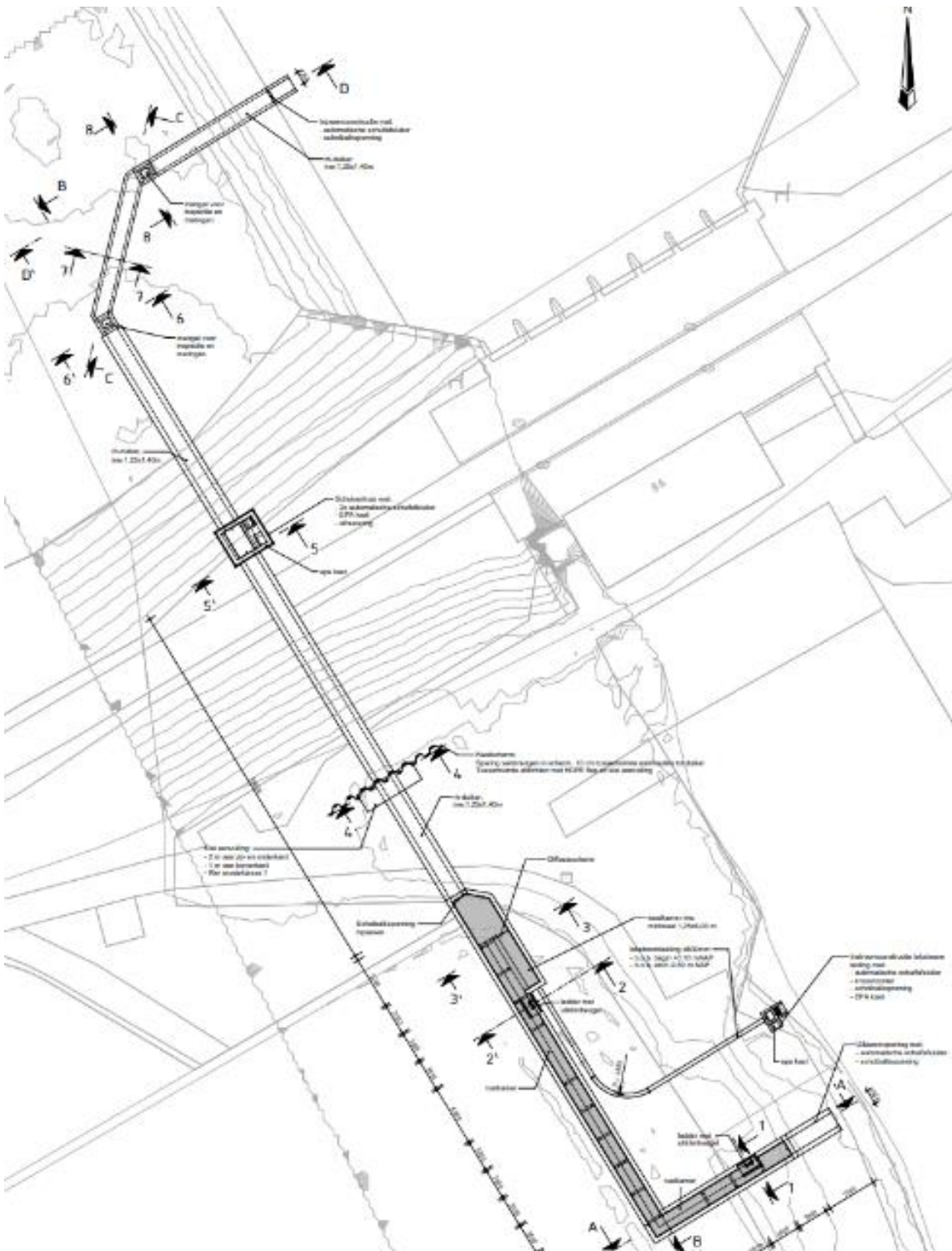
Projectteam vispassage gemaal Gewande

Inleiding

Waterschap Aa en Maas dient in verband met de Kaderrichtlijn Water (KRW) haar objecten voor de waterhuishouding vispasseerbaar te maken. In 2016 is het tweede convenant beekmondingen tussen Rijkswaterstaat, waterschap Limburg en waterschap Aa en Maas ondertekend. Hierin is vastgelegd welke beekmondingen volgens de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) aangepakt moeten worden. Een van de beekmondingen is Hertogswetering/Roode Wetering bij gemaal Gewande.

Gemaal Gewande is in 1976-1979 gebouwd in het kader van de Ruilverkaveling Midden-Maasland en gerenoveerd medio 2010. Het zorgt voor de afwatering van een circa 30.000 hectare groot gebied van de grens van Limburg tot Waalwijk. Het gemaal is de 'monding' in de Maas van het stroomgebied van de Roode Wetering en de Hertogswetering. Ook het stroomgebied van de Hoefgraaf en Nieuwe Vliet wateren via de Roode Wetering af op de Maas. Het gemaal vormt een belangrijk vismigratieknelpunt.

Het gemaal wordt vispasseerbaar gemaakt middels een aparte voorziening om het gemaal heen (en die dus geen gebruik maakt van de bestaande kokers in het gemaal). Op basis van de ligging van de Roode Wetering en de beschikbare ruimte wordt de westelijke oever benut.



Figuur: situatie gemaal gewande met de vispassage

Het gemaal wordt vispasseerbaar gemaakt in de periode dat de Roode Wetering hoger staat dan de Maas. Er is gekozen voor een Vertical Slot-vispassage.

In de memo wordt een constructief verkennende beschouwing gemaakt van de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis op basis van het Voorontwerp dat zich in de waterkering bevindt ten behoeve van de Vergunning Eigen Dienst (VED). De volledige constructieberekening wordt door Opdrachtnemer van het UAV-gc contract opgesteld.

Uitgangspunten

Algemeen

Gevolgklasse: CC3
Ontwerplevensduur: 100 jaar

Normen

Referentie	Nummer	Omschrijving
1.	NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019/NB:2019	Grondslagen van het constructief ontwerp
2.	NEN-EN 1991-1-1+C1+C11:2019/NB:2019	Belasting op constructies - Deel 1-1: Algemene belastingen - Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
3.	NEN-EN 1991-2+C1:2015/NB:2019	Belastingen op constructies - Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen
4.	NEN-EN 1992-1-1+C2:2011/NB+A1:2020	Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
5.	NEN-EN 1992-2+C1:2011/NB:2015	Ontwerp en berekening van betonconstructies - Betonnen bruggen - Regels voor ontwerp, berekening en detaillering
6.	NEN-EN 1995-1-1+C1+A1/NB:2013	Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-1: Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen

De normen voor wind en temperatuur worden niet beschouwd om de volgende reden:

- Windbelastingen worden ook niet beschouwd omdat het vlak waarop de wind werkt, zeer gering is.
- Temperatuur: de delen van de koker en de schacht hebben een grote gronddekking waardoor temperatuur en temperatuurswisselingen gering van invloed zullen zijn.

De vispassage wordt beschouwd als zijnde gebouwen conform de eurocode NEN-EN 1990 + NB.

Beton

Voor de betonkoker en het schuivenhuis wordt C30/37 beton toegepast.

Sterkte klasse	f_{ck} [N/mm ²]	f_{cm} [N/mm ²]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	E_{cm} [N/mm ²]	ϵ_{c3} [‰]	ϵ_{cu3} [‰]
C30/37	30,0	38,0	20,0	2,90	1,35	32800	1,75	3,50

Wapeningsstaal

Voor het wapeningsstaal wordt een B500B toegepast.

Sterkteklasse	$F_{s,rep}$ [N/mm ²]	F_s [N/mm ²]	E_s [N/mm ²]
B500B	500	435	200000

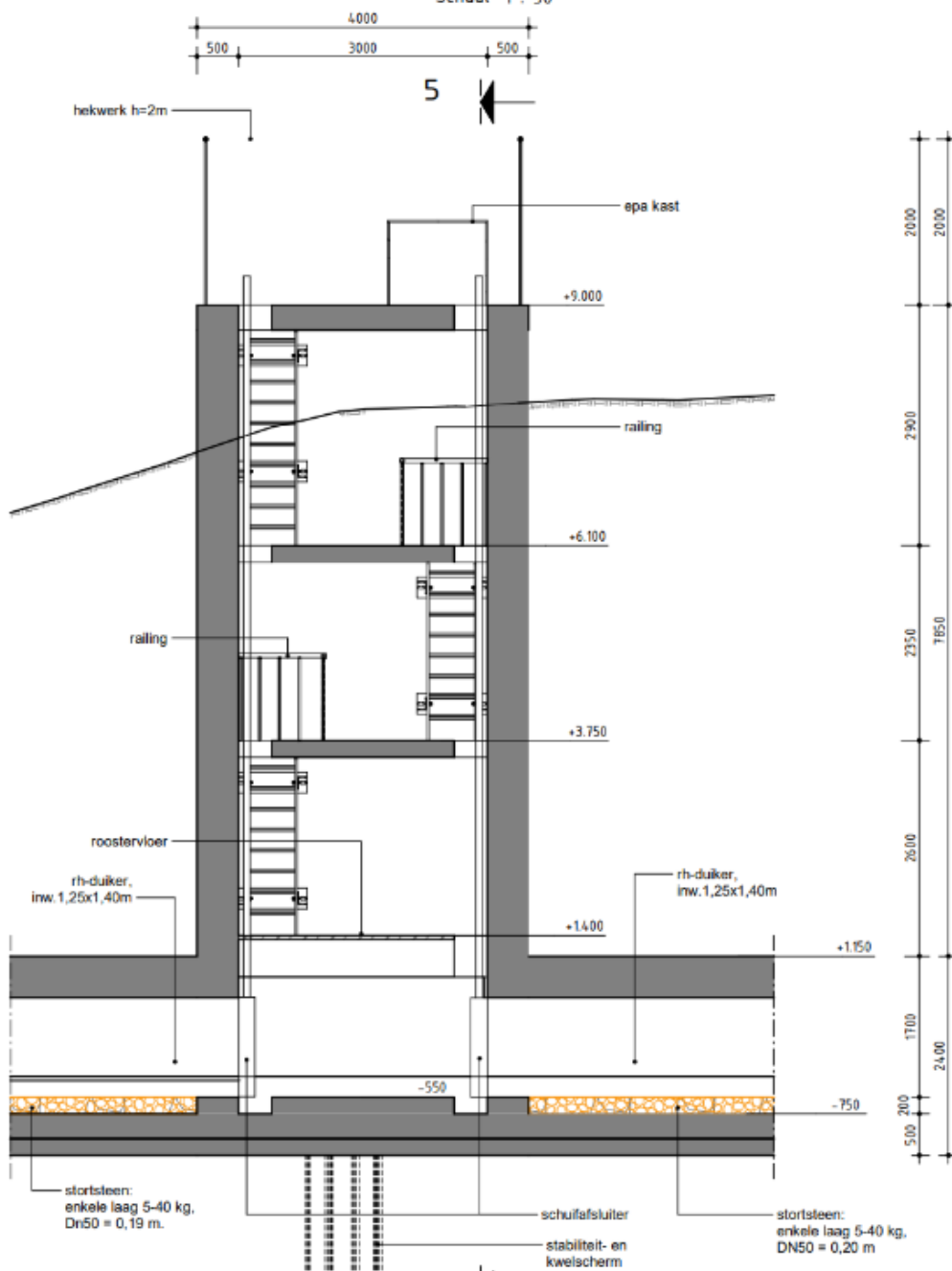
Milieuklasse, dekking en scheurwijdte

Plaatgeometrie: Ja.
Constructieve klasse: S5.
Milieuklasse uitwendig: XC2, XF1.
Milieuklasse inwendig: XC4, XF1.

Dekking uitwendig: min. 30 mm + 10 mm (Δ_{dev}) = 40 mm.
 Dekking inwendig: min. 35 mm + 5 mm (Δ_{dev}) = 40 mm.
 Voor de beschouwing wordt alle dekkingen op 40 mm gezet.

Geometrie

Voor de constructieve beschouwingen zijn alleen een deel van de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis bekeken. Het schuivenhuis is gesitueerd in de waterkering. De bovenkant van het schuivenhuis zit op NAP +9.00 meter.

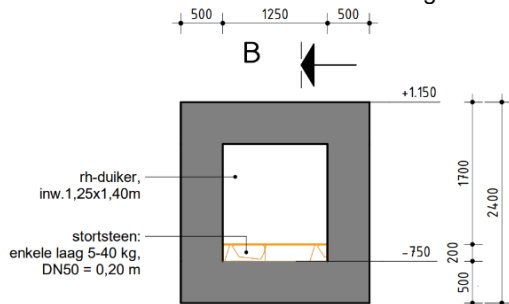


Figuur: doorsnede over het schuivenhuis.

In het schuivenhuis bevinden zich een aantal tussenvloeren (zie figuur met de doorsnede over het schuivenhuis). De gesloten kokerconstructie sluit aan op het schuivenhuis. De dikte van de wanden is 500 mm en van de tussenvloeren 200 mm getekend in het voorontwerp. Het dak heeft een dikte van 300 mm (zie VO-tekening: VGG-ARC-4901-REV-VERT-030). Het schuivenhuis heeft inwendige afmetingen van $b \times l = 3,45 \times 3,0$ meter.

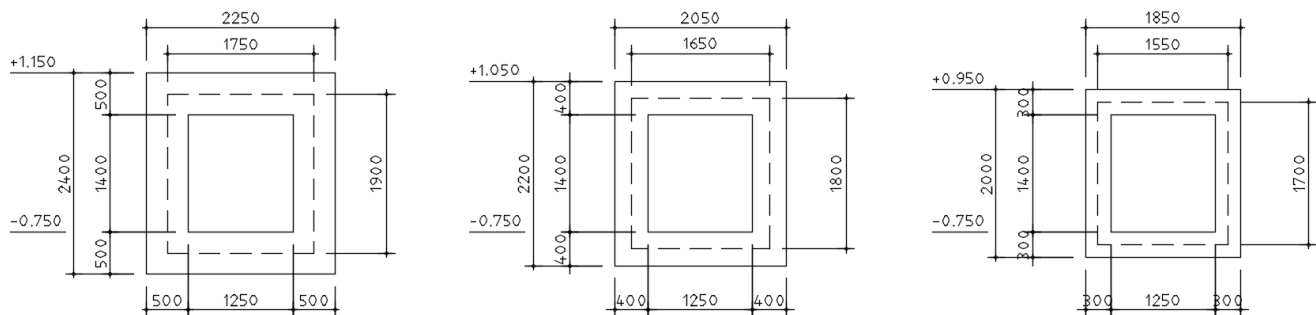
Standaarddoorsnede gesloten kokerconstructie:

De standaard doorsnede bestaat uit een gesloten koker met inwendige afmetingen van $b \times h = 1,25 \times 1,40$ meter.



Figuur: standaarddoorsnede van de gesloten kokerconstructie.

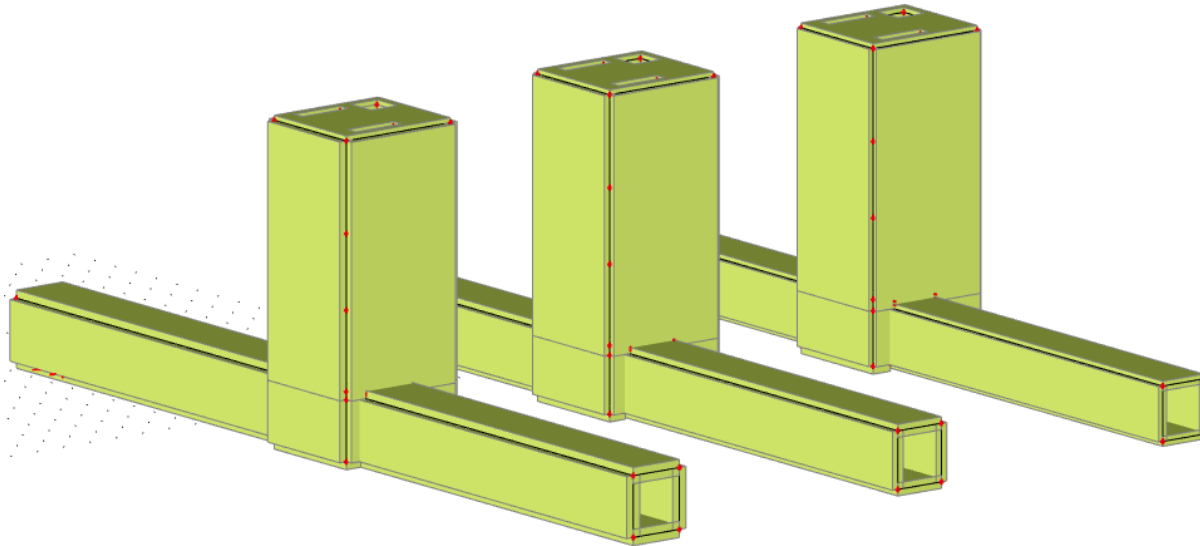
De dikte van de wanden, vloer en het dak is in het voorontwerp 500 mm getekend (zie VO-tekening: VGG-ARC-4901-REV-VERT-030). Met deze dikte (hetzelfde geldt voor het schuivenhuis) is in eerste instantie de berekeningen gemaakt. Ook is er naar optimalisaties van de betondorsnede gekeken. Er is met de betondikte gevarieerd waarbij de inwendige afmetingen zijn gerespecteerd. De variatie in de betondikte zijn 500 mm, 400 mm en 300 mm (zie onderstaande figuur).



