

CONCEPT ONTWERP LEGGER HAVEN OUDENBOSCH



Ref.: NL202048668-R24-705
gewijzigde versie 9-12-2024

Waterschap Brabantse Delta

RPS advies- en ingenieursbureau bv

Adres Bouvignelaan 5
 4836 AA Breda

Versie	Omschrijving	Datum
Concept 1.0	Concept rapportage	24 juni 2024
Definitief 1.0	Verwerking review WSBD	5 juli 2024
Definitief 2.0	Verwerking tweede review WSBD	15 juli 2024
		9 december 2024

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever. Alleen aan het originele complete rapport kunnen rechten worden ontleend. Dit rapport mag UITSLUITEND in zijn geheel worden gereproduceerd.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
1.1	Achtergrond	4
1.2	Vraagstelling	5
1.3	Leeswijzer	5
2	TECHNISCHE ONDERBOUWING	6
2.1	Leggervakindeling	6
2.2	Dijken	7
2.2.1	Waterstaatswerk	7
2.2.1.1	Hoogte (HT)	7
2.2.2	Beschermingszone A	9
2.2.2.1	Macrostabieliteit (STBI/STBU)	10
2.2.2.2	Piping (STPH)	12
2.2.3	Beschermingszone B	13
2.2.3.1	Macrostabieliteit (STBI/STBU)	13
2.2.4	Profiel van vrije ruimte	14
2.3	Kunstwerken	15
2.3.1	Waterstaatswerk	15
2.3.2	Beschermingszones A en B	15
2.3.3	Profiel van vrije ruimte	15
2.4	Langsconstructies	16
2.4.1	Waterstaatswerk	16
2.4.2	Beschermingszones A en B	16
2.4.3	Profiel van vrije ruimte	17
2.5	Maatwerklocaties	17
2.5.1	Verholen kering	17
2.5.2	Beoordeeld in eenvoudige toets	17
3	GIS PRODUCT EN DWARSPROFIELEN	19
3.1	Leggerzoneringen	19
3.2	Dwarsprofielen	20
3.2.1	Basisschematisatie leggerprofiel	21
3.2.2	Voorland 'maatschappelijke belangen'	22
3.3	Geodata	24
4	RESULTATEN	25
5	REFERENTIES	26

BIJLAGEN

1. Vakken met kunstwerk en langsconstructie
2. Meetreeks waterstand Mark
3. Berekeningen golfoploop
4. Veilige kwelweglengte per meter verval

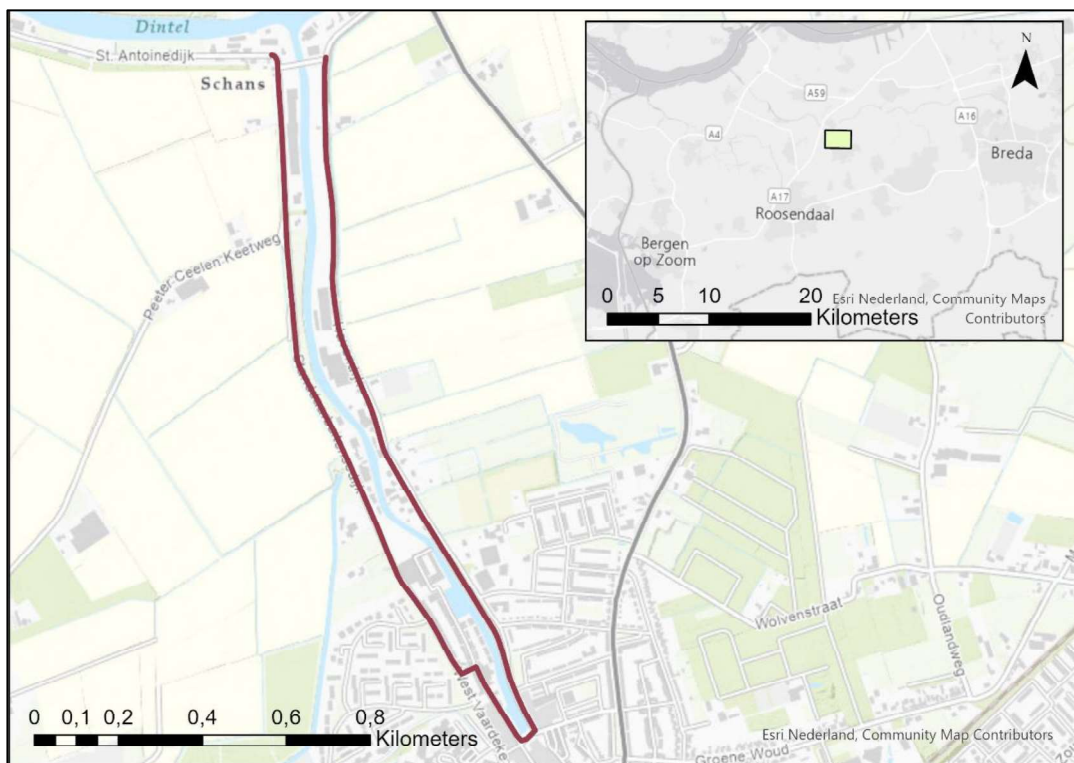
1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Waterschap Brabantse Delta (hierna: WSBD) is voornemens om een nieuwe legger vast te stellen voor de regionale waterkeringen. RPS advies- en ingenieursbureau bv (hierna: RPS) heeft in opdracht van WSBD de afmetingen bepaald voor de nieuwe legger van de regionale kering aan de Mark in de haven van Oudenbosch. Dit betreffen de strekkingen die in [Ref. 2] zijn aangeduid met dijkvakken DWK00659, DWK00658, DWK00657 en DWK00858. Deze strekkingen tezamen worden in de rest van het rapport aangeduid met 'leggertraject Haven Oudenbosch'.

De keringen in het leggertraject Haven Oudenbosch zijn in de 1^e toetsronde (2013) getoetst conform de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (hierna: LTVRW) versie 2007 [Ref. 1]. De keringen zijn genormeerd conform IPO-klasse III en aan de hieraan gekoppelde eisen getoetst. Na uitgave van de LTVRW versie 2015 zijn de keringen in het leggertraject Haven Oudenbosch in de 2^e toetsronde (2017) opnieuw getoetst. Deze hertoetsing is enkel uitgevoerd voor dijkvakken die in de 1^e toetsronde zijn goedgekeurd en de dijkvakken die enkel op het beheerdersoordeel zijn afgekeurd. Hierbij is getoetst op de faalmechanismen die in de 1^e toetsronde niet zijn meegenomen en voor de faalmechanismen waarvoor de rekenregels waren gewijzigd [Ref. 2].

Het leggertraject Haven Oudenbosch heeft een totale lengte van 3,6 km. Het leggertraject is op kaart weergegeven in figuur 1-1 en loopt vanaf de monding van de Mark richting de haven van Oudenbosch en weer terug naar de monding van de Mark.



figuur 1-1: ligging traject Haven Oudenbosch

In de Waterschapsverordening van WSBD [Ref. 3] is voor de legger onderscheid gemaakt in vier zoneringen:

- Waterstaatswerk: oppervlaktewaterlichaam, bergingsgebied, waterkering of ondersteunend kunstwerk.
- Beschermingszone A: aan een waterkering grenzende beschermingszone zoals bedoeld in de waterschapsverordening.
- Beschermingszone B: aan een beschermingszone A grenzende beschermingszone zoals bedoeld in de waterschapsverordening.
- Profiel van vrije ruimte: de ruimte zoals vastgelegd in de legger ter weerszijden van, boven en onder een waterstaatswerk of een toekomstig waterstaatswerk die naar het oordeel van de beheerder nodig is voor toekomstige verbeteringen.

1.2 Vraagstelling

De onderstaande werkzaamheden zijn uitgevraagd door WSBD:

1. Bepalen van de afmetingen van de verschillende zoneringen die door WSBD worden gehanteerd: het waterstaatswerk, de beschermingszone A en B en het profiel van vrije ruimte.
2. Opstellen van een dwarsprofiel, leggerprofiel en profiel van vrije ruimte per leggersvak.
3. Verschillende zoneringsvlakken vastleggen in een GIS product.

Voorliggende rapportage geeft een onderbouwing van de afmetingen van de verschillende zoneringen per leggersvak en een toelichting op de opgestelde dwarsprofielen en het GIS product.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de technische onderbouwing met de bijbehorende uitgangspunten. Hoofdstuk 3 behandelt vervolgens de uitgangspunten die gehanteerd zijn voor het opstellen van de zoneringsvlakken in GIS en de dwarsprofielen. Hoofdstuk 4 geeft een samenvatting van de resultaten en hoofdstuk 5 geeft ten slotte een overzicht van de gehanteerde referenties.

In de rapportage zijn op verschillende plekken verwijzingen opgenomen naar het digitale opleverdossier. Dit opleverdossier bevat alle voor dit project relevante bestanden en vormt samen met de voorliggende rapportage de onderbouwing van de leggerafmetingen en bijbehorende visualisaties voor leggertraject Haven Oudenbosch.

2 TECHNISCHE ONDERBOUWING

Dit hoofdstuk beschrijft de technische onderbouwing op basis waarvan de leggerzones zijn bepaald. In de eerste paragraaf is toegelicht hoe tot de leggersvakindeling is gekomen, waarna in de daaropvolgende paragrafen de aanpak voor dijkleggersvakken, kunstwerkleggersvakken en leggersvakken met een langsconstructie zijn toegelicht. Tot slot is de aanpak ten aanzien van overige maatwerklocaties beschreven.

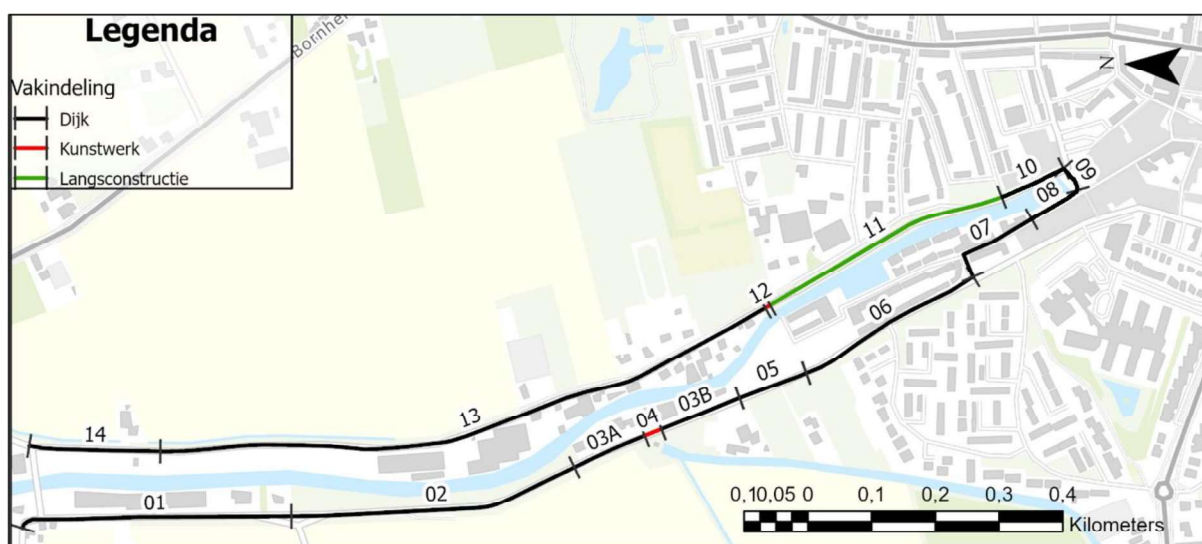
2.1 Leggersvakindeling

Voor de bepaling van de leggerafmetingen voor leggertraject Haven Oudenbosch is het traject in leggersvakken opgedeeld. Voor de leggersvakken is onderscheid gemaakt in het type vak, waarbij de volgende typen zijn gehanteerd:

- Dijk: betreft een grondlichaam zonder waterkerende constructies in de dijk.
- Kunstwerk: de waterkering betreft een waterkerend kunstwerk (gemaal of inlaatduiker).
- Langsconstructie: de waterkering bestaat uit een (dijk met) langsconstructie.

Als startpunt voor de leggersvakindeling is gebruikgemaakt van de vakindeling die gebruikt is bij 2^e toetsronde [Ref. 2]. Deze vakindeling was identiek voor alle toetssporen en bevatte relatief grote toetsvakken zonder aparte vakken voor (dijken met) constructies. Deze vakindeling is verfijnd op basis van verschillen in dijkgeometrie en de ligging van de kunstwerken en langsconstructies. Vervolgens is beschouwd of het vanuit het oogpunt van de leggerzonering mogelijk is om vakken samen te voegen. Dit is bijvoorbeeld gedaan voor vakken aan weerszijden van een kunstwerk met een vergelijkbare dijkgeometrie. Dergelijk samengevoegde vakken hebben een vaknummer met een letter (1A, 1B etc.). Op basis van deze werkwijze is een legger-vakindeling bestaande uit 14 leggersvakken opgesteld. In het bestand **'03 Resultaten/Tabel leggerafmetingen Haven Oudenbosch.xlsx'** in het opleverdossier is een overzicht opgenomen van alle leggersvakken.

In figuur 2-1 is de gehanteerde leggersvakindeling weergegeven. De leggersvakindeling bestaat uit 8 dijkvakken, 2 kunstwerken en 4 langsconstructies. In tabel 2.1 is een overzicht weergegeven van de legger-vakken met informatie over het type vak en de vaklengte. In de map **'01 Leggersvakindeling/GIS'** in het opleverdossier is de leggersvakindeling als GIS-bestand opgenomen.



figuur 2-1: leggersvakindeling van traject Haven Oudenbosch

tabel 2.1: leggervakindeling van traject Haven Oudenbosch

Vaknaam	Type leggervak	Lengte	Vaknaam	Type leggervak	Lengte
[-]	[-]	[m]	[-]	[-]	[m]
01	Dijk	428	08	Dijk	86
02	Dijk	458	09	Dijk	41
03A	Dijk	121	10	Dijk	107
03B	Dijk	132	11	Langsconstructie	404
04	Kunstwerk	28	12	Kunstwerk	9
05	Dijk	112	13	Dijk	995
06	Dijk	303	14	Dijk	206
07	Dijk	159			

2.2 Dijken

In onderstaande paragrafen is de aanpak per leggerzonering toegelicht voor dijkleggervakken. Voor uitgangspunten ten aanzien van leggerzoneringen en leggerprofielen wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

2.2.1 Waterstaatswerk

Het waterstaatswerk betreft de huidige waterkering en eventueel extra benodigde toekomstige waterkering voor het zichtjaar 2070. Voor leggervakken van het type dijk loopt deze zone van de huidige buitenteen tot aan de huidige binnenteen of tot aan de teen van het leggerprofiel, indien deze niet past binnen het aanwezige profiel. De hoogte van het waterstaatswerk is bepaald op basis van HBN-berekeningen en beschreven in onderstaande paragraaf.

