



RWS INFORMATIE

Leggerdocument Normtraject 204a & 204b - Houtribdijk

Technisch beheerregister: Onderbouwing grenzen voor de primaire waterkering

Datum	18 juli 2025
Versie	2.0
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat
Informatie	Rijkswaterstaat Midden-Nederland
	Waterdistrict IJsselmeergebied
	Zuiderwagenplein 2
	8224 AD Lelystad
Postadres	Postbus 2232
	3500 GE Utrecht
Telefoon	088 797 49 00
Datum	18 juli 2025
Versie	2.0
Status	Definitief

Versiebeheer

1.0	RWS	Legger 2009
2.0	CFB	Actualiseren legger n.a.v. versterking in 2017 en overgang naar de Omgevingswet.

Inhoud

1	Inleiding 5
2	Juridisch kader 5
2.1.	Projectplan 7
3	Algemene informatie van de waterkering 8
4	Waterstaatswerk 10
4.1.	Zandige bekleding 11
4.1.1.	Zand profielen 11
4.1.2.	Harde constructies 15
4.1.3.	Trintelzand A 17
4.1.4.	Trintelzand B 18
4.2.	Harde bekleding 19
4.2.1.	Dijktraject 19
4.2.2.	Trintelhaven 23
4.2.3.	Dijklichaam F 25
4.3.	Krabbersgat 27
4.3.1.	Schutsluis 27
4.3.2.	Spuisluizen 28
4.3.3.	Dijklichamen 32
4.3.4.	Leidam 34
4.3.5.	Bodembescherming 35
4.4.	Naviduct 36
4.4.1.	Schutsluizen 36
4.4.2.	Vooroever Markermeerzijde 37
4.4.3.	Leidam IJsselmeerzijde 37
4.4.4.	Bodembescherming 38
4.5.	Houtribsluizen 41
4.5.1.	Houtribsluizen – Schutsluizen 41
4.5.2.	Houtribsluizen – Spuisluizen 42
4.5.3.	Dijklichaam M & N 48
4.5.4.	Haven- en leidammen 49
4.5.5.	Bodembescherming 50
5	Invloedslijnen 51
5.1.	Belasting situaties 51
5.2.	Zandige bekleding 52
5.2.1.	Markermeerzijde 52
5.2.2.	Trintelzand A 52
5.2.3.	IJsselmeerzijde 52
5.3.	Harde bekleding 53
5.3.1.	Stabiliteit 53
5.3.2.	Piping 53

5.3.3.	Profiel van vrije ruimte 54
5.4.	Kunstwerken 54
6	Overzichtskaarten zonering 55
7	Bronnen 60

1 Inleiding

De legger geeft inhoud aan de taakuitoefening door de waterbeheerder, met name waar het gaat om het onderhouden van de normatieve toestand van waterstaatswerken. Voldoet de feitelijke toestand van het waterstaatswerk niet aan de normatieve toestand zoals vastgelegd in de legger, dan zal de beheerder door onderhoud- of herstelwerkzaamheden het waterstaatswerk in zijn normatieve staat terugbrengen.

Actuele leggerinformatie is van belang bij het toetsen of de normatieve toestand van een waterstaatswerk voldoet aan de daarvoor geldende normen voor met name waterveiligheid. Voldoet de normatieve toestand niet aan de norm dan is wijziging van het waterstaatswerk vereist om aan de norm te voldoen.

De legger bestaat uit de volgende informatie:

- Geografische ligging van de waterkering
- Vorm en afmeting van de kering en eventuele ondersteunende kunstwerken
- Constructie van de waterkering

Onder de Omgevingswet kan een legger geen beschermingszone meer vastleggen of wijzigen. Die zones gaan als beperkingengebied deel uitmaken van de waterschapsverordening voor de regionale wateren. Voor de rijkswateren staat de aanwijzing van deze gebieden in het Omgevingsbesluit en de geografische begrenzing in de Omgevingsregeling. Als een beschermingszone onder de Waterwet onherroepelijk is, blijft dit gelden tot in de waterschapsverordening een beperkingengebied is opgenomen.

In overeenstemming met artikel 2.39, derde lid, van de Omgevingswet, wordt als bijlage van de legger voor primaire waterkeringen een technisch beheerregister toegevoegd. Dit register bevat informatie waarin de voor het behoud van het waterkerend vermogen kenmerkende gegevens van de constructie en de feitelijke toestand nader zijn omschreven.

Dit document vormt het technisch beheerregister voor Normtraject 204a & 204b – Houtribdijk.

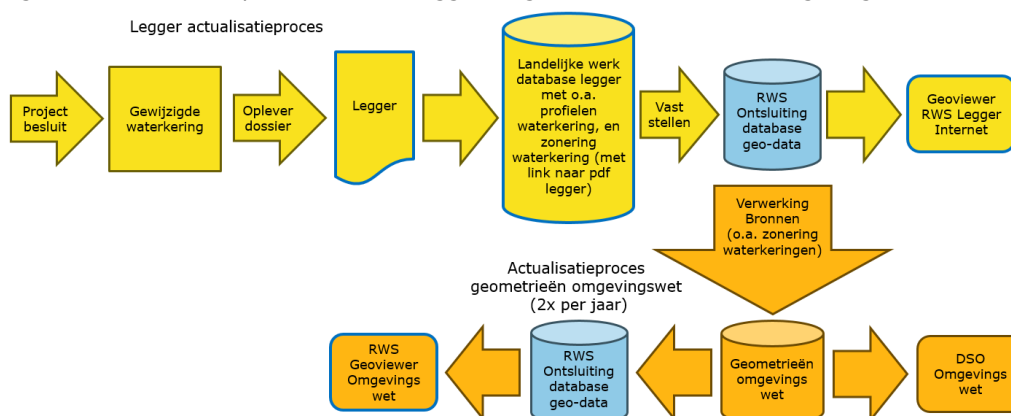
2 Juridisch kader

Op 1 januari 2024 is de Omgevingswet ingegaan. In artikel 2.39, eerste lid van de Omgevingswet [1] staat:

De beheerder van waterstaatswerken stelt een legger vast, waarin is omschreven waaraan die waterstaatswerken naar ligging, vorm, afmeting en constructie moeten voldoen.

Figuur 2.1 weergeeft het actualisatieproces van de RWS legger en geometrieën t.b.v. de Omgevingswet. Het laat de link tussen de RWS legger en de Omgevingswet zien. Waar de RWS legger de input levert van de zoneringen en deze bronnen worden verwerkt naar de geometrieën van de Omgevingswet.

Figuur 2.1 Actualisatieprocessen RWS legger en geometrieën t.b.v. de Omgevingswet.



De geometrieën van de Omgevingswet betreft bij of krachtens de wet aangewezen gebieden. Dat betreft waar het Rijkswaterstaat aangaat onder andere de volgende begrenzingen [2]:

- de begrenzing van waterstaatswerken die bij het Rijk in beheer zijn,
- beperkingengebieden met betrekking tot rijkswateren en rijkswegen waar vanwege de aanwezigheid van een werk of object regels gelden voor activiteiten die (ongewenste) gevolgen hebben of kunnen hebben voor dat werk of object,
- vrijwarings- en reserveringsgebieden,
- gebieden waar instructieregels gelden ter bescherming van het hoofdwegennet, hoofdvaarwegennet en de hoofdwatersysteem,
- de waterkeringen in beheer bij het Rijk,
- de stroomgebiedsdistricten en dijktrajecten waarvoor veiligheidsnormen gelden,
- basisnet weg en water.

Het aanwijzen van de geometrie is er onder andere op gericht een doelmatig en veilig gebruik, alsook de instandhouding en het functioneren van de infrastructurele objecten te verzekeren. Binnen de grenzen van de RWS geometrie is RWS bevoegd gezag en zijn initiatieven aan algemene regels onderhevig en/of vergunning plichtig, waarmee voorkomen wordt dat de stabiliteit, de functie of de veiligheid van de netwerken wordt aangetast.

De ligging en begrenzing van genoemde gebieden wordt in een bij de Omgevingswet horende ministeriële regeling, de Omgevingsregeling, geometrisch begrensd. Deze geometrie zal uiteindelijk worden opgenomen in o.a. het Digitaal Stelsel Omgevingswet (DSO) waarmee digitale publicatie en raadpleging wordt voorzien.

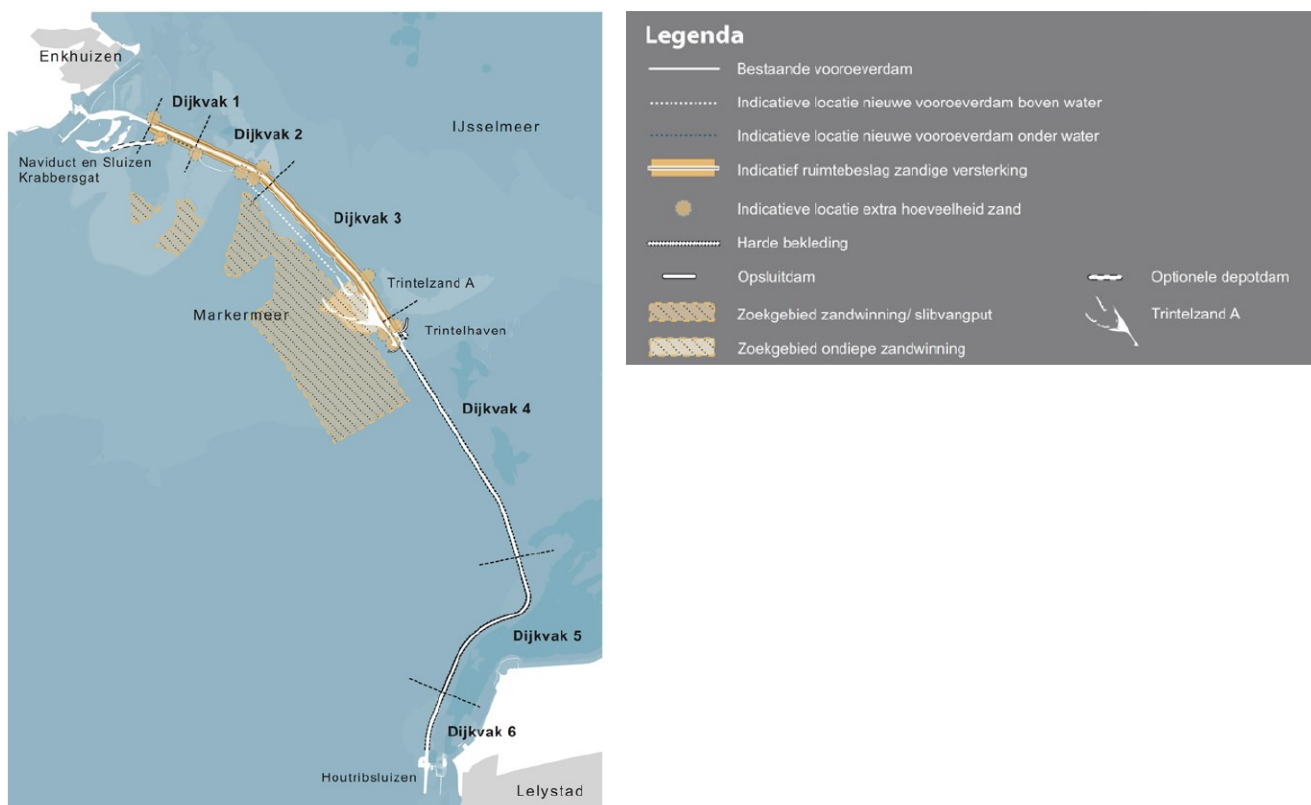
2.1. Projectplan

Bij de actualisering van de leggers is het van belang onderscheid te maken tussen het leggerbesluit en het projectplan. Het leggerbesluit betreft de vaststelling of wijziging van de legger, een document dat de ligging, vorm, afmetingen en constructie-eisen van waterstaatswerken beschrijft. Dit besluit is dus gericht op de administratieve vastlegging van bestaande of geplande situaties.

Het projectplan daarentegen ziet op de aanleg, wijziging of verwijdering van waterstaatswerken en bevat daarmee de feitelijke uitvoeringsaspecten. Een projectplan wordt ook middels een besluit vastgesteld. Het projectplan is nadrukkelijk een juridische vorm onder het oude recht (Waterwet). Deze is onder de Omgevingswet vervangen door een projectbesluit.

Voor de Houtribdijk geldt dat het nog onder het oude recht (Waterwet) valt. Destijds is een projectplan opgesteld voor de versterking van de Houtribdijk. Dit plan, 'Projectplan Waterwet Versterking Houtribdijk' [3], vormt de juridische basis voor de vaststelling van de legger. Figuur 2.2 komt uit het Projectplan en geeft de ligging aan van de waterkering, de ruimte die hier is aangegeven komt overeen met de ruimte die voor de legger wordt gereserveerd. Aangezien het projectplan al ter inzage heeft gelegen [4], kan daarop worden voortgebouwd.

Figuur 2.2 Overzichtskaart van de versterkingsmaatregelen uit het Projectplan [3]

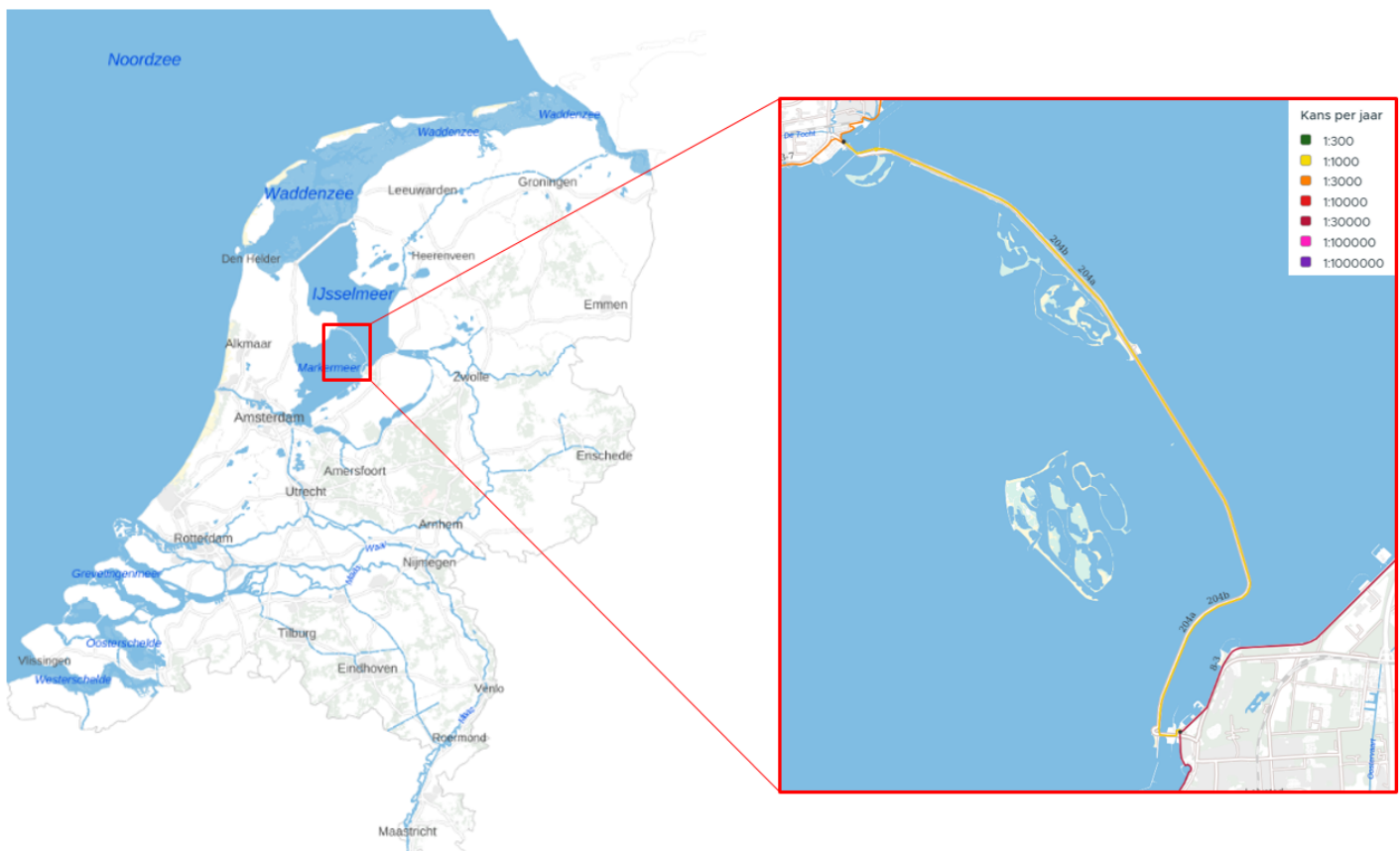


3 Algemene informatie van de waterkering

De Houtribdijk is een primaire waterkering van circa 27 kilometer lang, die het Markermeer van het IJsselmeer scheidt. Figuur 3.1 laat de ligging van de Houtribdijk zien. De Houtribdijk valt onder de normtrajecten 204a en 204b, de signaleringswaarden voor deze trajecten bedragen respectievelijk 1:10.000 (204a) en 1:1.000 (204b), met bijbehorende omgevingswaarden van 1:3.000 en 1:300.

De dijk werd aangelegd als onderdeel van de Zuiderzeewerken, met als oorspronkelijk doel het mogelijk maken van de inpoldering van de Markerwaard. Hoewel deze polder uiteindelijk nooit is gerealiseerd, heeft de Houtribdijk een blijvende functie gekregen als tweezijdige waterkering. Door zijn ligging beperkt de dijk de uitwisseling van water tussen het Markermeer en het IJsselmeer en draagt hij bij aan het reduceren van hydraulische belastingen op omliggende waterkeringen aan beide zijden.

Figuur 3.1 Ligging van de Houtribdijk normtraject 204a & 204b met de signaleringswaarde (<https://waterveiligheidsportaal.nl/nss/norm>)



Langs de dijk bevinden zich meerdere kunstwerken:

- Aan de westzijde bij Enkhuizen ligt het Krabbersgatcomplex, met een spuisluis, een schutsluis en het Naviduct Krabbersgat, een combinatie van een schutsluis en een aquaduct.
- Aan de oostzijde bij Lelystad bevinden zich de Houtribsluizen, eveneens bestaande uit een schutsluis en een spuisluis.
- Halverwege ligt de Trintelhaven, een voormalig werkeiland dat tegenwoordig dienstdoet als passantenhaven.

In de periode 2017–2020 is de Houtribdijk versterkt. De versterking omvatte onder andere:

- Een zandige versterking aan beide zijden van het dijklichaam tussen Enkhuizen en Trintelhaven;
- Het aanbrengen van gepenetreerde breuksteen op de bestaande bekleding tussen Trintelhaven en Lelystad.

4 Waterstaatswerk

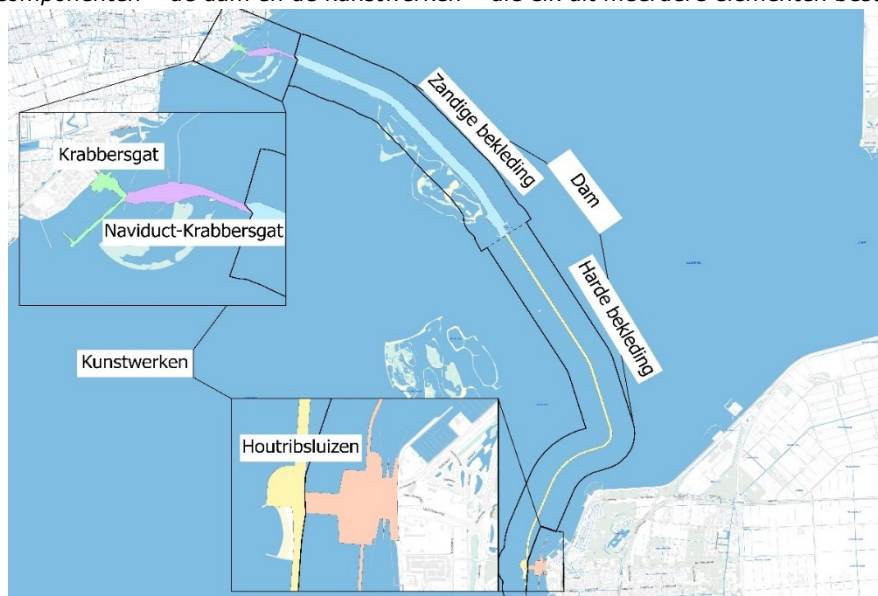
Het waterstaatswerk vormt door zijn huidige omvang of bijzondere constructie de feitelijke hoogwaterkering en waarborgt de in de Omgevingswet voorgeschreven veiligheid van het achterliggende land. In deze zone gelden veelal zware beperkingen. Waterstaatswerken betreffen oppervlaktewaterlichamen, bergingsgebieden, waterkeringen of ondersteunende kunstwerken. Een waterkering bestaat uit het dijklichaam inclusief eventuele stabiliteitsbermen. De waterkering wordt begrensd door de binnen- en buitenteen. Wanneer er sprake is van harde elementen of (waterkerende) constructies, welke een functioneel onderdeel vormen van de waterkering, worden deze ook tot het waterstaatswerk gerekend.