Figuur: doorsnede gesloten kokerconstructie met verschillende dikte voor wanden, vloer en dak.

In de gesloten kokerconstructie komt steenbestorting te liggen met een laagdikte van 200 mm.

Model in SCIA Engineer:



Figuur: model in SCIA Engineer van deel gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis met verschillende wanddikten.

Belastingen

Stortsteen op de vloer van de kokerconstructie

Op vloer van de kokerconstructie komt stortsteen met een dikte van 200 mm te liggen.

Er is gerekend met een soortelijk gewicht van 20 kN/m^3 .

De belasting: $q_{\text{st}} = 0,2 \times 20 = 4 \text{ kN/m}^2$

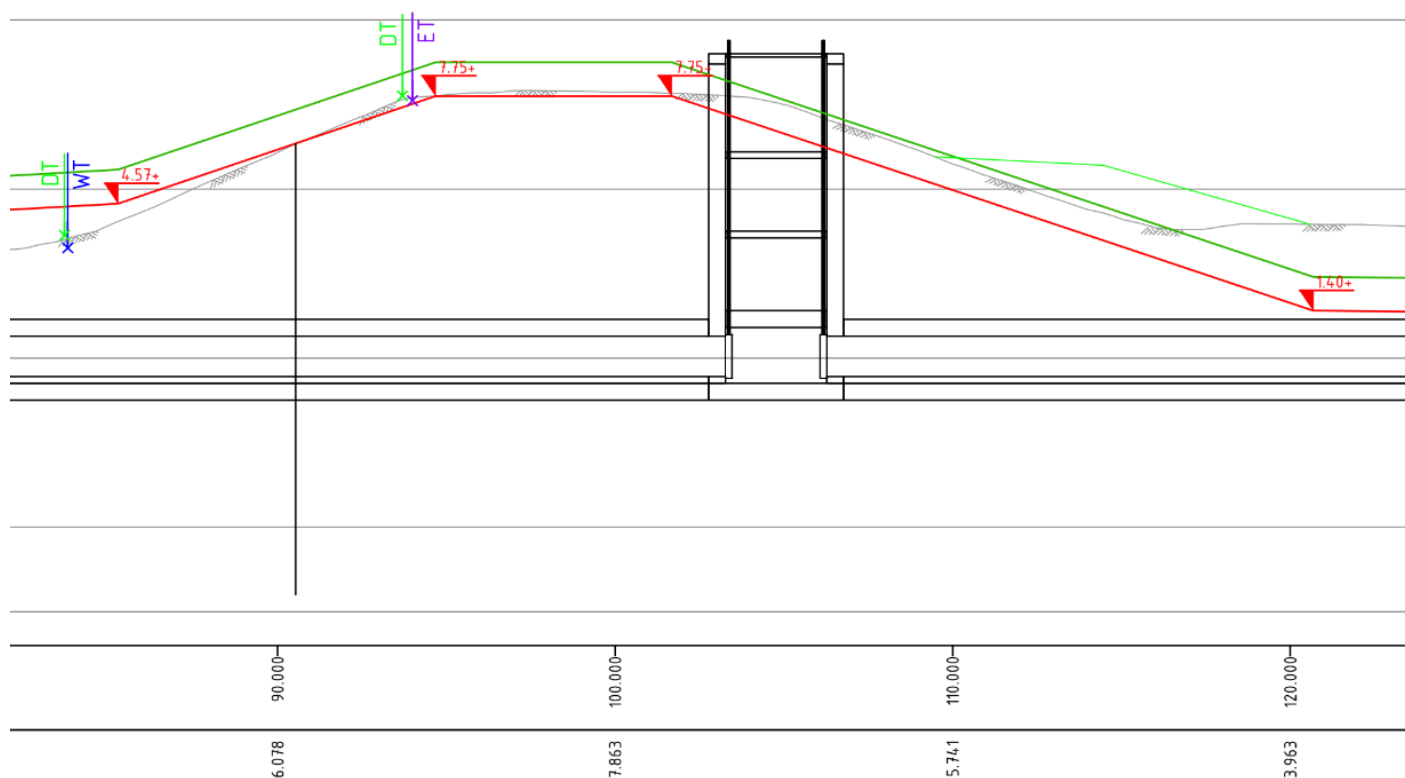
Gronddrukken

Voor de belastingen op de koker en de schacht worden een tweetal situaties beschouwd:

- Normale situatie
- Situatie met hoog water

Normale situatie:

Met de normale situatie wordt verstaan dat het waterpeil niet extreem hoog is in de Maas ca, NAP +0,40 m tot NAP + 1,30 m.



Figuur: doorsnede over de gesloten kokerconstructie en de waterkering (VO-tekening VGG-ARC-4211_CE-SIT-030).

In het bovenstaande figuur is een doorsnede getekend over de gesloten kokerconstructie en de waterkering staan een rode en een groene lijn weergegeven. De rode lijn is de lijn volgens profiel legger (762+ - 764+00) welke redelijk overeenkomt met het huidige maaiveld.

De groene lijn is de lijn volgens profiel van vrije ruimte (legger +1.00 m)

Het verloop van de taludlijnen aan weerszijden is 1 : 3. Dit verloop wordt gehanteerd bij de verkennende beschouwingen van de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis.

Voor de verkennende beschouwing wordt uitgegaan van de groene lijn. Deze lijn komt redelijk overeen met de opgave en uitwerking van de opgave van Dijkversterking Lith-Bokhoven ter plaatse van gemaal Gewande. Hier kan niet de volledige ophoging plaats vinden ter plaatse van het schuivenhuis- duiker:

Bovenkant van het talud (kruin kering) zit op NAP + 8.850 meter (= gelijk aan hart dak van het schuivenhuis).

Bij een talud van 1:3 wordt de hoogte aan de andere zijde van de schacht: NAP +7.510 meter.

Verticale gronddrukken op dak gesloten koker:

Zuidzijde (= Maaszijde):

- Bovenkant koker: NAP + 1.150 meter
- Bovenkant talud: NAP + 8.850 meter (locatie S1)
- Verloop talud naar: NAP + 6.760 meter (locatie S2)

Noordzijde:

- Bovenkant talud: NAP + 7.510 meter (locatie S3)
- Verloop talud naar: NAP + 3.180 meter (locatie S4)

Belasting zuidzijde:

Zuidzijde	NAP	BK talud	Waterpeil	h_{dr}	h_{nat}	$\gamma_{gr;dr}$	$\gamma_{gr;n}$	σ_v
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
S1	1,15	8,85	1,3	7,55	0,15	18	20	138,9
S2	1,15	6,76	1,3	5,46	0,15	18	20	101,28

Belasting noordzijde:

Noordzijde	NAP	BK talud	Waterpeil	h_{nat}	h_w	$\gamma_{gr;dr}$	$\gamma_{gr;n}$	σ_v
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
S3	1,15	7,51	8,63	6,36	7,48	18	20	138,4
S4	1,15	3,18	8,63	2,03	7,48	18	20	95,1

Deze belastingen geldt bij een constructie dikte van 500 mm. Bij de variatie in constructie dikte wijzigt ook de grondbelastingen op de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis omdat de bovenkant van de kokervloer op dezelfde hoogte dient te blijven. De belastingen door gronddrukken bij de verschillende constructiedikten zijn niet meer weergegeven in deze memo.

Horizontale gronddrukken tegen de wanden van de koker

Zuidzijde:

Hart dek: NAP +0.900 meter

Hart vloer: NAP -1.000 meter

zuidzijde	NAP	BK talud	Waterpeil	h_{dr}	h_{nat}	$\gamma_{gr;dr}$	$\gamma_{gr;n}$	K_n	σ_h
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[-]	[kN/m ²]
hart dek	0,9	8,85	1,3	7,55	0,4	18	20	0,5	74,0
Hart vloer	-1	8,85	1,3	7,55	2,3	18	20	0,5	102,5
hart dek	0,9	6,76	1,3	5,46	0,4	18	20	0,5	55,1
Hart vloer	-1	6,76	1,3	5,46	2,3	18	20	0,5	83,6

Noordzijde:

Noordzijde	NAP	BK talud	Waterpeil	$h_{nat;gr}$	h_w	$\gamma_{gr;dr}$	$\gamma_{gr;n}$	K_n	σ_h
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[-]	[kN/m ²]
hart dek	0,9	7,51	8,63	6,61	7,73	18	20	0,5	110,4
Hart vloer	-1	7,51	8,63	8,51	9,63	18	20	0,5	138,9
hart dek	0,9	3,18	8,63	2,28	7,73	18	20	0,5	88,7
Hart vloer	-1	3,18	8,63	4,18	9,63	18	20	0,5	117,2

Belastingcombinaties

ULS:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$

SLS:

Frequente combinatie:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

Quasi-blijvende combinatie (voor vervormingen)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.16b)$$

Belastingfactoren

Momentaanfactoren

Tabel NB.2 – A1.1 — ψ -factoren voor gebouwen

Belasting	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Voorgeschreven belastingen in gebouwen, categorie			
Categorie A: woon- en verblijfsruimtes	0,4	0,5	0,3
Categorie B: kantoorruimtes	0,5	0,5	0,3
Categorie C: bijeenkomstruimtes	0,6/0,4 ^a	0,7	0,6
Categorie D: winkelruimtes	0,4	0,7	0,6
Categorie E: opslagruimtes	1,0	0,9	0,8
Categorie F: verkeersruimte, voertuiggewicht ≤ 25 kN	0,7	0,7	0,6
Categorie G: verkeersruimte ^b , 25 kN < voertuiggewicht ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Categorie H: daken	0	0	0
Industrieel gebruik waarbij de veranderlijke belasting:			
— niet langdurig aanwezig is	0,5	0,5	0,3
— langdurig aanwezig is	1,0	0,9	0,8
Sneeuwbelasting	0	0,2	0
Belasting door regenwater	0	0	0
Windbelasting	0	0,2	0
Temperatuur (geen brand)	0	0,5	0

^a De waarde 0,6 geldt voor delen van het gebouw die in geval van een calamiteit zwaar kunnen worden belast door een mensenmenigte (vluchtroutes, trappen enz.); de waarde 0,4 geldt in overige gevallen.

^b Met verkeersruimte wordt in dit geval een ruimte bedoeld waar voertuigen kunnen rijden, bijvoorbeeld parkeergarages.

Tabel NB.5 — Partiele factoren voor gevolgklassen 1 en 3 voor belastingen (STR/GEO)
(groep B)

CC	Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
		Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
1	(Vgl. 6.10a)	1,2 $G_{k,jsup}$ ^a	0,9 $G_{k,jinf}$		1,35 $\psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,35 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ ($i > 1$)
	(Vgl. 6.10b)	1,1 $G_{k,jsup}$ ^b	0,9 $G_{k,jinf}$	1,35 $Q_{k,1}$		1,35 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ ($i > 1$)
3	(Vgl. 6.10a)	1,5 $G_{k,jsup}$ ^a	0,9 $G_{k,jinf}$		1,65 $\psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,65 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ ($i > 1$)
	(Vgl. 6.10b)	1,3 $G_{k,jsup}$ ^b	0,9 $G_{k,jinf}$	1,65 $Q_{k,1}$		1,65 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ ($i > 1$)

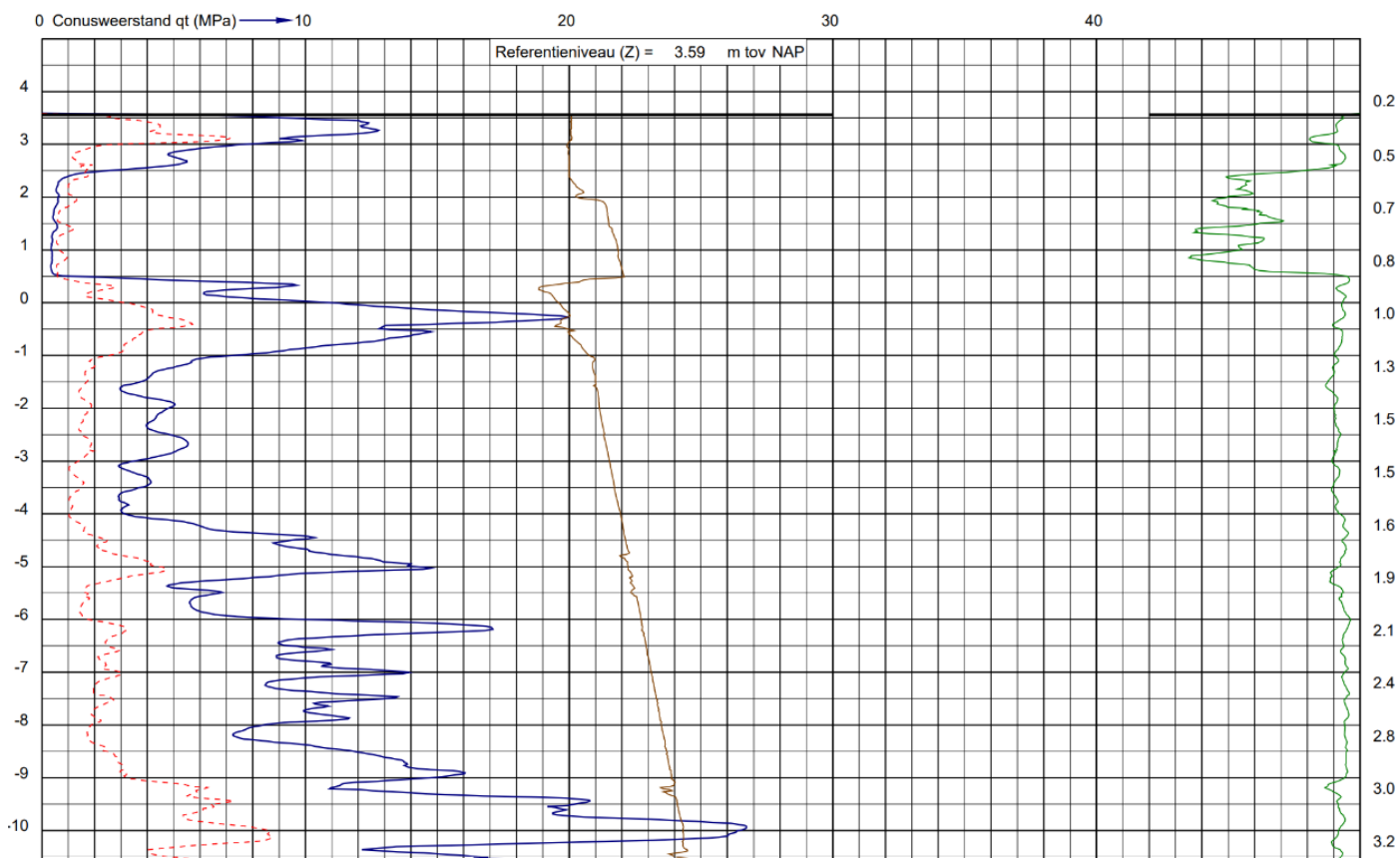
^a Bij vloeistofdrukken met een fysiek beperkte waarde mag zijn volstaan met 1,1 $G_{k,jsup}$ bij CC1 en met 1,35 $G_{k,jsup}$ bij CC3.

^b Deze waarde is berekend met $\xi = 0,89$.

Beschouwingen

Geotechniek:

Er zijn twee sonderingen beschikbaar in deze beschouwing. Eén sondering is gemaakt in de primaire kering en in één sondering binnedijs, in het achterland ter hoogte van het “vertical slot”, gelegen buiten de beschermingszone van de kering. In deze beschouwing is de “minder goede” sondering aangehouden om de uitersten in beeld te krijgen.



Figuur: sondering sop_36-4_A762+028_al48

De deklaag is zand met daaronder een kleilaag. Het zandpakket begint op ca. NAP +0.50 meter. De pakking van het zandlagen op NAP -1.00 meter is ongeveer 5 MPa en loopt tot ca. NAP -6.00 meter.

De onderkant van de betonconstructie zit op NAP -1.250 meter. De constructie zal waarschijnlijk in een bouwkuip met onderwaterbeton (met trekankers) gebouwd worden. Indien er 1 meter onderwaterbeton wordt gerekend is de onderkant van de constructie (-1,25 -0,15 - 1,0 =) ca. NAP -2.40 meter.

Het zandpakket waarop gefundeerd wordt, heeft niet een hele dichte pakking en kan bij hoge belastingen nog worden samengedrukt. De bestaande waterkering zit ook op dit zandpakket en levert een veel grotere belasting dan de nieuwe vispassage. Het verwijderen van de grond en aanbrengen van de nieuwe constructie en aanvullingen levert een lagere belasting op dan in de huidige situatie. De bestaande waterkering ligt er jaren. De meeste zettingen zijn al opgetreden door de belastingen uit de bestaande waterkering. Op basis hiervan kan men concluderen dat de fundatierisico's voor de constructie niet erg groot zullen zijn.