2.2.1.1 Hoogte (HT)

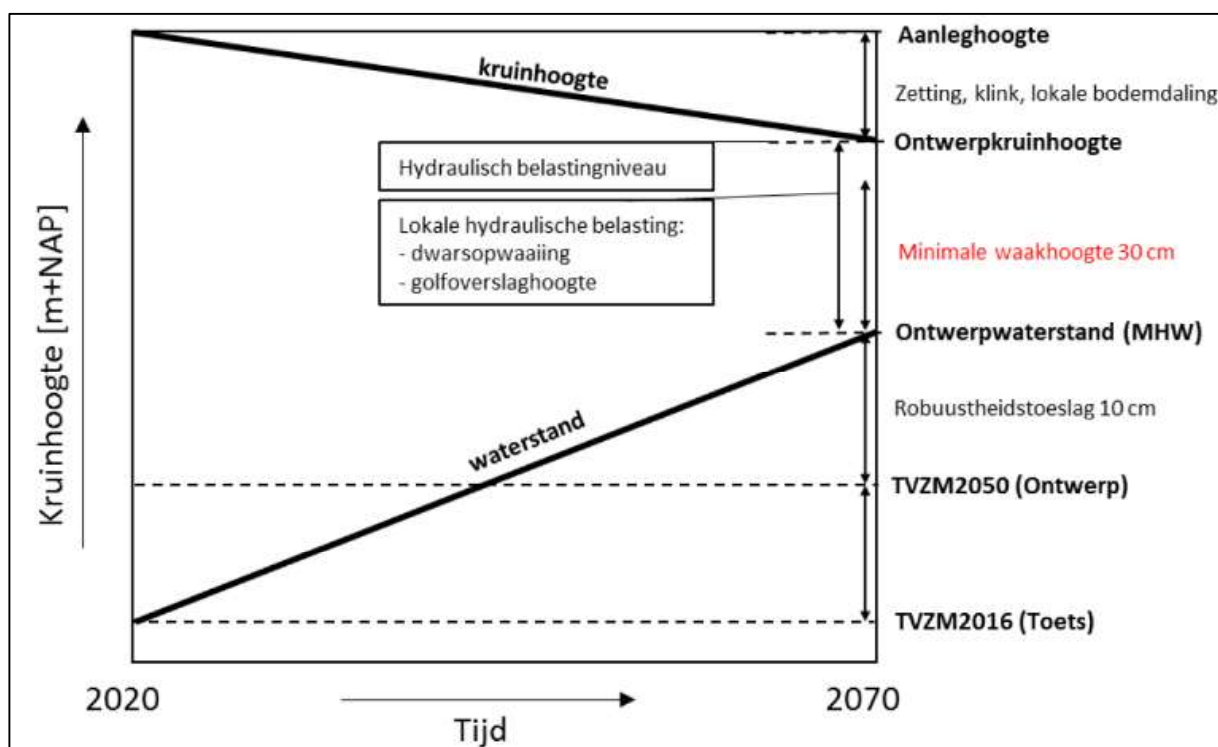
Binnen het spoor Hoogte (hierna: HT) is het Hydraulisch Belasting Niveau (hierna: HBN) voor 2070 (leggerhoogte) en 2125 (profiel van vrije ruimte) bepaald. Het HBN is bepaald met de volgende vergelijkingen, gebaseerd op [Ref. 9] en figuur 2-2:

$$\text{ontwerpwaterstand 2070} = \text{Toetspeil TVZM2050} + \text{robuustheidstoeslag}$$

$$\text{ontwerpwaterstand 2125} = \text{ontwerpwaterstand 2070} + \text{toeslag PvvR}$$

$$\text{HBN 2070} = \text{ontwerpwaterstand 2070} + \max(\text{golfoverslaghoogte}, \text{minimale waakhoogte } 30 \text{ cm})$$

$$\text{HBN 2125} = \text{HBN2070} + \text{toeslag PvvR}$$



figuur 2-2: bepaling HBN leggerhoogte (voor zichtjaar 2070) [Ref. 9].

Voor leggertraject Haven Oudenbosch gelden de volgende waarden:

- Het toetspeil 2050 gegeven inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging (TVZM2050) is gelijk aan NAP +1,32 m voor het gehele leggertraject [Ref. 9].
- De robuustheidstoeslag is gelijk aan 0,10 m voor het gehele leggertraject [Ref. 9].
- De toeslag voor het profiel van vrije ruimte (PvvR) is gelijk aan 0,30 m voor het gehele leggertraject [Ref. 7].

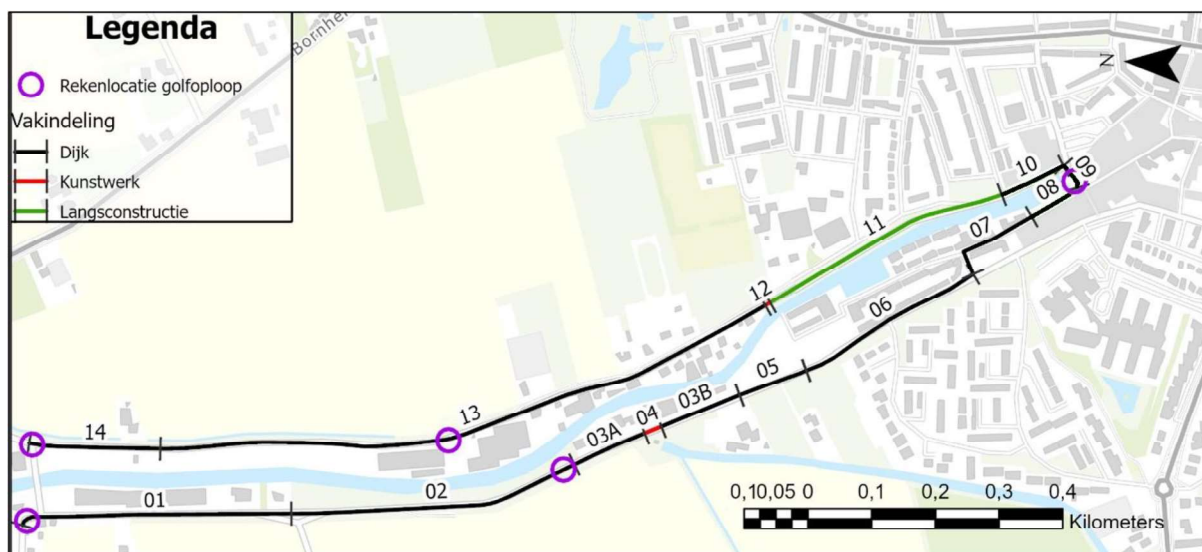
De ontwerpwaterstanden voor het gehele leggertraject Haven Oudenbosch zijn hiermee gelijk aan NAP +1,42 m voor zichtjaar 2070 en NAP +1,72 m voor zichtjaar 2125.

Voor de bepaling van de HBN-waarden uit de ontwerpwaterstanden is de golfploophoogte op vijf verschillende plekken langs het leggertraject berekend. Deze rekenlocaties zijn weergegeven in figuur 2-3. Eerst zijn de golfhoogte en golfperiode berekend op basis van de strijklengtes en windsnelheden met de formules van Bretschneider. Vervolgens is de golfploophoogte berekend met Hydra-NL versie 2.8.2 uit de golfparameters en het toelaatbare overslagdebiet. Voor de berekening van de golfhoogte (Bretschneider) en de golfploophoogte (Hydra-NL) zijn daarnaast de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor het bepalen van de effectieve strijklengte is per uitvoerpunt de gewogen gemiddelde strijklengte van het windveld bepaald. Hierbij is het eigen voorland als onderdeel van de strijklengte meegenomen. Het voorland aan de overzijde is wegens de beperkte waterdiepte niet meegenomen. De bepaling van het windveld is opgenomen in bijlage 3.
- Voor de windsnelheden is er gerekend met de windstatistiek van het Mark Vlietsysteem met een terugkeertijd van 10 jaar. Dit sluit aan bij de uitgangspunten voor de Hydraulische belastingen, zoals gehanteerd door Arcadis in [Ref. 9]. De windrichting is loodrecht op de dijk gekozen.
- Het HBN is berekend bij een overslagdebiet van 1 l/m/s.

- Voor de berekening van de golfploophoogte is gerekend met een vereenvoudigd profiel met een 1:3 talud zonder voorland. De bodemhoogte voor de punten aan de monding van de Mark en de Dintel is gelijk aan NAP -3,70 m. Voor alle overige rekenlocaties geldt een bodemhoogte gelijk aan NAP -3,35 m.

De golfploophoogte is voor alle rekenlocaties kleiner dan 0,30 m berekend (zie bijlage 3). Het verschil tussen de ontwerpwaterstand en het HBN dient minimaal 0,30 m te bedragen (minimale waakhoogte). Hieruit volgt dat het HBN gelijk is aan NAP +1,72 m voor zichtjaar 2070 en NAP +2,02 m voor zichtjaar 2125.

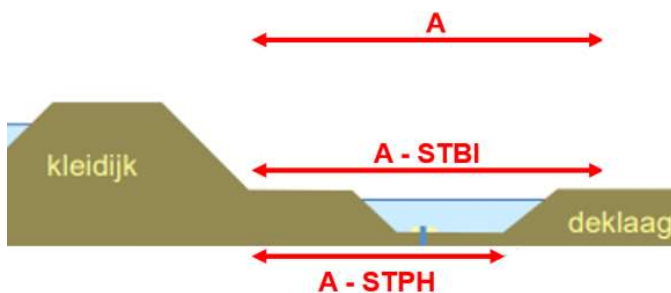


figuur 2-3: rekenlocaties golfloop.

2.2.2 Beschermingszone A

De beschermingszone A omvat de invloedszone voor alle beschouwde faalmechanismen voor het zichtjaar 2070. De breedte van beschermingszone A bedraagt altijd minimaal 5 m zodat er altijd een reservering voor zone A wordt opgenomen en de stabiliteit van de waterstaatswerkzone geborgd is.

De faalmechanismen macrostabiliteit (hierna: STBI/STBU) en piping (hierna: STPH) zijn in de praktijk doorslaggevend voor de benodigde afmetingen van de beschermingszone. De invloedszone is gedefinieerd als de zone waarbinnen de invloed van een bepaald faalmechanisme aanwezig is. In onderstaande paragrafen zijn de uitgangspunten ten aanzien van macrostabiliteit en piping nader beschreven.



figuur 2-4: maatgevende zone A van STBI en STPH

2.2.2.1 Macrostabiliiteit (STBI/STBU)

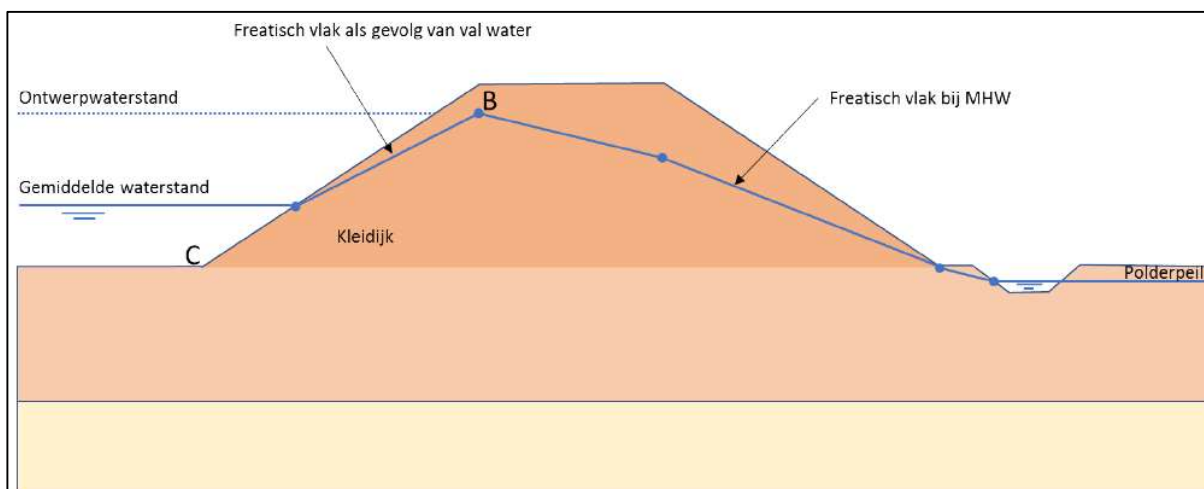
Voor de uitgevoerde berekeningen is in beginsel aangesloten bij de gehanteerde uitgangspunten binnen de toetsing en aangevuld met uitgangspunten uit dijkversterkingsproject Mark, Dintel, Vliet (hierna: MDV). Hiervoor wordt verwezen naar de toetsrapportage [Ref. 2] en de uitgangspuntennotitie MDV [Ref. 4]. Voor het vaststellen van de afmeting van beschermingszone A is voor alle dijkvakken gebruikgemaakt van 1 berekening voor STBI en 1 voor STBU. Deze berekeningen zijn door RPS opgesteld, omdat in de 2^e toetsronde geen STBI en STBU berekeningen zijn uitgevoerd voor leggertraject Haven Oudenbosch.

De locatie van het dwarsprofiel waarmee de STBI én STBU berekening zijn opgezet is weergegeven in figuur 2-6. Deze rekenlocatie is om de volgende redenen gekozen:

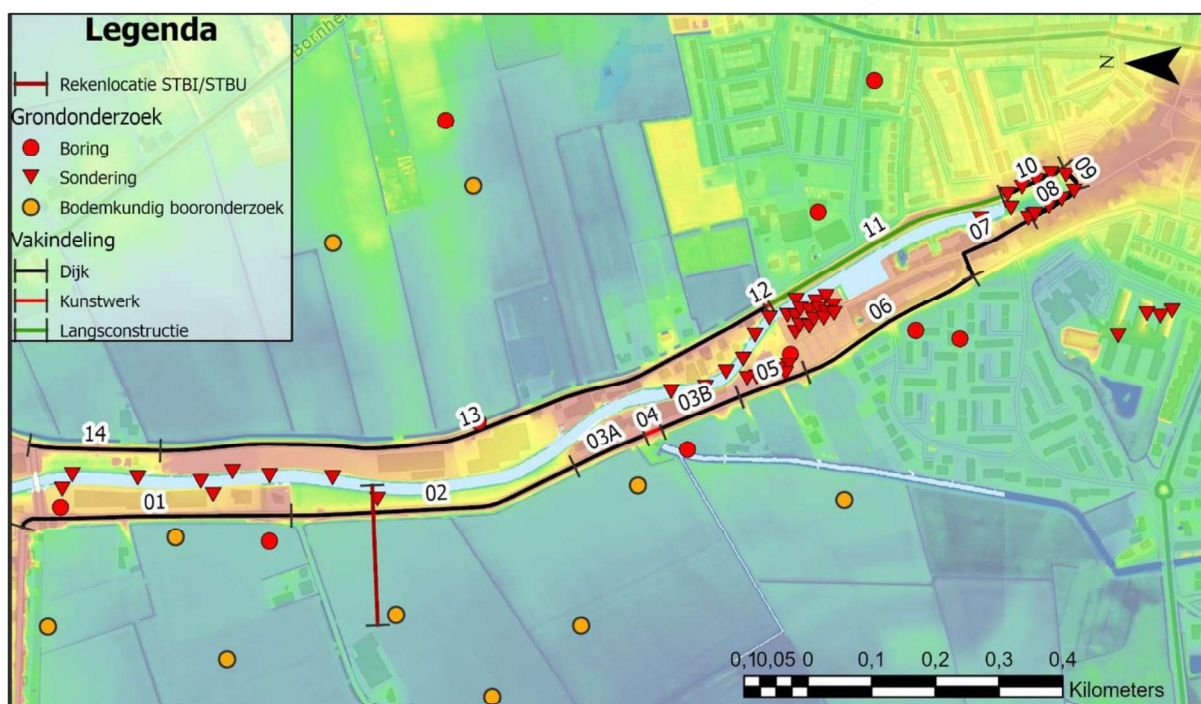
- Het betreft een strekking dijk zonder obstakels waardoor er een dwarsprofiel met AHN4 gegenereerd kan worden.
- Het voorland is relatief kort en laag gelegen.
- Het achterland is laag gelegen.
- Er is een teensloot aanwezig.
- Op deze locatie is grondonderzoek aanwezig op het voorland en in het achterland.