Het waterstaatswerk omvat het gehele dijklichaam van buitenteen tot binnenteen, inclusief eventuele vooroeverbestedingen, stortbermen en andere harde elementen die bijdragen aan de waterkerende functie en de stabiliteit van het kunstwerk.

Voor de definitie van de breedte van het waterstaatswerk worden de volgende zones aangehouden van west naar oost:

- (1) Krabbersgat
- (2) Krabbersgat-Naviduct
- (3) Zandige bekleding
- (4) Harde bekleding
- (5) Houtribsluizen

Figuur 4.1 Overzichtskaat met de verschillende zones, onderverdeeld in twee hoofdcomponenten – de dam en de kunstwerken – die elk uit meerdere elementen bestaan.



Deze zones zijn gebaseerd op de indeling die is aangehouden binnen het versterkingsproject, waarbij onderscheid is gemaakt tussen verschillende onderdelen van het werk.

In de volgende paragrafen wordt de dam beschreven, te beginnen met de zandige bekleding, gevolgd door de harde bekleding. Aansluitend komen de verschillende kunstwerken aan bod, evenals de bijbehorende dijklichamen en eventuele leidammen en havendammen.

4.1. Zandige bekleding

De zandige versterking van de Houtribdijk is gerealiseerd tussen Enkhuizen en Trintelhaven. Aan beide zijden van de dijk is een flauw aflopend zandlichaam aangebracht dat bescherming biedt tegen maatgevende stormcondities. Aan de Markermeerzijde ligt de versterking tussen km 51,80 en km 61,40, met een totale strandlengte van circa 9,6 km. Aan de IJsselmeerzijde ligt het zandlichaam tussen km 51,80 en km 61,00, wat resulteert in een strand van ongeveer 9,2 km.

Om zandverliezen in langsrichting te beperken en het zandlichaam op zijn plek te houden, zijn aan de uiteinden opsluitdammen aangelegd, met uitzondering van de IJsselmeerzijde bij Enkhuizen. Daar is het zandlichaam beëindigd met een extra zandbuffer die enige verliezen opvangt. Aan de Markermeerzijde zijn daarnaast vooroeverdammen gerealiseerd, die niet alleen bijdragen aan het beperken van onderhoud, maar ook zorgen voor beschutte habitatten voor vogels en vissen. Aan de IJsselmeerzijde zijn geen vooroeverdammen aanwezig.

Aan de zuidoostzijde van het Markermeer-traject, nabij Trintelhaven, is het natuurgebied Trintelzand A gerealiseerd. Trintelzand A is aan de zuidoostzijde begrensd door een opsluitdam die het scheidt van het aangrenzende natuurstrand (km 60,50 – km 61,40).

4.1.1. Zand profielen

De zandige versterking is ontworpen [5] op basis van drie profielonderdelen:

1. Veiligheidsprofiel
2. Stormbuffer
3. Onderhoudsbuffer

Deze onderdelen hebben elk ontwerpseisen, onder andere de taludhelling en de ligging van het onderdeel. Deze eisen zijn samengevat in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Ontwerputgangspunten voor de verschillende profielonderdelen.

Veiligheids-profiel	Taludhelling boven NAP-2,5 m	1:32
	Taludhelling onder NAP-2,5 m	1:15
Stormbuffer	Ligging	op het veiligheidsprofiel en boven NAP+1 m niet op de onderhoudsbuffer
	Aansluiting op de dijk (Markermeerzijde)	op niveau van de weg minus 0,5 m
	Aansluiting op de dijk (IJsselmeerzijde)	op niveau van het fietspad
	Taludhelling in eerste 20m vanaf de dijk	1:6 of flauwer
	Taludhelling op grotere afstand (dan 20 m)	1:3 of flauwer
Onderhouds-buffer	Ligging	Tussen NAP-1m en NAP+1m
	Taludhelling boven NAP-1m	1:32
	Taludhelling onder NAP-1m	1:10 of flauwer
	Taludhelling onder NAP-2,5m	1:6 of flauwer

Voor het ontwerp zijn om de 100 meter dwarsprofielen opgesteld, gebaseerd op de bovengenoemde profielvormen en ontwerpolumes. Deze profielen vormen de basis voor een reeks ontwerplijnen die het ruimtelijke verloop van knik- en referentiepunten weergeven. Op deze wijze is het ontwerp ook in bovenaanzicht inzichtelijk te maken.

Aangezien het om een zandige versterking gaat, kunnen de profielen op termijn variëren door natuurlijke invloeden. Voor de onderbouwing van de legger en de benodigde ruimtelijke reservering worden daarom de huidige ontwerpprofielen als uitgangspunt genomen.

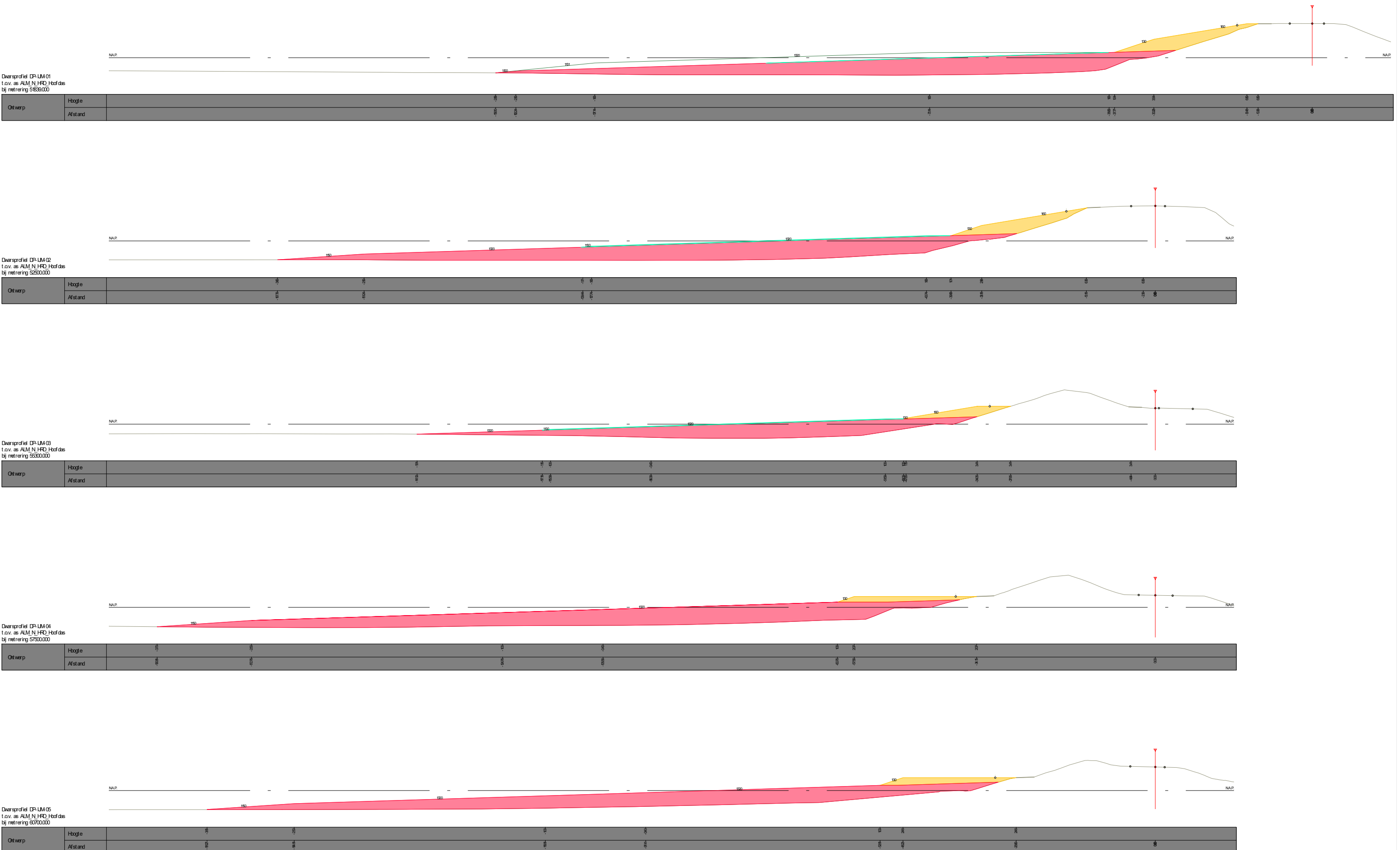
Figuur 4.2 toont de ligging van de dwarsprofielen die zijn opgesteld voor de uitwerking van de dijkopbouw.

Deze profielen bieden een gedetailleerd inzicht in de samenstelling en afmetingen van de dijkconstructie. De begrenzing van het waterstaatswerk loopt tot aan de buitenste randen van elk dwarsprofiel.

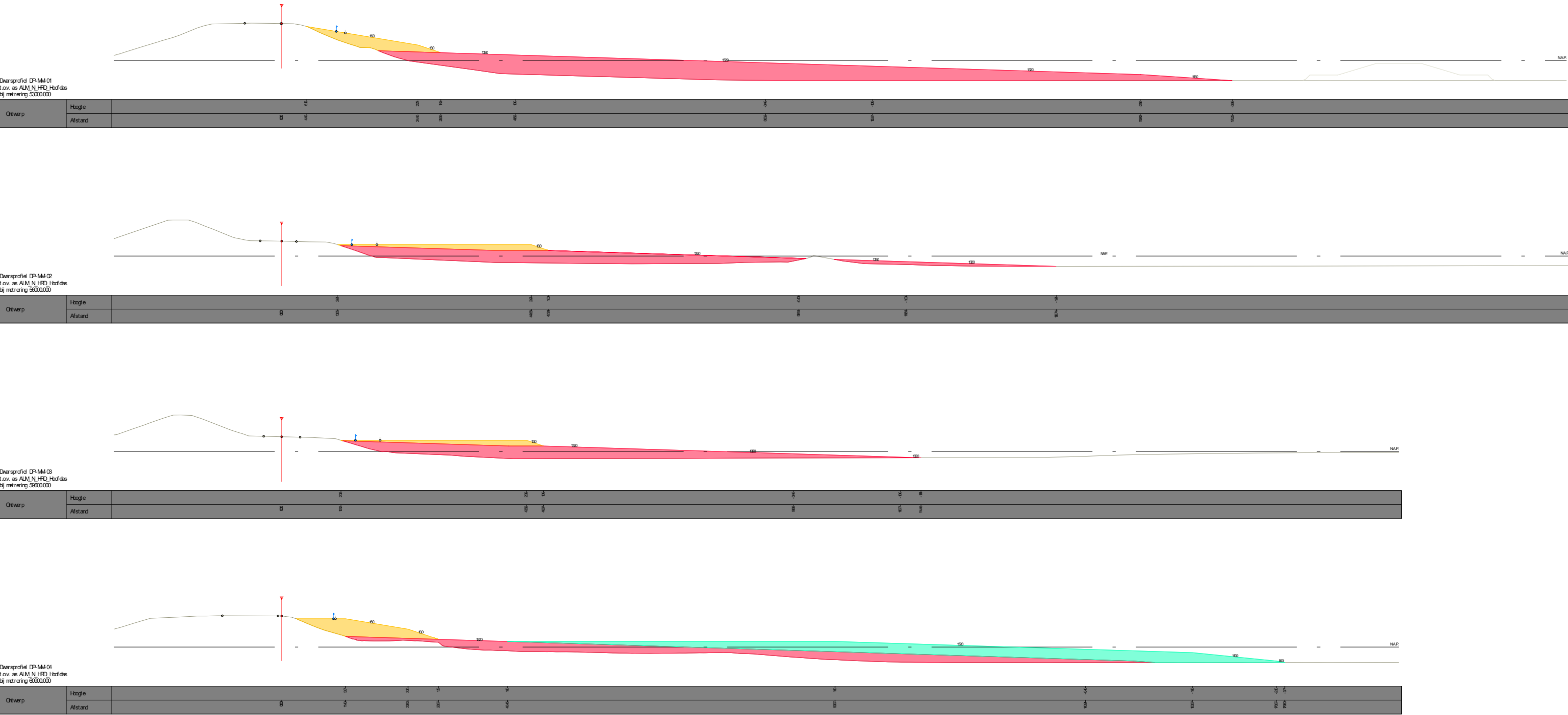
Figuur 4.2 Overzichtskaart met de locaties van de verschillende dwarsprofielen van de zandige bekleding.



Figuur 4.3 As built dwarsprofielen van de zandige versterking aan de IJsselmeerszijde. Rood geeft het veiligheidsprofiel weer, groen de onderhoudsbuffer inclusief ophooglaag, en geel de stormbuffer [6]



Figuur 4.4 As built dwarsprofielen van de zandige versterking aan de Markermeerzijde. Rood geeft het veiligheidsprofiel weer, groen de onderhoudsbuffer inclusief ophooglaag, en geel de stormbuffer [7]



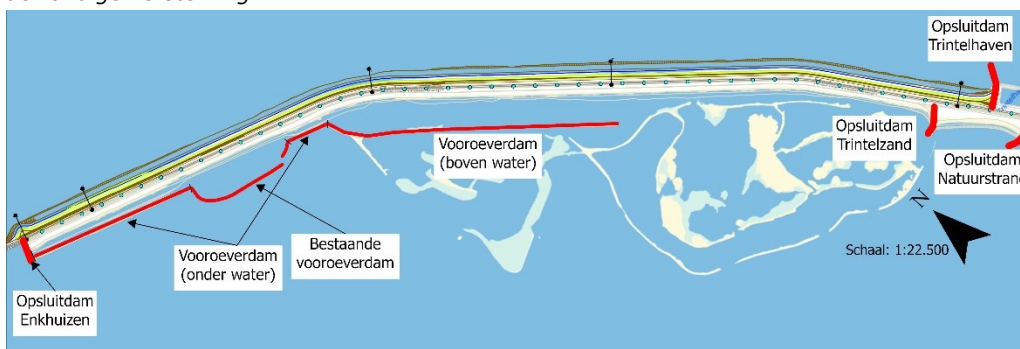
4.1.2. *Harde constructies*

Als onderdeel van het ontwerp van de zandige versterking van de Houtribdijk zijn diverse 'harde' constructies voorzien om de functionaliteit van de waterkering te kunnen borgen en/of om de onderhoudsbehoefte van de zandige oplossing te reduceren. Het gaat hier specifiek om enkele opsluitdammen dwars op de dijk en om enkele vooroeverdammen (golfbrekers) parallel aan de dijk.

In de volgende secties zal achtereenvolgens het ontwerp van de volgende dammen worden behandeld:

- Opsluitdam: Markermeerzijde Enkhuizen (km 51,80);
- Opsluitdam: Markermeerzijde Natuurstrand (km 61,40);
- Opsluitdam: Markermeerzijde Trintelzand (km 60,50);
- Opsluitdam: IJsselmeerzijde Trintelhaven (km 61,00);
- Vooroeverdammen onder water: Markermeerzijde;
- Vooroeverdammen boven water: Markermeerzijde;
- Bestaande vooroeverdammen Markermeerzijde.

Figuur 4.5 Overzichtskaart met de ligging van de verschillende harde constructies in en rond de zandige versterking.



De volgende opsluitdammen zijn ontworpen met een faalkans van 1/10.000 per jaar en maken daarmee onderdeel uit van het waterstaatswerk:

- *Opsluitdam Enkhuizen (km 51,80)*

Deze dam vormt de harde beëindiging van het zandpakket aan de Markermeerzijde en is ontworpen om zandverliezen te beperken, ook onder maatgevende omstandigheden. Hij sluit aan op een onderwaterdam. Er is beperkte schade aan de bekleding toegestaan (schadefactor $S = 10$) zolang de integriteit van het zandlichaam behouden blijft.

- *Opsluitdam Natuurstrand (km 61,40)*

Deze dam markeert het oostelijke uiteinde van de zandige versterking aan de Markermeerzijde. Net als de dam bij Enkhuizen moet hij het zandlichaam vasthouden onder maatgevende condities en is hij ontworpen op een faalkans van 1/10.000 per jaar. Het uiteinde van de dam, buiten het zandpakket, functioneert als golfbreker en is ontworpen met een lichtere eis (faalkans 1/50 per jaar).

De overige dammen zijn niet ontworpen op de ontwerpeis van 1/10.000 per jaar en dragen niet bij aan de primaire waterveiligheid. Zij vallen buiten het waterstaatswerk en worden in Hoofdstuk 5.2 meegenomen:

- *Opsluitdam Trintelzand (km 60,50)*

Deze dam scheidt het natuurstrand van de zachte versterking in de luwte van Trintelzand. Hij staat los van de dijk en heeft een relatief lage kruin. De dam is ontworpen met een faalkans van 1/50 per jaar. Tijdens hoge waterstanden is zanduitwisseling toegestaan.

- *Opsluitdam Trintelhaven, IJsselmeerzijde (km 61,00)*

Deze constructie is een verlenging van een bestaande havendam en vervult geen opsluitfunctie, omdat het zand hier reeds door andere elementen wordt ingesloten. De dam is ontworpen als golfbreker zonder zanddichte kern, met een faalkans van 1/50 per jaar.

- *Vooroeverdammen onder water: Markermeerzijde (km 54,80 – Trintelzand A)*

De onderwaterdammen, met een kruinniveau van NAP -0,50 m, sluiten bij km 54,80 aan op bestaande hoge dammen en eindigen bij Trintelzand A. Ze zijn niet ontworpen voor maatgevende omstandigheden, maar zorgen voor golfreductie, waarmee het onderhoud aan het zandlichaam wordt verminderd. Door zettingscompensatie liggen de dammen initieel boven water. De golfbrekende functie is meegenomen in de dimensionering van de onderhoudsbuffers.

- *Vooroeverdammen boven water: Markermeerzijde (bovenzijde NAP +0,0 m)*

Deze hoge dammen liggen boven water en beperken jaarrond de golfwerking, waardoor het onderhoud aan de zandige versterking vermindert. Er is een open laterale verbinding met Trintelzand om wateruitwisseling en ecologische doorstroming te behouden. Lokale verlagingen in de dam maken extra wateruitwisseling mogelijk. De dammen hebben geen functie bij maatgevende stormcondities, maar dragen wel bij aan een gunstig golfklimaat onder normale omstandigheden.

- *Bestaande vooroeverdammen Markermeerzijde (km 53,40 – km 54,45)*

In dijkvak 2 blijven twee bestaande hoge vooroeverdammen behouden en worden gekoppeld aan de nieuwe onderwaterdammen. Omdat de uiteinden van deze bestaande dammen in het nieuwe zandpakket komen te liggen, worden ze ingekort. Dit voorkomt verstoring van het morfologisch systeem (langstransport) en verbetert de waterdoorstroming. Zo ontstaat een meer open en robuust watersysteem dat het functioneren van de zandige versterking ondersteunt.

4.1.3. *Trintelzand A*

Trintelzand A is een natuurgebied gelegen aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk, tussen kilometer 57,2 en 60,5. Het gebied is aangelegd met als doel de ecologische kwaliteit van dit deel van het Markermeer te verbeteren. Dit gebeurt door de aanleg van luwtezones, ondieptes en natuurlijke oevers.

Rondom de verschillende compartimenten zijn zanddammen aangelegd, die onder andere zorgen voor beschutting tegen golfslag.

De compartimenteringsdammen binnen Trintelzand A zijn opgebouwd uit relatief grof zand. Ze hebben flauwe taluds aan de waterzijde en vormen een volledig zandig profiel. Naast het creëren van luwte, dienen deze dammen ook om het ophoogmateriaal op zijn plaats te houden. Een uitzondering is de buitenste dam die aan de buitenzijde een steenbekleding heeft.