Verschilvormingen / zakkingen zullen ook gering zijn omdat de bestaande waterkering al een tijdje (minimaal al 35 jaar op de huidige hoogte) op de ondergrond ligt. De zettingen door de waterkering zijn voor het grootste deel al opgetreden. Hierdoor zullen ook de verschilvormingen voor de constructie ook minimaal zijn.

Betonconstructie:

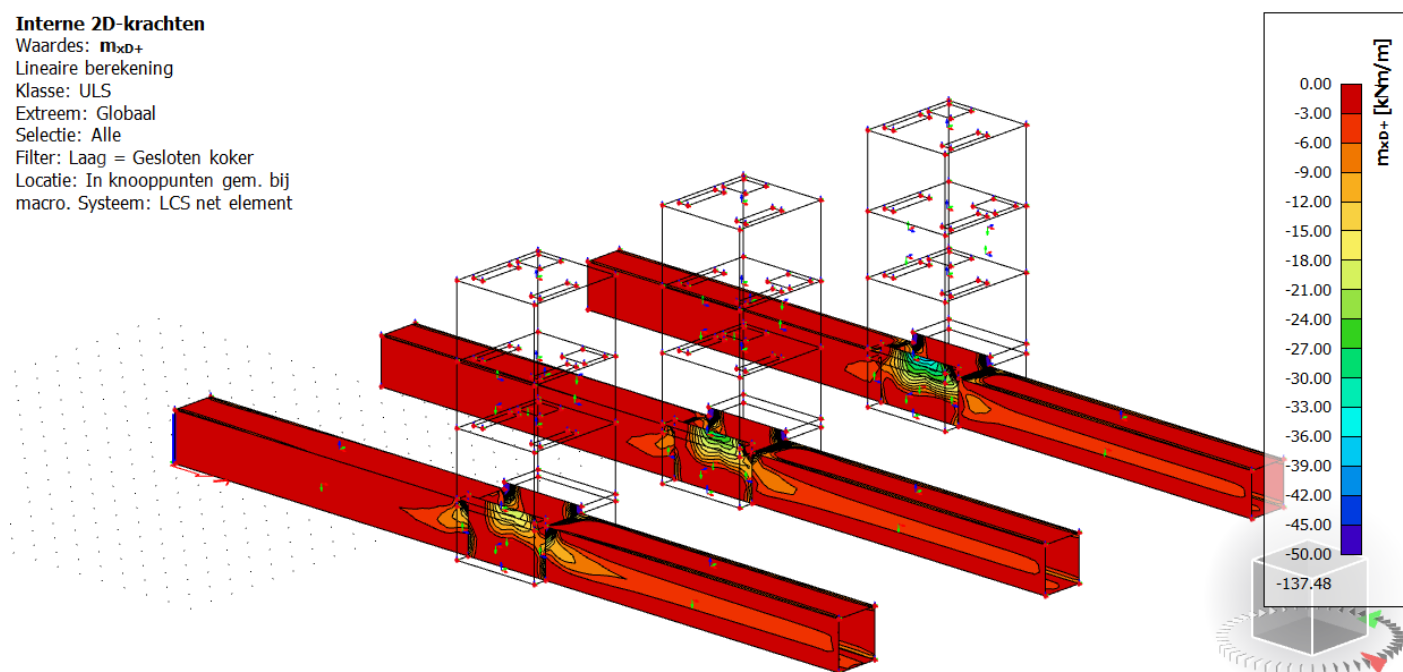
Voor de verkennende beschouwing van de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis zijn een aantal vereenvoudigingen en aannamen gedaan. De constructie is op een bedding gezet (eventuele interactie met palen is niet beschouwd, verwachte invloed zal gering zijn). Om de gevoeligheid van de constructie te toetsen is met een lage bedding (3 MN/m³) gerekend en een keer met een hoge bedding van 10 MN/m³. Voor zandgronden zijn dit reële waarden voor de te hanteren beddingen (bij de definitieve berekeningen dient de aannemer de beddingen te bepalen). Alleen de wapeningsmomenten in de UGT en de dwarskrachten zijn weergegeven in deze memo.

Opdrijven van de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis is niet beschouwd. Deze onderdelen kunnen niet opdrijven vanwege het relatief grote eigen gewicht ten opzichte van het oppervlak. Daarnaast bevindt zich een bepaalde gronddekking op de constructie die dit ook tegengaat.

Gesloten kokerconstructie: lage bedding:

Interne 2D-krachten

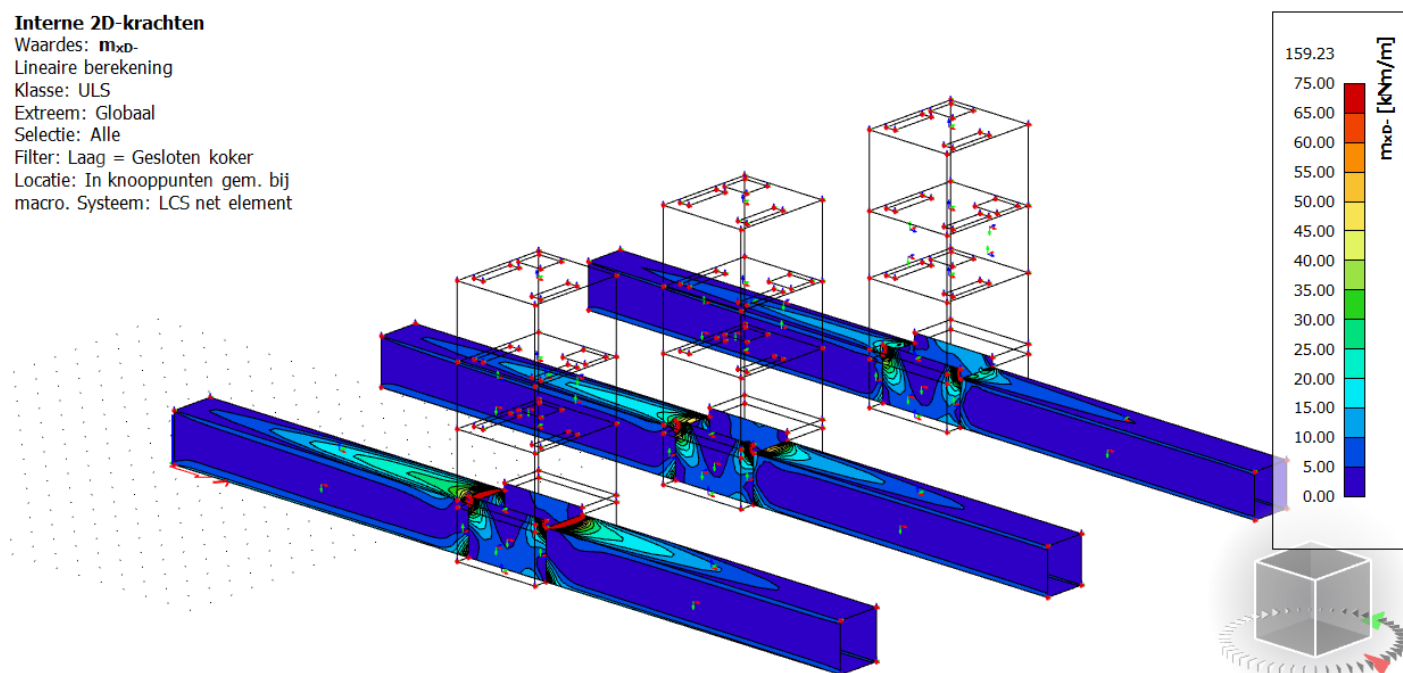
Waardes: m_{x0+}
Lineaire berekening
Klasse: ULS
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Laag = Gesloten koker
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{x0+}

Interne 2D-krachten

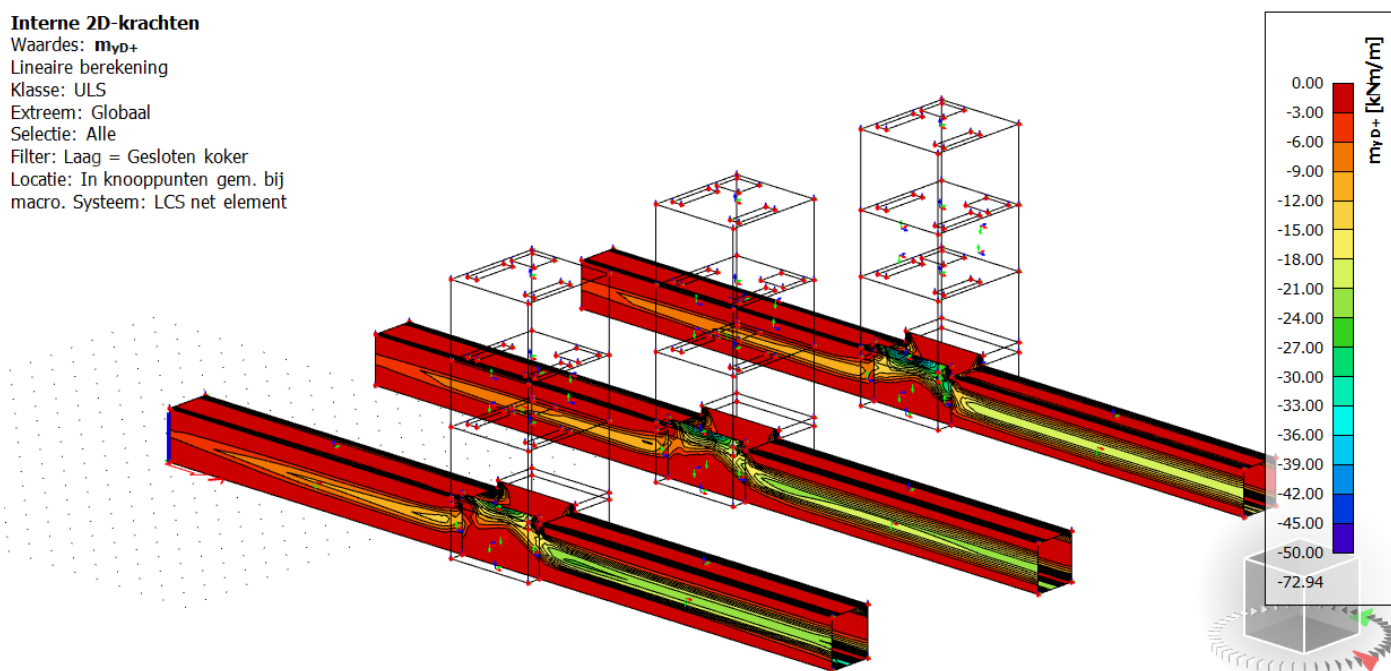
Waardes: m_{x0-}
Lineaire berekening
Klasse: ULS
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Laag = Gesloten koker
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{x0-}

Interne 2D-krachten

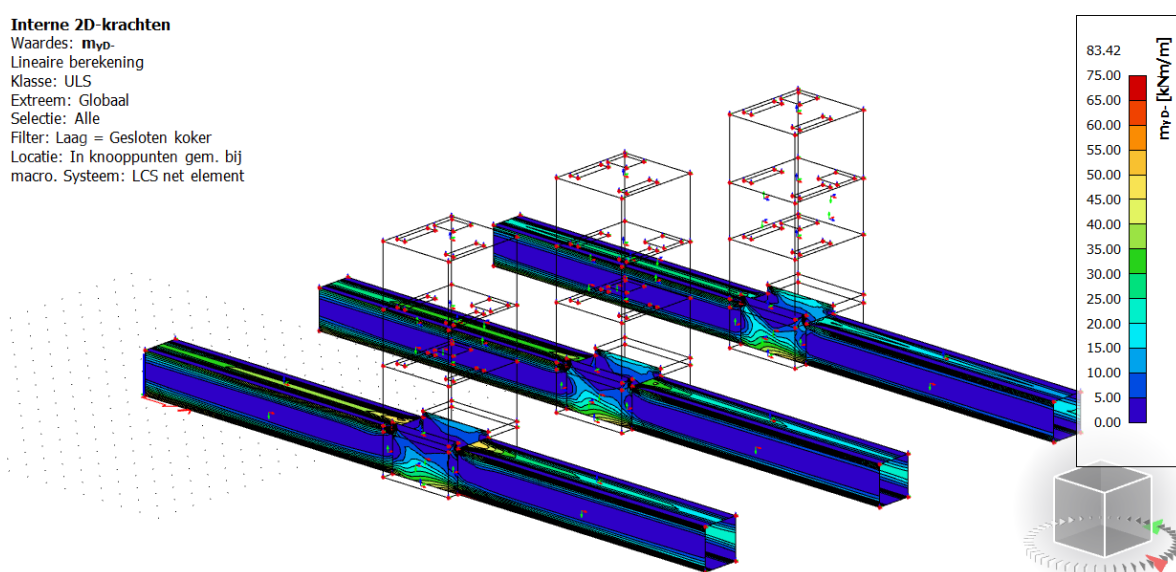
Waardes: m_{yD+}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: $MyD+$

Interne 2D-krachten

Waardes: m_{yD-}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: $MyD-$

In de constructie levert moment M_{xD-} de grootste momenten op.

Voor dikte 500 mm: M_{xD-} = ca 100 kNm/m (UGT) en M_{xD-} = ca 68 kNm/m (BGT)

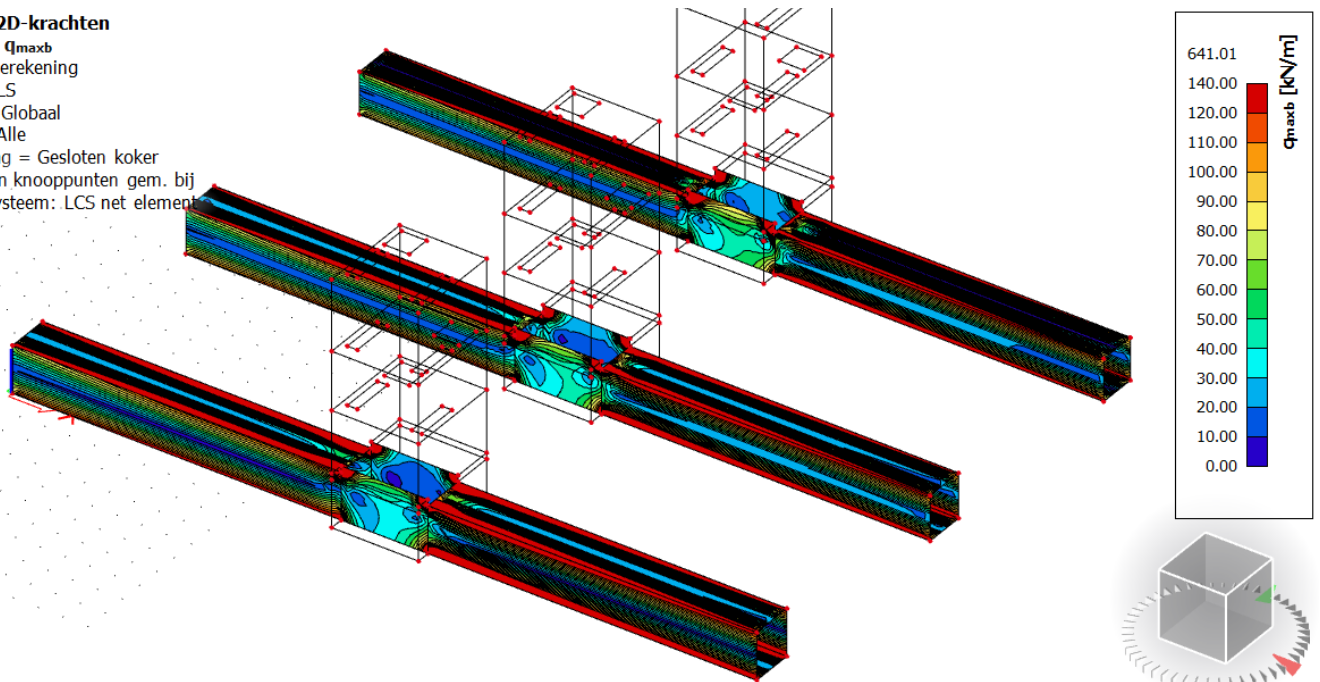
Voor dikte 400 mm: M_{xD-} = ca 50 kNm/m (UGT) en M_{xD-} = ca 35 kNm/m (BGT)

Voor dikte 300 mm: M_{xD-} = ca 30 kNm/m (UGT) en M_{xD-} = ca 20 kNm/m (BGT)