In de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De (dijk)geometrie is bepaald met het AHN4. De geul is geschematiseerd met 1:1,5 taluds tot een diepte van NAP -3,35 m conform de legger oppervlaktewaterlichamen van WSBD [Ref. 8].
- De bodemopbouw is vastgesteld op basis van voorlandsondering CPT000000027101_IMBRO_A en achterlandboring B43H0535. Beide onderzoeken zijn afkomstig van het DINOloket.
- De sterkteparameters zijn overgenomen uit de proevenverzameling voor regionale waterkeringen [Ref. 4].
- De freatische lijn is voor STBI geschematiseerd conform het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (hierna: TRWD) voor situatie 1A (kleikern op samendrukbare ondergrond) [Ref. 5]. Voor STBU is de freatische lijn geschematiseerd conform figuur 2-5. Hierbij is de gemiddelde waterstand gelijk genomen aan NAP +0,04 m. Deze waterstand betreft de gemiddelde waterstand zoals gemeten bij Gemaal Herjansland bij Stampersgat in de periode van 26 september 2012 tot en met 3 mei 2024. De meetreeksen zijn opgenomen in bijlage 2.
- De stijghoogte is over het gehele dwarsprofiel gelijk genomen aan de ontwerpwaterstand voor STBI en de gemiddelde waterstand voor STBU.
- Het verloop van de waterspanningen tussen het watervoerend pakket en de freatische grondwaterstand wordt conform [Ref. 4] lineair geïnterpoleerd over de onderste slecht-doorlatende laag.
- De verkeersbelasting is op de meest ongunstige locatie op de weg geplaatst. Hierbij is conform de LTVRW een verkeersbelasting van 13 kN/m³ (grijze kade) verspreid over een breedte van 2,5 m gehanteerd. Bij de verkeersbelasting is een spreidingshoek van 18,3 graden toegepast met een aanpassingspercentage van 50% voor alle cohesieve lagen [Ref. 6].



figuur 2-5: schematisatie van de freatische lijn voor het faalmechanisme STBU [Ref. 4].



figuur 2-6: Rekenlocatie stabiliteitssom

Voor de berekening is vervolgens op basis van onderstaande stappen de afmeting van zone A bepaald:

1. De waterspanningen zijn geactualiseerd op basis van de berekende waterstand voor 2070. De hoogte van de freatische lijn is met de waternetcreator verhoogd op basis van de nieuwe waterstand (zie figuur 2-8). De stijghoogtelijn van het 1^e watervoerend pakket is aan de buitenzijde verhoogd tot de nieuwe waterstand en aan de binnenzijde ofwel gelijk gehouden aan de grenspotentiaal (indien het een situatie met opbarsten betreft, zie figuur 2-7) of evenredig verhoogd aan de hand van de waternetcreator (indien het een situatie zonder opbarsten betreft). Indien noodzakelijk is ook de breedte van de opbarstzone aangepast. Hiervoor is een breedte van tweemaal de deklaagdikte aangehouden met een minimum van 5 m.

rps.nl

Ref.: NL202048668-R24-705 | Versie Definitief 2.0 |

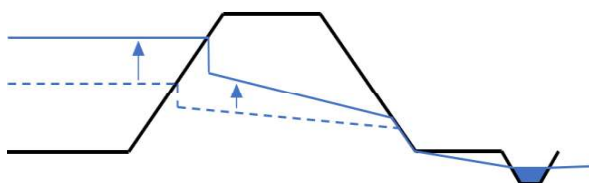
2. Indien de huidige kruinhoogte lager is dan de leggerhoogte 2070 dan is de kruin opgehoogd tot aan deze hoogte. Hierbij zijn de hellingen van het huidige aanwezige binnen- en buitentalud gehandhaafd.
3. Vervolgens is de stabiliteitsfactor berekend met het glijvlakmodel Uplift Van voor STBI (conform [Ref. 4]) en Bishop voor STBU en vergeleken met de vereiste stabiliteitsfactor. De vereiste stabiliteitsfactor is bepaald uit het product van de vereiste schadefactor behorend bij de IPO-klasse (klasse III: 0,90), de modelfactor (STBI: 1,05 voor Uplift Van met opdrijven, STBU: 1,00 voor Bishop) en een schematiseringsfactor van 1,20. De vereiste stabiliteitsfactor is hiermee gelijk aan de waarde uit tabel 2.2.

tabel 2.2: vereiste stabiliteitsfactoren

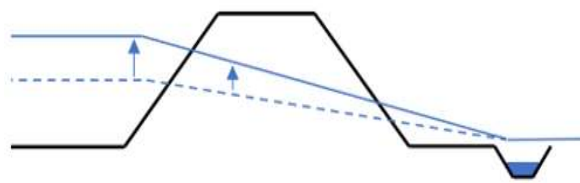
Faalmechanisme	Glijvlakmodel	Vereiste stabiliteitsfactor [-]
STBI	Uplift-Van	1,13
STBU	Bishop	1,08

Vervolgens is de volgende controle uitgevoerd:

- a. Indien voldaan werd aan de vereiste stabiliteitsfactor is de breedte van zone A gelijk gesteld aan de afstand van de binnenteen tot aan het uittredepunt van het maatgevende glijvlak.
- b. Indien niet voldaan werd aan de vereiste stabiliteitsfactor, is het glijvlak iteratief verlengd totdat voldaan werd aan de vereiste stabiliteitsfactor. De afstand van zone A is gelijk gesteld aan de afstand van de binnenteen tot aan het uittredepunt van het glijvlak dat precies aan de eis voldoet.



figuur 2-8: actualisatie freatische waterspanningen



figuur 2-7: actualisatie stijghoogte in watervoerend pakket gegeven opdrijven/opbarsten.

2.2.2.2 Piping (STPH)

Voor het vaststellen van de afmeting van beschermingszone A is voor alle dijkvakken gebruikgemaakt van een veilige benodigde kwelweglengte per meter verval. Deze kwelweglengte is berekend uit de toetsresultaten voor piping van de 2^e toetsronde. Hierbij is voor een aantal toetsvakken gelegen aan en nabij leggertraject Haven Oudenbosch het aanwezige verval en de benodigde kwelweglengte opgezocht. De ratio tussen beide geeft de benodigde kwelweglengte per meter verval. Uit deze kwelweglengtes is de hoogste ratio als veilige kwelweglengte per meter verval gehanteerd voor leggertraject Haven Oudenbosch. Hieruit volgt een veilige kwelweglengte van 9,3 m per meter verval. De berekening is opgenomen in bijlage 4.

Vervolgens is op basis van onderstaande stappen de afmeting van zone A bepaald:

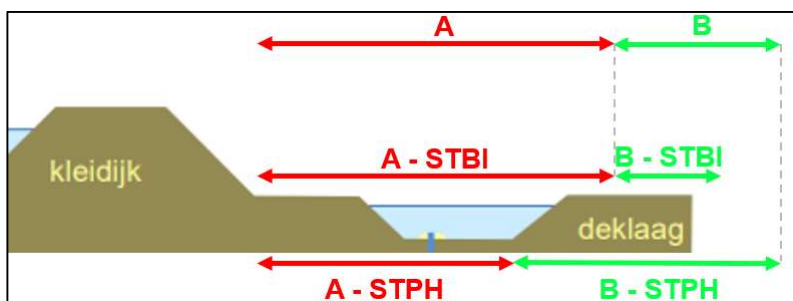
1. Voor het vaststellen van het einde van zone A binnendijks is onderscheid gemaakt in onderstaande situaties:
 - a. Leggervak met teensloot:
Zone A is gelijk aan de afstand van de binnenteen tot aan insteek polderzijde van de teensloot waarin het maatgevende uittredepunt ligt.

- b. Leggervak zonder teensloot:
Zone A is gelijk aan de afstand van de binnenteen tot aan het maatgevende uittredepunt op het achterland.
2. Voor het vaststellen van het einde van zone A buitendijks is het aanwezige verval binnen het leggervak bepaald. Met het aanwezige verval is de benodigde kwelweglengte bepaald uit de veilige kwelweglengte per meter verval. De afstand tussen het einde van zone A binnendijks en de benodigde kwelweglengte geeft het einde van zone A buitendijks.

2.2.3 Beschermingszone B

De beschermingszone B ligt buiten zone A en omvat het gebied waar een ontgraving tot maximaal 3,0 m diep effect heeft op de waterveiligheid voor zichtjaar 2070. Voor de binnendijkse zijde zijn berekeningen voor STBI uitgevoerd om de afmetingen van zone B te bepalen. Voor de buitendijkse zijde zijn berekeningen voor STBU uitgevoerd om de afmetingen van zone B te bepalen. Voor STPH is een breedte van zowel de binnen- als de buitendijkse zone B gelijk aan 5 m gehanteerd. Tot slot is voor elk leggervak met een dijklichaam een minimale breedte van beschermingszone B van 5 m gehanteerd. Dit geldt zowel voor de binnenwaartse als de buitenwaartse beschermingszone B.

Het spoor (STBI/STBU of STPH) dat tot de grootste afmetingen leidt is als maatgevend aangehouden, zie figuur 2-9. In onderstaande paragrafen zijn de uitgangspunten ten aanzien van macrostabiliteit nader beschreven.



figuur 2-9: maatgevende zones A en B op basis van STBI en STPH

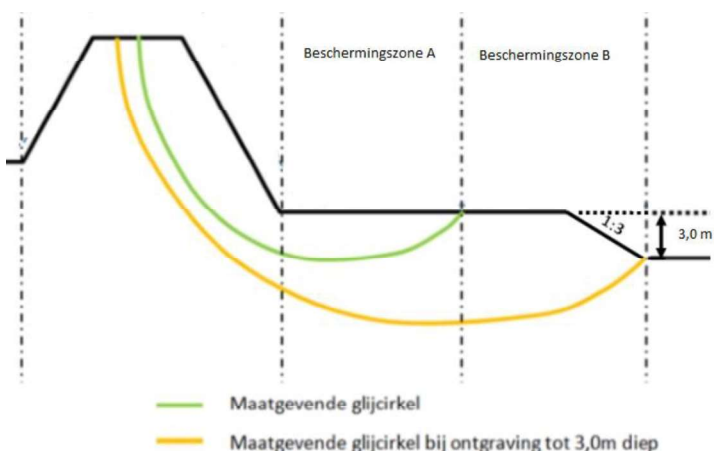
2.2.3.1 Macrostabiliteit (STBI/STBU)

Voor het vaststellen van de afmeting van beschermingszone B binnenwaarts is voor alle dijkvakken gebruikgemaakt van dezelfde berekening. Deze berekening is door RPS opgesteld, omdat in de 2^e toetsronde geen stabiliteitsberekeningen waren opgesteld voor leggertraject Haven Oudenbosch. Voor beschermingszone B buitenwaarts is voor alle dijkvakken eveneens gebruikgemaakt van dezelfde berekening. Ook hiervoor geldt dat de berekening door RPS is opgesteld wegens het ontbreken van stabiliteitsberekeningen uit de 2^e toetsronde voor leggertraject Haven Oudenbosch.

Bij het berekenen van de afmetingen van zone B zijn voor de stabiliteitsberekeningen de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De ontgraving is geschematiseerd met 1:3 taluds tot een diepte van mv -3,00 m (zie figuur 2-10).
- Sterktereductie is toegepast over de volledige bodembreedte van de ontgraving indien de deklaag onder de bodem van de ontgraving kleiner is dan 4 m en de stijghoogte ter plaatse van de ontgraving de grenspotentiaal heeft bereikt. Sterktereductie is niet toegepast indien bij de ontgraving de volledige deklaag is weggenomen.

- De stijghoogtelijn van het 1^e watervoerend pakket is in de ontgraving gemaximaliseerd tot de grenspotential. Bij afwezigheid van een deklaag op de bodem van de ontgraving is de stijghoogtelijn in de ontgraving gemaximaliseerd tot de freatische lijn.
- Aan de binnenzijde is de freatische lijn in de ontgraving gelijk aan het laagste polderpeil (veelal het winterpolderpeil). Verondersteld wordt dat in den natte wordt ontgraven of dat de (grond)waterstand in de ontgraving tijdens een maatgevende belastingsituatie stijgt tot aan polderpeil.
- Aan de buitenzijde is de freatische lijn in de ontgraving gelijk aan de gemiddelde buitenwaterstand. Verondersteld wordt dat in den natte wordt ontgraven of dat de (grond)waterstand in de ontgraving tijdens een maatgevende belastingsituatie stijgt tot aan dit peil.
- De basisberekening is uitgevoerd ter plaatse van het in figuur 2-6 getoonde dwarsprofiel.



figuur 2-10: afmetingen zones A en B in relatie tot 3 m diepe ontgraving

2.2.4 Profiel van vrije ruimte

Het profiel van vrije ruimte (PvVR) is een ruimtereservering voor eventuele toekomstige dijkversterkingen. Deze ruimtereservering omvat de invloedslijnen voor zichtjaar 2125. Uitgangspunt voor dit project is dat zone B hier geen deel van uitmaakt. Verondersteld wordt dat, indien objecten zowel buiten zone B 2070 vallen als buiten het PvVR 2125 vallen, de invloed op de overstromingskans beperkt is vanwege de gemaakte conservatieve keuzes. Als WSBD later besluit dat dit wel wenselijk is, moet zone B 2125 verlengd worden t.o.v. zone B 2070 met het aantal meters dat zit tussen PvVR 2125 en Zone A 2070.

De benodigde hoogte van het profiel is bepaald voor zichtjaar 2125 (zie paragraaf 2.2.1.1). Het profiel is bepaald op basis van de onderstaande uitgangspunten:

- Voor schaar dijken is het PvVR enkel aan de binnenzijde van het profiel geschematiseerd. Het huidige buitentalud is onder 1:3 [V:H] opgetrokken tot de benodigde kruinhoogte in 2125.
- Voor dijken met een voorland is het PvVR evenwijdig geschematiseerd aan het leggerprofiel, met een verticale translatie gelijk aan het verschil in benodigde kruinhoogte tussen 2070 en 2125.
- De hoogte van het PvVR aan maaiveld is gelijk aan dat van de teen van het leggerprofiel 2070 en het huidige maaiveldniveau.

Voor leggervakken waar het PvVR past binnen het huidige aanwezige profiel is de benodigde ruimte-reservering gelijk aan de afmetingen van zone A voor zichtjaar 2070. Voor leggervakken waar het PvVR niet past binnen het huidige aanwezige profiel is de benodigde ruimtereservering uitgebreid met de extra benodigde ruimte voor STBI/STBU en STPH voor zichtjaar 2125.

Voor alle vakken is het profiel van vrije ruimte uitgewerkt in het dwarsprofiel (zie paragraaf 3.2) en is de ruimtereservering opgenomen in het GIS-product.