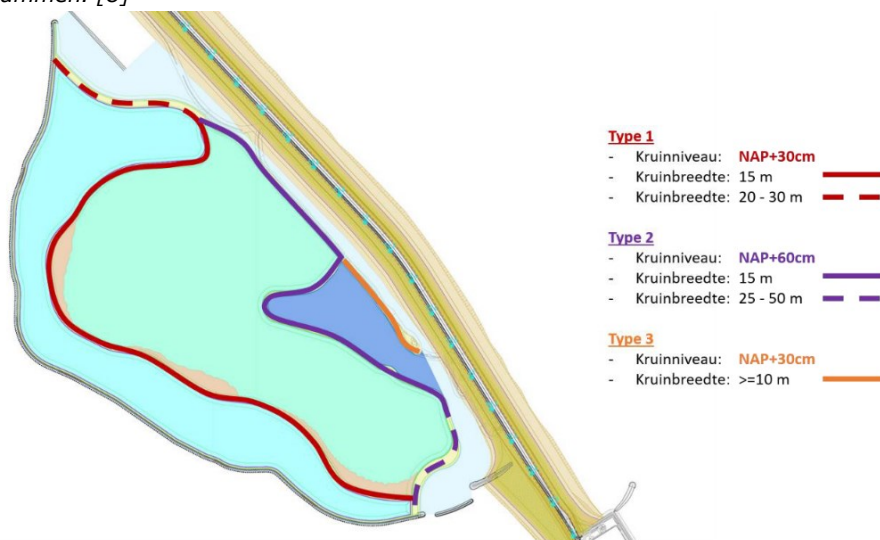
Het ontwerp van Trintelzand A [8] is gebaseerd op een faalkans van 1/50 per jaar. Het gebied speelt geen rol in de waterveiligheid van de Houtribdijk. Wel draagt Trintelzand A bij aan het beperken van het onderhoud aan de zandige versterking van de dijk. De combinatie van ondieptes en dammen vermindert de golfbelasting op de primaire waterkering, vergelijkbaar met de werking van de vooroeverdammen langs de Houtribdijk. Daarmee vormt Trintelzand A geen onderdeel van het waterstaatswerk, maar het ligt deels binnen de invloedszone. Dit wordt verder meegenomen in Hoofdstuk 5.2.2.

In Figuur 4.6 is een overzicht weergegeven van de verschillende typen dammen binnen Trintelzand A. Er worden drie hoofdtypen onderscheiden:

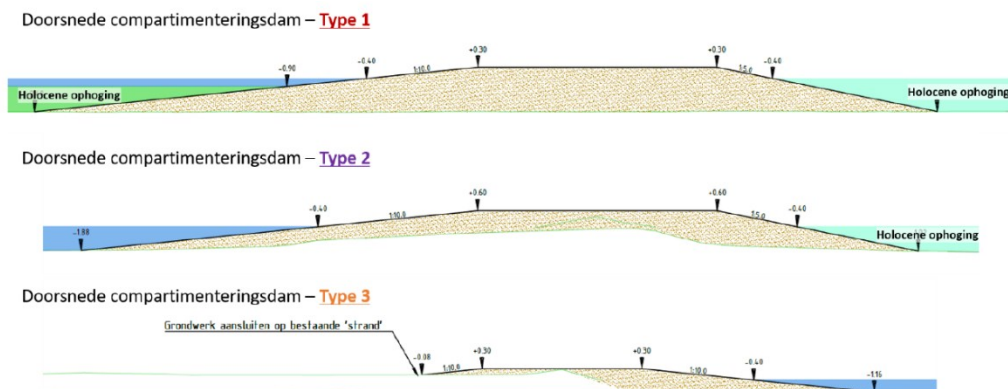
1. De achterzijde van het ondiep water compartiment (en daarmee ook de scheidslijn met het plasdras compartiment);
2. De achterzijde van het plasdras-compartiment;
3. Een luwtedam door het niet met Holocene materiaal gevulde gebied tussen de compartimenten en de Houtribdijk, op de locatie van de bestaande vooroeverdam ('hockeystick').

Binnen deze drie hoofdtypen is enige variatie mogelijk. In de figuur zijn de verschillende damsecties aangeduid met gestreepte lijnen, elk in een bijpassende kleur. De dwarsprofielen van de verschillende typen dammen zijn te zien in Figuur 4.7

Figuur 4.6 Overzichtskaart van Trintelzand A met aanduiding voor verschillende typen zanddammen. [8]



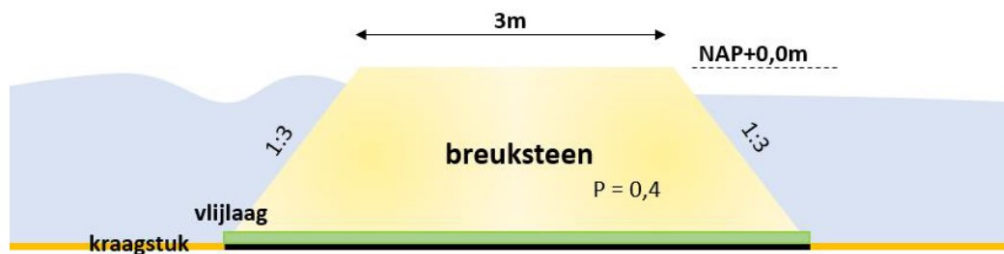
Figuur 4.7 Dwarsprofielen van zanddammen in Trintelzand. Boven: compartimenteringsdam tussen 'ondiep water' en 'plasdras'. Midden: compartimenteringsdam aan achterzijde 'plasdras'. Onder: zanddam langs bestaande hockeystick.



Tussen de vooroeverdam van Trintelzand A en de opsluitdam is een golfbreker aangelegd. Deze bestaat volledig uit steen en heeft geen zandkern of zandig profiel aan de achterzijde. De constructie is ontworpen om erosie te voorkomen van zowel de aangrenzende zanddammen als het zandige voorland van de Houtribdijk. De golfbreker biedt met name bescherming tegen golfslag vanuit het zuiden en zuidwesten, die anders schade zou kunnen veroorzaken aan de achterliggende zandstructuren en de zandige dijkversterking.

Het profiel van de golfbreker is gelijk aan dat van de Vooroeverdammen Boven Water, vanwege de vergelijkbare functie en de overeenkomstige hydraulische belasting. Deze golfbreker heeft geen primaire functie voor de waterveiligheid, maar dient vooral ter vermindering van onderhoud. Daarom wordt de constructie verder meegenomen in Hoofdstuk 5.2.

Figuur 4.8 Schematische dwarsdoorsnede van de golfbreker. [HRD-MEM-0237 Memo Ontwerp Vooroeverdam Trintelzand A]



4.1.4. Trintelzand B

Trintelzand B is een natuurgebied in het Markermeer, gelegen ten westen van Trintelzand A. Samen vormen ze een aaneengesloten gebied dat bijdraagt aan het vergroten van de ecologische kwaliteit van het Markermeer. Trintelzand B bestaat uit zeven zandplaten en is ingericht als een luwe, ondiepe zone die aantrekkelijk is voor een breed scala aan flora en fauna [9].

Hoewel het gebied grenst aan de Houtribdijk, maakt Trintelzand B geen deel uit van de primaire waterkering. Het heeft een puur ecologische functie en draagt bij aan het natuurlijke functioneren van het Markermeer, zonder invloed uit te oefenen op de waterveiligheid van de dijk en heeft ook geen functie op het gebied van onderhoud.

4.2. Harde bekleding

4.2.1. Dijktraject

Figuur 4.9 toont de locaties van de verschillende dwarsprofielen die zijn opgesteld voor de uitwerking van de dijkopbouw. Deze profielen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geven een gedetailleerd inzicht in de samenstelling en dimensies van de dijkconstructie. De begrenzing van het waterstaatswerk loopt tot aan de buitenste afstand van elk dwarsprofiel.

Figuur 4.9 Overzichtskaart van de locatie van de harde bekleding en de locaties van de dwarsprofielen.



Dit gedeelte van de Houtribdijk is tijdens de versterking overslagbestendig. De taludhelling is voorzien van een overlaging met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen. Uitzonderingen hierop zijn het fiets-/onderhoudspad, de N302 en de bestaande basaltbekleding aan de IJsselmeerzijde, die in stand zijn gehouden. De overlaging sluit zonder hoogteverschil aan op het bestaande asfalt van de N302, het vernieuwde fietspad in WAB en de bestaande basaltbekleding. [10]

Aan de Markermeerzijde begint de overlaging ter hoogte van het huidige teenschot op NAP +0,0 m en loopt deze door tot het fiets-/onderhoudspad, dat is uitgevoerd in WAB. Tussen het pad en de N302 is opnieuw gepenetreerde breuksteen aangebracht. In dit gedeelte is sprake van een lichte ingraving in de kleiige ondergrond in plaats van een ophoging. De steensortering bedraagt 5–40 kg, met een minimale laagdikte van 30 cm.

Het fiets-/onderhoudspad is overlaagd met een laag waterbouwasfaltbeton van minimaal 10 cm. Deze verharding heeft een constructieve én onderhoudsfunctie.

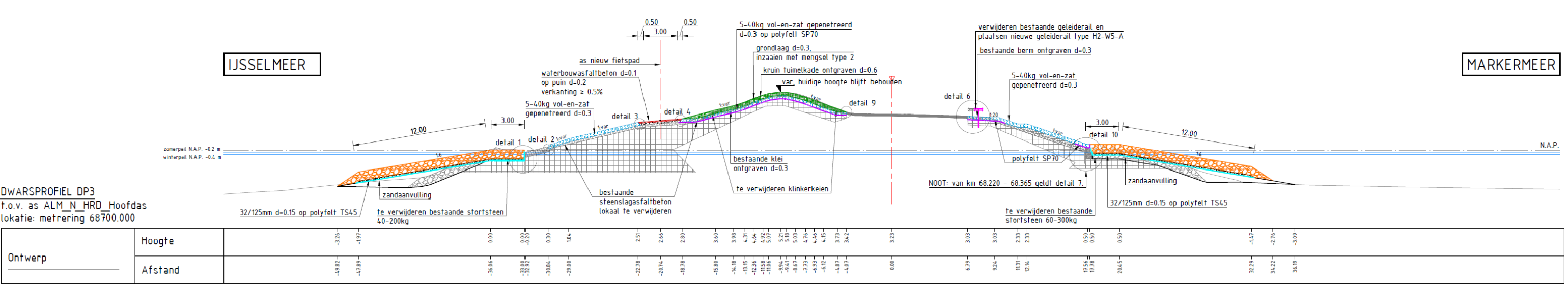
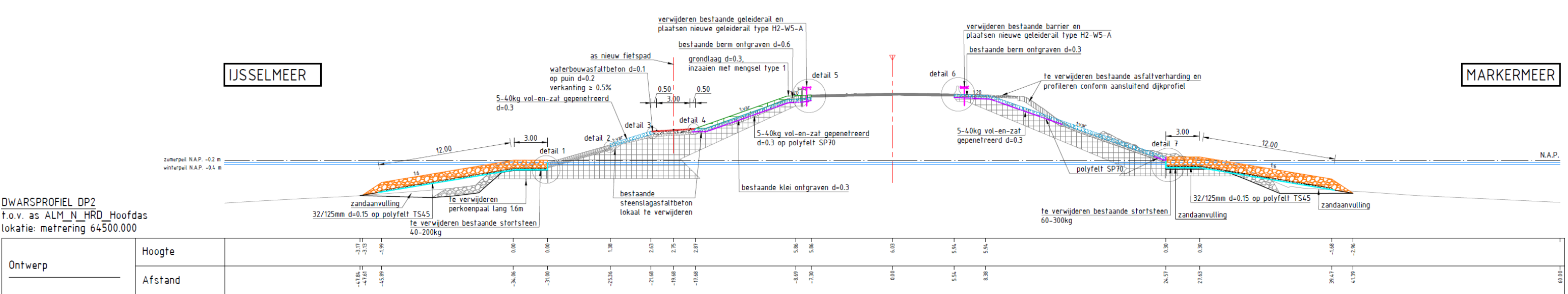
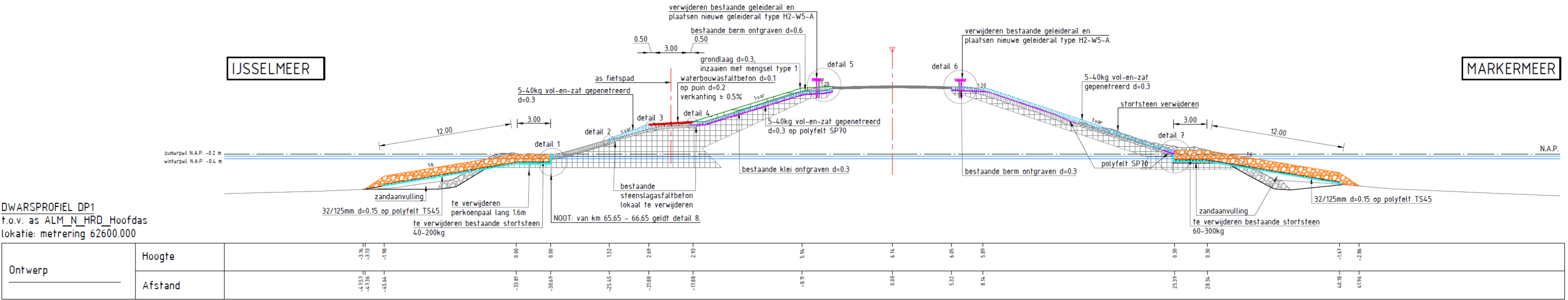
In het talud tussen het fietspad en de N302 ligt een egale grondlaag van circa 30 cm op de breuksteenbekleding. Deze laag is ingezaaid met gras en heeft uitsluitend een esthetische functie. De grondlaag wordt vlak afgewerkt en volgt het taludprofiel zonder de functionele eigenschappen van het onderliggende breuksteenpakket aan te tasten.

De teenconstructies bestaan uit een combinatie van kreukelberm en taludhelling:

- de lengte van het kraagstuk / geotextiel dient 15m te zijn, bestaande uit:
 - een kreukelberm van 3,0m
 - een taludhelling van 1:6 van de resterende 12,0m

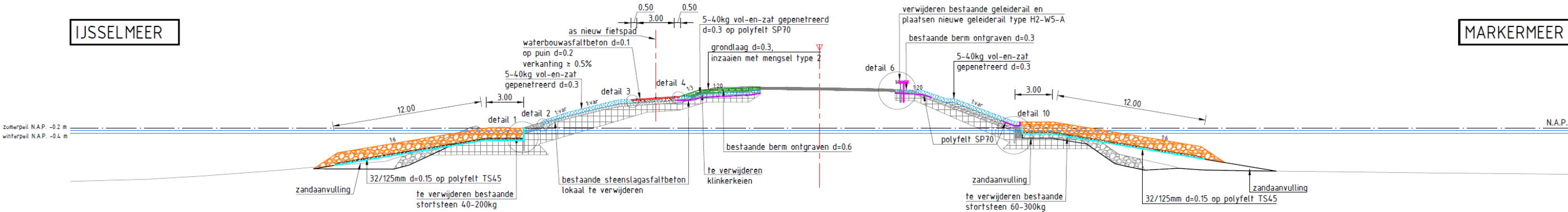
Voor de teenconstructies geldt een M50 tussen de 80-149 kg van de toegepaste waterbouwsteen.

Figuur 4.10 As built dwarsprofielen van de harde bekleding. [10]



IJSSELMEER

MARKERMEER

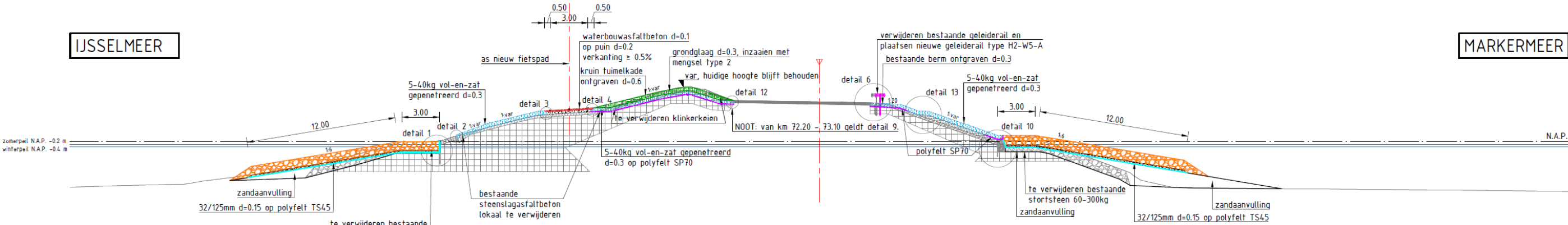


DWARSPROFIEL DP4
f.o.v. as ALM_N_HRD_Hoofdas
lokatie: metrerings 70300.000

Ontwerp	Hoogte																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</
---------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

IJSSELMEER

MARKERMEER

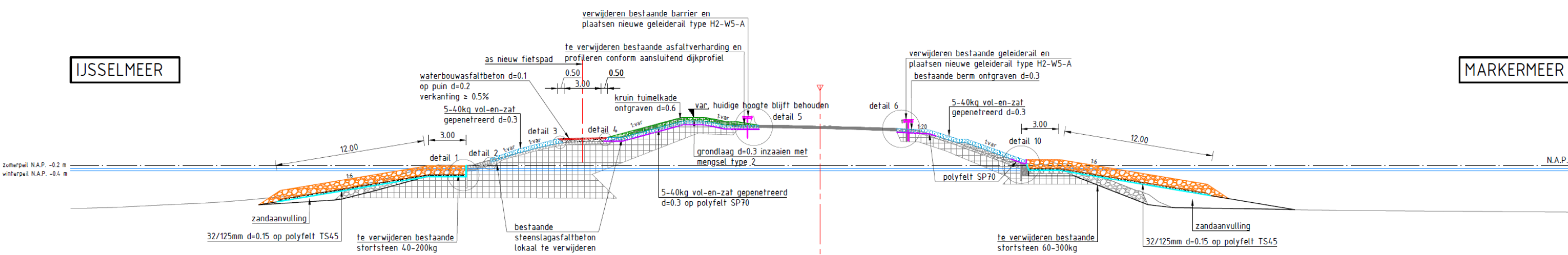


DWARSPROFIEL DP5
f.o.v. as ALM_N_HRD_Hoofdas
lokatie: metrerings 72200.000

Ontwerp	Hoogte	-3.12	-1.97	0.00	0.00	1.49	2.45	2.72	2.72	4.02	4.38	4.37	3.31	3.20	3.12	3.12	2.44	2.43	0.50	0.50	-1.47	-2.76	-3.76
	Afstand	-47.23	-45.51	-33.67	-30.42	-26.48	-22.49	-18.03	-17.52	-12.78	-10.77	-10.23	-4.84	0.00	4.06	6.5	7.93	8.76	14.32	17.96	29.20	31.13	37.02

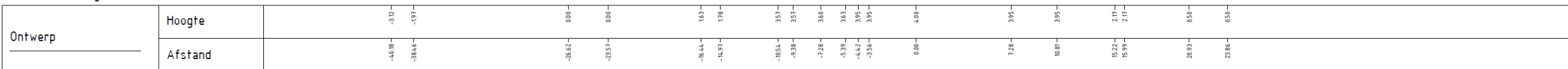
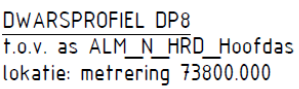
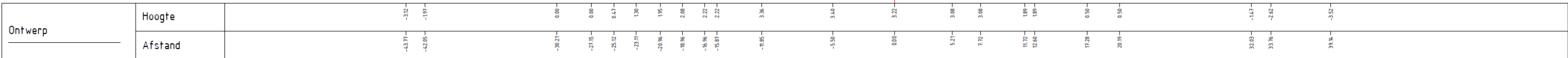
IJSSELMEER

MARKERMEER



DWARSPROFIEL DP6
f.o.v. as ALM_N_HRD_Hoofdas
lokatie: metrerings 73150.000

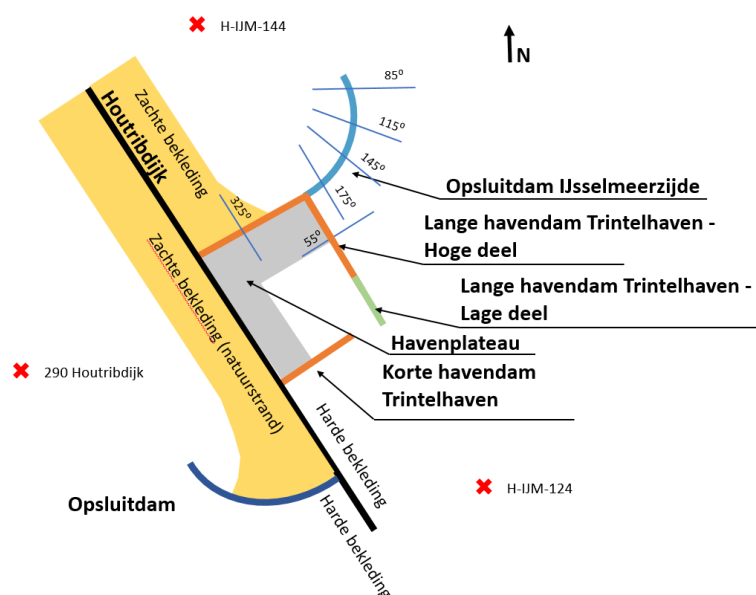
Ontwerp	Hoogte	-3.12	-1.97	0.00	0.00	0.44	1.30	2.28	2.22	2.28	3.38	3.80	3.93	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	0.50	0.50	0.50	-1.47	-2.62	-3.50
	Afstand	-44.86	-42.23	-31.40	-28.34	-26.40	-24.31	-21.02	-19.01	-17.02	-12.07	-11.00	-10.06	-9.49	-8.40	-7.57	-6.71	-4.91	0.00	6.15	8.39	11.03	11.72	16.29



4.2.2. Trintelhaven

Trintelhaven bevindt zich halverwege de Houtribdijk aan de IJsselmeerzijde en bestaat uit een korte havendam en een lange havendam, waarbij de lange dam is onderverdeeld in een hoog en een laag gelegen deel. Op de korte dam staat een zendmast.