Dwarskracht

Interne 2D-krachten

Waardes: q_{maxb}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: q_{maxb}

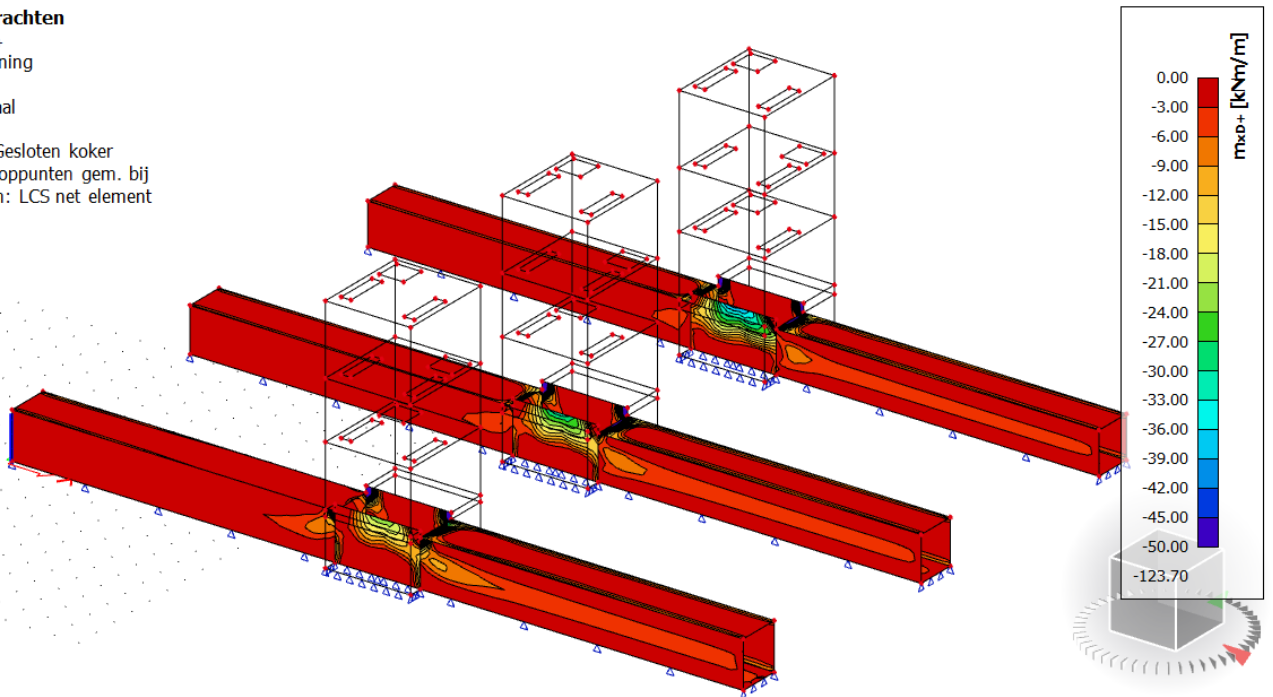
Maximaal opneembare dwarskracht bij een betondikte van 300 mm is ca 140 kN.

Uit de berekening blijkt dat iedere dikte voldoende capaciteit heeft om de dwarskracht op te nemen. Er is geen extra dwarskracht wapening benodigd in de gesloten kokerconstructie voor alle varianten.

Gesloten kokerconstructie: hoge bedding

Interne 2D-krachten

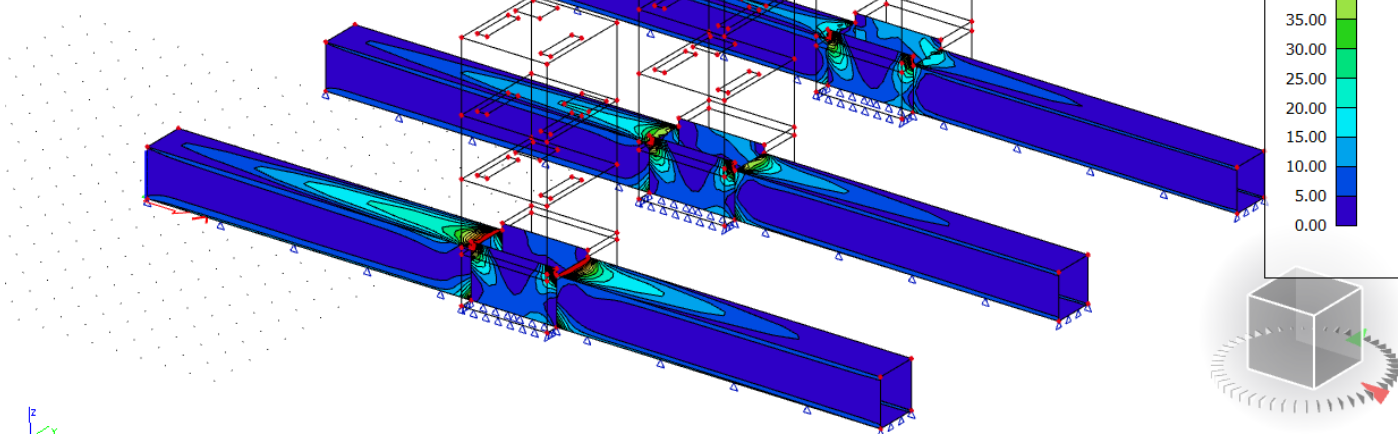
Waardes: m_{xD+}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: m_{xD+}

Interne 2D-krachten

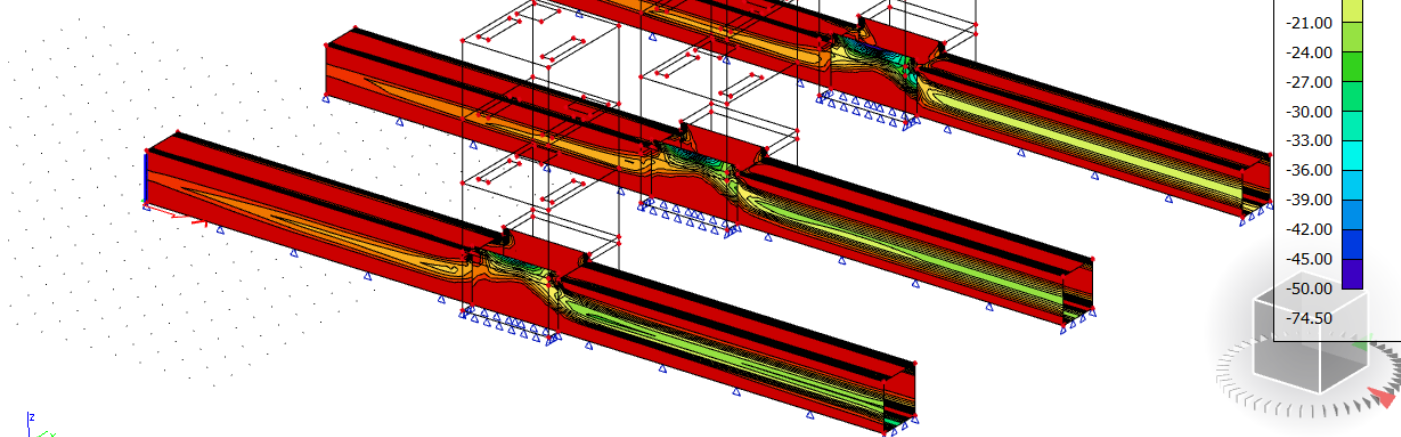
Waardes: m_{x0-}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{x0-}

Interne 2D-krachten

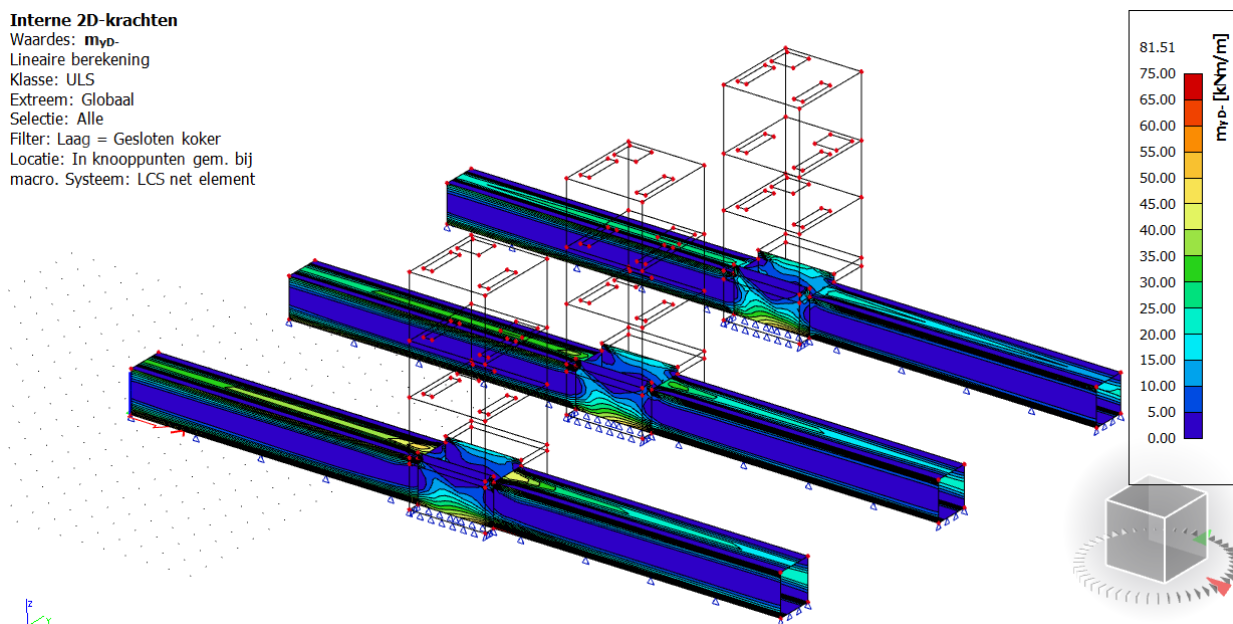
Waardes: m_{y0+}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{y0+}

Interne 2D-krachten

Waardes: m_{yD}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{yD}

In de constructie levert moment M_{xD} de grootste momenten op.

Voor dikte 500 mm: M_{xD} = ca 85 kNm/m (UGT) en M_{xD} = ca 57 kNm/m (BGT)

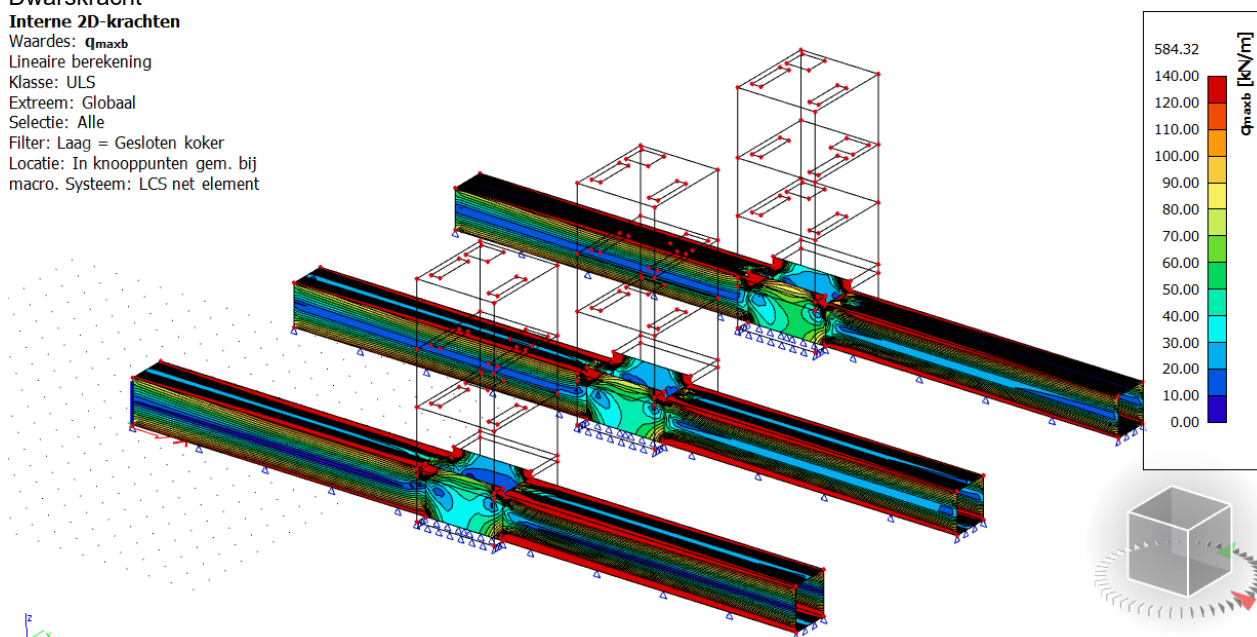
Voor dikte 400 mm: M_{xD} = ca 45 kNm/m (UGT) en M_{xD} = ca 32 kNm/m (BGT)

Voor dikte 300 mm: M_{xD} = ca 25 kNm/m (UGT) en M_{xD} = ca 18 kNm/m (BGT)

Dwarskracht

Interne 2D-krachten

Waardes: q_{maxb}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Gesloten koker
 Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element



Figuur: q_{maxb}

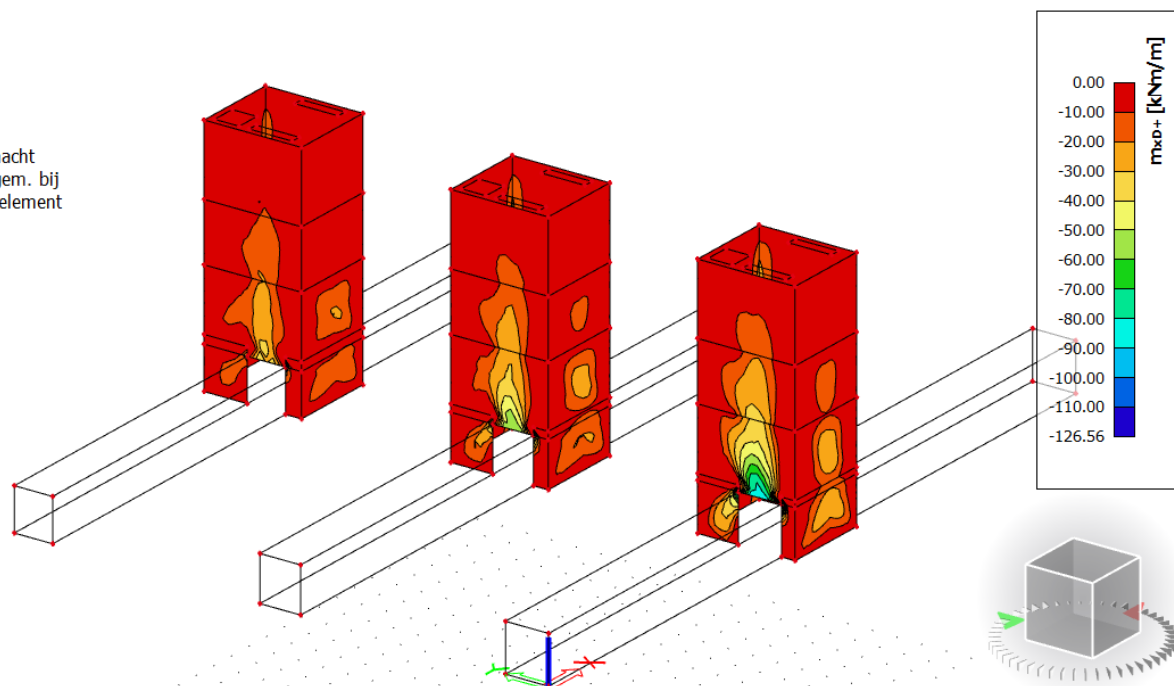
Maximaal opneembare dwarskracht bij een betondikte van 300 mm is ca 140 kN.

Uit de berekening blijkt dat iedere dikte voldoende capaciteit heeft om de dwarskracht op te nemen. Er is geen extra dwarskracht wapening in de gesloten kokerconstructie benodigd.