2.3 Kunstwerken

Voor leggervakken met een kunstwerk zijn de leggerafmetingen per kunstwerk bepaald op basis van een kwalitatieve analyse. Hierbij is op basis van het type kunstwerk (gemaal, duiker, sluis) en de constructieve onderdelen van het kunstwerk een onderbouwing opgesteld. Per kunstwerk is in bijlage 1 een kwalitatieve onderbouwing gegeven voor de vastgestelde leggerafmetingen.

Binnen leggertraject Haven Oudenbosch zijn twee kunstwerken aanwezig. Beide kunstwerken betreffen geen zelfstandig waterkerende kunstwerken. Voor een compleet overzicht van leggeruitgangspunten zijn ook de zelfstandig waterkerende kunstwerken benoemd. Deze uitgangspunten zijn binnen leggertraject Haven Oudenbosch echter niet gehanteerd.

2.3.1 Waterstaatswerk

Voor vakken met een kunstwerk is het waterstaatswerk bepaald op basis van de constructieve eigenschappen en indien van toepassing de eigenschappen van het dijklichaam waarin de constructie is gelegen. Hierbij zijn de onderstaande afwegingen gebruikt om de afmetingen van het waterstaatswerk te bepalen:

- Indien de hoogte van het kunstwerk geborgd wordt door een grondlichaam dan is de leggerhoogte overgenomen van aangrenzende leggervakken en daarmee gebaseerd op hoogte berekeningen voor zichtjaar 2070 (zie paragraaf 2.2.1.1).
- Voor zelfstandig kerende kunstwerken is de leggerhoogte gelijk aan de waterstand voor 2070 vermeerderd met 10 cm waakhogte.
- Alle constructieve elementen van een kunstwerk (fundering, in- en uitstroomconstructie, duikers, grondkerende constructies en overige bouwwerken) zijn opgenomen in het waterstaatswerk.

2.3.2 Beschermingszones A en B

Voor kunstwerken zijn de beschermingszones A en B bepaald op basis van de onderstaande afwegingen:

- Eventuele bodem- en taludbeschermingen aan de binnen- of buitenzijde zijn opgenomen in zone A.
- Zone A en B hebben een minimale breedte van 5 m zodat zone A + B samen een minimale breedte van 10 m hebben. Dit is gebaseerd op het waarborgen van de waterstaatswerk zone bij een 3 m diepe ontgraving en een verondersteld stabiel talud van 1:3 inclusief een marge van 1 m.
- Indien aangrenzende leggervakken grotere afmetingen hebben voor zone A en B, zijn deze afmetingen overgenomen voor het kunstwerk leggervak.
- Indien aan de uiteinden van het kunstwerk grondkerende elementen aanwezig zijn, dan is de passieve gronddrukzone ten gevolge van deze grondkerende elementen opgenomen in zone A.

2.3.3 Profiel van vrije ruimte

Voor kunstwerk leggervakken waar het PvvR past binnen het huidige aanwezige profiel of zelfstandig kerende kunstwerken is de benodigde ruimtereservering gelijk aan de afmetingen van zone A voor zichtjaar 2070. Voor de overige kunstwerken waar het PvvR niet past binnen het huidige aanwezige profiel is de benodigde ruimtereservering gelijk aan de afmetingen van zone A voor zichtjaar 2070 vermeerderd met de extra benodigde ruimte voor de benodigde hoogte in 2125.

De hoogte van het profiel van vrije ruimte is afhankelijk van het type kunstwerk:

- Indien de hoogte van het kunstwerk geborgd wordt door een grondlichaam dan is de hoogte van het profiel van vrije ruimte overgenomen van aangrenzende leggersvakken en daarmee gebaseerd op hoogtetoets berekeningen voor zichtjaar 2125 (zie paragraaf 2.2.1.1).
- Voor zelfstandig kerende kunstwerken is de hoogte van het profiel van vrije ruimte gelijk aan de waterstand voor 2125 vermeerderd met 10 cm waakhogte.

Voor kunstwerken is het profiel van vrije ruimte niet getekend in het dwarsprofiel indien het een zelfstandig kerend kunstwerk betreft (bijvoorbeeld een sluis). Indien sluisdeuren bijvoorbeeld te laag zouden zijn dient het kunstwerk aangepast te worden en is er geen directe noodzaak voor een aanvullende ruimtereservering.

2.4 Langsconstructies

Voor (dijken met) langsconstructies zijn de leggerafmetingen per langsconstructie bepaald op basis van een kwalitatieve analyse. Hierbij is op basis van het type constructie (zelfstandige waterkering, stabiliteitsscherm etc.) en de constructieve eigenschappen een onderbouwing opgesteld. Per leggersvak met langsconstructie is in bijlage 1 een kwalitatieve onderbouwing gegeven voor de vastgestelde leggerafmetingen.

Binnen leggertraject Haven Oudenbosch zijn vier (dijken met) langsconstructies aanwezig. Voor alle langsconstructies is geen informatie over de eventuele verankering beschikbaar. Hierom is het uitgangspunt gehanteerd dat deze onverankerd zijn. Voor een compleet overzicht van leggeruitgangspunten zijn ook de verankerde langsconstructies benoemd. Deze uitgangspunten zijn binnen leggertraject Haven Oudenbosch echter niet gehanteerd.

2.4.1 Waterstaatswerk

Voor vakken met een langsconstructie is het waterstaatswerk bepaald op basis van de constructieve eigenschappen en de eigenschappen van het dijklichaam waarin de constructie is gelegen. Hierbij zijn de onderstaande afwegingen gebruikt om de afmetingen van het waterstaatswerk te bepalen:

- Voor langsconstructies die als zelfstandige waterkering (type I constructie) fungeren is het waterstaatswerk bepaald aan de hand van de volgende situaties:
 - Bij verankerde kademuren en verankerde damwanden beslaat het waterstaatswerk de zone vanaf de constructie tot aan het einde van de verankering vermeerderd met 1 m marge.
 - Bij onverankerde constructies waarbij de kering aan de binnen- en/of buitenzijde verholten is, beslaat het waterstaatswerk de zone vanaf de constructie tot aan de fictieve binnen- of buitenteen van de verholten kering. De fictieve binnen- of buitenteen is gelegen op een afstand van het einde van de constructie of vanaf de referentielijn gelijk aan respectievelijk 3,0 m of 1,5 m kruinbreedte vermeerderd met de breedte van een 1:5 talud vanaf de leggerhoogte tot aan NAP + 0 m.
 - Bij onverankerde constructies waarbij de constructie boven het maaiveld uitsteekt beslaat het waterstaatswerk enkel de gehele constructie, inclusief eventuele bijbehorende grondconstructies.
 - Voor deze leggersvakken is de leggerhoogte gelijk aan de waterstand voor 2070 vermeerderd met 10 cm waakhogte. De hoogte van het profiel van vrije ruimte is gelijk aan de waterstand voor 2125 vermeerderd met 10 cm waakhogte.
- Voor langsconstructies die functioneren als een stabiliteitsscherm (type II constructie) is de afmeting en leggerhoogte van het waterstaatswerk bepaald op basis van de aanpak voor grondlichamen, zie paragraaf 2.2.1.

2.4.2 Beschermingszones A en B

Voor dijken met langsconstructies zijn de beschermingszones A en B bepaald op basis van de onderstaande afwegingen:

- Voor langsconstructies is de passieve gronddrukzone opgenomen in zone A. De afmeting van deze zone is bepaald met een vuistregel en gelijk aan tweemaal de inbeddingsdiepte.
- Voor langsconstructies met een steunberm aan de passieve zijde is de steunberm opgenomen in zone A mits de steunberm bijdraagt aan de stabiliteit van de constructie.
- Voor verankerde damwanden die functioneren als stabiliteitsscherf (type II constructie) is de zone waar de verankering aanwezig is opgenomen in zone A. Hierbij is 1 m marge aangehouden achter de verankering.
- Voor verankerde constructies die als zelfstandige waterkering fungeren is voor zone A aan de binnenzijde een minimale breedte van 5 m aangehouden.
- Voor zone B binnendijs is een minimale breedte van 5 m aangehouden om de stabiliteit van zone A te waarborgen.
- Voor zone B buitendijs is gebruikgemaakt van representatieve situaties die zijn doorgerekend op STBU (zie paragraaf 2.2.3.1). Daarnaast geldt een minimale breedte van 5 m voor zone B buitendijs.

2.4.3 Profiel van vrije ruimte

De hoogte van het profiel van vrije ruimte is afhankelijk van het type langsconstructie:

- Indien de hoogte van het legervak geborgd wordt door een grondlichaam dan is de hoogte van het profiel van vrije ruimte gebaseerd op de hoogte berekeningen voor zichtjaar 2125 (zie paragraaf 2.2.1.1).
- Voor zelfstandige waterkeringen (type I constructies) is de hoogte van het profiel van vrije ruimte gelijk aan de waterstand voor 2125 vermeerderd met 10 cm waakhogte.

De benodigde ruimtereservering voor het profiel van vrije ruimte is gelijk aan de afmetingen voor zone A voor 2070 inclusief een eventuele aanvullende ruimtereservering voor de benodigde ruimte vanwege de benodigde hoogte in 2125. De onderbouwing hiervoor is, indien van toepassing, opgenomen in bijlage 1.

2.5 Maatwerklocaties

Er zijn twee type maatwerklocaties geïdentificeerd: verholen keringen en keringen die in het kader van de recente toetsing in de eenvoudige toets zijn goedgekeurd. In onderstaande paragrafen is toegelicht hoe voor deze situaties de zoneringen zijn bepaald.

2.5.1 Verholen kering

Binnen leggertraject Haven Oudenbosch zijn acht legervakken (03AB, 05, 06, 07, 08, 09, 10 en 13) die aan de binnen- en/of buitenzijde zijn aangemerkt als verholen kering. Het leggerprofiel voor dit vak ligt verholen in een groter grondlichaam. De leggerprofielen bij verholen keringen zijn op basis van onderstaande uitgangspunten geconstrueerd:

- De profielen hebben een kruinbreedte van 3,0 m.
- De leggerhoogte is gelijk aan het HBN voor 2070.
- Het binnen- en/of buitentalud van het verholen gedeelte van de waterkering heeft een helling van 1:5 tot aan NAP + 0 m. Dit is de begrenzing van het waterstaatswerk.
- De afmetingen van zone A en B zijn gelijk genomen aan 5 m. Dit betreffen de minimale breedtes van de zoneringen die binnen dit leggertraject zijn gehanteerd.

2.5.2 Beoordeeld in eenvoudige toets

Binnen traject Haven Oudenbosch zijn alle legervakken in één of meerdere toetsvakken gelegen die in de 1^e en/of 2^e toetsronde binnen de eenvoudige toets zijn goedgekeurd [Ref. 1] [Ref. 2]. Hierom ontbreken rekenbestanden voor alle legervakken binnen leggertraject Haven Oudenbosch en is door RPS één STBI [rps.nl](https://www.rps.nl)

én STBU stabiliteitsberekening gemaakt (zie paragraaf 2.2.2.1 en 2.2.3.1) waarop de zoneringen voor deze vakken gebaseerd zijn. Voor STPH is een aparte werkwijze opgesteld (zie paragraaf 2.2.2.2).

3 GIS PRODUCT EN DWARSPROFIELEN

3.1 Leggerzoneringen

De leggerafmetingen en zoneringen zijn het resultaat van de in het voorgaande hoofdstuk beschreven berekeningen en kwalitatieve onderbouwingen. Hieruit volgen de afmetingen van het waterstaatswerk, de beschermingszones A en B en het profiel van vrije ruimte. Hierbij geldt het volgende:

- De breedte van het waterstaatswerk is voor het representatieve dwarsprofiel op decimeterniveau bepaald en als zodanig verwerkt in GIS. In dit rapport zijn de afmetingen van het waterstaatswerk gepresenteerd in hele meters. Deze waarden betreffen de naar boven of beneden afgeronde breedtes.
- De eindes van zones A en B volgen uit de uitgevoerde analyses en/of beschouwingen en zijn op meterniveau bepaald:
 - Indien de zoneringen volgen uit stabiliteits- en/of pipingberekeningen, dan is de afstand van het berekende in- en/of uittredepunt tot de referentielijn naar boven afgerond op hele meters. Een afronding op deci- of centimeterniveau zou leiden tot schijnnaauwkeurigheid in combinatie met de nauwkeurigheid van de gebruikte rekenmodellen (glijvlak- en pipingmodellen) en de aanwezige variatie binnen een leggervak.
 - Indien de zoneringen volgen uit beschouwingen, bijvoorbeeld bij de bepaling van de breedte van de passieve wig bij kunstwerken en langsconstructies, dan is eveneens gebruik gemaakt van de naar boven op hele meters afgeronde afstanden tot de referentielijn. Met een afronding op hele meters worden veilige afmetingen van de zoneringen verkregen waardoor de impact van eventuele variaties in aanwezige hoogtes, lengtes en/of (inbreng)dieptes op de zoneringen kunnen worden opgevangen.
 - In het geval dat voor zone A een minimale breedte geldt, dan is het einde van zone A gelijk gesteld aan de breedte van het waterstaatswerk (in decimeters) vermeerderd met de minimale breedte en naar boven afgerond op hele meters. Een afronding naar beneden op hele meters is hierbij niet gehanteerd, omdat hierdoor zoneringen kunnen worden verkregen die kleiner zijn dan de minimale breedte.

Ter volledigheid zijn voor wat betreft de omgang met afrondingen enkele voorbeelden uitgewerkt in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Voorbeelden met betrekking tot afronding van de afmetingen van de zoneringen *aan de binnenwaartse zijde*.

Situatie	Einde van binnenwaartse zonering [m t.o.v. referentielijn]		
	Waterstaatswerk	Beschermingszone A	Beschermingszone B
Niet verholten kering + zoneringen o.b.v. analyses	Afstand binnenteen: 8,7 m. Gehanteerde afstand in dwarsprofiel en GIS: 8,7 m. Gerapporteerde afstand als afgeronde waarde: 9 m.	Rekenresultaten einde zone A: • STBI: 15,2 m • STPH: 10,3 m Het maximum hiervan is 15,2 m. Gehanteerde afstand zone A in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 16 m. Gerapporteerde afstand: 16 m.	Rekenresultaten einde zone B: • STBI: 23,7 m • STPH: 24,6 m Het maximum hiervan is 24,6 m. Gehanteerde afstand zone B in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 25 m. Gerapporteerde afstand: 25 m.
Verholten kering + minimale breedtes	Afstand binnenteen: 7,3 m. Gehanteerde afstand in dwarsprofiel en GIS: 7,3 m. Gerapporteerde afstand als afgeronde waarde: 7 m.	Minimale breedte is 5 m. Dit geeft een einde van zone A van $7,3 + 5 = 12,3 \text{ m} \approx 13$. Gehanteerd afstand zone A in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 13 m. Gerapporteerde afstand: 13 m.	Minimale breedte is 5 m. Dit geeft een einde van zone B van $13 + 5 = 18 \text{ m}$. Gehanteerd afstand zone B in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 18 m. Gerapporteerde afstand: 18 m.