Figuur 4.11 Schematisch overzicht van de havendammen bij Trintelhaven. [11]

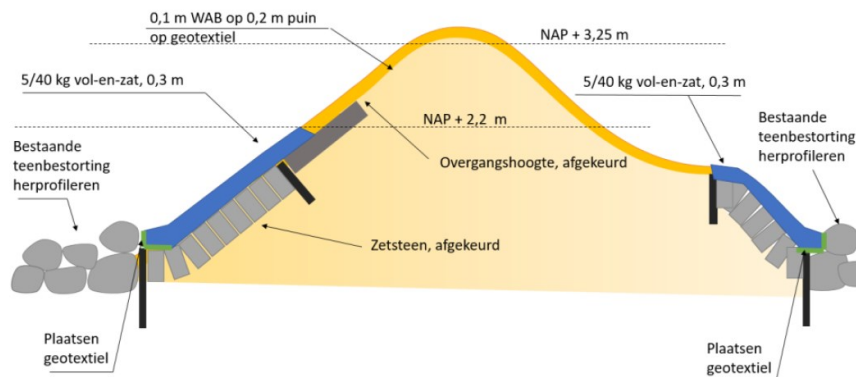


Tijdens de tweede toetsronde [12] werden de bestaande bekledingen van de havendammen – asfalt, gras en steen – als onvoldoende beoordeeld. In het kader van de versterking in 2017 zijn deze onderdelen aangepakt en is Trintelhaven versterkt op basis van maatgevende hydraulische belastingen met een terugkeerperiode van 1 op 10.000 jaar [11].

Lange havendam – hoge deel

Het hoge deel van de lange havendam is versterkt met een combinatie van steen en asfaltconstructies. Het buitentalud, tussen het bestaande teenschot en NAP +2,2 meter – de bovenzijde van de golfklapzone – is voorzien van een overlaging met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen met een steensortering van 5 tot 40 kg en een laagdikte van 30 centimeter. Boven dit niveau is gekozen voor een bekleding met waterbouwasfaltbeton (WAB). Deze asfaltlaag, met een dikte van 10 centimeter, is aangebracht op een puinlaag van 20 centimeter die rust op een geotextiel. Deze opbouw is ook toegepast op de kruin en het binnentalud van de dam. Op het binnentalud is de bescherming doorgezet tot aan de bestaande betonband van de oorspronkelijke bekleding aan de binnenzijde van de dam. Hier is de oude steenzetting overlaagd met dezelfde gepenetreerde breuksteen. Bij het havenplateau is een passende aansluiting gerealiseerd tussen de nieuwe bekledingslagen en het bestaande werk. Om luchtdrukopbouw onder de asfaltconstructie te voorkomen, zijn langs het hele tracé van dit deel van de dam om de 25 meter ontluchtingsgaten aangebracht.

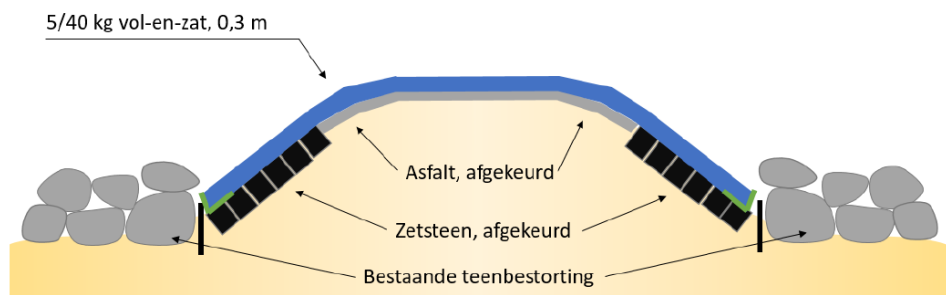
Figuur 4.12 Schetsmatige weergave versterking lange havendam – hoge deel [11]



Lange havendam – lage deel

Ook het lage deel van de lange havendam is volledig overlaagd met gepenetreerde breuksteen in dezelfde steensortering en laagdikte als het hoge deel. Omdat dit deel alleen bestaat uit steenbekleding, zonder asfaltlagen, zijn ook hier op regelmatige afstand – elke 25 meter – ontluuchtingsopeningen aangebracht, om te voorkomen dat zich ingesloten lucht onder de bekleding ophoopt.

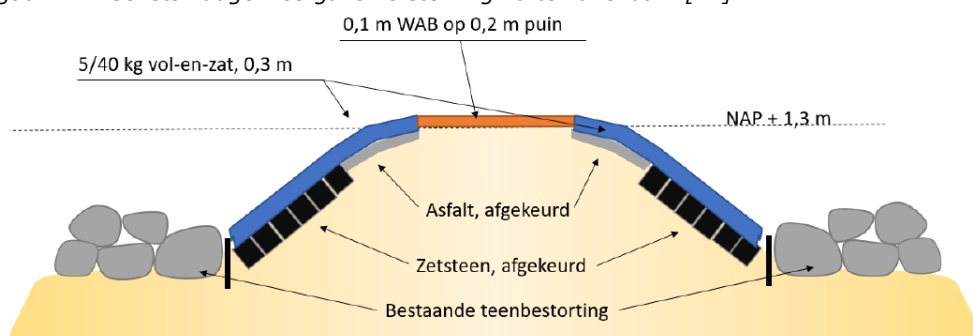
Figuur 4.13 Schetsmatige weergave versterking lange havendam – lage deel [11]



Korte havendam

Het buitentalud is, net als bij de lange dam, voorzien van een 30 centimeter dikke laag vol-en-zat gepenetreerde breuksteen met een steensortering van 5–40 kg. De kruin is afgewerkt met een WAB-laag van 10 centimeter op een onderliggende puinlaag van 20 centimeter, aangebracht op geotextiel. Het binnentalud is verflauwd tot een helling van 1:2, waarna ook dit talud is voorzien van dezelfde type breuksteen. Net als bij de andere delen zijn ook hier om de 25 meter ontluuchtingsgaten gerealiseerd om het risico op luchtdrukopbouw te beperken.

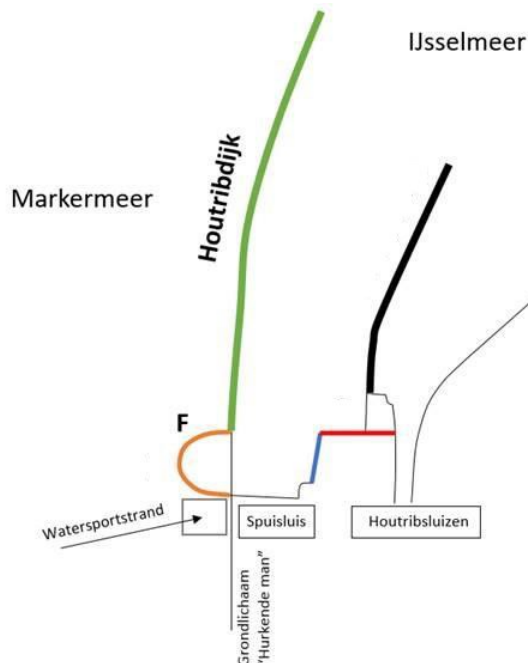
Figuur 4.14 Schetsmatige weergave versterking korte havendam [11]



4.2.3. Dijklichaam F

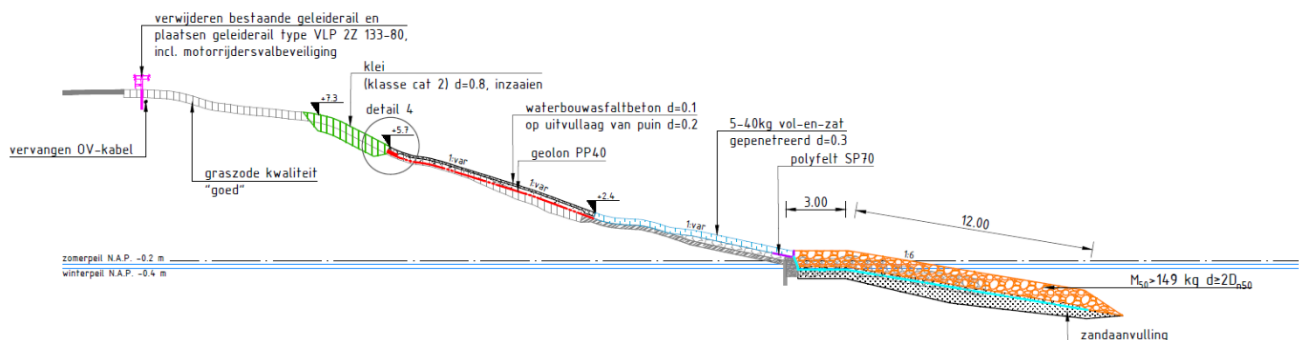
Dijklichaam F bevindt zich aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk, ter hoogte van kilometer 75, bij het zogenoemde eiland "Houtribsluizen". Dit dijkvak heeft een lengte van circa 400 meter en kent een aflopend kruintraject: van NAP +8,3 meter bij het sluizencomplex tot circa NAP +4,0 meter bij de aansluiting op de Houtribdijk. Aan de zuidzijde van het dijklichaam ligt het Watersportstrand. Figuur 4.15 geeft de ligging van Dijklichaam F.

Figuur 4.15 Locatie en omgeving van Dijklichaam F [13]



Tijdens de tweede toetsronde zijn diverse onderdelen van het dijklichaam afgekeurd, waaronder de breuksteen op de kreukelberm, de asfaltglooiing en de grasbekleding. In de versterkingsronde van 2017 zijn deze tekortkomingen aangepakt. Figuur laat het dwarsprofiel zijn van de versterking van Dijklichaam F.

Figuur 4.16 Kenmerkende doorsnede Grondlichaam F. [13]



Het buitentalud is versterkt met een combinatie van steenbekleding en waterbouwasfaltbeton (WAB), afgestemd op de variërende hoogteligging en oriëntatie van het dijkprofiel. In de golfklapzone – het bovenste gedeelte van het buitentalud vanaf NAP +2,4 meter – is een laag vol-en-zat gepenetreerde breuksteen (5–40 kg) aangebracht. Direct daaronder, in de golfoploopzone, is

gekozen voor een WAB-laag die over de lengte van het talud geleidelijk in hoogte varieert. Aan de noord- en oostzijde sluit deze asfaltlaag aan op het bestaande asfalt van de weg, terwijl aan de zuidzijde een natuurlijke overgang naar grasbekleding is gerealiseerd.

Ook de teenconstructie van het talud is volledig vernieuwd. De oorspronkelijke teenbestorting is volledig verwijderd. De ondergrond is aangevuld met zand en daarop is een nieuwe teenconstructie aangebracht. Deze constructie heeft een totale lengte van 15 meter, opgebouwd uit een kreukelberm van 3 meter breed en een aansluitend talud met een helling van 1:6 of flauwer, over een lengte van 12 meter. De opbouw bestaat uit een geotextiel, een vlijlaag en een toplaag van breuksteen met een M50 van minimaal 149 kg, met een laagdikte van ten minste twee keer de D50.

Aan de zuidzijde van het dijklichaam, tussen de overgang van het asfalt en het niveau waarop overslag plaatsvindt (0,1 l/m/s), is klei aangebracht en ingezaaid met gras.

4.3. Krabbersgat

4.3.1. Schutsluis

De schutsluis in het Krabbersgat bevindt zich tussen het IJsselmeer en het Markermeer en maakt deel uit van de belangrijke vaarroute Amsterdam – Enkhuizen – Kornwerderzand. Sinds de ingebruikname van het Naviduct in 2003 wordt deze sluis voornamelijk gebruikt door de beroepsvaart.

Tabel 4.2 Algemene gegevens Krabbersgat-schutsluis [14]

Objectnaam	Sluis in het Krabbersgat
Topcoördinaten	X = 147.94, Y = 522.75
Beheerobjectcode	20A-001-01
Categorie	Kunstwerk – Schutsluis
Bouwjaar	1969–1971
Functies	Schutten, keren, kruisen
Aantal kolken:	1

De schutsluis is opgebouwd als een betonnen bakprofiel, gefundeerd op palen. De sluiskolk wordt gevuld en geleegd via omloopriolen. Aan beide zijden van de sluis bevinden zich dubbele stalen puntdeuren. Aan de IJsselmeerzijde (het buitenhoofd) is daarnaast een stel houten stormvloeddeuren aangebracht.

De sluis bestaat uit drie hoofdonderdelen:

- Buitenhoofd (IJsselmeerzijde) – inclusief een stel houten vloeddeuren met een kerende hoogte van NAP +2,81 m
- Binnenhoofd (Markermeerzijde)
- Sluiskolk – totale lengte: 173,6 meter

Tabel 4.3 Kolkafmetingen Krabbersgat-schutsluis [14]

Lengte (m)	Breedte (m)	Diepte t.o.v. NAP (m)
115	12	-4,5

Ter plaatse van het buitenhoofd is het aangrenzende grondlichaam ongeveer even hoog als het plateau (+2,85 m NAP), wat aansluit bij de hoogte van de stormvloeddeuren. Aan de Markermeerzijde ligt de sluis achter een aantal strekdammen met een minimale kerende hoogte van circa NAP +1,60 m.

4.3.2. Spuisluizen

De spuisluis in het Krabbersgat, onderdeel van het Krabbersgatcomplex nabij Enkhuizen, bestaat uit twee spuikanalen van elk 18 meter breed. De totale breedte van het kunstwerk is circa 48 meter. Beide openingen worden afgesloten met stalen hefschuiven; per kanaal zijn twee schuiven aanwezig. Deze schuiven worden met behulp van kabels bediend en hangen in drie heftorens die zich op de constructie bevinden. De constructie is volledig uitgevoerd in gewapend grindbeton en gefundeerd op palen, waarvan meer dan de helft schoren bevat om ook horizontale krachten te kunnen opvangen. De totale lengte van de spuisluis loodrecht op de kering bedraagt 37,5 meter. De bodem van de spuisluis ligt op een diepte van NAP - 4,50 meter.

Onder de betonnen vloer bevinden zich aan beide uiteinden kwelschermen die extra bescherming bieden. Aan zowel de Markermeer- als de IJsselmeerzijde zijn meerpalen met wrijfgordingen geplaatst, onder andere ter ondersteuning van ijsverdrrijving

Tabel 4.4 Algemene gegevens Krabbersgat-spuisluizen [14]

Objectnaam:	Spuisluis Krabbersgat
Topcoördinaten:	X = 148.01, Y = 522.75
Beheerobjectcode:	20A-001-02
Categorie:	Kunstwerk – Spuisluis
Bouwjaar:	1969
Functies:	Spuien, keren
Aantal spuikanalen:	2 (elk 18 m breed)
Aantal heftorens:	3 (hoogte: 18,77 m +NAP)

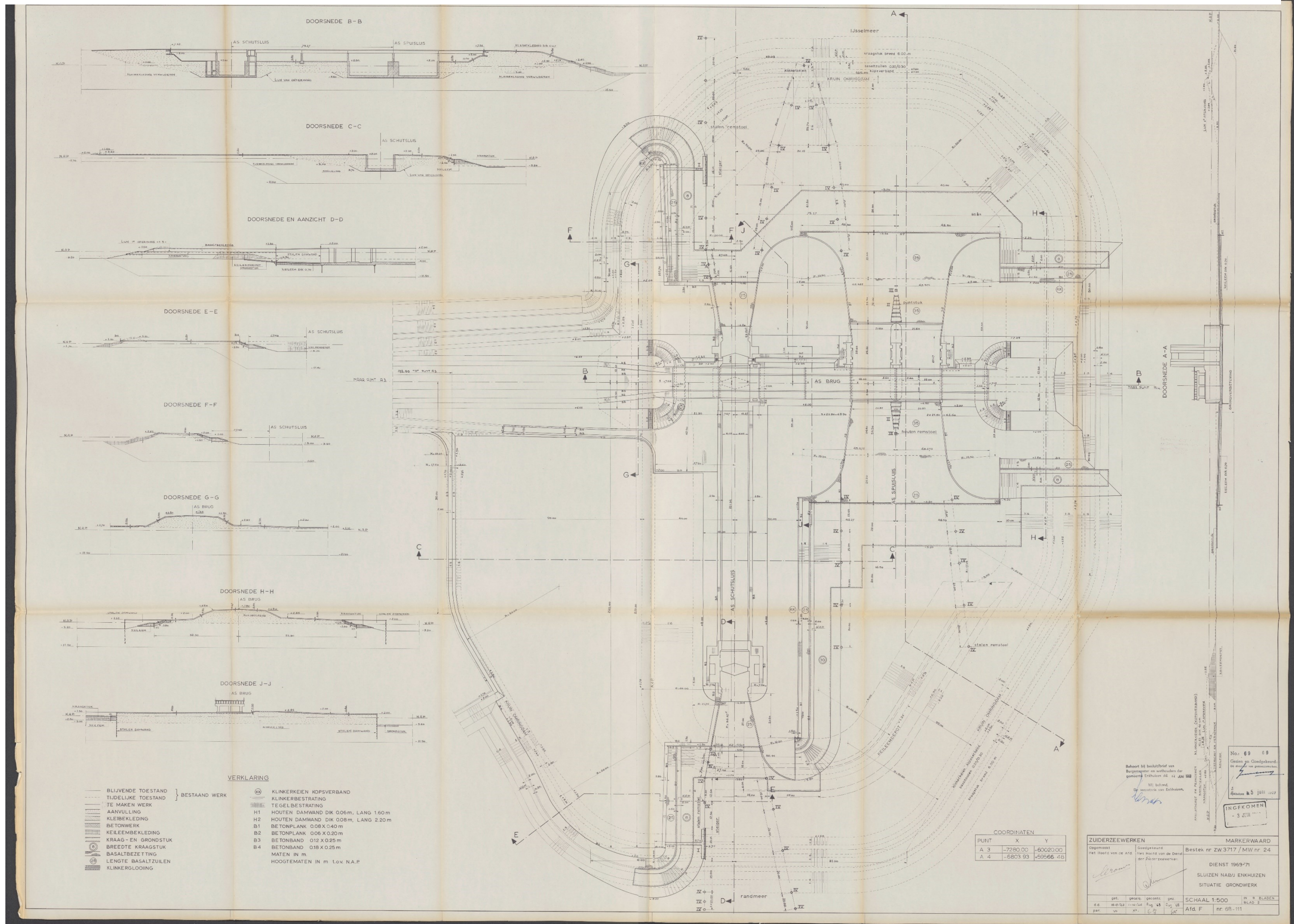
De schuiven aan de noordzijde functioneren uitsluitend als (hoog)waterkering. De schuiven aan de zuidzijde zijn regelbaar in vijf standen, waarmee het doorstromend debiet kan worden aangepast.

Het spuien vindt plaats onder vrij verval, waarbij het debiet afhankelijk is van het waterstandsverschil tussen het IJsselmeer en het Markermeer. De maximale spuicapaciteit is berekend op 200 m³/s. Dit ontwerp zorgt ervoor dat water kan worden verplaatst zonder hinder voor de scheepvaart of het ontstaan van ontgronding.