Schuivenhuis: lage bedding

Interne 2D-krachten

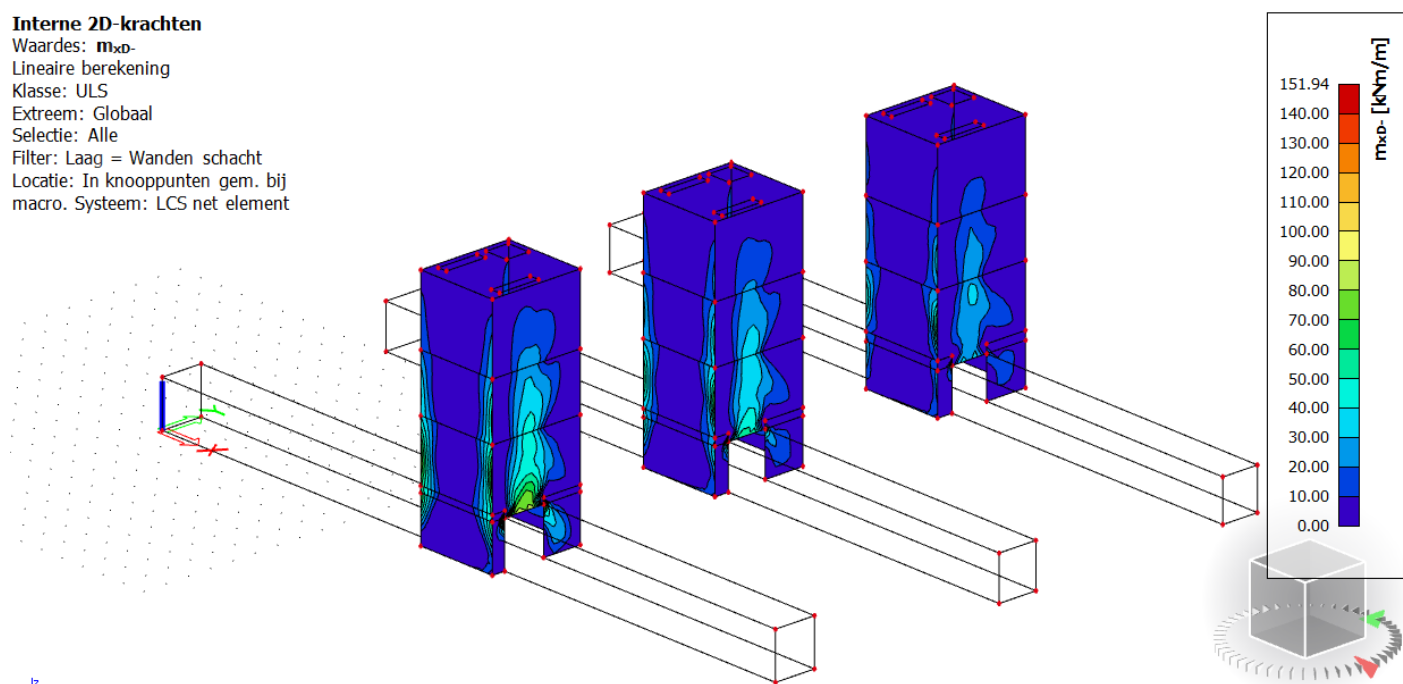
Waardes: m_{x0+}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{x0+}

Interne 2D-krachten

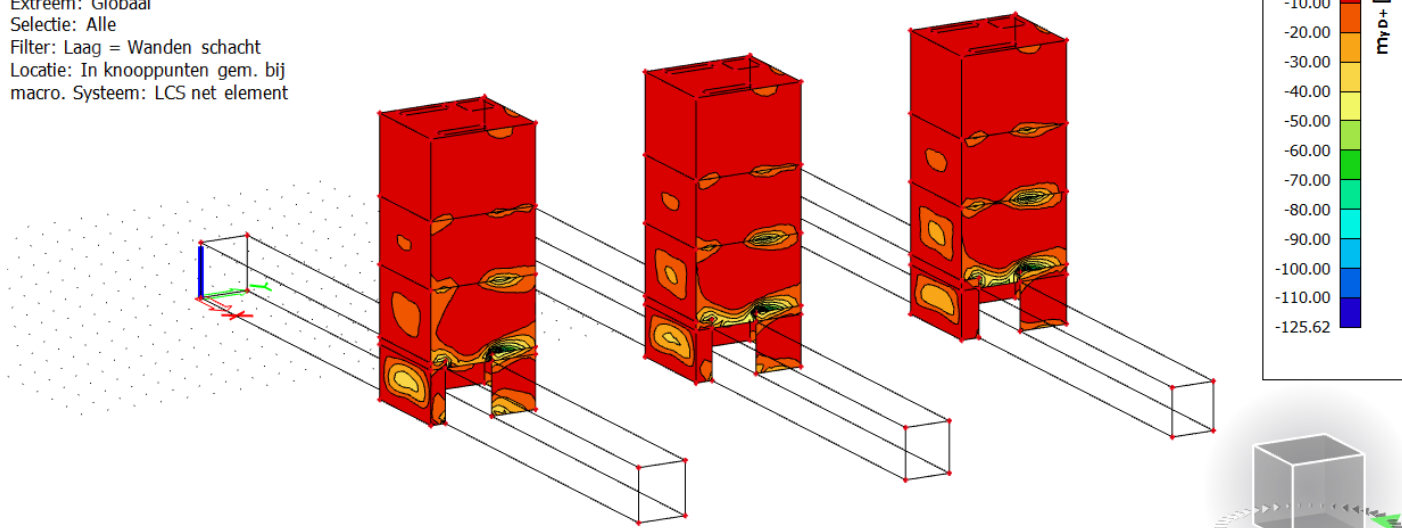
Waardes: m_{x0-}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{x0-}

Interne 2D-krachten

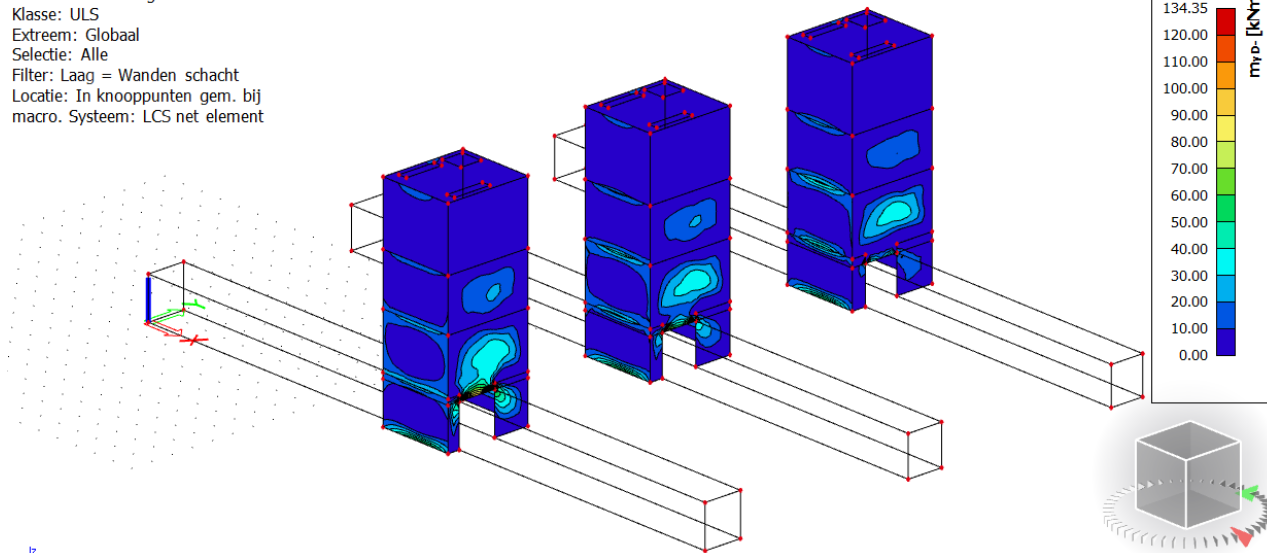
Waardes: m_{yD+}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{yD+}

Interne 2D-krachten

Waardes: m_{yD-}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{yD-}

In de constructie levert moment M_{xD-} de grootste momenten op.

Voor dikte 500 mm: M_{xD-} = ca 90 kNm/m (UGT) en M_{xD-} = ca 65 kNm/m (BGT)

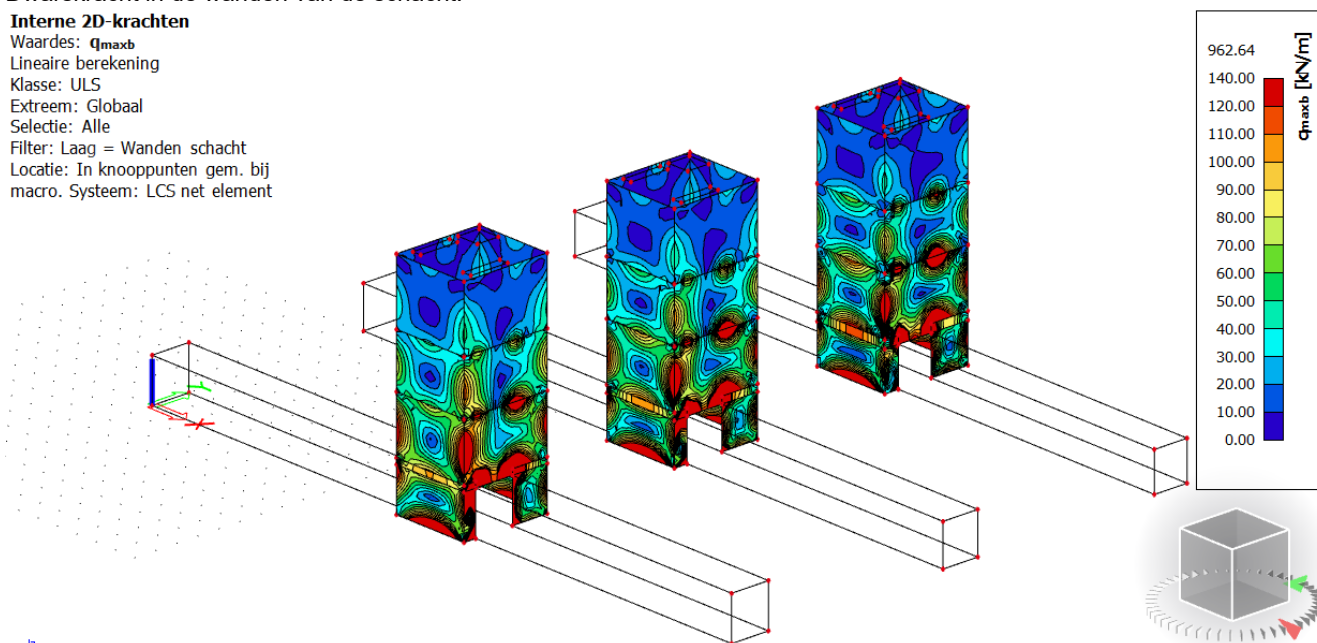
Voor dikte 400 mm: M_{xD-} = ca 70 kNm/m (UGT) en M_{xD-} = ca 50 kNm/m (BGT)

Voor dikte 300 mm: M_{xD-} = ca 50 kNm/m (UGT) en M_{xD-} = ca 36 kNm/m (BGT)

Dwarskracht in de wanden van de schacht:

Interne 2D-krachten

Waardes: q_{maxb}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: q_{maxb}

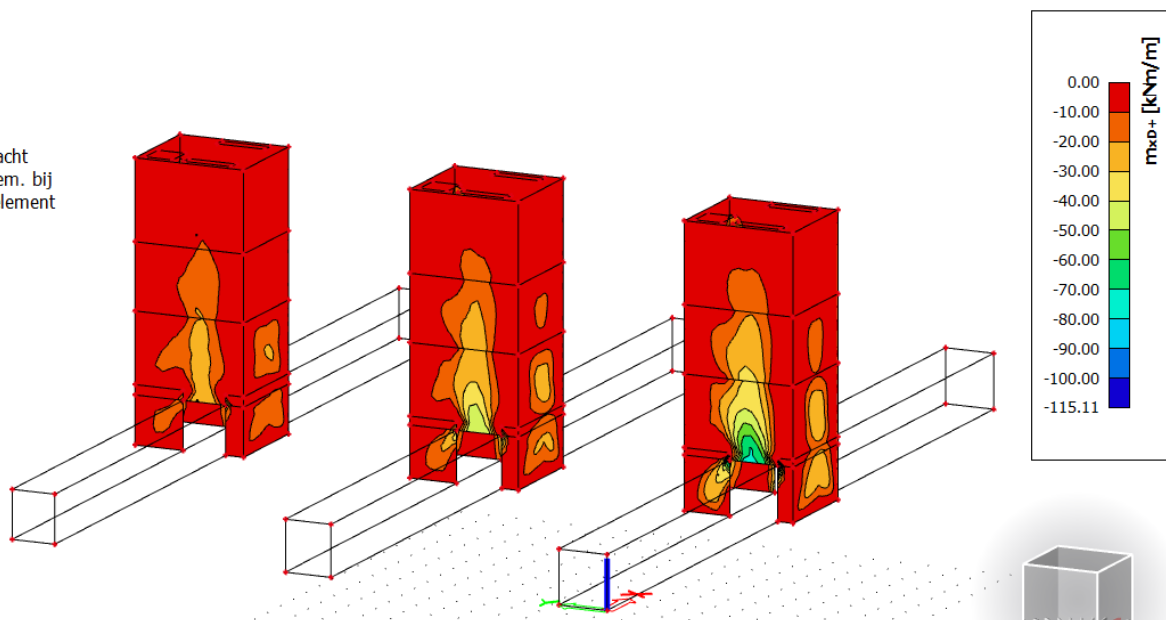
Maximaal opneembare dwarskracht bij een betondikte van 300 mm is ca 140 kN.

Uit de berekening blijkt dat iedere dikte voldoende capaciteit heeft om de dwarskracht op te nemen. Er is geen extra dwarskracht wapening benodigd in de gesloten kokerconstructie voor alle varianten.

Schuivenhuis: met hoge bedding

Interne 2D-krachten

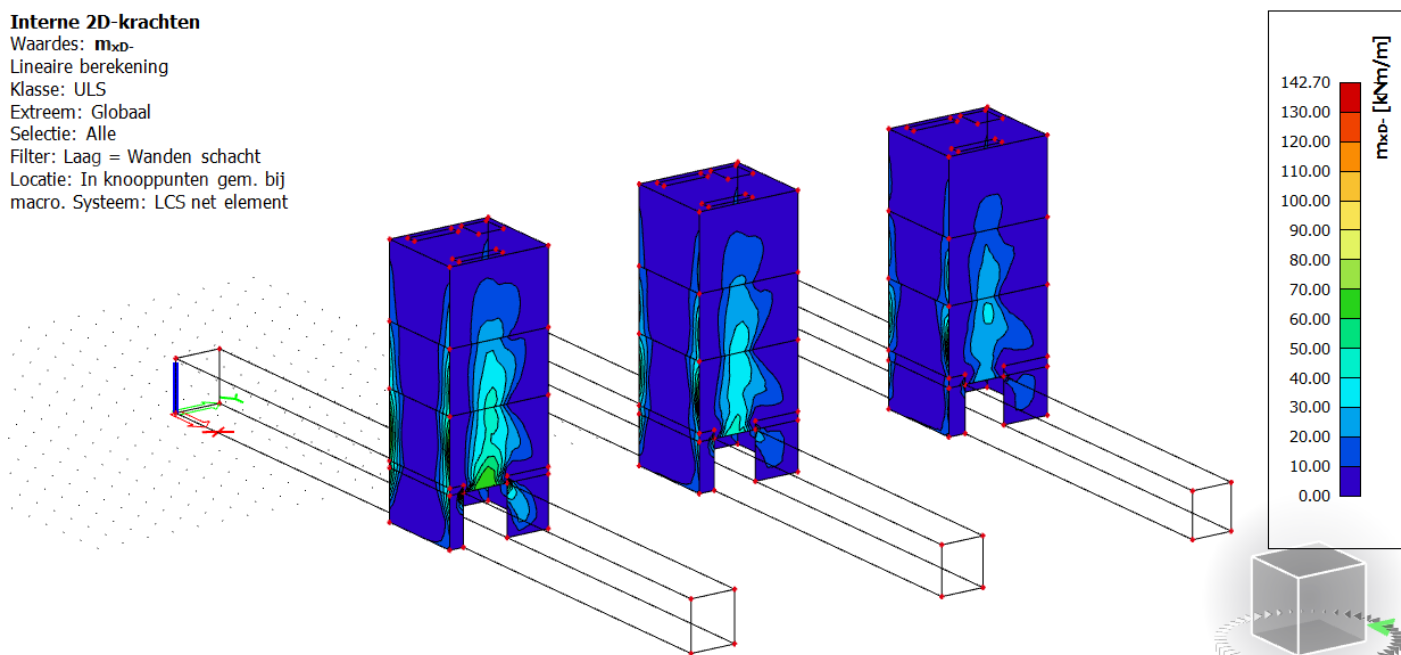
Waardes: m_{x0+}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{x0+}