Situatie	Einde van binnenwaartse zonering [m t.o.v. referentielijn]		
	Waterstaatswerk	Beschermingszone A	Beschermingszone B
Niet verholen kering + binnenwaartse langconstructie op 2 m van binnenteen	Afstand langconstructie: 7,5 m. Gehanteerde afstand WSW in dwarsprofiel en GIS: 7,5 m. Gerapporteerde afstand als afgeronde waarde: 8 m.	Breedte passieve wig: 10,2 m. Gehanteerde afstand zone A in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 18 m (7,5 + 10,2 = 17,7 ≈ 18 m). Gerapporteerde afstand: 18 m.	Breedte zone B: 5 m. Gehanteerde afstand zone B in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 23 m (18 + 5 = 23 m). Gerapporteerde afstand: 23 m.
Kunstwerk	Verst gelegen constructief onderdeel op 17,4 m. Gehanteerde afstand WSW in dwarsprofiel en GIS: 17,4 m. Gerapporteerde afstand als afgeronde waarde: 17 m.	Breedte zone A: 8 m. Gehanteerde afstand zone A in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 26 m (17,4 + 8 = 25,4 ≈ 26 m). Gerapporteerde afstand: 26 m.	Breedte zone B: 5 m. Gehanteerde afstand zone B in dwarsprofiel en GIS is <u>naar boven</u> afgerond: 31 m (26 + 5 = 31 m). Gerapporteerde afstand: 31 m.

De bepaling van de leggerafmetingen zijn gedaan voor de verschillende type keringen (vakken met dijk, vakken met (dijk en) langconstructie en vakken met kunstwerken). De resultaten zijn samengevoegd in een uitgebreide Excel tabel met afstanden. Van elk leggvak zijn zones gedefinieerd en omgezet naar een GIS laag. De tabel '03 Resultaten/Tabel leggerafmetingen Haven Oudenbosch.xlsx' is opgenomen in het opleverdossier.

Om de gegevens in de tabel om te kunnen zetten naar een zonering is gebruikgemaakt van standaard ArcGIS geoprocessing tools. Van elk vak ontstaat zo een lijnvormige vakindeling met aan weerszijden een vlakvormige zone waterstaatswerk, zone A en B. Het eerste resultaat van het omzetten leidt tot een grote hoeveelheid aan overlappende bufferzones die vervolgens met behulp van een geoprocessing tool Dissolve zijn samengevoegd tot één vlak. Het resultaat van deze berekening is dat buffers elkaar niet overlappen en dat een vloeiende overgang ontstaat op de grens van verschillende dijkvakken. De waterstaatswerk zone van kunstwerken is bepaald met een zogenoemde 'flat end' buffer. Dit proces is geautomatiseerd en daarna visueel beoordeeld. In sommige gevallen (bijvoorbeeld aan het eind van een dijkvak) is deze vloeiende overgang niet automatisch gemaakt en is deze handmatig aangepast.

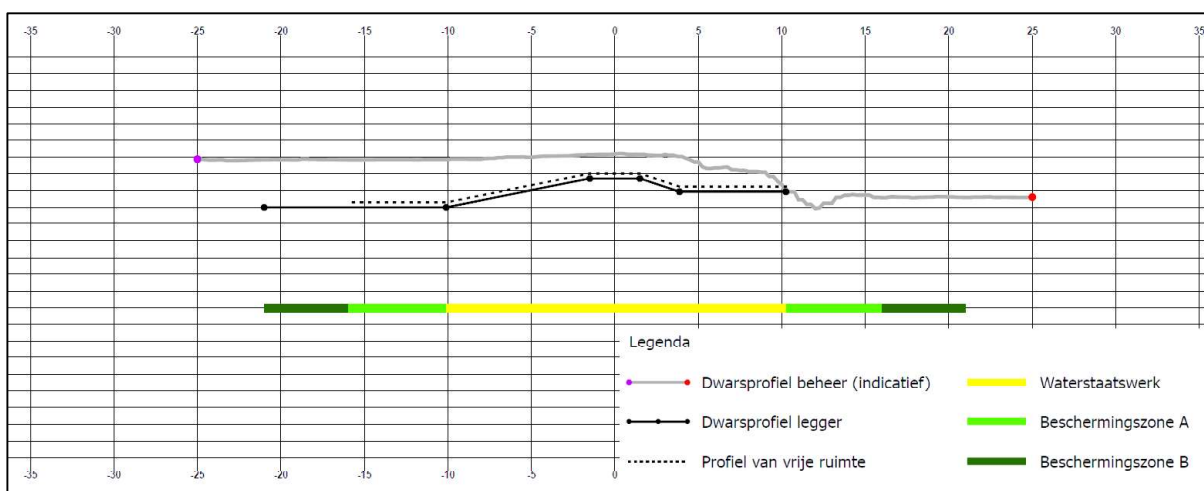
3.2 Dwarsprofielen

Per leggvak is een representatieve dwarsprofiellocatie gekozen op basis van de uitgevoerde berekeningen. De dwarsprofielen zijn over de leggerzonering geprojecteerd. De snijpunten met de onderliggende zonering bepalen welk deel van het dwarsprofiel tot welke zone hoort. Dit is vastgelegd in de geodata. Ter plaatse van het dwarsprofiel is vervolgens een dwarsprofiel gecreëerd op basis van het AHN-4. Vervolgens zijn de x, y en z-coördinaten geconverteerd naar een L-Z coördinaten systeem. Daarbij snijden de profielen de referentielijn bij x=0. De locaties van profielen kloppen dan niet meer als het gaat over de locatie op aarde, maar de schaal blijft wel correct.

Elk dwarsprofiel heeft de naam van het bijbehorende dijkvak gekregen wat nodig was om de kaart te kunnen maken met zowel het dwarsprofiel als onderliggende zone. Om dit proces te automatiseren is gebruikgemaakt van Esri's Modelbuilder in ArcGIS Pro

Vervolgens is met de uitgangspunten uit onderstaande paragrafen per leggvak een leggerprofiel en het profiel van vrije ruimte opgesteld.

Ten slotte is de laatste stap gezet: het opmaken van een te printen kaart waarop onder het dwarsprofiel (die zowel het aanwezig profiel, het leggerprofiel als het profiel van vrije ruimte laat zien) de zones zijn geprojecteerd. Om het grote aantal dwarsprofielen geautomatiseerd en éénduidig op een PDF kaart te plaatsen is de Esri tool Data Driven pages gebruikt. Met deze tool wordt een kaart template genomen met daarin alle opmaak instellingen. De tool neemt uit het bestand met dwarsprofielen vervolgens één profiel en projecteert deze, samen met de onderliggende zonering, op de opgemaakte kaart. Een uitsnede uit een dergelijk profiel is zichtbaar in figuur 3-1. De profielen zijn op de volgende locatie opgenomen '03 Resultaten/Dwarsprofielen' in het opleverdossier.



figuur 3-1: voorbeeld dwarsprofiel (getoond dwarsprofiel van leggersvak 03AB)

3.2.1 Basisschematisatie leggerprofiel

Per vak is het leggerprofiel en het profiel van vrije ruimte getekend in het dwarsprofiel. Hierbij zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- Een minimale kruinbreedte van 3,0 m is gehanteerd.
- Bij wegconstructies in langsrichting van de dijk zonder overhoogte is de kruinbreedte gelijk aan de breedte van de wegconstructie inclusief bermen.
- De helling van het buitentalud is gelijk aan 1:3.
- De helling van het binnentalud is volgens onderstaande situatie getekend:
 - Indien het (gehele) leggersvak in de recente toetsing voldoet op de sporen STMI en STBI is een helling aangehouden van 1:3. Dit is bij leggertraject Haven Oudenbosch het geval [Ref. 2].
- De hoogte van de binnenteen is volgens de onderstaande twee situaties bepaald:
 - Indien het leggerprofiel past binnen het bestaande profiel dan is de teen van het leggerprofiel horizontaal verbonden met de hoogte van het maaiveld/buiten fysieke (administratieve) teen in het achterland.
 - Indien het leggerprofiel niet past binnen het bestaande profiel dan is de binnenteen gelegen op het snijpunt van het leggerprofiel en het maaiveld van het achterland. Voor deze situaties is de afmeting van het waterstaatswerk verlengd tot aan de binnenteen van het leggerprofiel.
- De hoogte van de buitenteen ligt op de aanwezige maaiveldhoogte van het voorland, die ook nodig is voor het borgen van STBU, of op de hoogte van de geulbodem voor schaaldijken. Hierbij is voor de Mark een geulbodem aangehouden van NAP -3,35 m conform de legger oppervlaktewateren van WSBD.

- Indien binnen het gehele leggervak een binnen- of buitenberm aanwezig is die bijdraagt aan de vereiste stabiliteit in 2070 is de berm opgenomen in het waterstaatswerk. Hierbij zijn de onderstaande stappen gevolgd om te bepalen of de berm opgenomen dient te worden in het leggerprofiel:
 - Beschouwd is of de berm nodig is om de stabiliteit tot 2070 te borgen op basis van de berekende stabiliteitsfactor in de beoordeling.
 - Voor dit leggertraject zijn geen berekeningen uitgevoerd om te onderzoeken of de huidige bermafmetingen voldoende zijn voor de stabiliteit tot 2070.
- Voor overgedimensioneerde keringen is het leggerprofiel en het profiel van vrije ruimte in horizontale richting getransleerd zodat het profiel past binnen het huidige profiel en aansluit op het aanwezige buitentalud.
- Voor verholten keringen is het 1:5 leggertalud doorgetekend tot aan NAP + 0 m. Dit is de begrenzing van het waterstaatswerk voor verholten keringen.
- Het profiel van vrije ruimte is evenwijdig geschematiseerd aan het leggerprofiel, met een verticale translatie gelijk aan het verschil in benodigde kruinhoogte tussen 2070 en 2125. Voor de verschillende typen leggervakken gelden daarnaast aanvullende uitgangspunten. Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 2.2.4 (dijken), 2.3.3 (kunstwerken) en 2.4.3 (langsconstructies).
- De leggerprofielen van de kunstwerken zijn uitgewerkt in AutoCAD. Hierbij is gebruikgemaakt van de door WSBD aangeleverde AutoCAD bestanden. De uitgangspunten ten aanzien van leggerprofielen van kunstwerken zijn gelijk aan dijkleggervakken met twee uitzonderingen:
 - Het leggerprofiel is altijd minimaal gelijk aan de omhullende van alle constructieonderdelen in de doorsnede van het kunstwerk.
 - Als een kunstwerk geheel of deels in het dijklichaam ligt, zoals bijvoorbeeld een leidingkruising, dan wordt de ligging van het vereiste leggerprofiel zo optimaal mogelijk gekozen.
- Voor langsconstructies is het gedeelte van de constructie dat niet grenst aan een grondlichaam als verticale begrenzing opgenomen in het leggerprofiel.

Een overzicht van de gehanteerde leggerprofielgegevens inclusief onderbouwingsgegevens is per leggervak opgenomen in het Excel bestand '**03 Resultaten/Leggerprofiel dimensies Haven Oudenbosch.xlsx**' in het opleverdossier.

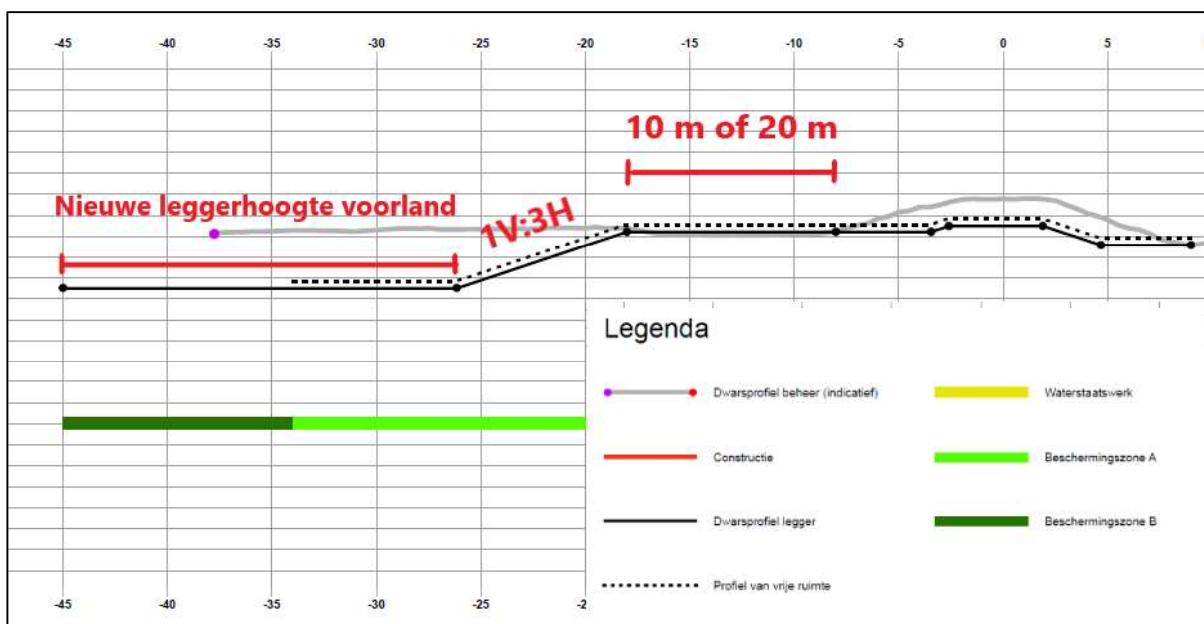
3.2.2 Voorland 'maatschappelijke belangen'

Om tegemoet te komen aan de maatschappelijke belangen van bedrijven op de (hooggelegen) voorlanden, zijn voor dijken met voorland aanvullende uitgangspunten gehanteerd ten aanzien van het leggerprofiel onder het voorland. Deze uitgangspunten zijn gebaseerd op [Ref. 10] en betreffen het volgende:

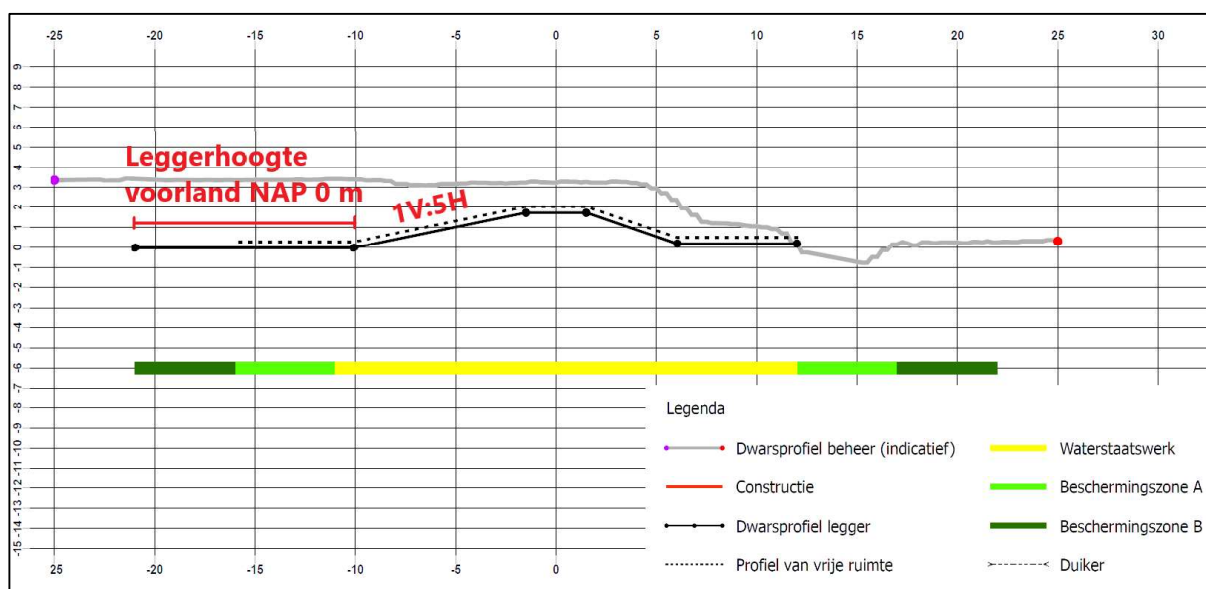
- In het geval grondonderzoek beschikbaar is op het voorland, wordt de leggerhoogte onder het voorland aangepast conform de (maatgevende) van toepassing zijnde situatie(s):
 1. Indien de gehele toplaag van het voorland bestaat uit antropogeen zand, is de leggerhoogte aangepast naar de diepte van de laagscheiding van het antropogeen zand en de natuurlijke deklaag vermeerderd met 0,50 m onzekerheidsmarge.
 2. Indien de toplaag bestaat uit klei en/of veen én de deklaagdikte:
 - A. kleiner dan of gelijk aan 3 m is, wordt de leggerhoogte aangepast naar het niveau waarbij binnen het gehele leggervak onder dit niveau nog 1 m deklaag aanwezig is (0,5 m deklaagdikte + 0,5 m onzekerheidsmarge).
 - B. groter dan 3 m is, wordt de leggerhoogte aangepast naar het niveau waarbij binnen het gehele leggervak onder dit niveau nog 1,5 m deklaag aanwezig is (1,0 m deklaagdikte + 0,5 m onzekerheidsmarge).
 3. Indien binnen het leggervak geen (bruikbaar) grondonderzoek beschikbaar is, wordt de leggerhoogte aangepast naar de (representatieve) voorlandhoogte verminderd met 1 m. Bij kleine leggervakken