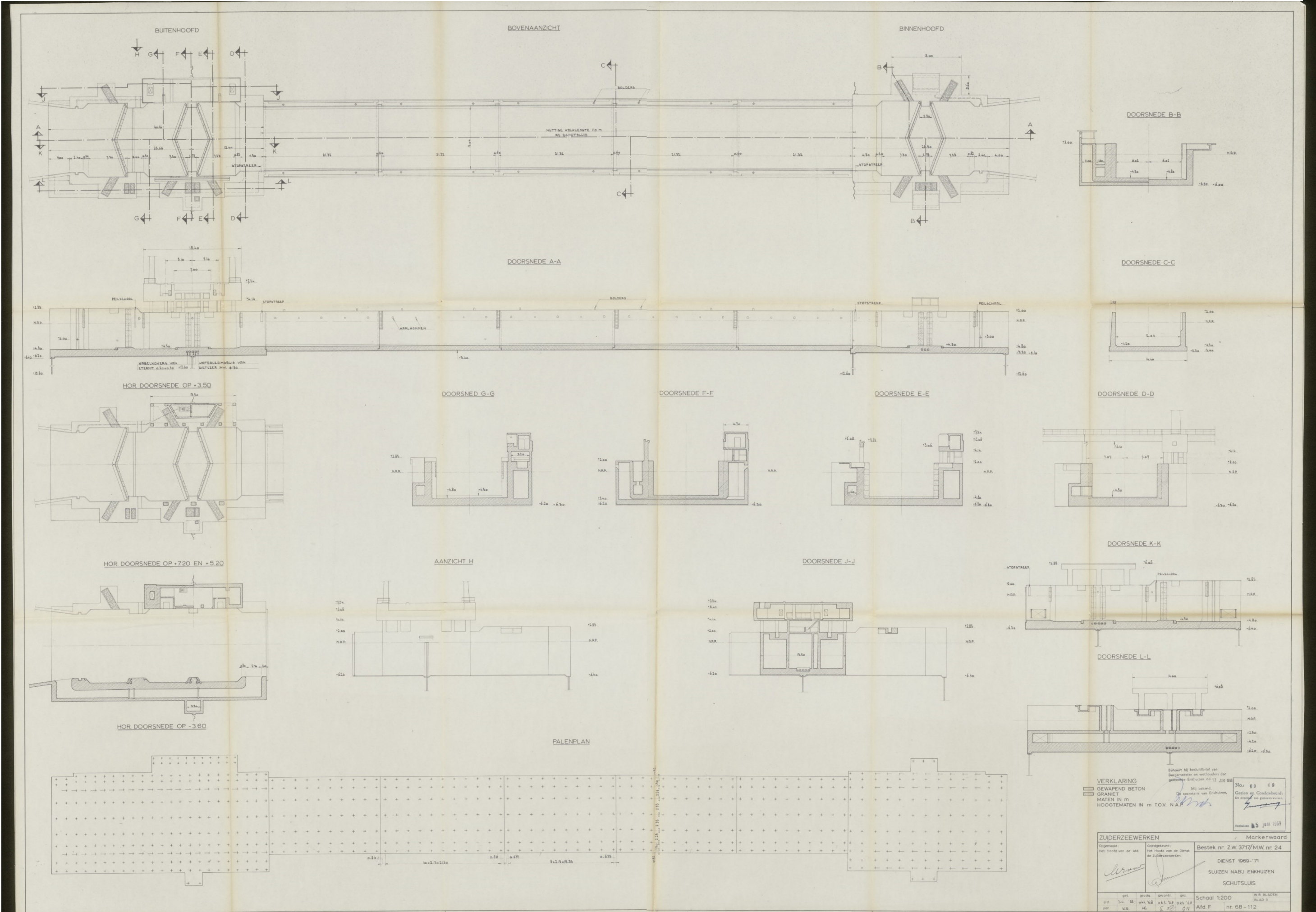
Na ingebruikname werd echter ontgronding geconstateerd aan beide zijden van het spuikanaal. Ter beperking hiervan zijn in 1985 extra zinkstukken aangebracht in het spuikanaal.

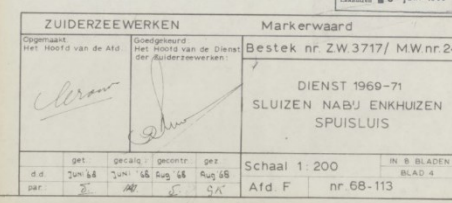
Tabel 4.5 Technische kenmerken spuisluis Krabbersgat [14]

Aantal openingen	2 × 18,00 m
Drempeldiepte	-4,50 m t.o.v. NAP
Maximale spuicapaciteit	200 m ³ /s
Doorvaarthoogte	+5,80 m t.o.v. NAP



Figuur 4.18 Bestek tekening schutsluis Krabbersgat [15]





4.3.3. Dijklichamen

Tijdens de dijkversterking in 2017 zijn de dijklichamen A, B en C (zie Figuur 4.20) aangepakt. Aanleiding hiervoor was de afkeuring van de grasbekleding tijdens de tweede toetsronde.

Figuur 4.20 Schematische weergave dijklichamen A/B/C in relatie tot de overige objecten nabij het Krabbersgat Sluiscomplex [12]



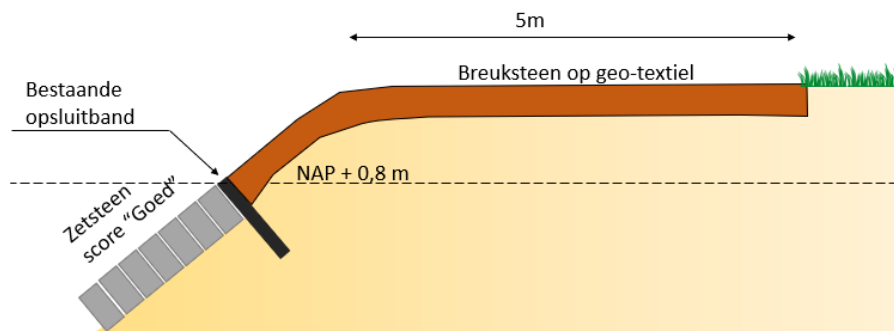
Dijklichaam A

De grasbekleding op de kruin van Dijklichaam A, werd initieel afgekeurd omdat deze in de golfklapzone lag en niet voldeed aan de vereiste sterkte. Vervanging door harde bekleding werd als te ingrijpend beoordeeld vanwege het grote oppervlak. In overleg met de beheerder werd daarom gekozen voor versterking van de graszode tot zodekwaliteit "goed".

Dijklichaam B

Bij Dijklichaam B werd de grasbekleding op zowel het talud als de kruin afgekeurd. De belastingduur was hier langer dan bij Dijklichaam A en het grondlichaam had een directe rol in de stabiliteit van de oostelijke sluiswand. Het dijklichaam is versterkt met losse breuksteen met een M50 van minimaal 69 kg. Deze is vanaf het water aangebracht vanaf NAP +0,8 m tot circa 5 meter achter de kruin.

Figuur 4.21 Ontwerp versterking grasbekleding Dijklichaam B [12]

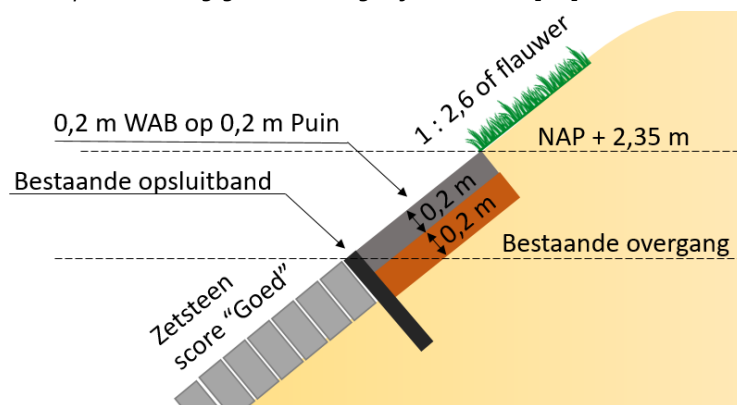


Dijklichaam C

De bestaande bekleding op Dijklichaam C werd afgekeurd vanwege een overgang van harde bekleding naar gras op een locatie met een hoge hydraulische belasting. De taludhelling was lokaal te steil om de belasting te weerstaan.

Om dit probleem op te lossen is boven de bestaande opsluitband een sleuf gegraven, waarin een constructie van waterbouwasfaltbeton (WAB) is aangebracht. Deze bestond uit een 0,2 meter dikke WAB-laag op 0,2 meter puingranulaat, met geotextiel als onderlaag. Daarnaast is het boventalud aangepast en beheerd, zodat de graszode is verbeterd tot zodekwaliteit "goed".

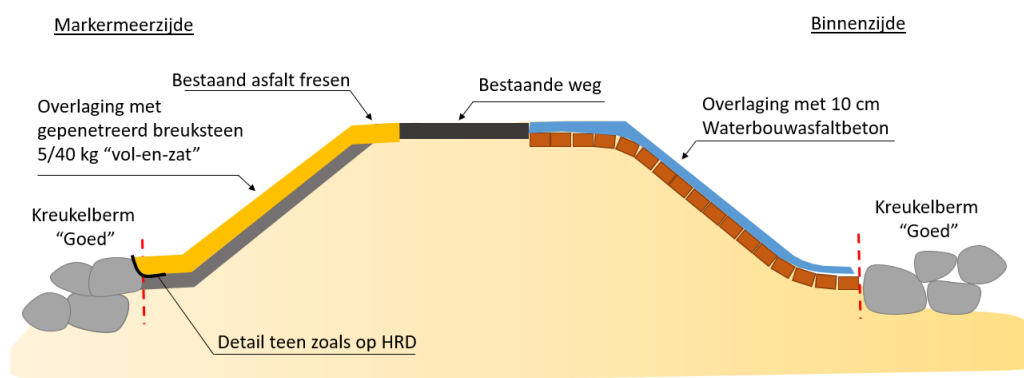
Figuur 4.22 Ontwerp versterking grasbekleding Dijklichaam C [12]



4.3.4. Leidam

Leidam A bevindt zich ter hoogte van het Krabbersgat-sluiscomplex, aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk (zie Figuur 4.20). In 2017 is deze leidam versterkt, waarbij zowel het buiten- als binnentalud is aangepakt om te voldoen aan de veiligheidsnorm die uitgaat van een ontwerpstorm met een herhalingstijd van 1/10.000 per jaar. Leidam A sluit aan op de bestaande Strekdam B. De bekleding van de Strekdam B bestaat uit breuksteen 60-300kg.

Figuur 4.23 Schetsmatige weergave versterking Leidam A gezien in de richting van de kop [HRD-ONA-0079]



De oorspronkelijke bekleding aan de buitenzijde van Leidam A bestond uit kraagstukken met stortsteen (60–300 kg) en een bekleding van open steenasfalt op het buitentalud. In het kader van de versterking is dit buitentalud overlaagd met een laag gepenetreerde breuksteen van 5/40 kg, in een dikte van 30 cm, aangebracht in vol-en-zat profiel. Deze breuksteen sluit zonder hoogteverschil aan op het bestaande asfalt op de kruin van de dam, waardoor een vlakke overgang is gerealiseerd. Ter plaatse van deze aansluiting is volledig ingegoten met gietasfalt om een water- en luchtdichte afwerking te garanderen.

Aan de binnenzijde van de dam, waar oorspronkelijk een talud (1:3) aanwezig was met een klinkerbekleding bedekt met graszoden, is de gras laag verwijderd. Vervolgens is direct op de bestaande klinkers een laag waterbouwasfaltbeton (WAB) aangebracht. Ter voorkoming van opwaartse druk en oplichting door opgesloten lucht, zijn langs de kruin aan de binnenzijde ontluchtingsgaten gerealiseerd met een onderlinge afstand van 25 meter. Deze gaten zijn gevuld met open steenasfalt (OSA).

De bestaande weg op de kruin, met een circa 2 meter brede OSA-verharding, is behouden gebleven. Deze vormt de horizontale scheidingslijn tussen de nieuwe bekledingen aan buiten- en binnenzijde.

4.3.5. Bodembescherming

Schutsluis:

De bodembescherming van de schutsluis bestaat uit meerdere lagen en strekt zich uit vanaf beide sluishoofden, zie Figuur 4.17 doorsnede D-D'. Direct onder de beschermlaag is een keileemlaag van 0,70 meter dik aangebracht. Hierboven is een deklaag van basaltzuilen toegepast met een sortering van 20/30.

Aan weerszijden van de sluiskolk zijn ontvang- en stortebedden aangebracht. Deze bestaan uit de volgende opbouw (van onder naar boven):

- Een laag riet met een dikte van 0,15 meter;
- Een laag samengebonden bossen Hollands rijshout, eveneens 0,15 meter dik;
- Loodrecht op de sluisas zijn op het rijshout tuinen (houten lattenconstructies) geplaatst, met een hoogte van 0,18 meter en een onderlinge afstand van 0,50 meter;
- Tussen en over deze tuinen is een laag stortpuin van circa 0,20 meter dik aangebracht;
- De afwerking bestaat uit een aaneengesloten, zorgvuldig aangestampte deklaag van basaltzuilen met een sortering van 20/30 of 30/40.

De bodembescherming aan de sluiskant bestaat uit circa 21 meter basaltzuilen en wordt gevolgd door circa 15 meter aan kraagstukken. De kraagstukken zijn aangelegd op NAP -5,20 meter. De basaltzuilen laag helt af van NAP -4,50 meter bij de kraagstukken tot aan de sluiskolk, waarvan de bodem op NAP -4,80 meter ligt. Conservatief genomen beslaat de bodembescherming van het ontvang- en stortebed circa 40 meter, gemeten vanuit de sluiskolk.

Spuisluis:

Aan de westzijde van de spuisluis is de bodembescherming aangebracht op een diepte van NAP -3,20 meter, zie Figuur 4.17 doorsnede A-A'. Vanuit het spukanaal gezien, in oostelijke richting, is de opbouw als volgt:

- Circa 45 meter basaltzuilen met een sortering van 30/40, opgesloten met een houten damwandconstructie;
- Aansluitend is een circa 20 meter lang grondstuk aangebracht.

Aan de oostzijde van de spuisluis is de oorspronkelijke bodembescherming eveneens aangebracht op NAP -3,20 meter en kent een identieke opbouw als aan de westzijde.

4.4. Naviduct

4.4.1. Schutsluizen

Het Naviduct bestaat uit twee naast elkaar gelegen schutsluizen en maakt onderdeel uit van de hoofdvaarroute Amsterdam – Enkhuizen – Kornwerderzand. Het complex ligt in de Houtribdijk nabij Enkhuizen en is uniek vanwege de combinatie van een aquaduct met een schutsluis, waarbij de provinciale weg N302 onder het waterverkeer doorloopt.

Beide sluizen zijn uitgerust met één stel stalen puntdeuren aan zowel het binnen- als buitenhoofd. De deuren zijn naar buiten gericht: aan de IJsselmeerzijde keren zij hoogwater uit het IJsselmeer, en aan de Markermeerzijde keren zij hoogwater uit het Markermeer. De deurstellen zijn ontworpen om een negatief verval van 1 meter te kunnen keren.

Tabel 4.6 Algemene gegevens Naviduct-Krabbersgat-schutsluizen [16]

Objectnaam	Naviduct-Krabbersgat
Topcoördinaten	X = 148.789, Y = 522.595
Beheerobjectcode	20A-100-01
Categorie	Kunstwerk – Schutsluis
Bouwjaar	2000
Functies	Schutten, keren
Aantal kolken:	2

De sluiskolk is opgebouwd uit meerdere segmenten:

- Een gekoppelde middenmoot (monoliet)
- Niet-gekoppelde tussenmoten, waarbij de kolken los van elkaar liggen in dwarsrichting
- Noorder- en zuiderhoofden

De segmenten zijn verbonden met flexibele verbindingen en dilatatievoegen, wat beweging tussen de onderdelen mogelijk maakt. De constructie is volledig gefundeerd en voorzien van kwelschermen die ongewenste grondwaterstromen blokkeren.

De kolkwanden en sluishoofden zijn gelijk in hoogte en bieden een kerende hoogte van NAP +2,65 m. De stalen puntdeuren hebben een kerende hoogte van circa NAP +2,15 m.

Tabel 4.7 Kolkafmetingen Naviduct-Krabbersgat-schutsluizen [16]

Lengte (m)	Breedte (m)	Diepte t.o.v. NAP (m)
125	12,5	-4,5

4.4.2. Vooroever Markermeerzijde

De vooroever in de zuidelijke voorhaven is ontworpen als een verondiepte zone langs de oever, waarbij de overgang van land naar water geleidelijk verloopt [17]. Dit ontwerp draagt bij aan de ecologische kwaliteit van het gebied. Een belangrijk uitgangspunt in het ontwerp is de integratie met een leidam, met als doel de haven extra luw te maken. De vooroever die deels boven het water uit komt, geeft meer weerstand aan de wind. Waardoor naast het breken van de golven ook de windsnelheid wordt verminderd.

Figuur 4.24 Overzichtskaart van de verschillende vooroever- en leidammen nabij het Naviduct.



Hoewel de vooroever geen primaire waterveiligheidsfunctie heeft en daar ook niet specifiek voor is ontworpen, heeft deze wel een positief neveneffect op de waterveiligheid. De aanwezigheid van de vooroever zorgt voor een reductie van de hydraulische belasting op de schutsluizen. Deze zal daarom worden meegenomen in Hoofdstuk 5.4.

4.4.3. Leidam IJsselmeerzijde

De leidam aan de noordzijde van de Houtribdijk voor de haven van Enkhuizen stamt uit de 19^{de} eeuw en beschermde de haven van Enkhuizen tegen golfoploop in de toenmalige Zuiderzee [18]. De leidam is in 1971 verlengd in zuidelijke richting tot aan de Houtribdijk en de huidige functie van de totale leidam is het beperken van de golfslag in het erachter gelegen havenbekken en de vaargeul richting de Krabbersgatsluis.

In 2000 is er in de leidam een doorbraak gemaakt voor een vaargeul richting de Naviduct. Vervolgens is leidam A-III aangelegd. Deze dam sluit aan op leidam A-II.

Dam A-I is opgebouwd rond een kern van keileem. Zowel aan de binnen- als buitenzijde is de dam voorzien van kraagstukken met stortsteen. De perkoenpalen bevinden zich ter hoogte van NAP. De taluds aan beide zijden zijn bekleed met basaltzuilen en ook de kruin – gelegen op NAP +0,50 m – bestaat uit basaltzuilen.

Net als Dam A-I heeft Dam A-II een kern van keileem en kraagstukken met stortsteen aan zowel de binnen- als buitenzijde. De taluds zijn bekleed met basaltzuilen, terwijl de kruin, gelegen op NAP +1,00 m, is afgewerkt met een looppad van Belgische blokstenen. Aan weerszijden van dit pad is een strook basaltzuilen aangebracht.

Dam A-III is opgebouwd op een zandkern. Over het gehele damlichaam ligt een kraagstuk met geotextiel, waarop breuksteen is aangebracht. De kruinhoogte varieert over de lengte van de dam, met niveaus van NAP +1,60 m, +2,00 m en +2,50 m.

4.4.4. *Bodembescherming*

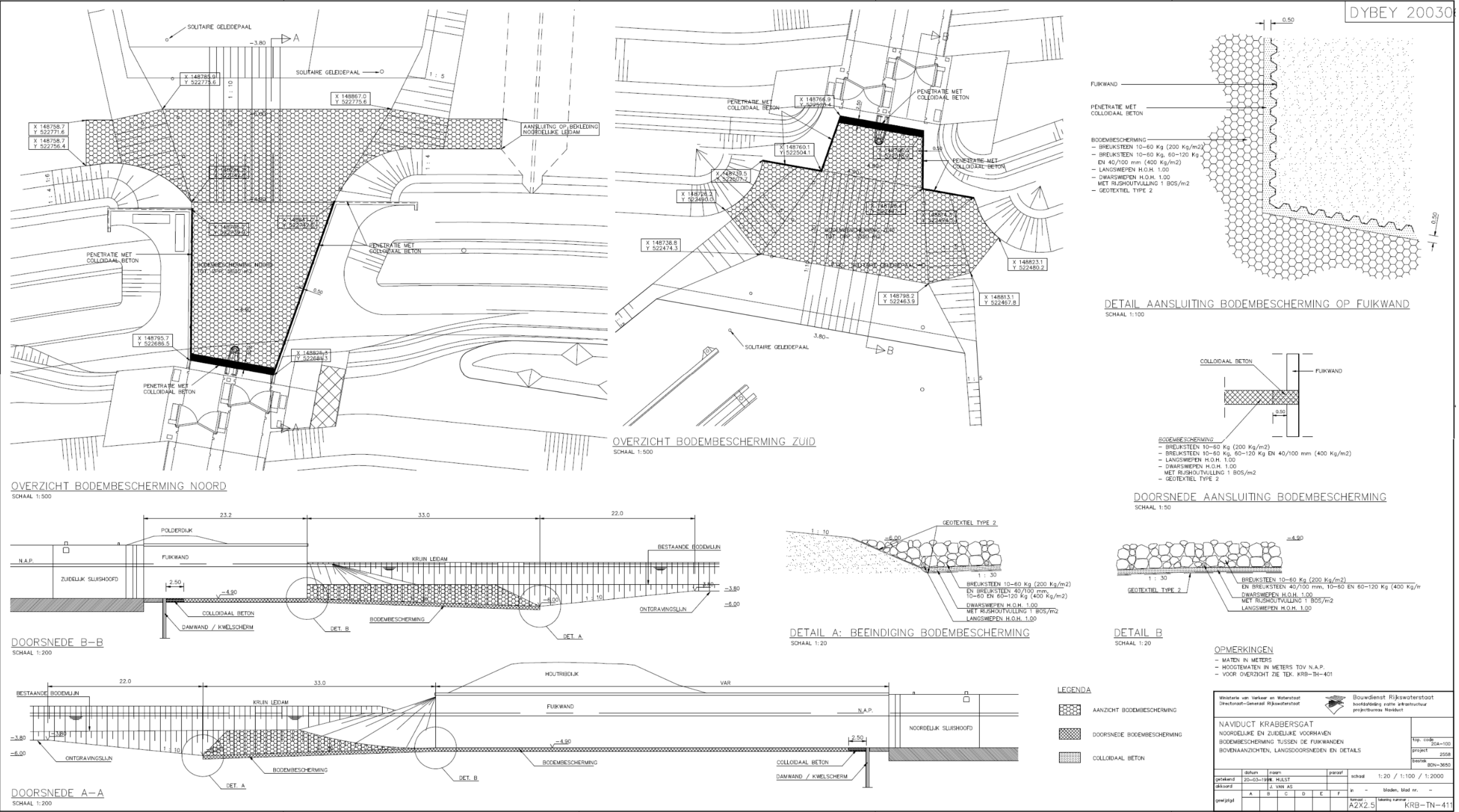
Figuur 4.25 laat de overzichtstekeningen zien van de bodembescherming bij het Naviduct. Nabij het sluishoofd is een strook van 2,5 meter colloïdaal beton aangebracht, direct aansluitend op de constructie. Deze betonlaag vormt de overgang naar de bodembescherming die zich uitstrekt vanaf een diepte van NAP - 4,90 meter tot aan het einde van de fuikwanden. Vanaf dat punt helt de bodem met een flauwe helling van 1:30 af tot een diepte van NAP -6,00 meter.