Interne 2D-krachten

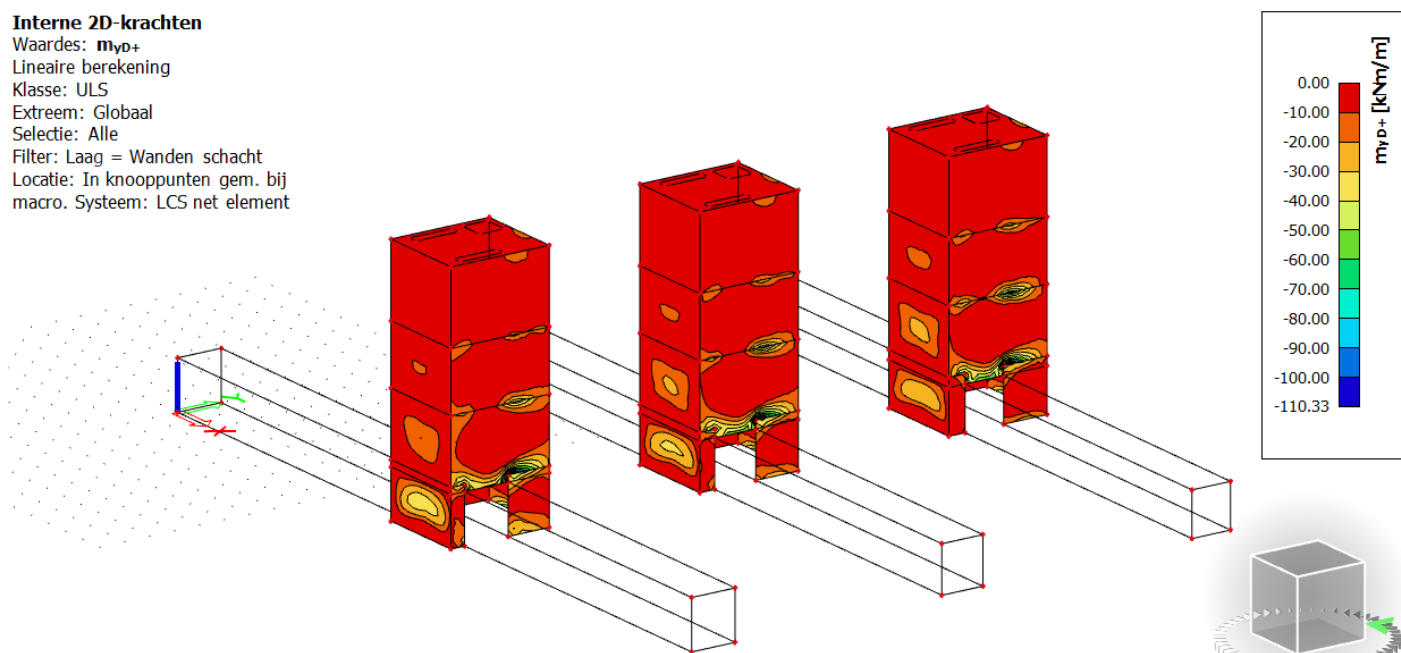
Waardes: m_{x0}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{x0}

Interne 2D-krachten

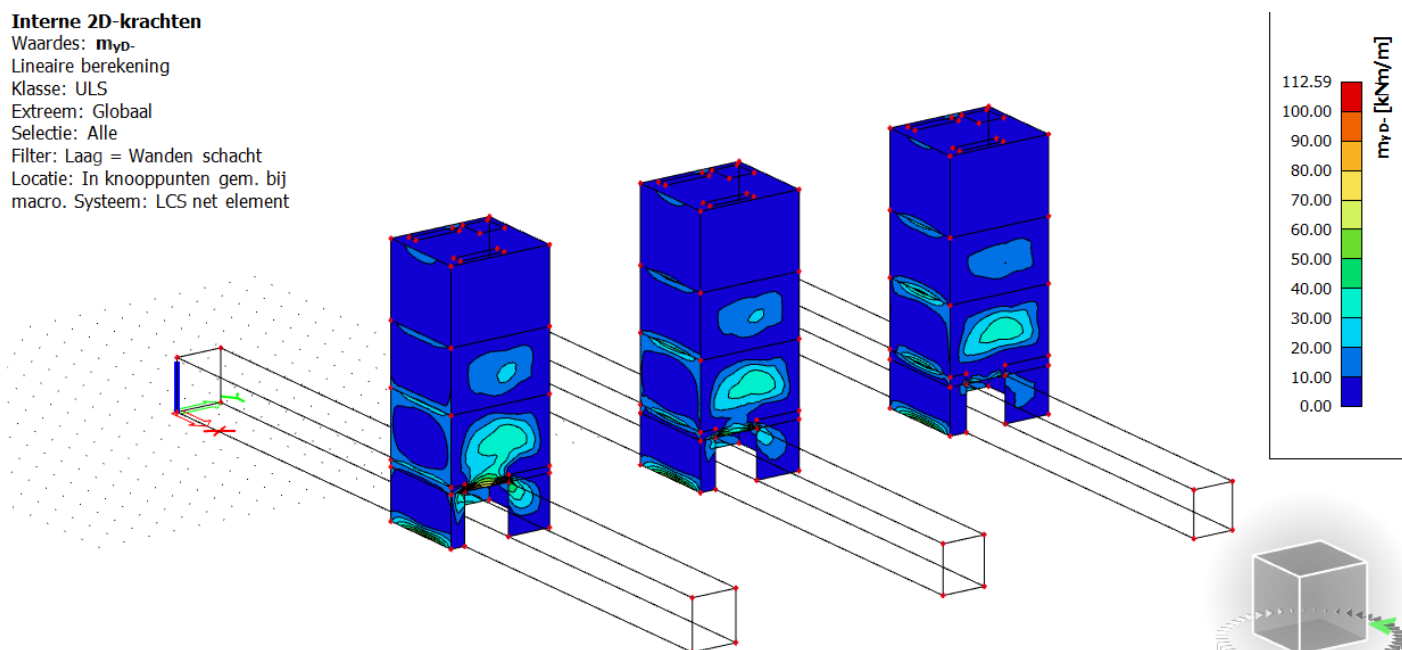
Waardes: m_{y0+}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: M_{y0+}

Interne 2D-krachten

Waardes: m_{yD}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: m_{yD}

In de constructie levert moment M_{xD} de grootste momenten op.

Voor dikte 500 mm: M_{xD} = ca 80 kNm/m (UGT) en M_{xD} = ca 58 kNm/m (BGT)

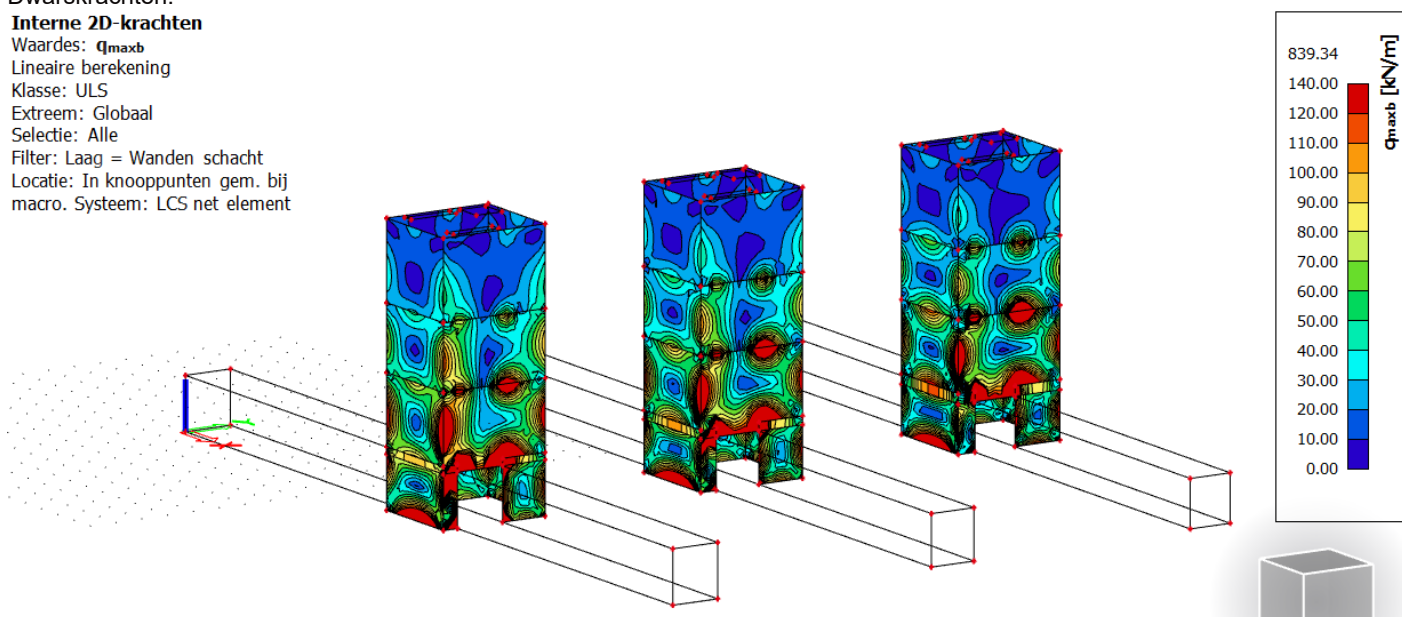
Voor dikte 400 mm: M_{xD} = ca 65 kNm/m (UGT) en M_{xD} = ca 47 kNm/m (BGT)

Voor dikte 300 mm: M_{xD} = ca 45 kNm/m (UGT) en M_{xD} = ca 33 kNm/m (BGT)

Dwarskrachten:

Interne 2D-krachten

Waardes: q_{maxb}
 Lineaire berekening
 Klasse: ULS
 Extreem: Globaal
 Selectie: Alle
 Filter: Laag = Wanden schacht
 Locatie: In knooppunten gem. bij
 macro. Systeem: LCS net element



Figuur: q_{maxb}

Maximaal opneembare dwarskracht bij een betondikte van 300 mm is ca 140 kN.

Uit de berekening blijkt dat iedere dikte voldoende capaciteit heeft om de dwarskracht op te nemen. Er is geen extra dwarskracht wapening benodigd in de gesloten kokerconstructie voor alle varianten.

Conclusie:

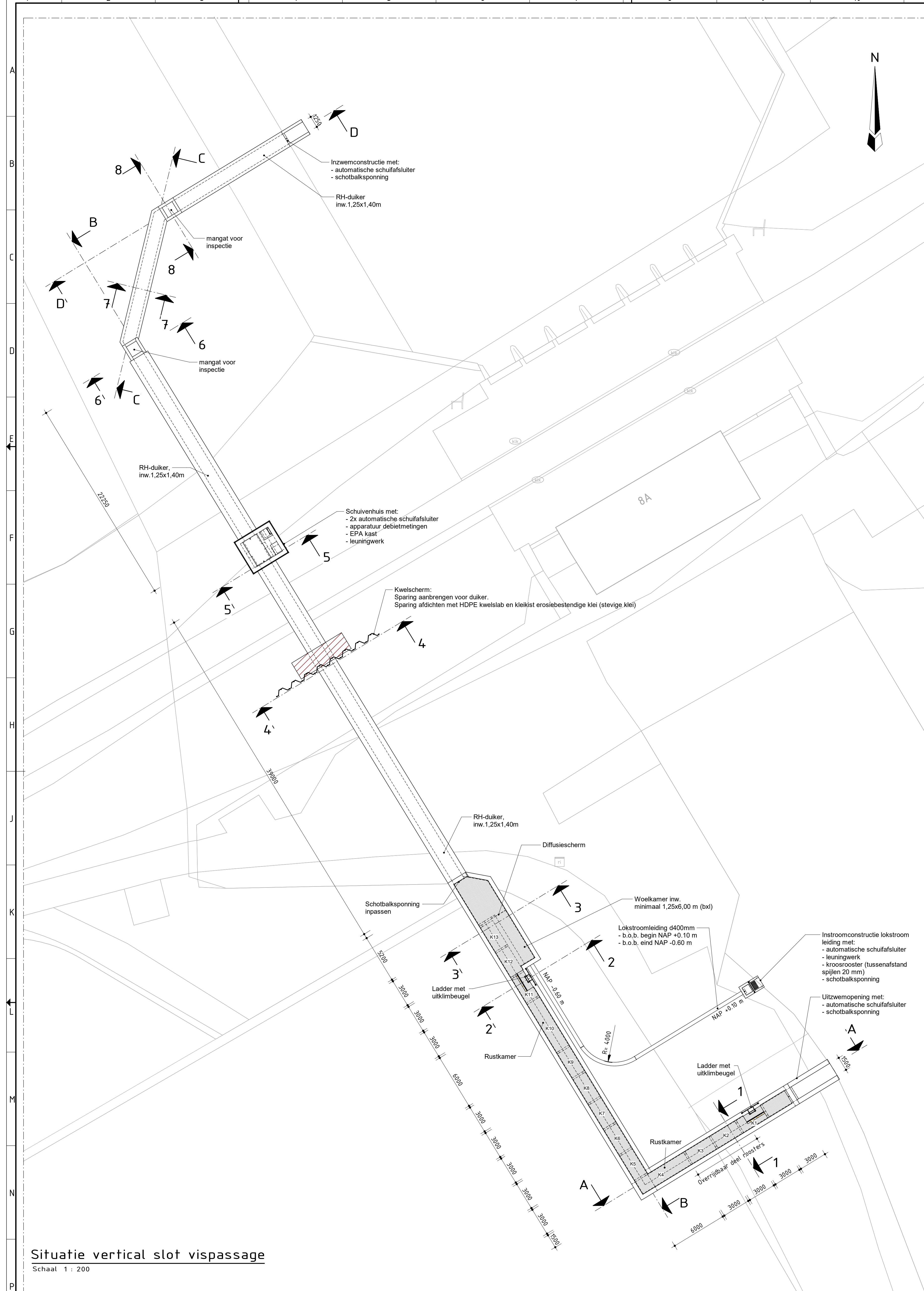
Uit de verschillende varianten van de duikerconstructie (500, 400 en 300 mm) blijkt dat alle onderzochte dikten voldoen aan de normen en richtlijnen en dat de benodigde wapening voor zowel sterkte als duurzaamheid (voor de wapening en beton) acceptabel is. Voor alle varianten is geen dwarskrachtwapening benodigd en hierdoor is een effectievere wapeningsconstructie te ontwerpen.

Aandachtspunten

De volgende aandachtspunten gelden voor het verdere ontwerp (DO en UO) van de constructie:

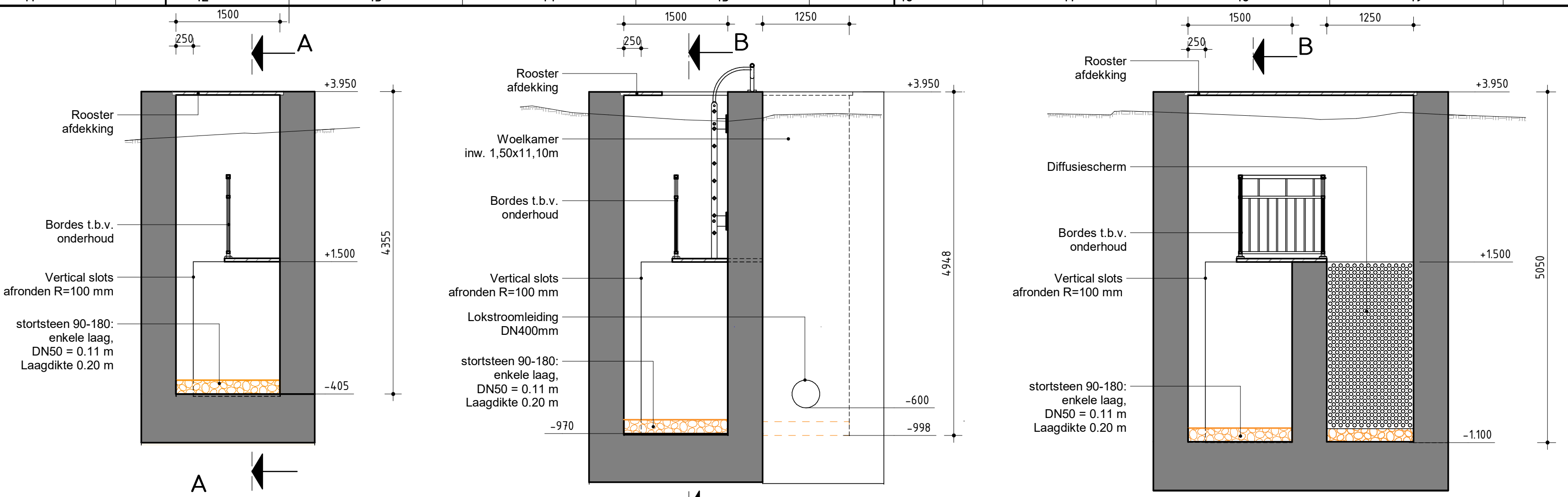
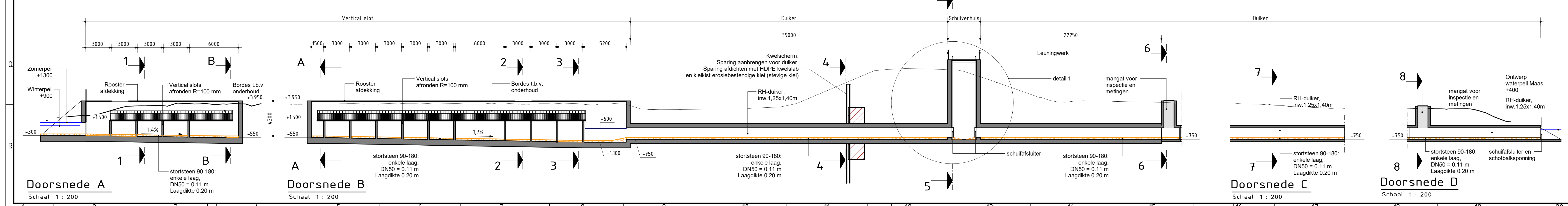
- De verkennende beschouwing is gebaseerd op een enkele sondering. Voor het definitief ontwerp dient door de opdrachtnemer een volledig geotechnisch onderzoek te worden uitgevoerd.
- Het geotechnisch advies voor de fundering en de bouwwijze (mede in relatie tot de bouwkuip voor (hoogwater)veiligheid) dient door de opdrachtnemer te worden gemaakt om de berekeningen in het definitief ontwerp en het uitvoeringsontwerp verder uit te kunnen werken.
- In deze memo is een verkennende beschouwing gemaakt voor de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis. De berekeningen voor het definitief ontwerp en het uitvoeringsontwerp dienen door de opdrachtnemer gemaakt te worden.
- In de verkennende beschouwingen is de invloed van de eventuele palen / trekankers op de gesloten kokerconstructie en het schuivenhuis niet meegenomen.
- Opdrijven van de constructie is in deze memo niet beschouwd. De onderdelen die in deze memo zijn beschouwd, kunnen naar verwachting niet opdrijven vanwege het relatief grote eigen gewicht ten opzichte van het oppervlak. Daarnaast bevindt zich een bepaalde gronddekking op de constructie die dit ook tegengaat. De Opdrachtnemer van het UAV-gc contract dient voor de duiker en overige onderdelen van de vispassage / bouwkuip c.a. een oprijfberekening te maken en aantonen dat de constructie stabiel genoeg is.
- De uitvoeringsmethode is niet in de verkennende beschouwingen meegenomen en dienen bij het definitief ontwerp van de constructie beschouwd te zijn. Eventuele invloeden door de uitvoeringsmethode dienen door de Opdrachtnemer inzichtelijk te worden gemaakt en verwerkt te worden in het definitief ontwerp.