- kan voor de leggerhoogte indien mogelijk aangesloten worden bij een aangrenzend leggersvak als sprake is van een vergelijkbare voorlandgeometrie en naar verwachting vergelijkbare bodemopbouw.
- De verlaging van de leggerhoogte is in alle situaties beperkt tot NAP 0 m, omdat een verlaging tot beneden dit niveau weinig meerwaarde biedt voor de maatschappelijke belangen op het voorland.
 - Als de maatgevende situatie en bijbehorende werkwijze een leggerhoogte boven de kruinhoogte van het leggerprofiel in 2070 oplevert, dan wordt de leggerhoogte van het voorland begrensd op de kruinhoogte van het leggerprofiel.
 - Het leggerprofiel onder het voorland van een niet-verholen dijkvak is als volgt getekend (zie figuur 3-2):
 - In de eerste 10 m voorland (situatie 1 en 2AB) of 20 m voorland (situatie 3) vanaf de waterstaatswerkzone blijft de profielhoogte van de legger gelijk aan het maaiveldniveau. Hiermee blijft de buitenwaartse stabiliteit van de kering gewaarborgd.
 - Na deze 10 of 20 m verloopt het leggerprofiel met een 1:3 talud naar de nieuwe leggerhoogte voorland.
 - De nieuwe leggerhoogte voorland geldt tot aan het einde van beschermingszone B.
 - Het leggerprofiel onder het voorland van een verholen dijkvak is als volgt getekend (zie figuur 3-3):
 - Het leggerprofiel is binnen de waterstaatswerkzone vanaf de buitenkruin met een 1:5 talud getekend tot NAP 0 m.
 - Vanaf NAP 0 m loopt het leggerprofiel horizontaal tot aan het einde van beschermingszone B.
 - In alle gevallen volgt het profiel van vrije ruimte het nieuwe leggerprofiel met een verticale translatie gelijk aan het verschil tussen de leggerhoogte in 2070 en de PvvR-hoogte in 2125. Het profiel van vrije ruimte wordt op het voorland doorgetekend tot het einde van de PvvR zone.

In het Excel bestand '**03 Resultaten/Leggerprofiel dimensies Haven Oudenbosch.xlsx**' is een overzicht opgenomen per leggersvak met daarin de gehanteerde situatie en de bijbehorende leggerhoogte. De onderbouwing hiervan is opgenomen in het Excel bestand '**03 Resultaten/Leggerprofiel dimensies Haven Oudenbosch voorland.xlsx**'.



figuur 3-2: dwarsdoorsnede leggerprofiel met hoog voorland



figuur 3-3: dwarsdoorsnede leggerprofiel met hoog voorland bij een verholen kering

3.3 Geodata

De leggerzonering is opgemaakt als een GIS-bestand. Voor het maken van de zonering en de dwarsprofielen in GIS is gebruikgemaakt van het Esri format File Geodatabase. Dit Geo-bestand is opgenomen in het opleverdossier ('03 Resultaten/GIS Product'). De afzonderlijke profielen per leggersvak zijn als PDF kaart opgenomen in het opleverdossier.

4 RESULTATEN

In voorliggende rapportage zijn de leggerzoneringen bepaald voor leggertraject Haven Oudenbosch. In tabel 4.1 zijn de leggerzones per leggersvak weergegeven. Voor een uitgebreider overzicht van de resultaten wordt verwezen naar bestand '03 Resultaten/Tabel leggerafmetingen Haven Oudenbosch.xlsx' in het opleverdossier.

tabel 4.1: overzicht leggerzoneringen en hoogtes. (afstanden zone A en B en PvvR in m t.o.v. referentielij)j)

Vaknaam [-]	L [-]	Type vak [m]	Hoogte		Wsw [m]	Binnendijs			Wsw [m]	Buitendijs		
			Legger profiel [NAP]	PvvR [NAP]		Zone A [m]	Zone B [m]	PvvR [m]		Zone A [m]	Zone B [m]	PvvR [m]
01	428	Dijk	1,72	2,02	7	16	21	16	7	12	17	12
02	458	Dijk	1,72	2,02	8	16	21	16	6	11	16	11
03A	121	Dijk	1,72	2,02	10	16	21	16	10	16	21	16
03B	132	Dijk	1,72	2,02	10	16	21	16	10	16	21	16
04	28	KW*	1,72	2,02	37	42	47	42	48	53	58	53
05	112	Dijk	1,72	2,02	11	16	21	16	10	16	21	16
06	303	Dijk	1,72	2,02	10	16	21	16	10	16	21	16
07	159	Dijk	1,72	2,02	10	16	21	16	10	16	21	16
08	86	Dijk	1,72	2,02	10	16	21	16	10	16	21	16
09	41	Dijk	1,72	2,02	10	16	21	16	10	16	21	16
10	107	Dijk	1,72	2,02	10	16	21	16	10	16	21	16
11	404	LC**	1,72	2,02	8	16	21	16	12	28	33	28
12#	9	KW*	1,72	2,02	13	18	23	18	11	25	30	25
13	995	Dijk	1,72	2,02	12	17	22	17	10	16	21	16
14	206	Dijk	1,72	2,02	11	16	21	16	8	13	18	14

= Voor deze leggersvakken geldt dat de zoneringen in GIS ter plaatse van het representatieve dwarsprofiel niet overeenkomen met bovenstaande tabel en het dwarsprofiel. Dit wordt veroorzaakt door de afronding van de zonering van een naastgelegen leggersvak of door de ligging van de trajectlijn. In het dwarsprofiel zijn altijd de zoneringen opgenomen uit bovenstaande tabel.

* KW = Kunstwerk

** LC = Langsconstructie

5 REFERENTIES

- [Ref. 1] Grontmij. (2013). *Toetsing Regionale Waterkeringen - Veiligheidstoetsing regionale waterkeringen in het beheergebied van Waterschap Brabantse Delta* (referentienummer GM-0079589, versie definitief). De Bilt: Grontmij Nederland B.V.
- [Ref. 2] Antea Group. (2019). *Toetsrapportage Tweede Ronde Toetsing Regionale Waterkeringen* (projectnummer 0419439.00, versie definitief). Antea Group.
- [Ref. 3] Waterschap Brabantse Delta. (2024). Waterschapsverordening (Keur).
- [Ref. 4] Antea Group. (2021). Uitgangspuntennotitie Versterking regionale keringen Mark, Dintel, Vliet (projectnummer 0459172.100, versie 8 definitief). Antea Group.
- [Ref. 5] Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. (2004). *Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- [Ref. 6] STOWA. (2015). *Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- [Ref. 7] Waterschap Brabantse Delta. (2024). *Leggerspecificaties waterkeringen, versie 1.1*. Breda: Waterschap Brabantse Delta.
- [Ref. 8] Waterschap Brabantse Delta. (sd). *Vastgestelde leggers - vastgestelde legger oppervlaktewaterlichamen*. Opgeroepen op mei 14, 2024, van Geoportaal Brabantse Delta: <https://geoportaal.brabantsedelta.nl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=a7893a8829f248b086a8927616be4851>
- [Ref. 9] Arcadis (2018). Hydraulische Belasting, Verbetering regionale keringen, deelgebieden oost en west, (Projectnummer C03011.000755.0100)
- [Ref. 10] RPS advies- en ingenieursbureau bv. (2024). *Voorstel wijziging leggerhoogte t.a.v. maatschappelijke belangen* (referentie NL202045992-N24-003). RPS advies- en ingenieursbureau bv.

Bijlage

1. Vakken met kunstwerk en
langsconstructie

Leggervak:	04	Type vak:	Kunstwerk
		Naam:	Afvoer gemaal Zellebergen

Bovenaanzicht



Tekening

- Geen tekening beschikbaar -

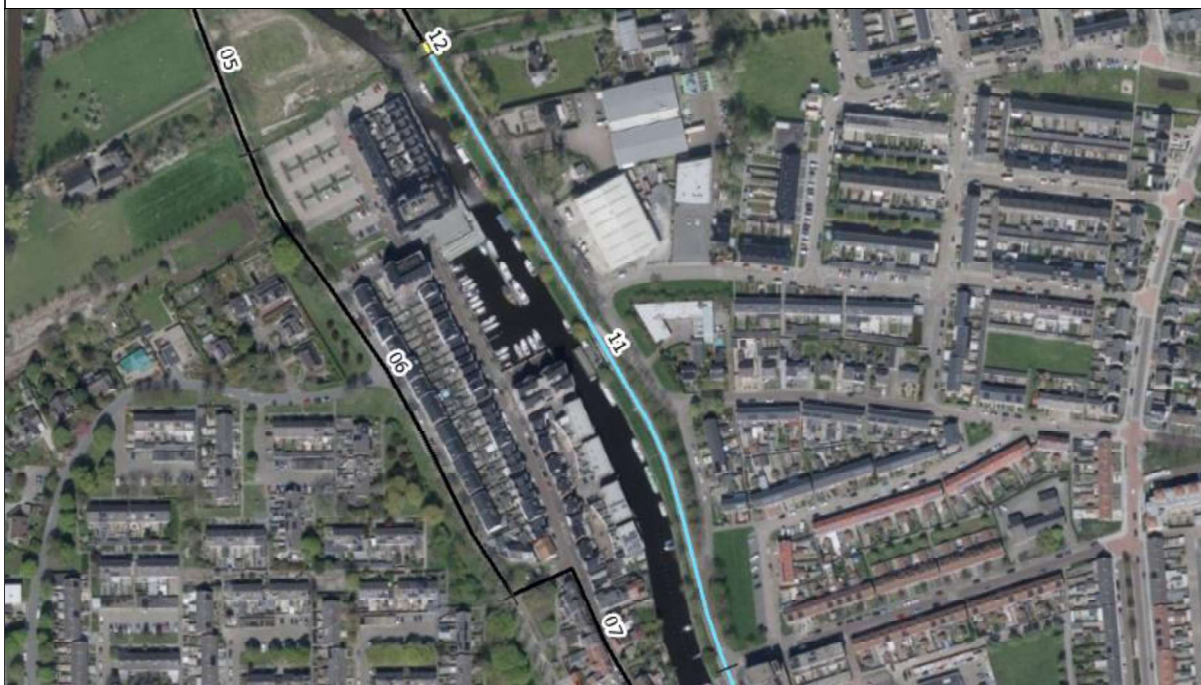
Onderbouwing

Voor dit kunstwerk (KDU19772) zijn de volgende leggerafmetingen gehanteerd:

- Het waterstaatswerk is aan de binnenzijde begrensd op het einde van de westelijke vleugelwand (ca. 37 m)
- Het waterstaatswerk is aan de buitenzijde begrensd op het einde van de uitstroombak (ca. 48 m).
- Aan de binnenzijde is de breedte van beschermingszone A en B op respectievelijk 5 m en 5 m gezet. Hierbij zijn de breedtes gekozen zodat zone A + B = 10 m waarmee de invloed van een 3 m diepe ontgraving (zone A + B = 3x3 = 9 + 1 m marge = 10 m) is gewaarborgd.
- Aan de buitenzijde is de breedte van beschermingszone A en B op respectievelijk 5 m en 5 m gezet. Hierbij zijn de breedtes gekozen zodat zone A + B = 10 m waarmee de invloed van een 3 m diepe ontgraving (zone A + B = 3x3 = 9 + 1 m marge = 10 m) is gewaarborgd. Op tekeningen [Ref 1.] en [Ref 2.] is geen informatie opgenomen over de afmetingen en hoogtes van de uitstroombak en de aanwezigheid van eventuele grondkerende constructies ter plaatse van de uitstroombak. De verwachting is dat de bodem van de uitstroombak op of nabij de bodem van de Mark ligt en dat er hierdoor geen grondkerende constructies aanwezig zijn. Indien alsnog onverhoopt een grondkerende constructie aanwezig blijkt aan het einde van de uitstroombak, dan is de verwachting dat de passieve wig van deze constructie geheel binnen zone A valt.