Als onderlaag is geotextiel van type 2 toegepast. Hierboven zijn dwarswiepen aangebracht met een hart-op-hart afstand van één meter. Deze wiepen zijn opgevuld met rijshout, met een dichtheid van één bos per vierkante meter.

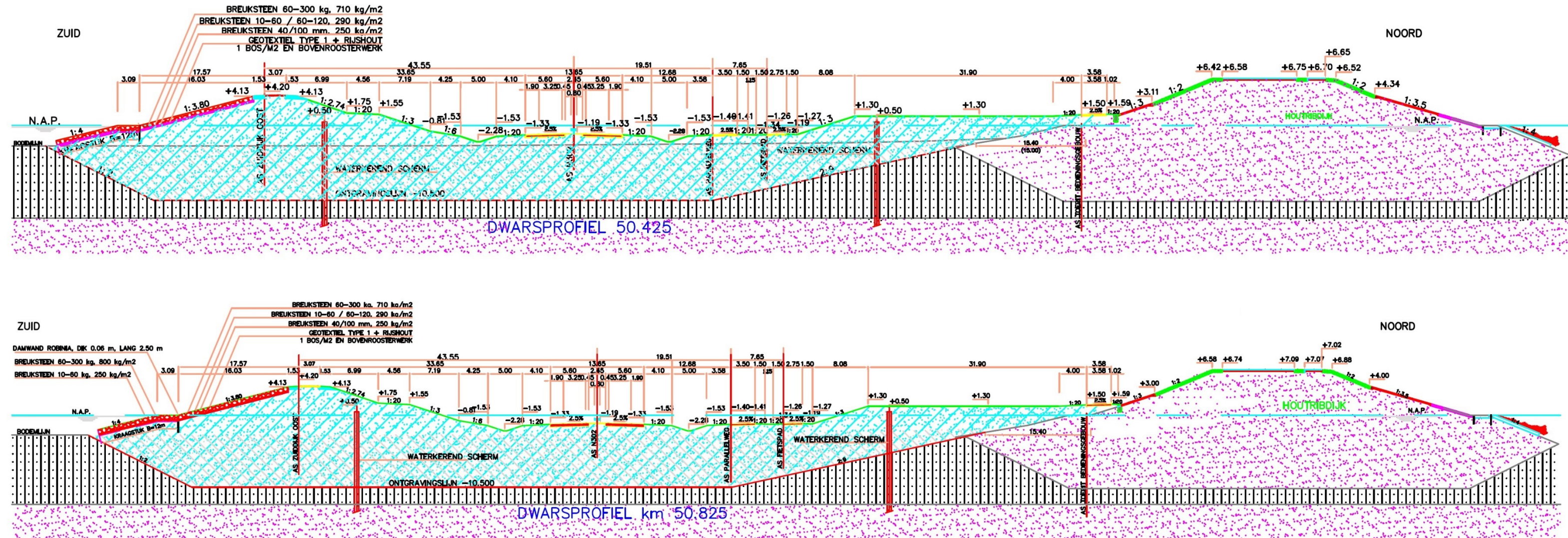
Bovenop deze structuur is een combinatie van breuksteenlagen aangebracht. Bestaande uit verschillende onderdelen. Het eerste deel bestaat uit breuksteen met een sortering van 10-60 kilogram, aangebracht in een hoeveelheid van circa 200 kilogram per vierkante meter. Het tweede deel bestaat uit zwaardere laag aangebracht, bestaande uit een menging van breuksteen in de formaten 40/100 mm, 10-60 kg en 60-120 kg. Deze laag heeft een massa van ongeveer 400 kilogram per vierkante meter. Tussen deze breuksteenlagen zijn ook langswiepen aangebracht, eveneens met een hart-op-hart afstand van één meter, die extra stabiliteit bieden in langsrichting.

Na het einde van de fuikwanden sluit de bodembescherming aan op de omliggende taluds.

Figuur 4.25 Overzichtstekening en detailtekeningen van de bodembescherming nabij het Naviduct [19]



Figuur 4.26 Dwarsprofielen van het dijklichaam nabij het Naviduct [20]



4.5. Houtribsluizen

4.5.1. Houtribsluizen – Schutsluizen

Het Houtribsluizencomplex is gelegen in de Houtribdijk nabij Lelystad. Het complex bestaat uit twee naast elkaar gelegen schutsluizen, zes spuisluizen, vier vaste bruggen en twee beweegbare bruggen. De schutsluizen vormen een belangrijke schakel in de vaarverbinding tussen het IJsselmeer en het Markermeer.

Tabel 4.8 Algemene gegevens Houtrib-schutsluizen [21]

Objectnaam	Sluis in het Houtrib
Topcoördinaten	X = 158,031, Y = 504,421
Beheerobjectcode	20D-001-01 en 20D-001-02
Categorie	Kunstwerken – Schutsluis
Bouwjaar	1974
Functies	Schutten, keren, kruisen
Aantal kolken:	2

De twee identieke schutsluizen – aangeduid als Oostkolk en Westkolk – liggen parallel aan elkaar en zijn afgeschermd door strekdammen aan de Markermeerzijde en door de Houtribdijk aan de IJsselmeerzijde. Elke sluis heeft een kolk lengte van 215 meter en een breedte van circa 18 meter.

De sluizen zijn opgebouwd uit tien betonnen U-vormige kolk moten, met betonnen binnenhoofden (Markermeerzijde) en buitenhoofden (IJsselmeerzijde). De gehele constructie is gefundeerd op betonnen palen, waarvan een deel schoor is geplaatst voor opname van horizontale krachten. Onder zowel het binnen- als buitenhoofd bevinden zich dubbele kwelschermen, met een diepte tot NAP -11,50 m. De kolkvloer en drempels zijn aangelegd op NAP -4,50 m.

In elk sluishoofd zijn twee deurstellen aanwezig: een set stalen vloeddeuren en een set stalen ebdeuren, beide met een kerende hoogte van circa NAP +1,90 m. In het buitenhoofd bevindt zich daarnaast een stel stalen stormvloeddeuren, met een kerende hoogte van NAP +2,95 m.

Aan beide zijden zijn fuikconstructies aanwezig, uitgevoerd in stalen damwandprofielen over een lengte van circa 145 meter. Deze sluiten direct aan op de sluishoofden.

Tabel 4.9 Kolkafmetingen Houtribsluizen [21]

Lengte (m)	Breedte (m)	Diepte (m NAP)
215	18	-4,5

4.5.2. Houtribsluizen – Spuisluizen

De spuisluizen van het Houtribsluizencomplex liggen eveneens in de Houtribdijk, nabij Lelystad. Het spuicomplex bestaat uit zes openingen van elk 18 meter breed, gescheiden door zeven betonnen heftorens. De totale breedte van het kunstwerk bedraagt circa 140 meter, en de lengte loodrecht op de dijk bedraagt 39,2 meter. De bodemdrempel van de spuikanalen ligt op NAP -4,50 m.

Tabel 4.10 Algemene gegevens Houtrib-spuisluisen [21]

Objectnaam	Houtrib spuisluizen
Topcoördinaten	X = 157.77 Y = 504.41
Beheerobjectcode	20D-001-04, 20D-001-06, 20D-001-07, 20D-001-08, 20D-001-09 en 20D-001-10
Categorie	Kunstwerken – Spuisluis
Bouwjaar	1970
Functies	Spuien, keren
Aantal openingen:	6

Elke opening is voorzien van twee stalen hefschuiven, die door kabels worden bediend. De schuiven hangen in torens op de constructie. De gehele spuisluis is opgebouwd uit gewapend grindbeton en gefundeerd op betonnen palen, waarvan een aanzienlijk deel schoor is geplaatst voor stabiliteit bij horizontale belastingen. Aan beide uiteinden van de constructie bevinden zich kwelschermen onder de betonnen vloer.

De kerende hoogte van de schuiven bedraagt NAP +2,96 m. De noordelijke schuiven functioneren uitsluitend als hoogwaterkering, terwijl de zuidelijke schuiven regelbaar zijn in vijf standen voor het doseren van het spuidebiet.

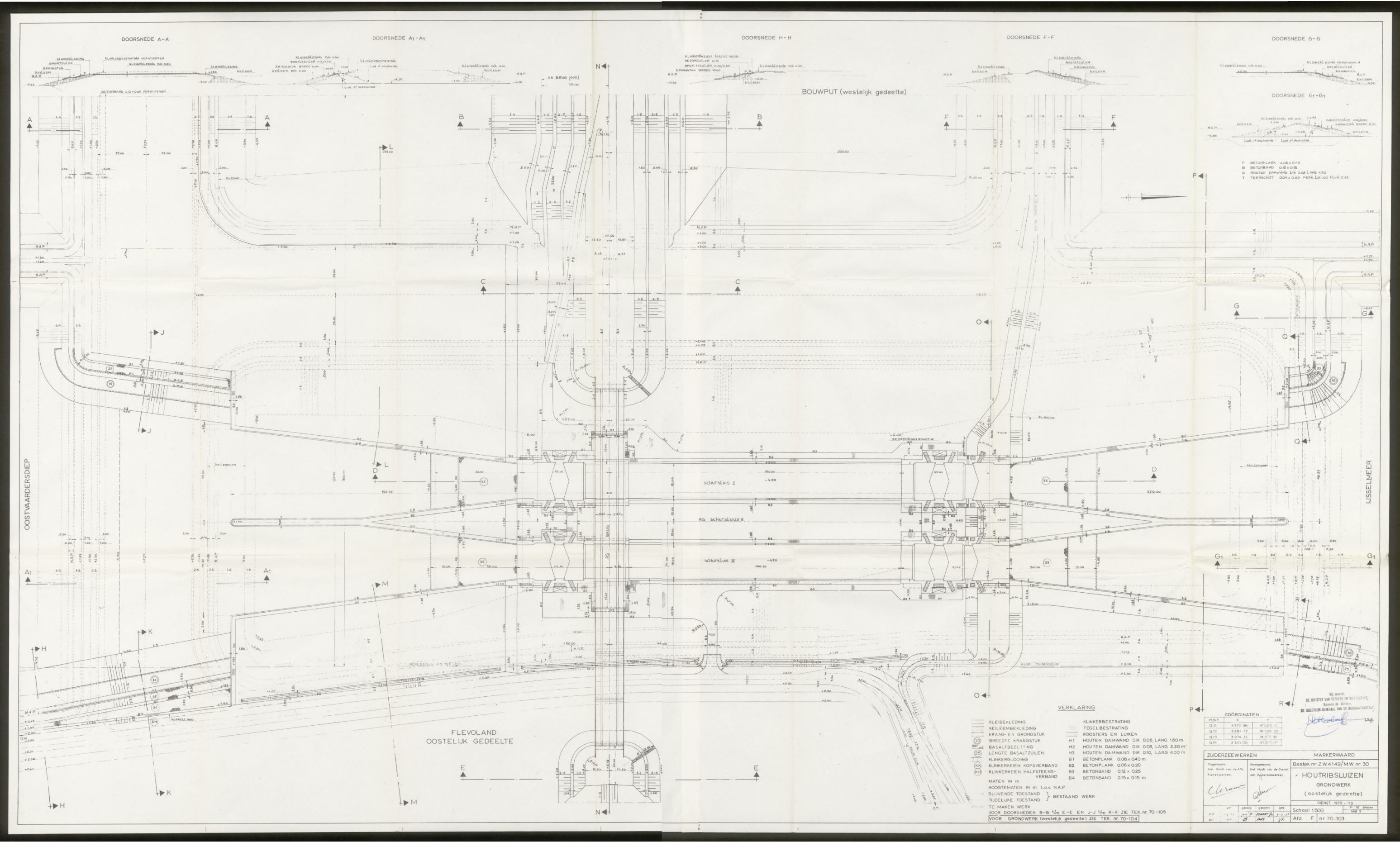
Aan de Markermeerzijde wordt het complex afgeschermd door een dam met een kerende hoogte van circa NAP +2,90 m en een strekdam op circa NAP +1,60 m.

Spuien vindt plaats onder vrij verval, afhankelijk van het verschil in waterstand tussen het IJsselmeer en Markermeer. De maximale spuicapaciteit bedraagt 1.000 m³/s, zonder hinder voor de scheepvaart of risico op ernstige ontgroning. Toch is ontgroning vastgesteld aan beide zijden van de spuisluis. Ter mitigatie zijn zogenaamde zandworsten of geo-profielen aangebracht met een afdeklaag van grof grind.

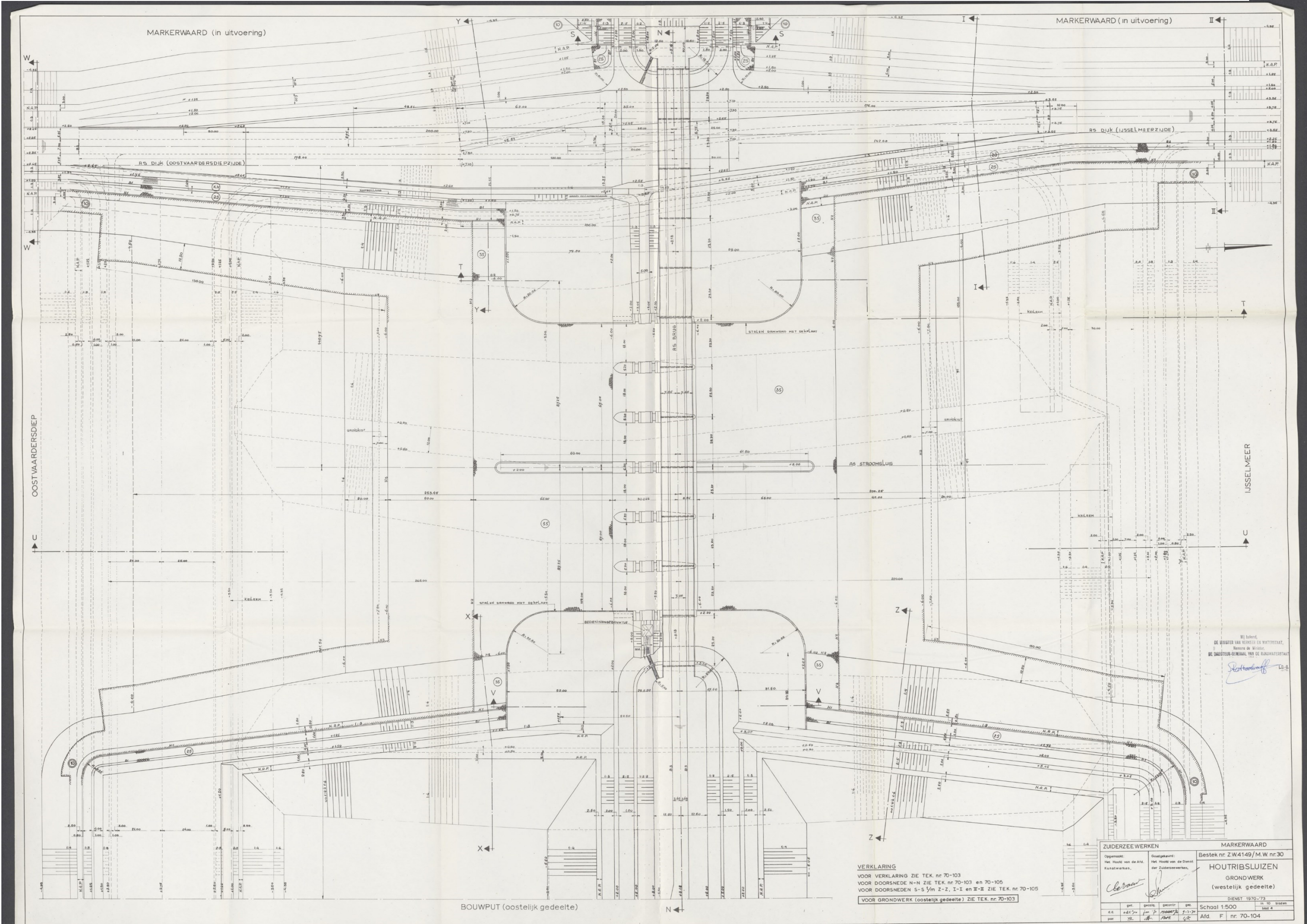
Tabel 4.11 Afmetingen Houtrib-spuisluisen [21]

Breedte (m)	Diepte (m NAP)
6 X 18 m	-4,5 m

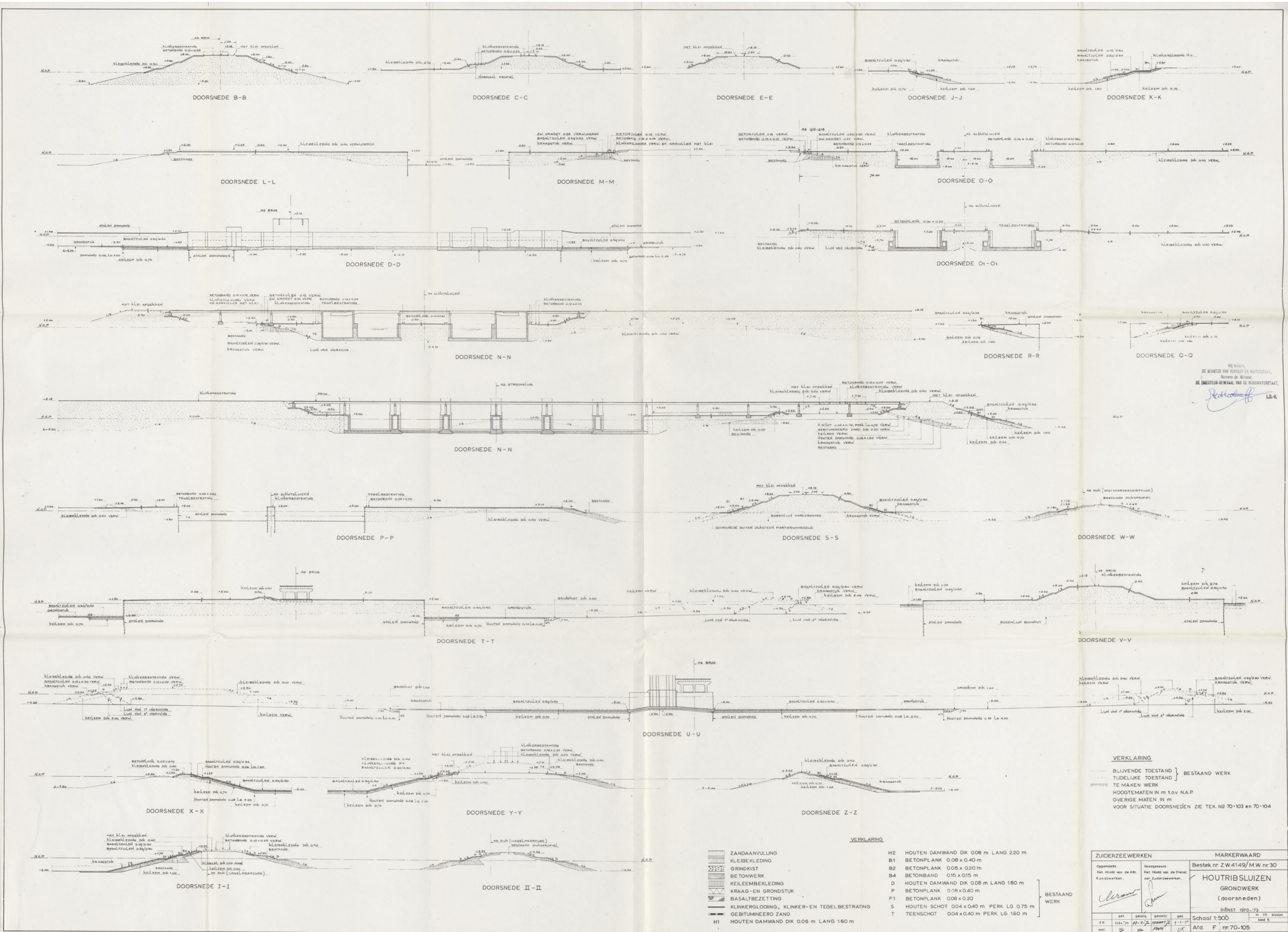
Figuur 4.27 Bestek tekeningen van sluiscomplex Houtrib en grondwerk. [22]