Bijlage D VO-tekeningen



Situatie vertical slot vispassage

Schaal 1 : 200



Doorsnede 1

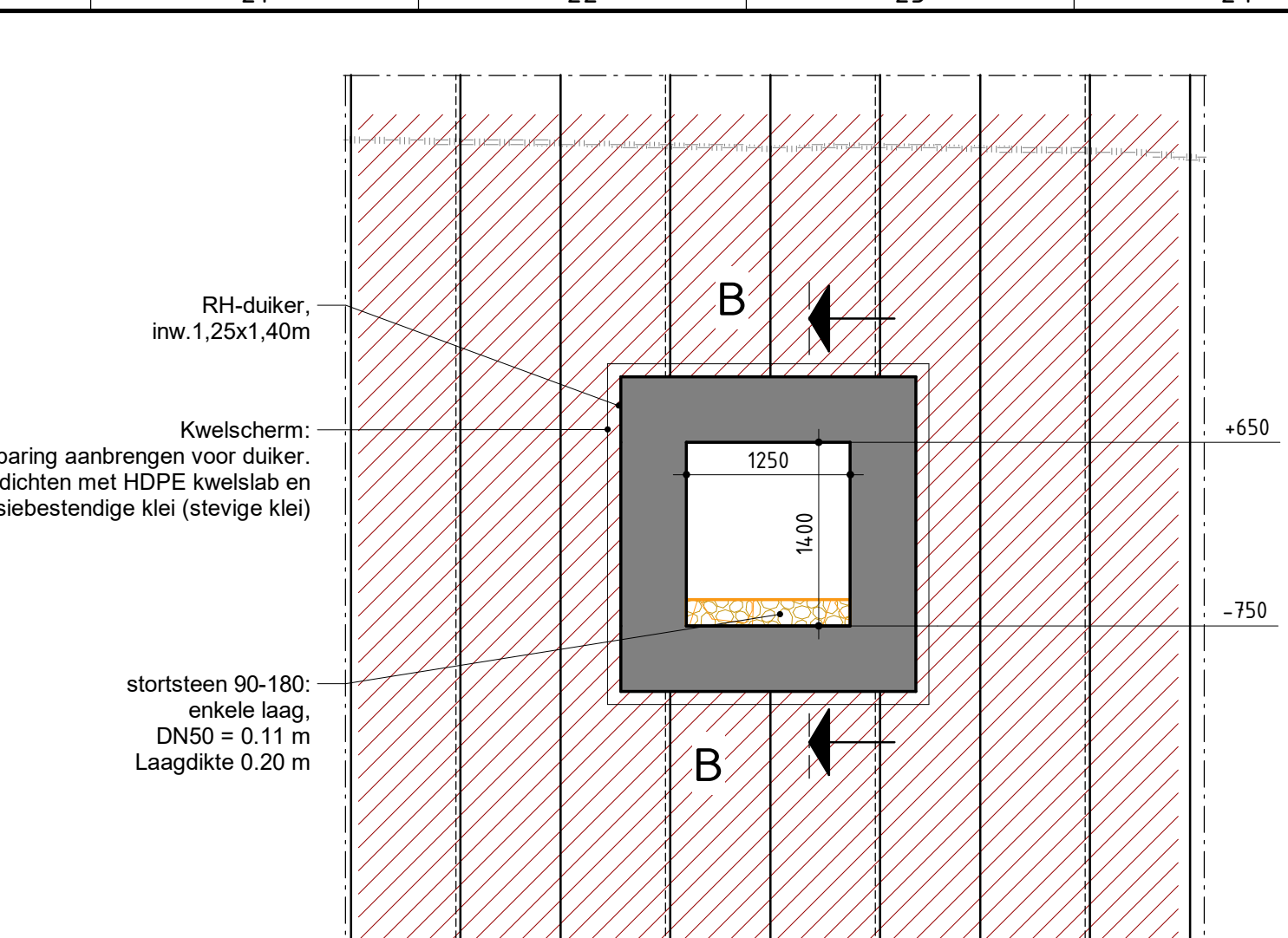
Schaal 1 : 50

Doorsnede 2

Schaal 1 : 50

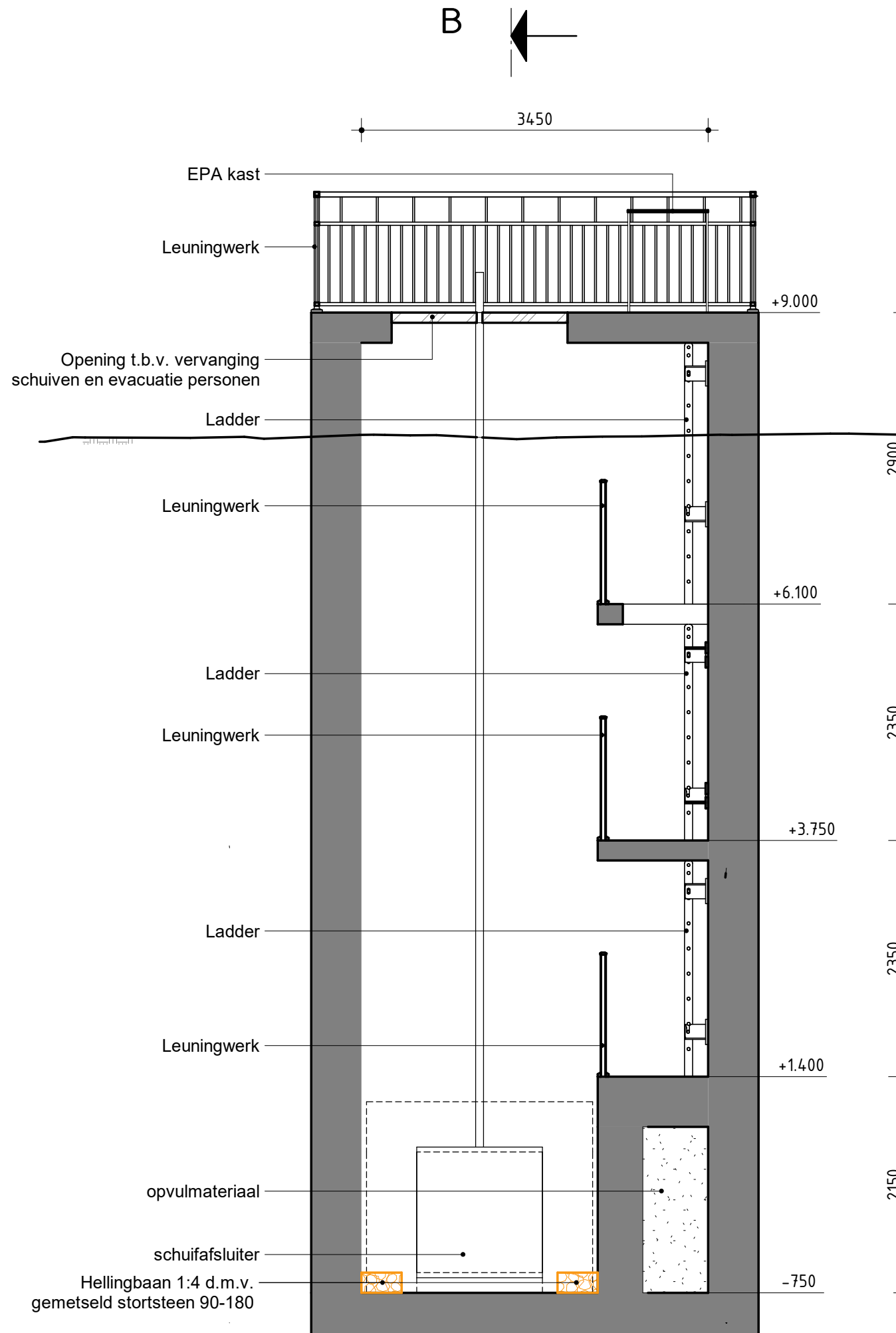
Doorsnede 3

Schaal 1 : 50



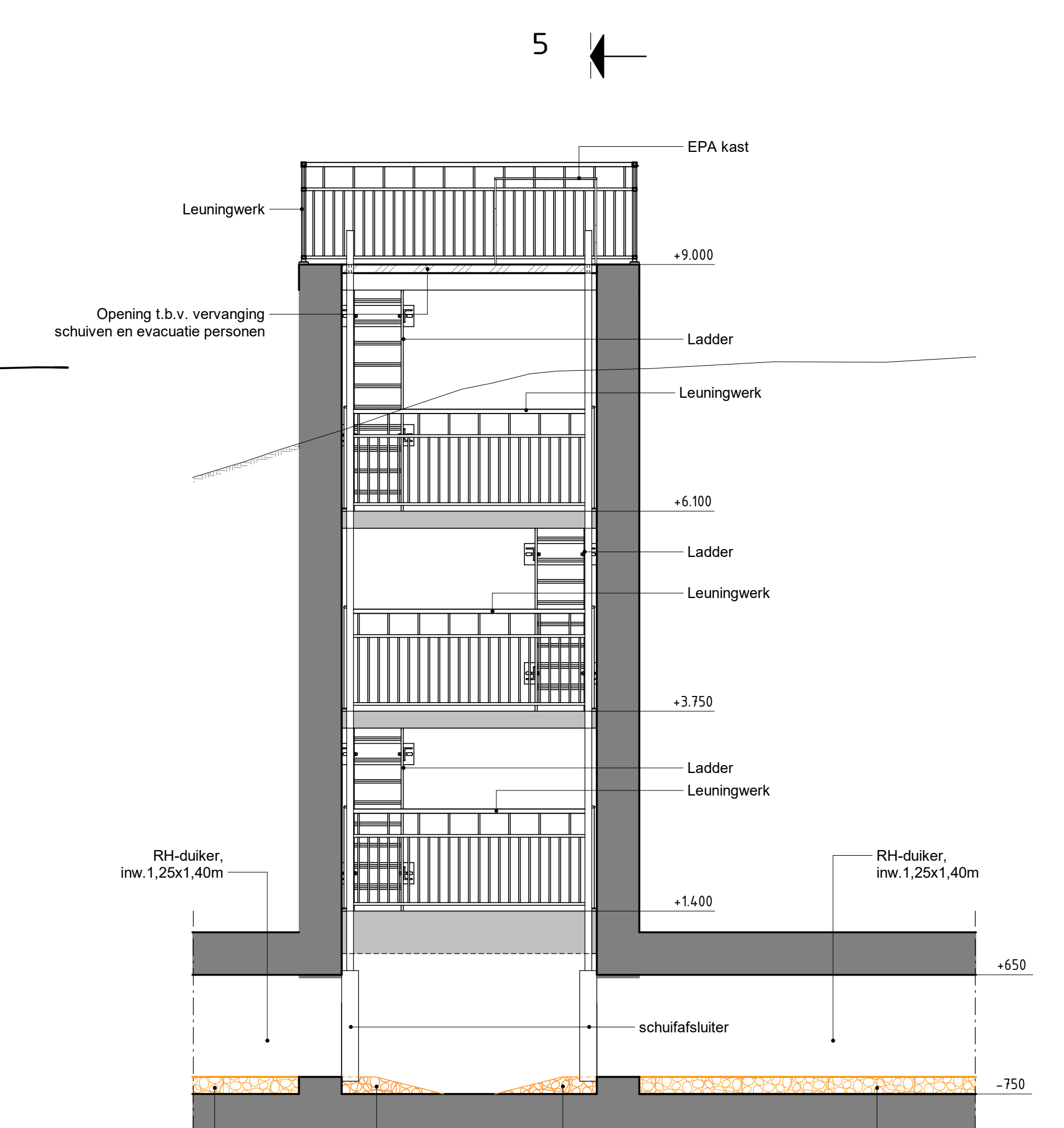
Doorsnede 4

Schaal 1 : 50



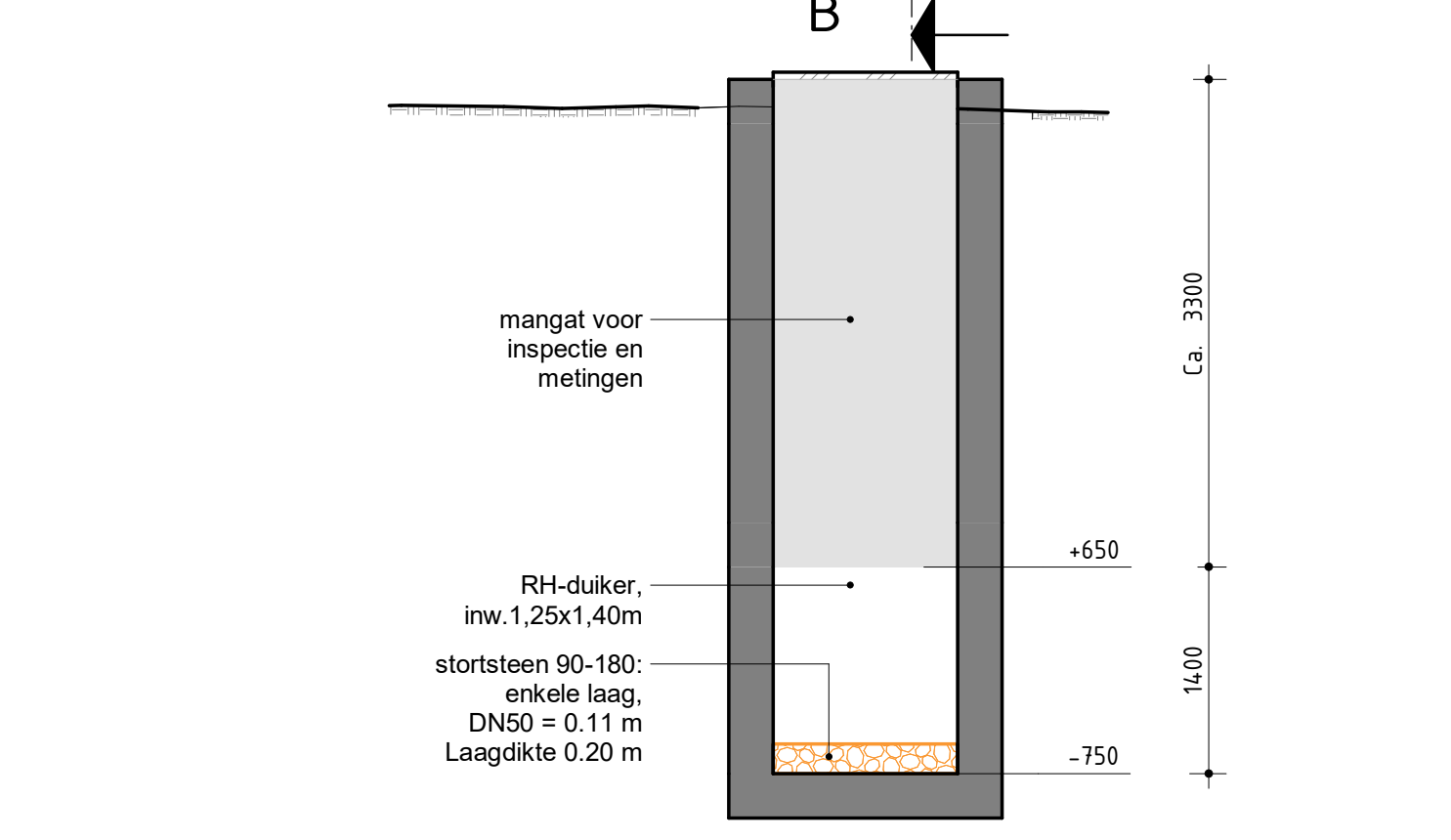
Doorsnede 5

Schaal 1 : 50



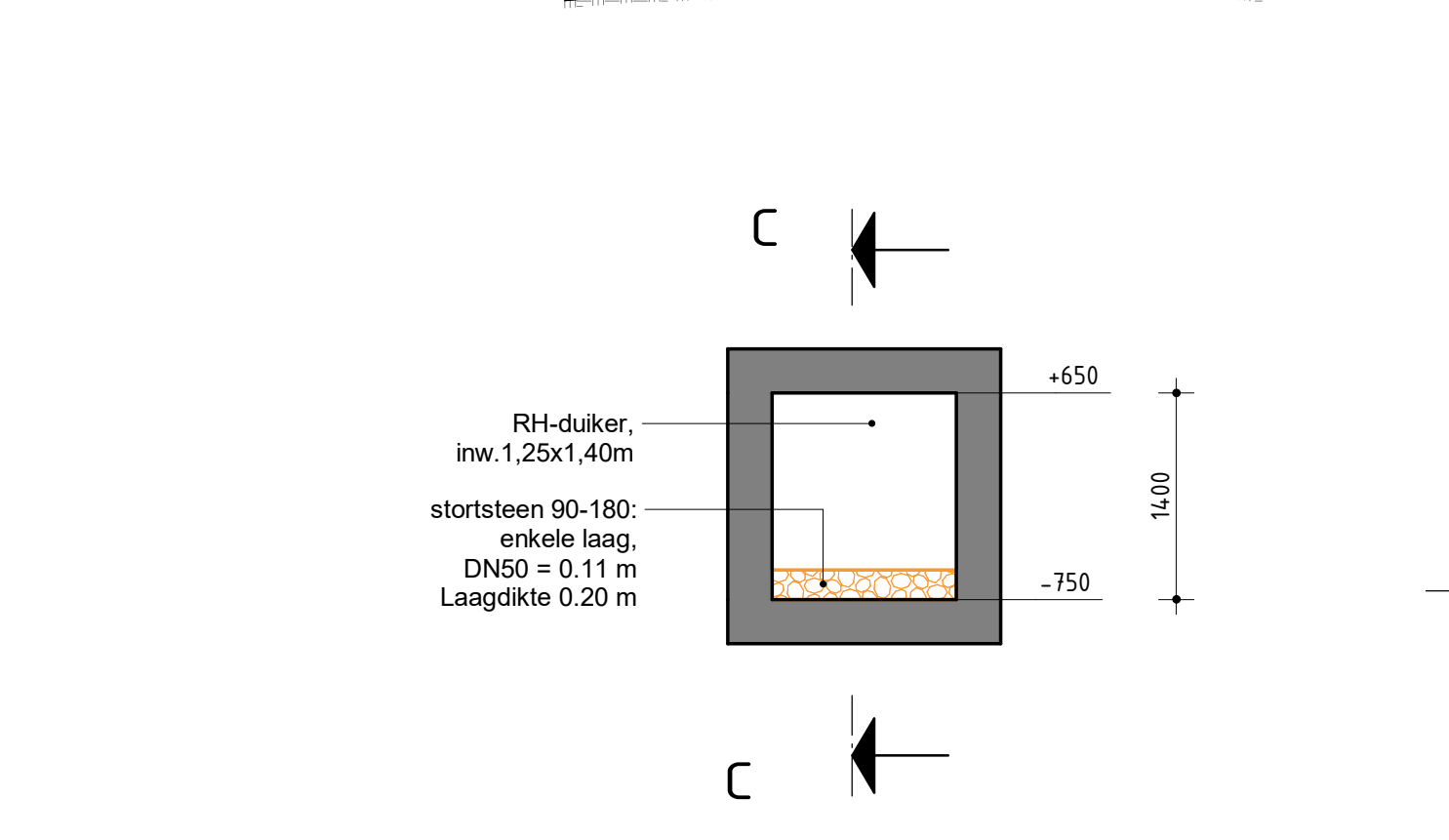
Detail 1

Schaal 1 : 50



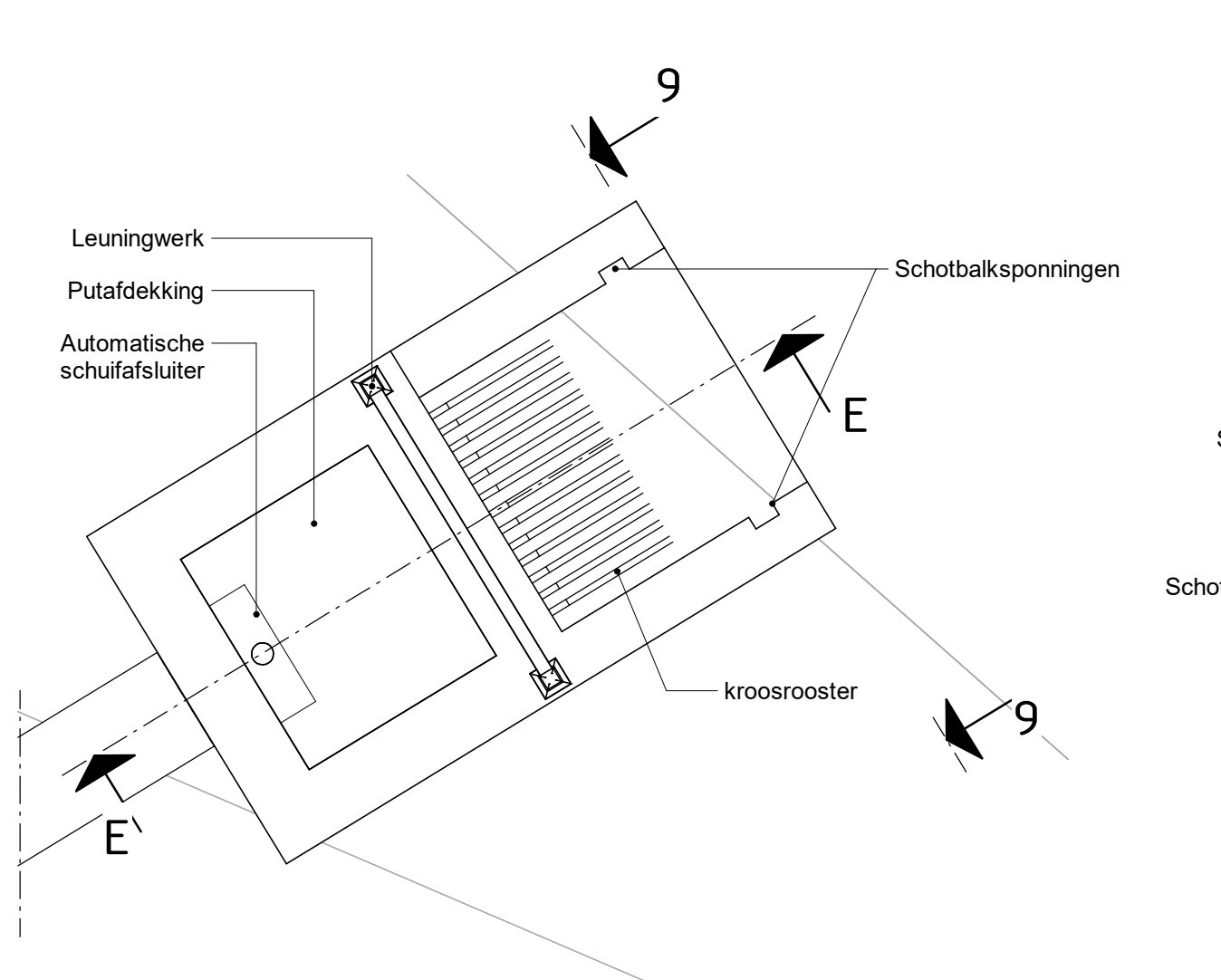
Doorsnede 7

Schaal 1 : 50



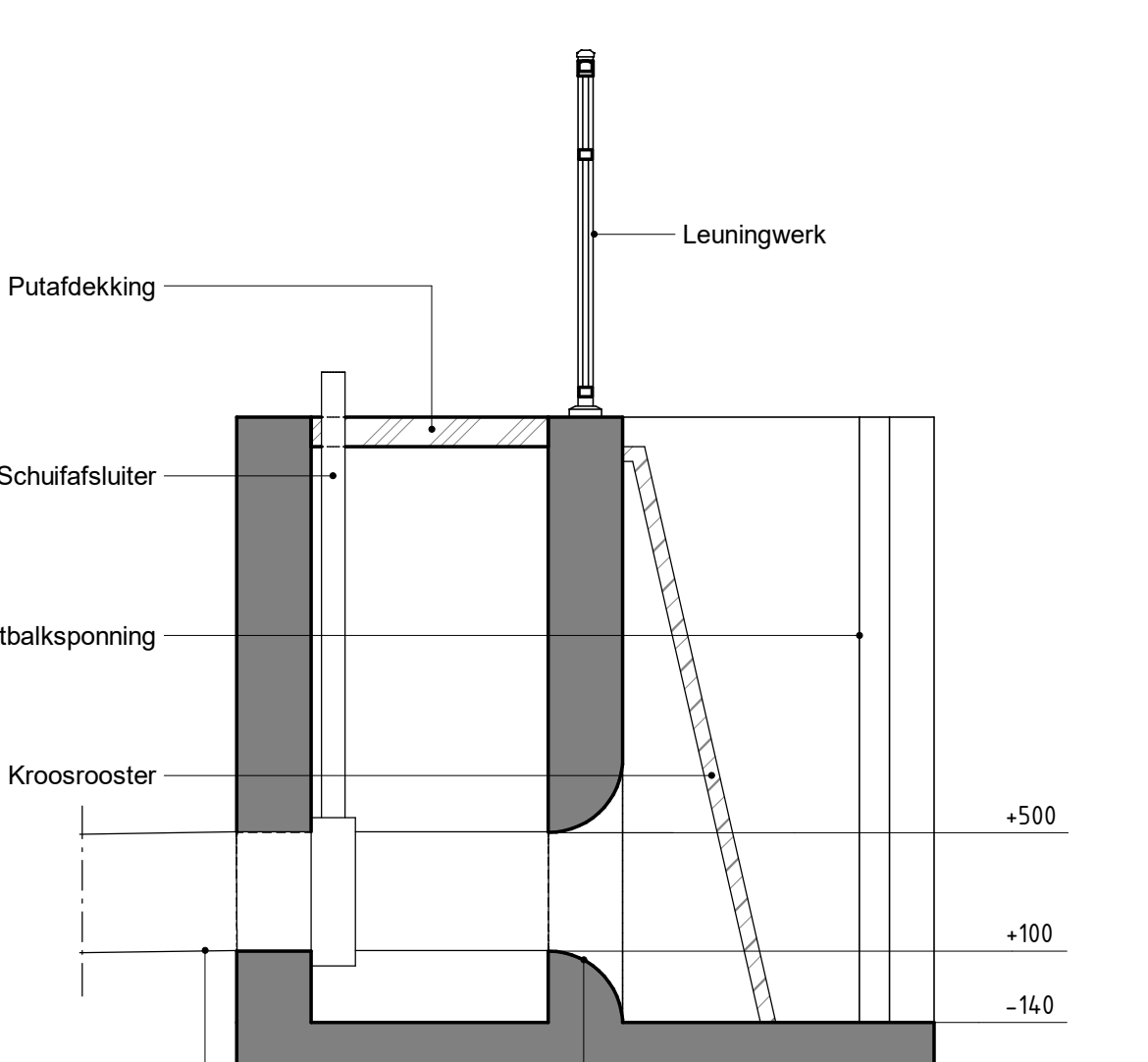
Doorsnede 8

Schaal 1 : 50



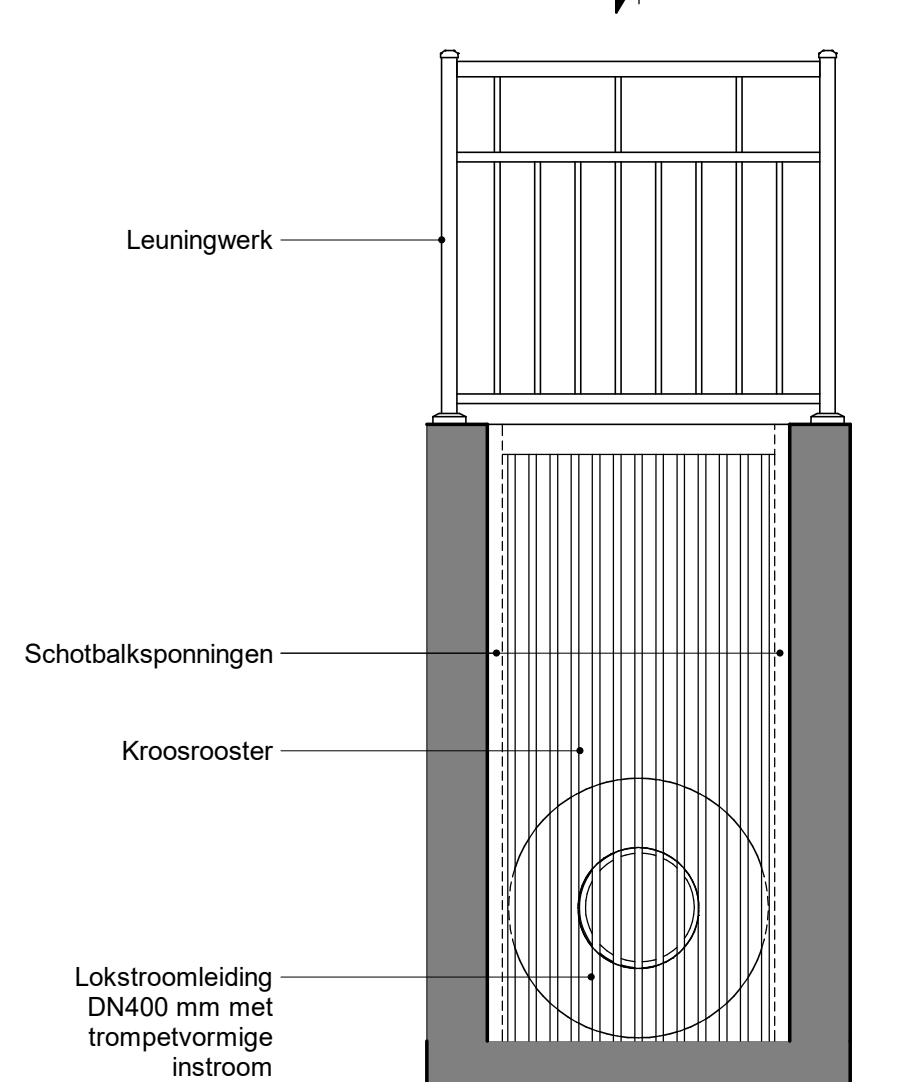
Instroomconstructie - bovenaanzicht

Schaal 1 : 25



Doorsnede E

Schaal 1 : 25



Doorsnede 9

Schaal 1 : 25

Opmerking:
- Maatvoering in mm, tenzij anders vermeld
- Peilmaten in mm t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
- De situatie van het bestaande gemeel is op basis van een aangeleverd 3D model, deze is zo goed mogelijk gepositioneerd. Maar ligging is niet exact.

Opdrachtgever			
Waterschap Aa & Maas			
Projectbureau			
ARCADIS			
Project			
Vispassage gemeel Gewande			
Projectnummer	: ANL 30217088	Contractnummer	: AM 26032
Fase	: VO fase	Bladnummer	: 1 van 1
Onderwerp	: Vertical Slot	Status	: Definitief