Leggervak:	11	Type vak:	Langsconstructie
		Naam:	Niet bekend

Bovenaanzicht



Tekening

- Geen tekening beschikbaar -

Onderbouwing

Binnen dit leggervak is een aanmeerconstructie nabij de buitenteen aanwezig waardoor dit vak is aangemerkt als langsconstructie. Het is niet bekend uit welke (grondkerende) onderdelen deze constructie bestaat. Het type langsconstructie is niet gedocumenteerd, echter is het aannemelijk dat het een type II (stabiliteitsscherm) constructie betreft. Voor dit leggervak zijn de volgende leggerafmetingen gehanteerd:

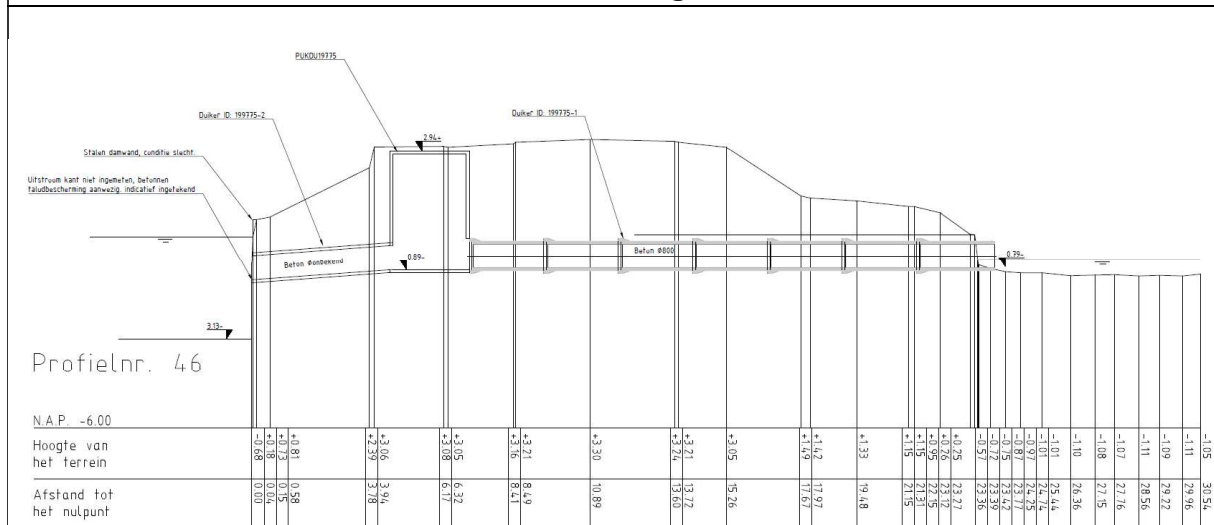
- Aan de binnenwaartse zijde is het waterstaatswerk begrensd op de binnenteen (ca. 8 m).
- Aan de buitenwaartse zijde is het waterstaatswerk begrensd op de aanmeerconstructie (ca. 11 m).
- Aan de binnenwaartse zijde zijn de breedtes van beschermingszone A en B bepaald op basis van STBI en STPH berekeningen. Voor de breedtes van de beschermingszones wordt verwezen naar het Excel met de leggerzoneringen.
- De breedte van de buitenwaartse beschermingszone A bedraagt 16 m. Aangenomen is dat de constructie een onverankerde damwand betreft. De kerende hoogte van deze damwand bedraagt $+0,50 - - 3,35 = 3,85$ m. De aangenomen inbedding bedraagt hiermee $2 \times \text{kerende hoogte} = 2 \times 3,85 = 7,7$ m. De breedte van de passieve wig bedraagt hiermee 16 m ($2 \times \text{inbeddingsdiepte} = 2 \times 7,7 = 16$ m). De passieve wig valt hiermee geheel binnen beschermingszone A.
- De breedte van de buitenwaartse beschermingszone B bedraagt 5 m om de stabiliteit van zone A te waarborgen.

Leggervak:	12	Type vak:	Kunstwerk
		Naam:	Inlaatduiker Ouden Bosch

Bovenaanzicht



Tekening



Onderbouw

Voor dit kunstwerk is tekening [Ref 3.] geraadpleegd. Voor dit kunstwerk (KDU19775) zijn de volgende leggerafmetingen gehanteerd:

- Het waterstaatswerk is aan de binnenzijde begrensd op de instroom (ca. 12 m).
- Het waterstaatswerk is aan de buitenzijde begrensd op de uitstroom (ca. 11 m).
- Aan de binnenzijde is de breedte van beschermingszone A en B op respectievelijk 5 m en 5 m gezet. Hierbij zijn de breedtes gekozen zodat zone A + B = 10 m waarmee de invloed van een 3 m diepe ontgraving (zone A + B = 3x3 = 9 + 1 m marge = 10 m) is gewaarborgd. Alle aanwezige taludbescherming valt hiermee geheel binnen beschermingszone A.

- De breedte van de buitenwaartse beschermingszone A bedraagt 14 m. Bij de uitstroom is een stalen damwand met onbekende afmetingen aanwezig. Aangenomen wordt dat het een onverankerde damwand betreft. De aangenomen kerende hoogte van deze damwand bedraagt dan $+0,18 - - 3,35 \approx 3,5$ m. De inbedding bedraagt hiermee $2 \times \text{kerende hoogte} = 2 \times 3,5 = 7$ m. De breedte van de passieve wig bedraagt hiermee 14 m ($2 \times \text{inbeddingsdiepte} = 2 \times 7 = 14$ m). De passieve wig valt hiermee geheel binnen beschermingszone A.
- De breedte van de buitenwaartse zone B bedraagt 5 m om de stabiliteit van zone A te waarborgen.

Verwijzingen

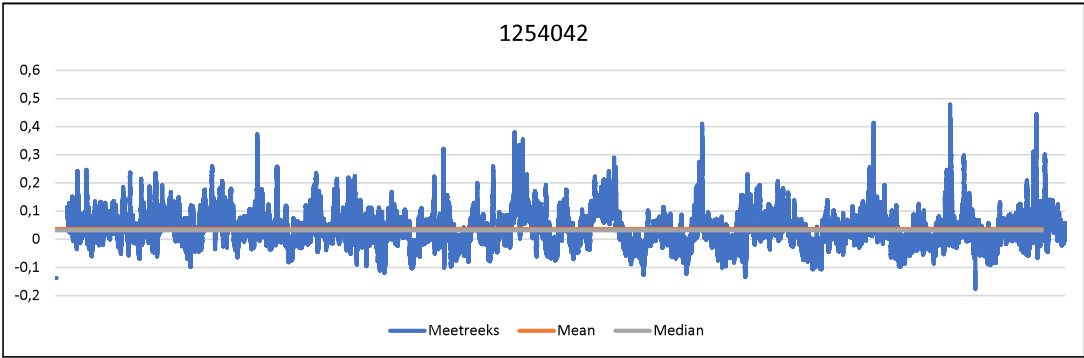
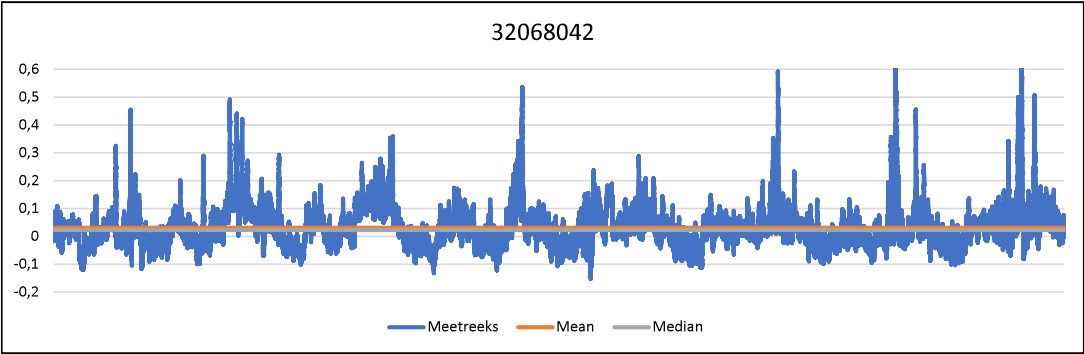
- [Ref 1.]** Grontmij. (1998, januari 29). Tekening 3179012-WE-001 (WSBD nummer: KGM00333-04-001 REV 1) - Bestekstekening Gemaal "De Zellebergen".
- [Ref 2.]** Grontmij. (1998, september 23). Tekening revisie gemaal (tekeningnummer onbekend, WSBD nummer: KGM00333-04-002 REV 1).
- [Ref 3.]** Stantec. (22, augustus 2022). Tekening 20190081-27 - KDU 19775 Inlaatduiker Havenweg Oudenbosch (versie 02).

Bijlage

2. Meetreeks waterstand Mark

Meetreksen waterstand Mark

#ts_id	32068042	1254042
#station_name	Uitstroomzijde	Uitstroomzijde
#station_latitude	51,61815	51,6119921
#station_longitude	4,54790	4,455061332
#parametertype_name	WNS8487	WNS8487
#ts_name	ContinueMeting.P	ContinueMeting.P
#ts_unitname	meter NAP	meter NAP
#ts_unitsymbol	mNAP	mNAP
#station_no	4027_WTH_UIT	4007_WTH_UIT
#station_id	39203	12972
Mean:	0,031397721	0,03572835
Mediaan:	0,022	0,032



Bijlage

3. Berekeningen golfoploop

Algemene gegevens

Project: Legger Markhaven
Projectnummer: NL202048668
Dijkvak: 1

Windgolven

Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 - benedenrivierengebied - 5.4 - blz. 49-51
Hydra NL versie 2.8.2



Invoer

Dichtheid lucht	ρ_l	1,21 kg/m ³
Dichtheid water	ρ_w	1000 kg/m ³
Wrijvingscoëfficiënt	c	0,003
Windsnelheid	u	14,3 m/s
Zwaartekrachtversnelling	g	9,81 m/s ²
Waterspegniveau	h_b	1,42 m+NAP
Bodemniveau	z_b	-3,70 m+NAP
Waterdiepte	d	5,12 m

Hulpparameters

Effectieve strijklengte	F	114,7194242 m
Waterdiepte	d	5,12 m
Windopzet	W	0,00 m
Totale waterdiepte	d_{tot}	5,12 m
Dimensieloze waterdiepte	d~	0,25
Dimensieloze strijklengte	F~	5,5
Dimensieloze golfhoogte	H~	0,01
Dimensieloze golfperiode	T~	0,87

Uitvoer

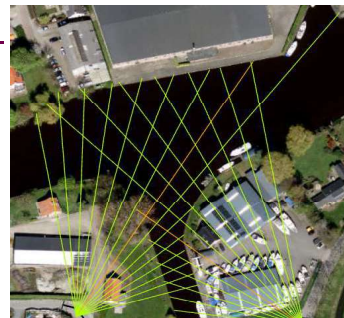
Significante golfhoogte	H_s	0,15 m
Significante golfperiode	T_s	1,27 s
Gemiddelde golfperiode	T_m	1,12 s
Piekperiode	T_p	1,37 s
Spectrale golfperiode	$T_{m1,0}$	1,24 s

Strijklengtes

Bepaling effectieve strijklengte

Hoek θ [°]	$\cos(\theta)$	$\cos^2(\theta)$	R(θ) [m]	R(θ)* $\cos^2(\theta)$
-42	0,74	0,55	121,3	67,0
-36	0,81	0,65	132,7	86,9
-30	0,87	0,75	134,6	100,9
-24	0,91	0,83	138,7	115,7
-18	0,95	0,90	144,9	131,1
-12	0,98	0,96	151,9	145,3
-6	0,99	0,99	161,7	160,0
0	1,00	1,00	177,1	177,1
6	0,99	0,99	226,6	224,1
12	0,98	0,96	89,7	85,8
18	0,95	0,90	74,4	67,3
24	0,91	0,83	69,1	57,7
30	0,87	0,75	67,6	50,7
36	0,81	0,65	66,8	43,7
42	0,74	0,55	66,7	36,8
13,51			1550,0	

Windstatistieken



Dijkorientatie tov Noord:	32,3
Corresponderende windrichting:	NNO
Windsnelheid:	14,3

Golfoploop

Hydra-NL - Narekenen illustratiepunt

Locatie: HD_1_34-2_dk_00345

Profiel: top3_0gras_kruin0m_1

De leiding van het profiel is een dijk.
Dit profiel heeft noch een dan noch een voorland

Type berokkeling:

- ☒ Hydraulisch belastingniveau
- ☐ 2% Golfoploop
- ☐ Golfopslag en overloop
- ☐ Q-verslagdebet

Overlagdebet: 1 l/s/m

Illustratiepunt:

Waterstand: 1,42 m+NAP

Significante golfhoogte: 0,15 m

Spectrale golfperiode: 1,24 s

Golfrichting: 32,3 °

Uitvoer:

Hydraulisch belastingniveau: 1,58 m+NAP

Invoerparameters: Waterstand: 1,42 m+NAP, Rm0: 0,15 m, Tm=1,0, Dir: 32,30 °

Rm0 = significante golfhoogte
Tm=1,0 = spectrale golfperiode
Dir = golfrichting t.o.v. Noord

Wegschrijven Bekeren Sluiten

Dijkprofiel

Hydra-NL - Profieeditor

Profielgegevens:

Naam: top3_0gras_kruin0m_1

Dam: Niet aanwezig

Voorland: Niet aanwezig

Kering: Dijk

Kruinhoogte kering: 6,0 m+NAP

Orientatie: 32,3 ° N

Van		Tot		Helling (1 op ...)	Ruwhoed (-)
Afstand (m)	Hoogte (m+NAP)	Afstand (m)	Hoogte (m+NAP)		
-11	-3,7	18	6	3,0	1

Dijk:

Rij toevoegen

Rij invoegen

Rij verwijderen

Info ruwhoed

Grafische weergave:

HD_1_34-2_dk_00345 (89297,412426) : top3_0gras_kruin0m_1

Hoogte [m+NAP]

Afstand [m]

Dijk

Teen

Meno Aldrukken Controleer OK Annuleren

Uitvoer

Benodigde kruinhoogte	h_b	1,58 m+NAP
-----------------------	-------	------------

Algemene gegevens

Project Legger Markhaven
Projectnummer NL202048668
Dijkvak 14

Windgolven

Leidraad voor het ontwerpen van riverdijken, deel 2 - benedenrivierengebied - 5.4 - blz. 49-51
Hydra NL versie 2.8.2



Invoer

Dichtheid lucht	ρ_l	1,21 kg/m ³
Dichtheid water	ρ_w	1000 kg/m ³
Wrijvingscoëfficiënt	c	0,003 -
Windsnelheid*	u	20 m/s
Zwaartekrachtversnelling	g	9,81 m/s ²
Waterspiegelniveau	h_b	1,42 m+NAP
Bodemniveau	z_b	-3,70 m+NAP
Waterdiepte	d	5,12 m

Hulpparameters

Effectieve strijklengte	F	112,701474 m
Waterdiepte	d	5,12 m
Windopzet	W	0,00 m
Totale waterdiepte	d_{tot}	5,12 m
Dimensieloze waterdiepte	d~	0,13 -
Dimensieloze strijklengte	F~	2,8 -
Dimensieloze golfhoogte	H~	0,01 -
Dimensieloze golfperiode	T~	0,73 -

Uitvoer

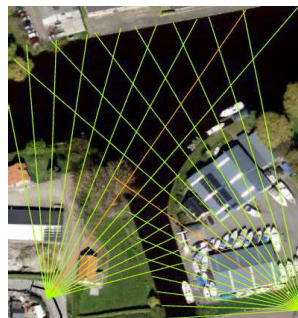
Significante golfhoogte	H_s	0,22 m
Significante golfperiode	T_s	1,49 s
Gemiddelde golfperiode	T_m	1,32 s
Piekperiode	T_p	1,61 s
Spectrale golfperiode	$T_{m-1,0}$	1,46 s

Strijklengtes

Bepaling effectieve strijklengte

Hoek θ [°]	$\cos(\theta)$	$\cos^2(\theta)$	R(θ) [m]	R(θ)* $\cos^2(\theta)$
-42	0,74	0,55	158,5	87,5
-36	0,81	0,65	158,8	103,9
-30	0,87	0,75	161,5	121,2
-24	0,91	0,83	167,1	139,5
-18	0,95	0,90	174,0	157,4
-12	0,98	0,96	183,1	175,2
-6	0,99	0,99	188,3	186,2
0	1,00	1,00	111,8	111,8
6	0,99	0,99	96,8	95,7
12	0,98	0,96	86,2	82,4
18	0,95	0,90	78,4	70,9
24	0,91	0,83	72,8	60,7
30	0,87	0,75	68,9	51,6
36	0,81	0,65	66,0	43,2
42	0,74	0,55	64,1	35,4
13,51			1522,7	

Windstatistieken



Dijkorientatie tov Noord: 308
Corresponderende windrichting: WNW
Windsnelheid: 20

Golfoploop

Hydra-NL - Narekenen illustratiepunt

Locatie: HD_1_34-2_dk_00345

Profiel: top3_dgras_kruinfm_2

De keing van het profiel is een dijk.
Dit profiel heeft noch een dam noch een voorland