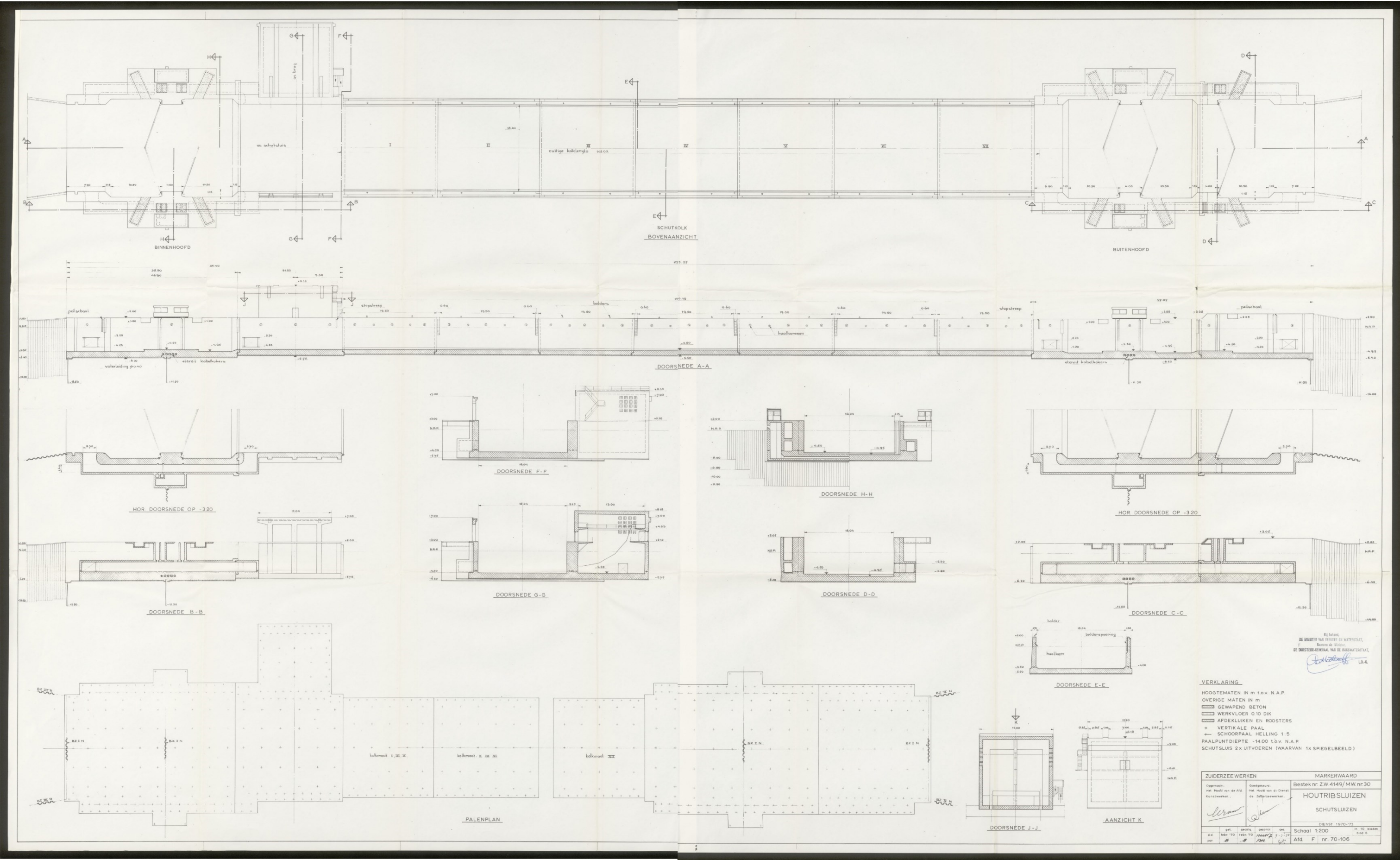
Figuur 4.28 Bestek tekeningen van spuisluiscomplex Houtrib. [22]



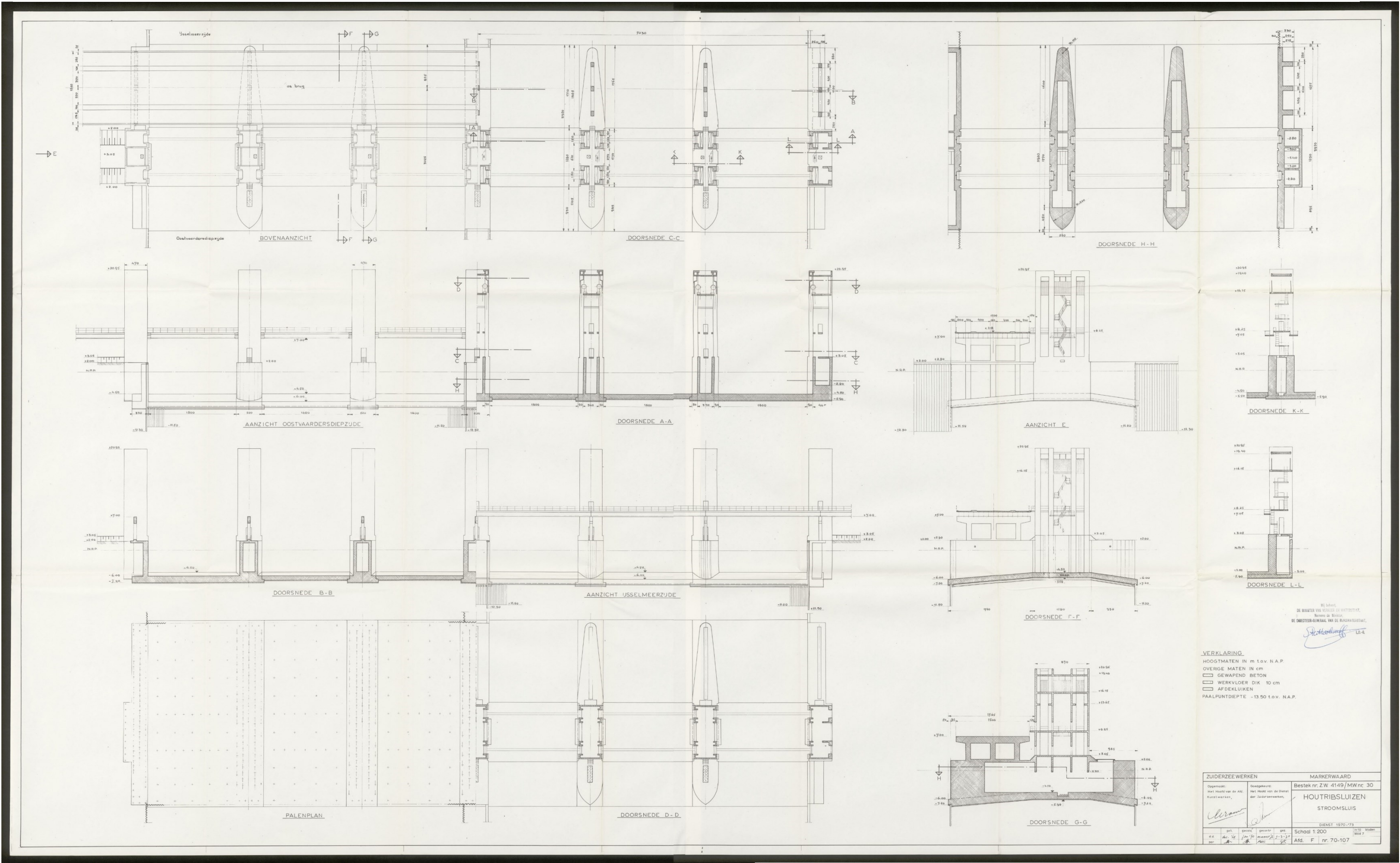
Figuur 4.29 Bestek tekeningen van het grondwerk nabij het Houtribsluiscomplex. [22]



Figuur 4.30 Bestek tekeningen van spuisluizen Houtrib. [22]



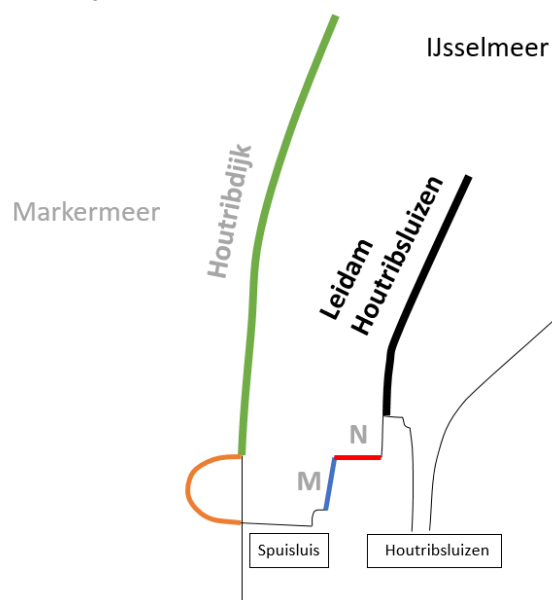
Figuur 4.31 Bestek tekeningen van de spuisluizen Houtrib. [22]



4.5.3. Dijklichaam M & N

Nabij het Houtrib-spuisluzencomplex, aan de IJsselmeerzijde van de Houtribdijk, bevinden zich de Grondlichamen M en N. Deze dijkvakken vormen op deze locatie de primaire waterkering. De kruinhoogte van het grondlichaam bedraagt circa NAP +2,9 meter. Het buitentalud is opgebouwd uit een teenbestorting van breuksteen, een steenzetting tot ongeveer NAP +1,7 meter, en daarboven een grasbekleed boventalud. In de tweede toetsronde [bron] werd de overgang van de harde bekleding naar de grasbekleding als onvoldoende beoordeeld, wat aanleiding gaf tot versterkingsmaatregelen.

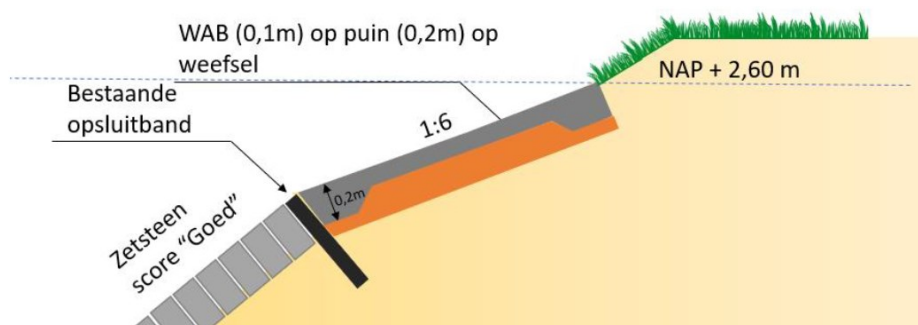
Figuur 4.32 Locatie van de dijklichamen M & N en de leidam Houtribsluizen [13]



De versterking heeft zich met name gericht op het verbeteren van de grasbekleding, die in de oorspronkelijke situatie niet voldeed aan de geldende veiligheidsnormen. Het buitentalud is afgevlakt tot een helling van 1:6, vanaf de bestaande betonband tot minimaal NAP +2,6 meter. Om een vloeiende aansluiting te realiseren, is de overgang tussen de zetsteen en het asfalt ontgraven.

Vervolgens is het talud tot NAP +2,6 meter opgebouwd met een fundatielaag van 0,2 meter puin, waarop een geotextiel is aangebracht. Daarboven is een toplaag van 0,1 meter waterbouwasfaltbeton (WAB) aangebracht.

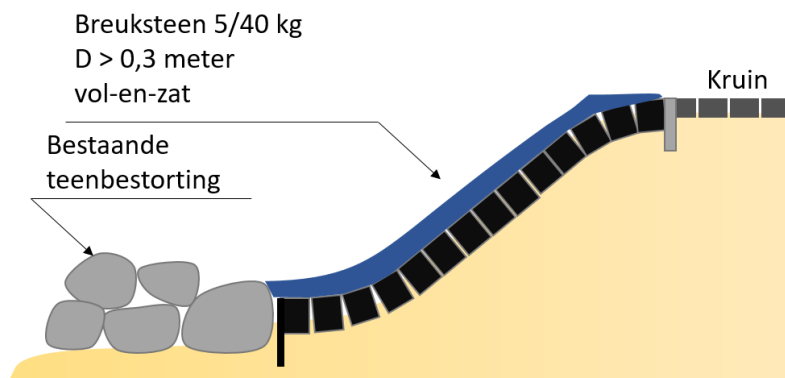
Figuur 4.33 Schetsoplossing Grondlichaam N [13]



4.5.4. Haven- en leidammen

Ten noorden van het Houtribsluiscomplex, aan de IJsselmeerzijde van de Houtribdijk, ligt de Leidam Houtribsluizen (Figuur 4.32). Deze dam, met een lengte van ongeveer 850 meter en een kruinhoogte van circa NAP +1,6 meter, was in zijn geheel voorzien van een steenzetting. Deze steenzetting was afgekeurd in de tweede toetsronde vanwege het steile talud.

Figuur 4.34 Schetsmatige weergave Leidam Houtribsluizen [11]



In het kader van versterkingsmaatregelen is het westelijk talud is overlaagd met een nieuwe laag breuksteen van 5–40 kg, met een laagdikte van 0,3 meter. Deze steenlaag is vol en zat gepenetreerd met gietasfalt. De bestaande overgang van de kruin naar het talud is behouden als scheiding tussen de verschillende bekledingen.

4.5.5. *Bodembescherming*

Schutsluis:

De bodembescherming van de schutsluis bestaat uit meerdere lagen en strekt zich uit vanaf beide sluishoofden, zie Figuur 4.29 doorsnede D-D'. Direct onder de bescherm laag is een keileemlaag van 0,70 meter dik aangebracht. Hierboven is een deklaag van basaltzuilen toegepast met een sortering van 30/40.

Aan weerszijden van de sluiskolk zijn ontvang- en stortebedden aangebracht. Deze bestaan uit de volgende opbouw (van onder naar boven):

- Een laag riet met een dikte van 0,15 meter;
- Een laag samengebonden bossen Hollands rijshout, eveneens 0,15 meter dik;
- Loodrecht op de sluisas zijn op het rijshout tuinen (houten lattenconstructies) geplaatst, met een hoogte van 0,18 meter en een onderlinge afstand van 0,50 meter;
- Tussen en over deze tuinen is een laag stortpuin van circa 0,20 meter dik aangebracht;
- De afwerking bestaat uit een aaneengesloten, zorgvuldig aangestampte deklaag van basaltzuilen met een sortering van 30/40.

De bodembescherming aan de sluiskant bestaat uit circa 30 meter basaltzuilen en wordt gevolgd door circa 15 meter aan kraagstukken. De kraagstukken zijn aangelegd op NAP -4,50 meter. De basaltzuilen laag helt af van NAP -4,50 meter bij de kraagstukken tot aan de sluiskolk, waarvan de bodem op NAP -4,95 meter ligt. Conservatief genomen beslaat de bodembescherming van het ontvang- en stortebed circa 45 meter, gemeten vanuit de sluiskolk.

Spuisluis:

Aan de noordzijde van de spuisluis is de bodembescherming aangebracht op een diepte van NAP -6,00 meter, zie Figuur 4.29 doorsnede A-A'. Vanuit het spuikanaal gezien, in oostelijke richting, is de opbouw als volgt:

- Circa 65 meter basaltzuilen met een sortering van 30/40, opgesloten met een houten damwandconstructie;
- Aansluitend is een circa 40 meter lang grondstuk aangebracht.

Aan de zuidzijde van de spuisluis is de oorspronkelijke bodembescherming eveneens aangebracht op NAP -6,00 meter en kent een identieke opbouw als aan de westzijde.

5 Invloedslijnen

De invloedslijnen van de waterkering begrenzen de strook grond ter weerszijden van de waterkering welke technisch en fysisch beschouwd de stabiliteit (met betrekking tot bijvoorbeeld piping, zettingsvloeiing en afschuiving) waarborgt onder maatgevende en "normale" omstandigheden. De invloedslijnen zijn bepaald aan de hand van de toetssporen stabiliteit (STBU en STBI) en piping in de beoordelingsrapportage (LBO-1) [23]. De 'invloedszone' vormt een "envelop" rondom de invloedslijnen, zodat er een gebied ontstaat dat de instandhouding van alle toetssporen waarborgt.

5.1. Belasting situaties

Bij de meest recente beoordeling zijn de hydraulische randvoorwaarden gebruikt die behoren bij het op dit moment beschikbare WBI2017. Hiervoor is gebruikgemaakt van de databases WBI2017_IJsselmeer_204a_v02 en WBI2017_Markermeer_204b_v02, in combinatie met Hydra-NL versie 2.7.

Omdat voor het voorlopige oordeel aannemelijk moet worden gemaakt dat het traject niet in categorie D valt, is ook gekeken naar situaties met een hogere frequentie van voorkomen.

De waterstanden bij de wettelijke beoordelingsnorm (WBN) en de waterstanden bij een overschrijdingsfrequentie die 30 keer groter is dan de ondergrens, verschillen per locatie langs de kering. In de onderstaande tabel zijn deze waterstanden weergegeven voor representatieve punten in het noorden, midden en zuiden van het traject.

Tabel 5.1 Waterstanden in meter NAP voor locaties IJsselmeer en Markermeer [24].

Waterstanden 204a IJsselmeer				Waterstanden 204b Markermeer			
	1) Noord	2) Midden	3) Zuid		4) Noord	5) Midden	6) Zuid
1/100	0.82	1.14	1.30	1/10	0.90	0.87	0.72
1/3.000	1.19	1.56	1.91	1/300	1.34	1.32	1.13
1/10.000	1.35	1.72	2.16	1/1000	1.52	1.50	1.28

5.2. Zandige bekleding

Het dijkgedeelte met zandige bekleding betreft een zogeheten hybride kering, waarbij een zandlichaam vóór de bestaande kering is aangebracht. Voor deze constructie geldt dat de toetssporen, zoals stabiliteit en piping, niet direct van toepassing zijn op het voorliggende zandlichaam. Het zand vangt de golven op, maar het maakt niet uit of het daarna deels wegspoelt. Het idee is dat het een natuurlijke manier van het water keren is. Daarom is het vooral van belang dat er voldoende zand voor de kering blijft liggen.

5.2.1. Markermeerzijde

Aan de Markermeerzijde zijn meerdere vooroeverdammen aangelegd. Deze dammen hebben als doel het zandlichaam te beschermen tegen erosie door golfslag. Door de golfwerking te dempen en het zand beter vast te houden, verminderen deze dammen de onderhoudsbehoefte. Zonder deze vooroeverdammen zou het zand geleidelijk naar de dieper gelegen delen van het Markermeer worden gespoeld, waarmee het zijn functie als buffer voor de kering verliest.

Vanwege de directe invloed op de instandhouding van het zandlichaam worden de vooroeverdammen daarom gerekend tot de invloedszone van de hybride kering. Aangezien deze dammen volledig uit breuksteen zijn opgebouwd, speelt stabiliteit hierin slechts een beperkte rol. Wel wordt er een reservering meegenomen voor toekomstige aanpassingen in verband met mogelijke meerpeilverhoging. Er is ruimte gereserveerd voor een verhoging van maximaal 1 meter, wat bij een taludhelling van 1:3 resulteert in een benodigde breedte van 3 meter.

Ook de opsluitdammen, die helpen om het zandlichaam vast te houden, worden meegenomen in de invloedszone. Hun functie is vergelijkbaar met die van de vooroeverdammen.

5.2.2. Trintelzand A

Trintelzand A vervult deels een vergelijkbare functie als de vooroeverdammen, met name in zijn golfremmende werking. Het gebied is echter primair ingericht als natuurgebied. Vanuit waterveiligheidsperspectief is het niet wenselijk om het gehele gebied als invloedszone te beschouwen, omdat dit zou leiden tot onevenredig zware eisen aan een natuurgebied. Om hierin een balans te vinden, is besloten enkel de achterste compartimenteringsdammen binnen Trintelzand A mee te nemen in de invloedszone. Zo wordt een deel van de beschermende werking van het gebied erkend, zonder dat dit leidt tot overmatige eisen.

5.2.3. IJsselmeerzijde

Aan de IJsselmeerzijde zijn geen vooroeverdammen aanwezig. Monitoring laat zien dat het zand aan deze zijde daardoor sneller verdwijnt [bron: memo monitoring]. Hoewel er nog geen concrete oplossingen zijn vastgesteld, is het goed mogelijk dat aanpassingen in de toekomst nodig zullen zijn om het systeem blijvend effectief te houden. Mogelijke maatregelen zijn de aanleg van vooroeverdammen of het aanbrengen van extra zand.