Tekeningsnummer		Versie	
VGG-ARC-4901-REV-VERT-050		V5	

Colofon

WATERVEILIGHEID VISPASSAGE GEWANDE

KLANT

Waterschap AA en Maas

AUTEUR

Jaap Borghans

ONZE REFERENTIE

P5JDCT2J2PR2-1439929986-1856:2.0

DATUM

28 mei 2026

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Kasper Stoeten
Senior specialist waterbouw

VRIJGEGEVEN DOOR

Bert Wesselink
Projectmanager

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner op het gebied van datagedreven duurzame ontwerp-, engineerings- en consultancyoplossingen voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. We zijn met zo'n 34.000 architecten, data-scientists, ontwerpers, ingenieurs, projectplanners, waterbeheer- en duurzaamheidsexperts. Allemaal gedreven door onze passie: 'Improving quality of life'. Als onderdeel van onze inzet om een planeet-positieve toekomst te versnellen, werken we met onze klanten samen om duurzame projectkeuzes te maken. Daarbij combineren we digitale en menselijke innovatie en omarmen we toekomstgerichte vaardigheden binnen de sectoren milieu, energie en water, gebouwen, transport en infrastructuur. We zijn actief in meer dan 30 landen en behaalden in 2025 een bruto omzet van €4,9 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](https://www.arcadis.com)