Gezien deze onzekerheid is besloten om nu alvast ruimte te reserveren voor een toekomstige ingreep. Als referentie is hierbij gekeken naar de onderwater gelegen vooroeverdammen aan de Markermeerzijde, die het dichtst bij de kering liggen. Vanaf de kruin van de kering bedraagt de afstand tot deze dammen circa 200 meter. Op basis hiervan wordt een invloedszone van ongeveer 50 meter gehanteerd aan de IJsselmeerzijde.

5.3. Harde bekleding

Het dijkgedeelte van de harde bekleding is in 2017 versterkt vanwege de gras bekleding die was afgekeurd en de hoogte. Als oplossing is de bekleding vervangen met gepenetreerd breuksteen en daarmee is de dijk ook overslagbestendig gemaakt. De dijk was voor de versterking dus al goedgekeurd op de toetssporen stabiliteit en piping. Tijdens de Landelijke beoordelingsronde (LBO-1) is er opnieuw gekeken naar de toetssporen stabiliteit en piping [23]. Hieronder volgt een samenvatting van deze toetssporen.

5.3.1. Stabiliteit

Stabiliteit binnenwaarts

De Houtribdijk wordt binnenwaarts als zeer stabiel beoordeeld. Dit is te danken aan de flauwe taluds (gemiddeld 1:5), de brede kruin van minimaal 20 meter en een totale dijkbreedte van circa 70 meter. De gepetreeerde breuksteenbekleding is in hoofdzaak waterdicht. Alleen ter hoogte van de kreukelberm is de steenzetting opener, wat lokaal tot een beperkte stijging van de freatische lijn kan leiden. Gezien de conservatieve aanname van een indringingslengte van 30 meter blijft deze stijging echter beperkt tot buiten het kritieke gebied.

Bij normcondities is er nauwelijks sprake van overslag (maximaal 0,1 l/m/s bij een herhalingsstijd van 1/10.000 per jaar), waardoor waterinfiltratie en binnenwaartse afschuiving vrijwel zijn uitgesloten. Zelfs bij een hypothetische afschuiving blijft de waterkerende functie behouden dankzij een resterende kruinbreedte van minimaal 10 meter en een stabiel profiel van 20 meter. Het risico op meerdere vervolgafschuivingen is verwaarloosbaar, mede door afnemende hoogteverschillen per afschuiving.

Stabiliteit buitenwaarts

Ook buitenwaarts voldoet de Houtribdijk aan de eisen, zoals getoetst volgens de eenvoudige toetsmethode. De toetsresultaten tonen aan dat:

- De kruinbreedte zich overal binnen de vereiste bandbreedte van 3 tot 30 meter bevindt;
- De hellingen van het buitentalud binnen de gestelde marges vallen (tussen 1:2,6 en 1:6);
- De verhouding tussen de waterhoogte en dijkhoogte voldoet ($hw \leq 2/3 \text{ hd}$);
- De breedte van het voorland ruimschoots voldoet aan de eis ($V \geq 2 \text{ hd}$).

Zelfs voor het ongunstigste profiel bij km 70.30, met een relatief lage kruin, wordt nog ruimschoots voldaan aan alle toetscriteria. De aanwezige bermen en de brede voorlanden dragen ook hier bij aan een verwaarloosbare faalkans.

Zowel de binnen- als buitenwaartse stabiliteit zijn conform de geldende normen als voldoende veilig beoordeeld. Daarmee wordt stabiliteit als faalmechanisme uitgesloten binnen de invloedszone.

5.3.2. Piping

Bij de toets op maat is gebruikgemaakt van een belangrijk ontwerpkenmerk: aan beide zijden van de dijk bevindt zich een kreukelberm op een zandondergrond. De teenconstructie bestaat uit losse waterbouwsteen op een kraagstuk, met een 3 meter brede kreukelberm met een talud van 1:6 of flauwer. De totale lengte in dwarsrichting bedraagt 15 meter.

Onder de volledige steenbekleding is geotextiel toegepast, met een overlap van 0,5 meter, aangevuld met 0,25 meter extra overlap om uitvoeringsfouten op te vangen. Hierdoor is het geotextiel gegarandeerd gesloten, wat effectief voorkomt dat zanddeeltjes kunnen uitspoelen.

Dankzij deze zanddichte uitvoering is piping als faalmechanisme uitgesloten. De kans op falen door piping wordt als verwaarloosbaar beoordeeld en speelt daarmee geen rol binnen de invloedszone.

5.3.3. *Profiel van vrije ruimte*

Om versterkingen aan primaire waterkeringen in de toekomst mogelijk te maken dient er voldoende ruimte in de nabije omgeving beschikbaar te zijn. Hierbij wordt onder andere rekening gehouden met de kreukelberm met een helling van 1:6. Dit betekent dat voor elke meter hoogte van de dijk, er 6 meter extra ruimte in de breedte nodig is.

Voor de overige taluds, die een variabele helling kunnen hebben, wordt uit voorzorg aan beide zijden van de dijk 10 meter extra ruimte gereserveerd.

5.4. **Kunstwerken**

Voor de aanwezige kunstwerken in de Houtribdijk is de bodembescherming bepalend voor de ruimte die wordt gereserveerd binnen de invloedszone. Deze bodembescherming is direct gekoppeld aan de stabiliteit van de waterkering en valt daarom volledig binnen de invloedszone. De bodembescherming vormt daarmee het uitgangspunt voor de zonering van de invloedszone rondom de kunstwerken.

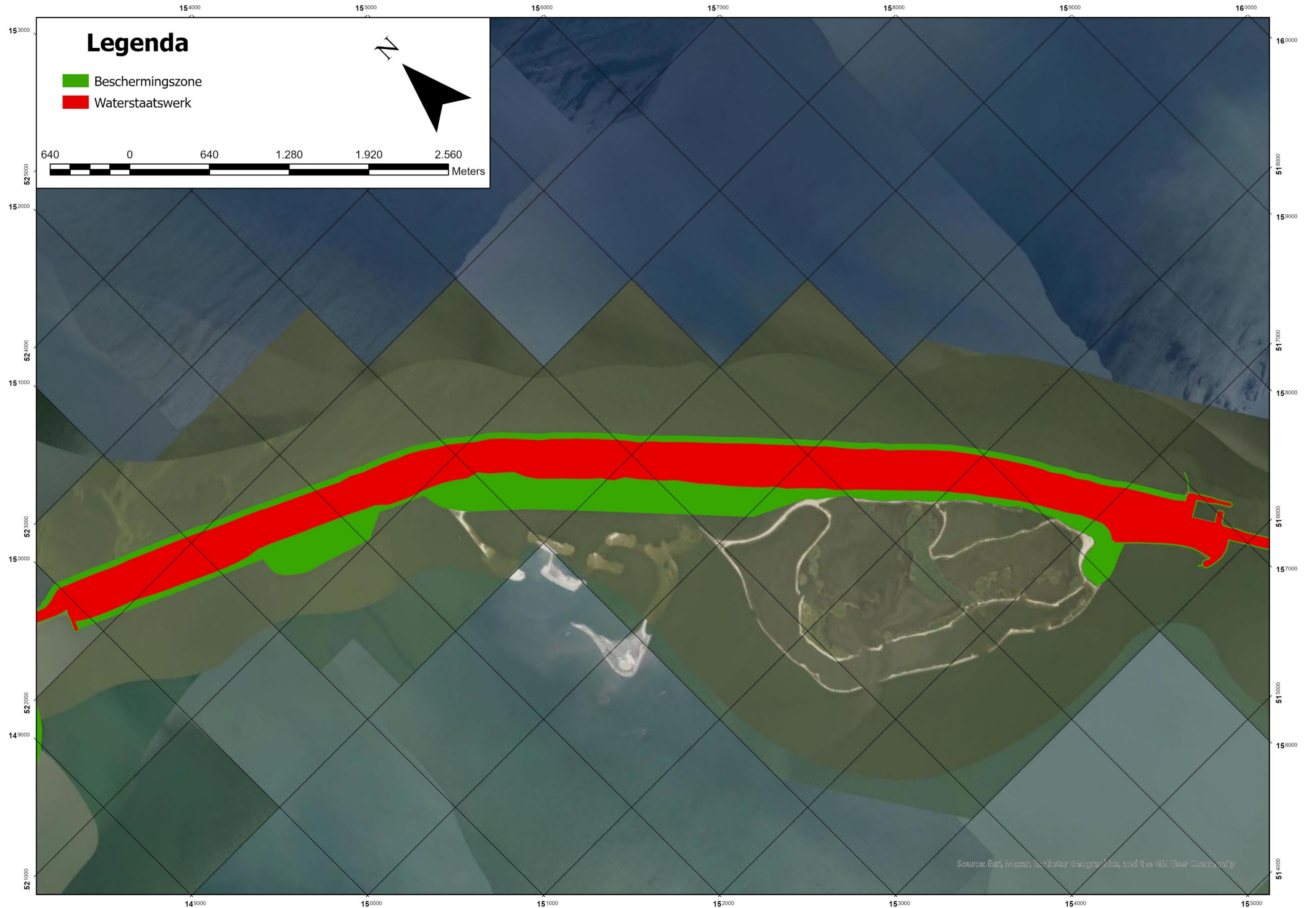
Daarnaast is onderscheid gemaakt tussen verschillende typen lei- en havendammen. Sommige van deze dammen hebben een primaire waterveiligheidsfunctie en zijn ontworpen volgens dezelfde norm als de Houtribdijk. Deze dammen maken integraal deel uit van de waterkering en worden beschouwd als waterstaatswerken.

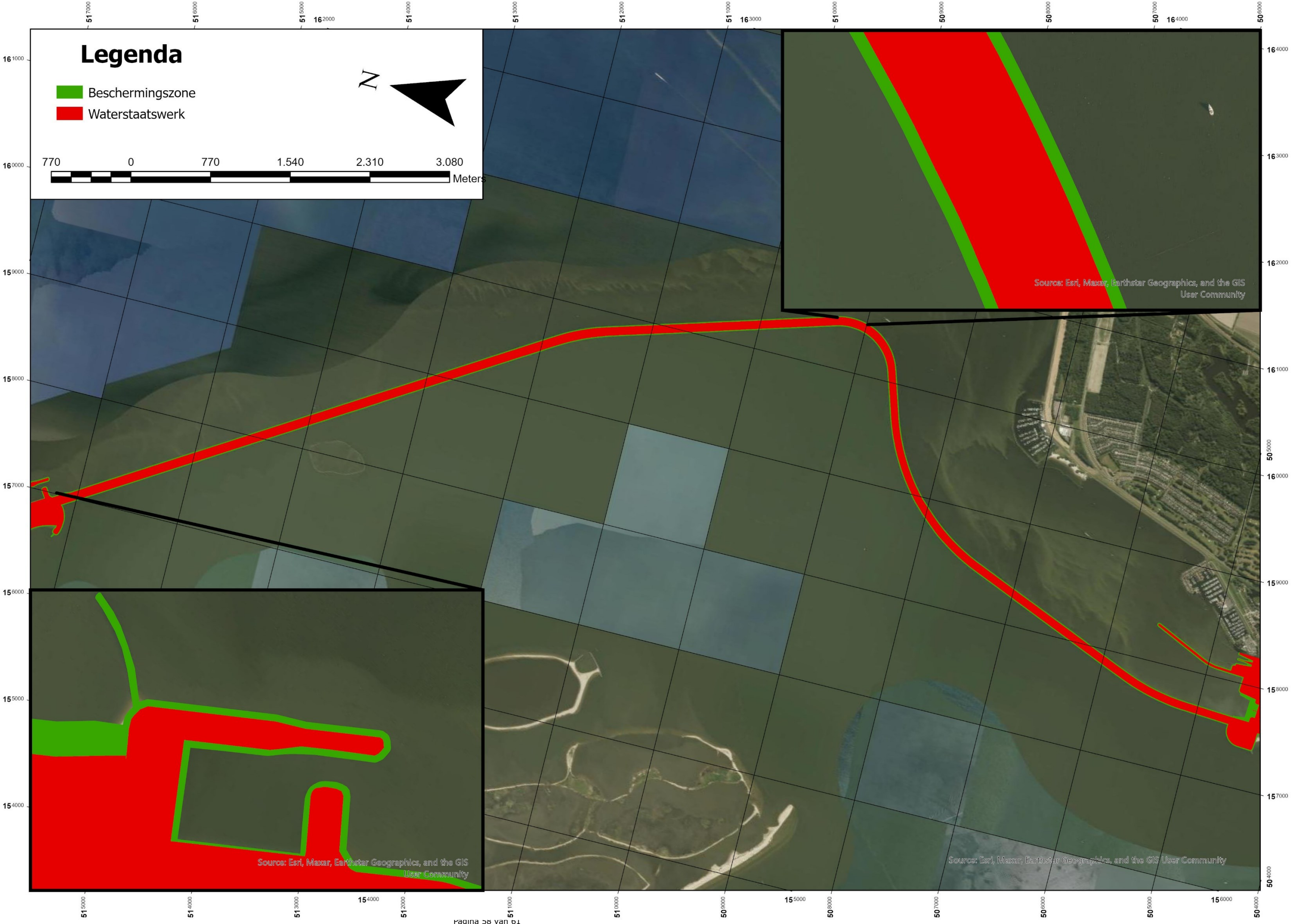
Er zijn ook havendammen en leidammen aanwezig die geen primaire waterveiligheidsfunctie hebben, maar die wel een belangrijke rol spelen in het reduceren van hydraulische belastingen op de kunstwerken. Uit een analyse van HKV [26] blijkt dat deze dammen een significant dempend effect hebben op de hydraulische belasting. Om die reden worden ook deze dammen meegenomen in de invloedszone.

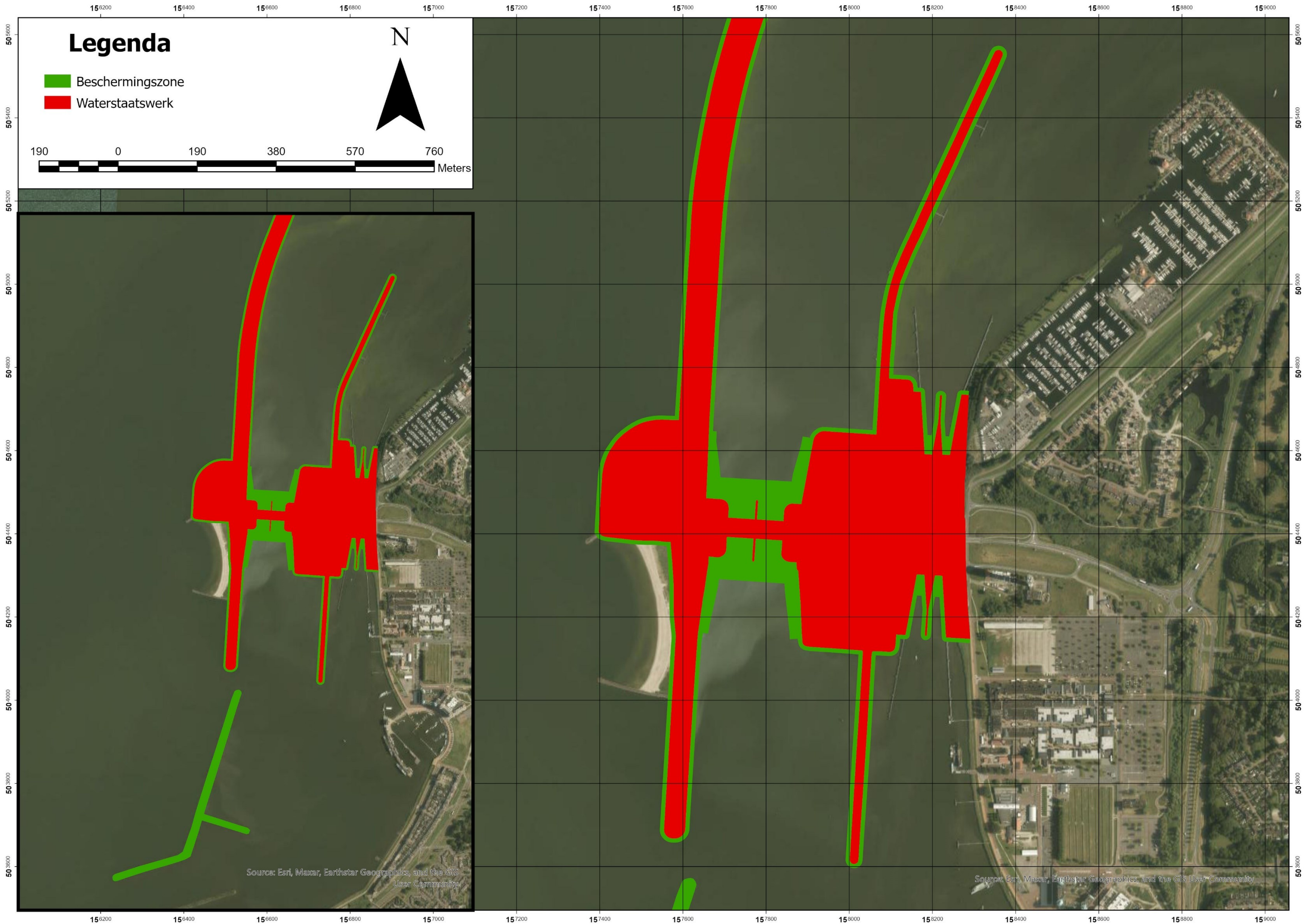
6 Overzichtskaarten zonering



Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community







7 Bronnen

- [1] Omgevingswet Artikel 2.39. (01/01/2024), Geraadpleegd van:
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0037885/2024-01-01>.
- [2] Rijkswaterstaat, Beheerproces Geometrie Omgevingswet, (18-07-2024)
<https://werkwijzerrws.intranet.rws.nl/link/standaard/6381>.
- [3] Rijkswaterstaat, Projectplan Waterwet Versterking Houtribdijk, (09-2016).
- [4] Staatscourant, Ontwerpbesluiten Dijkversterking Houtribdijk, Flevoland, (20-07-2016).
- [5] Combinatie Houtribdijk, Ontwerpnota Zandige Versterking Houtribdijk, docnr. HRD-ONA-0172.
- [6] Combinatie Houtribdijk, Tekening As built Zacht Versterking IJsselmeerzijde, docnr. HRD-TEK-AB-ZB-DWP-4200.
- [7] Combinatie Houtribdijk, Tekening As built Zacht Versterking Markermeerzijde, docnr. HRD-TEK-AB-ZB-DWP-4201.
- [8] Combinatie Houtribdijk, Ontwerpnota Trintelzand A, docnr. HRD-ONA-0282.
- [9] Rijkswaterstaat, Projectplan Waterwet – Slibvangputten Houtribdijk, (22-02-2019).
- [10] Combinatie Houtribdijk, Ontwerpnota Harde Bekleding, docnr. HRD-ONA-0078.
- [11] Combinatie Houtribdijk, Ontwerpnota Lei- en Havendammen, docnr. HRD-ONA-0079.
- [12] Rijkswaterstaat, VTV Toetsrapportage Houtribdijk, (08-2005).
- [13] Combinatie Houtribdijk, Ontwerpnota Dijk- en Grondlichamen, docnr. HRD-ONA-0080.
- [14] Rijkswaterstaat, Prestatiegestuurd Instandhoudingsplan Krabbersgatsluis, (16-05-2012).
- [15] Dienst der Zuiderzeewerken, 3625 Het bouwen van een schutsluis en een spuisluis in de noordelijke afsluiting van de Markerwaard nabij Enkhuizen, (1967-1973).
- [16] Rijkswaterstaat, Prestatiegestuurd Instandhoudingsplan Naviduct, (16-05-2012).
- [17] Rijkswaterstaat, MER Naviduct Krabbersgatsluis, (08-1997).

- [18] Rijkswaterstaat, Instandhoudingsplan Leidammen Enkhuizen Noord object: MMMM.OL.-.39,1, (2008).
- [19] Rijkswaterstaat Bouwdienst, Naviduct-Krabbersgat Noordelijke en Zuidelijke voorhaven, docnr. KRB-TN-411, (20-03-99).
- [20] Rijkswaterstaat, Legger Houtribdijk, (02-11-2009).
- [21] Rijkswaterstaat, Prestatiegestuurd Instandhoudingsplan Houtribsluizen, (16-05-2012).
- [22] Dienst der Zuiderzeewerken, 3613 het bouwen van twee schutsluizen een een stroomsluis in de noordelijke afsluiting van het Oostvaardersdiep nabij Lelystad met bijkomende werken, (1970-1975)
- [23] Arcadis, Beoordeling dijktraject 204 Houtribdijk Wettelijke waterveiligheidsbeoordeling(WBI2017), (18-02-2022).
- [24] Rijkswaterstaat, Hoofdrapport Waterveiligheidsbeoordeling Houtribdijk traject 204a en 204b, (11-10-2022).
- [25] Rijkswaterstaat, Memo Monitoring Zandige Versterking Houtribdijk, (17-02-2025).
- [26] HKV, Kunstwerken Houtribdijk Hydraulische Randvoorwaarden, (01-2024).