Type berekening:

- ☒ Hydraulisch belastingniveau
- ☐ 2% Golfoploop
- ☒ Golfroerslag en overloop
- ☐ Overslagdebiet

Overslagdebiet: 1 l/s/m

Illustratiepunt

Waterstand: 1,42 m+NAP

Significante golfhoogte: 0,22 m

Spectrale golfperiode: 1,46 s

Golfrichting: 308 °

Uitvoer

Hydraulisch belastingniveau: 1,69 m+NAP

Waterstand: H_{m0} $T_{m-1,0}$ Dir

Invoerparameters: 1,42 m+NAP 0,22 m 1,46 s 308,00 °

H_{m0} = significante golfhoogte
 $T_{m-1,0}$ = spectrale golfperiode
Dir = golfrichting t.o.v. Noord

Weggeven Rekenen Sluiten

Dijkprofiel

Hydra-NL - Profieleditor

Profielgegevens

Naam: top3_dgras_kruinfm_2

Dam: Niet aanwezig

Voorland: Niet aanwezig

Keing: Dijk Kruinhoogte keing: 6,0 m+NAP

Orientatie: 308,0 °N

Van		Tot		Helling [1 op ...]	Ruimheid [1]	Dijk
Afstand [m]	Hoogte [m+NAP]	Afstand [m]	Hoogte [m+NAP]			
-11	-3,7	18	6	3,0	1	Rij toevoegen
						Rij verwijderen
						Info ruimheid

Grafische weergave

HD_1_34-2_dk_00345 (89297,412426) : top3_dgras_kruinfm_2

Hoogte [m+NAP]

Afstand [m]

6 4 2 0 -2 -4 -6

-10 -5 0 5 10 15

— Dijk
▼ Teen

Memo Afdrukken Controleer OK Annuleren

Uitvoer

Benodigde kruinhoogte h_k 1,68 m+NAP

Algemene gegevens

Project: Legger Markhaven
Projectnummer: NL202048668
Dijkvak: 2

Windgolven

Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 - benedenrivierengebied - 5.4 - blz. 49-51
Hydra NL versie 2.8.2

rpc

Invoer

Dichtheid lucht	ρ_l	1,21 kg/m ³
Dichtheid water	ρ_w	1000 kg/m ³
Wrijvingscoëfficiënt	c	0.003
Windsnelheid*	u	13,3 m/s
Zwaartekrachtversnelling	g	9,81 m/s ²
Waterspieghelniveau	h_w	1,42 m+NAP
Bodenniveau	z_d	-3,35 m+NAP
Waterdiepte	d	4,77 m

Hulpparameters

Effectieve strijklengte	F	47,56928455 m
Waterdiepte	d	4,77 m
Windopzet	W	0,00 m
Totale waterdiepte	d_{tot}	4,77 m
Dimensieloze waterdiepte	d~	0,26
Dimensieloze strijklengte	F~	2,6
Dimensieloze golfhogte	H~	0,01
Dimensieloze golfteriode	T~	0,73

Uitvoer

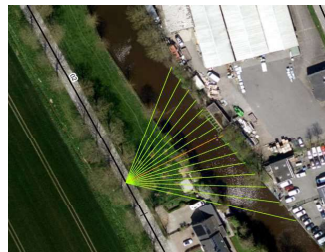
Significante golfhogte	H_s	0,10 m
Significante golfteriode	T_s	0,99 s
Gemiddelde golfteriode	T_m	0,87 s
Piekperiode	T_p	1,07 s
Spectrale golfteriode	$T_{m+1,0}$	0,97 s

Strijklengtes

Bepaling effectieve strijklengte

Hoek θ [°]	$\cos(\theta)$	$\cos^2(\theta)$	$R(\theta)$ [m]	$R(\theta) \cdot \cos^2(\theta)$
-36	0,81	0,65	66,1	43,3
-30	0,87	0,75	59,9	44,9
-24	0,91	0,83	55,2	46,1
-18	0,95	0,90	51,8	46,9
-12	0,98	0,96	49,3	47,2
-6	0,99	0,99	47,5	47,0
0	1,00	1,00	46,7	46,7
6	0,99	0,99	46,5	46,9
12	0,98	0,96	46,7	44,7
18	0,95	0,90	47,5	43,0
24	0,91	0,83	48,9	40,8
30	0,87	0,75	50,9	38,2
36	0,81	0,65	53,7	35,1
42	0,74	0,55	57,5	31,8
13,51			642,7	

Windstatistieken



Dijkoriëntatie tov Noords: 62°
Corresponderende windrichting: NOO
Windsnelheid: 13,3

Golftoploop

Hydra-NL - Narekenen illustratiepunt

Locatie: HD_1_34-2_dk_00345
Profiel: Top3_0gras_kruin6m_3

De keering van het profiel is een dijk.
Dit profiel heeft noch een dam noch een voorland.

Type berekening:
☒ Hydraulisch belastingniveau
☐ 2% Golftoploop
☒ Golfoverlag en overloop
☐ Overlagdebiet

Overlagdebiet: 1 l/s/m

Illustratiepunt:
Waterstand: 1,42 m+NAP
Significante golfhogte: 0,10 m
Spectrale golfteriode: 0,97 s
Golfrichting: 62°

Uitvoer:
Hydraulisch belastingniveau: 1,50 m+NAP
Invoerparameters: Waterstand 1,42 m+NAP, Rm0 0,10 m, Tm+1,0 0,97 s, Dm 62,00°
Rm0 = significante golfhogte
Tm+1,0 = spectrale golfteriode
Dm = golfrichting t.o.v. Noord

Wegschrijven Berekenen Sluiten

Dijkprofiel

Hydra-NL - Profieleditor

Profielgegevens:
Naam: Top3_0gras_kruin6m_3
Dam: Niet aanwezig
Voorland: Niet aanwezig
Keering: Dijk
Kruinhogte keering: 6,0 m+NAP
Oriëntatie: 62° N

Van		Tot		Helling (1 op ...)	Ruwhoed (1 op ...)	Dijk
Afstand [m]	Hogte [m+NAP]	Afstand [m]	Hogte [m+NAP]			
-10	-3,35	18	6	3,0	1	Rij toevoegen
Rij verwijderen						
Info ruwhoed						

Grafische weergave:
HD_1_34-2_dk_00345 (86297.412426) : Top3_0gras_kruin6m_3

Memo Afdrukken Controleren OK Annuleren

Uitvoer

Benodigde kruinhogte h_k 1,5 m+NAP

Algemene gegevens

Project: Legger Markhaven
Projectnummer: NL202048668
Dijkvak: 13

Windgolven

Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 - benedenrivierengebied - 5.4 - blz. 49-51
Hydra NL versie 2.8.2

rpcs

Invoer

Dichtheid lucht	ρ_l	1,21 kg/m ³
Dichtheid water	ρ_w	1000 kg/m ³
Wrijvingscoëfficiënt	c	0,003 -
Windsnelheid*	u	21,5 m/s
Zwaartekrachtversnelling	g	9,81 m/s ²
Waterspiegelniveau	h_w	1,42 m+NAP
Bodenniveau	z_d	-3,70 m+NAP
Waterdiepte	d	5,12 m

Hulpparameters

Effectieve strijklengte	F	77,15641014 m
Waterdiepte	d	5,12 m
Windopzet	W	0,00 m
Totale waterdiepte	d_{tot}	5,12 m
Dimensieloze waterdiepte	d~	0,11 -
Dimensieloze strijklengte	F~	1,6 -
Dimensieloze golfhogte	H~	0,00 -
Dimensieloze golfteriode	T~	0,64 -

Uitvoer

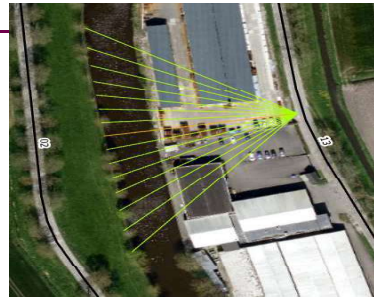
Significante golfhogte	H_s	0,20 m
Significante golfteriode	T_s	1,41 s
Gemiddelde golfteriode	T_m	1,25 s
Piekperiode	T_p	1,52 s
Spectrale golfteriode	$T_{m-1,0}$	1,38 s

Strijklengtes

Bepaling effectieve strijklengte

Hoek θ [°]	$\cos(\theta)$	$\cos^2(\theta)$	$R(\theta)$ [m]	$R(\theta) \cdot \cos^2(\theta)$
-36	0,81	0,65	106,2	64,6
-30	0,87	0,75	91,6	68,7
-24	0,91	0,83	86,4	72,1
-18	0,95	0,90	82,6	74,7
-12	0,98	0,96	79,9	76,5
-6	0,99	0,99	78,3	77,4
0	1,00	1,00	77,5	77,5
6	0,99	0,99	77,5	76,6
12	0,98	0,96	78,3	74,9
18	0,95	0,90	80,0	72,4
24	0,91	0,83	82,7	69,0
30	0,87	0,75	86,6	65,0
36	0,81	0,65	92,0	60,2
42	0,74	0,55	98,3	54,2
13,51			1042,5	

Windstatistieken



Dijkorientatie tov Noords: 260
Corresponderende windrichting: W
Windsnelheid: 21,5

Golftoploop

Hydra-NL - Narekenen illustratiepunt

Locatie: HD_1_34-2_dk_00345
Profiel: Top3_Ogras_kruin6m_4

De kering van het profiel is een dijk
Dit profiel heeft noch een dam noch een voorland

Type berensoning

☒ Hydraulisch belastingniveau
☐ 2% Golftoploop
☒ Golfzwaarte en overloop
☐ Overstapdebiet

Overstapdebiet: 1 m³/m

Illustratiepunt

Waterstand: 1,42 m+NAP
Significante golfhogte: 0,2 m
Spectrale golfteriode: 1,38 s
Golfrichting: 260 °

Uitvoer

Hydraulisch belastingniveau: 1,64 m+NAP

Invoerparameters

Waterstand	1,42 m+NAP	Reo	0,20 m	Tm-1,0	1,38 s	Dir	260,00 °
------------	------------	-----	--------	--------	--------	-----	----------

Reo = significante golfhogte
Tm-1,0 = spectrale golfteriode
Dir = golfrichting t.o.v. Noord

Wegschrijven Rekenen Sluiten

Dijkprofiel

Hydra-NL - Profiel-editor

Profielgegevens

Naam: Top3_Ogras_kruin6m_4

Dam: Niet aanwezig

Voorland: Niet aanwezig

Kering: Dijk Kruinhogte kering: 6,0 m+NAP

Orientatie: 260,0 °N

Van		Tot		Helling [1 op 1]	Ruwhoed [1]
Afstand [m]	Hogte [m+NAP]	Afstand [m]	Hogte [m+NAP]		
-10	-3,35	18	6	3,0	1

Dijk: Rij toevoegen
Rij invoegen
Rij verwijderen
Info ruwhoed

Grafische weergave

HD_1_34-2_dk_00345 (89297,412426): top3_ogras_kruin6m_4

Memo Afdrukken Controleer OK Annuleren

Uitvoer

Benodigde kruinhogte h_k 1,64 m+NAP

Algemene gegevens

Project: Legger Markhaven
Projectnummer: NL202048668
Dijkvak: 9

Windgolven

Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 - benedenverengingsgebied - 5.4 - blz. 49-51
Hydra NL versie 2.8.2



Invoer

Dichtheid lucht	ρ_a	1,21 kg/m ³
Dichtheid water	ρ_w	1000 kg/m ³
Wrijvingscoëfficiënt	c	0.003
Windsnelheid*	u	16,4 m/s
Zwaartekrachtversnelling	g	9,81 m/s ²
Waterspiegelniveau	h_w	1,42 m+NAP
Bodemniveau	z_d	-3,35 m+NAP
Waterdiepte	d	4,77 m

Hulpparameters

Effectieve strijklengte	F	65,84714463 m
Waterdiepte	d	4,77 m
Windopzet	W	0,00 m
Totale waterdiepte	d_{tot}	4,77 m
Dimensieloze waterdiepte	d~	0,17
Dimensieloze strijklengte	F~	2,4
Dimensieloze golfhogte	H~	0,01
Dimensieloze golftermijn	T~	0,71

Uitvoer

Significante golfhogte	H_s	0,14 m
Significante golftermijn	T_s	1,19 s
Gemiddelde golftermijn	T_m	1,05 s
Piekperiode	T_p	1,28 s
Spectrale golftermijn	$T_{m-1,0}$	1,16 s

Strijklengtes

Bepaling effectieve strijklengte

Hoek θ [°]	$\cos(\theta)$	$\cos^2(\theta)$	$R(\theta)$ [m]	$R(\theta) \cdot \cos^2(\theta)$
-30	0,87	0,75	0,0	0,0
-24	0,91	0,83	0,0	0,0
-18	0,95	0,90	30,5	27,6
-12	0,98	0,96	84,6	81,0
-6	0,99	0,99	88,3	87,4
0	1,00	1,00	377,0	377,0
6	0,99	0,99	116,0	114,7
12	0,98	0,96	72,5	69,4
18	0,95	0,90	53,8	48,7
24	0,91	0,83	43,1	36,0
30	0,87	0,75	36,3	27,2
36	0,81	0,65	31,7	20,7
42	0,74	0,55	0,0	0,0
13,51				889,7

Windstatistieken



Dijkoriëntatie tov Noords: 337°
Corresponderende windrichting: NNW
Windsnelheid: 16,4

Golftoploop

Hydra-NL - Narekenen illustratiepunt

Locatie: HD_1_34-2_dk_00345
Profiel: top3_0gras_kruinh6m_5

De keering van het profiel is een dijk.
Dit profiel heeft noch een dan noch een voorland

Type berekening:

- ☒ Hydraulisch belastingniveau
- ☐ 2% Golftoploop
- ☒ Golftopslag en overloop
- ☐ Overslagdebiet

Overslagdebiet: 1 l/s/m

Illustratiepunt:

Waterstand: 1,42 m+NAP
Significante golfhogte: 0,14 m
Spectrale golftermijn: 1,16 s
Golfrichting: 337°

Uitvoer:

Hydraulisch belastingniveau: 1,55 m+NAP

Invoerparameters:

Waterstand	H_{m0}	$T_m-1,0$	Dir
1,42 m+NAP	0,14 m	1,16 s	337,00°

H_{m0} = significante golfhogte
 $T_m-1,0$ = spectrale golftermijn
Dir = golfrichting t.o.v. Noord

Weggeven: Rekenen Sluiten

Dijkprofiel

Hydra-NL - Profieleeditor

Profielgegevens:

Naam: top3_0gras_kruinh6m_5
Dam: Niet aanwezig
Voorland: Niet aanwezig
Keering: Dijk
Kruinhogte keering: 6,0 m+NAP
Oriëntatie: 337,0° N

Van		Tot		Helling [1 op ...]	Ruimte [...]	Dijk
Afstand [m]	Hogte [m+NAP]	Afstand [m]	Hogte [m+NAP]			
-10	-3,35	18	6	3,0	1	Rij toevoegen
						Rij invoegen
						Rij verwijderen
						Info ruheid

Grafische weergave:

HD_1_34-2_dk_00345 (89297,412426) : top3_0gras_kruinh6m_5

Hogte [m+NAP]

Afstand [m]

Legend: Dijk, Test

Memo Afdrukken Controleren OK Annuleren

Uitvoer

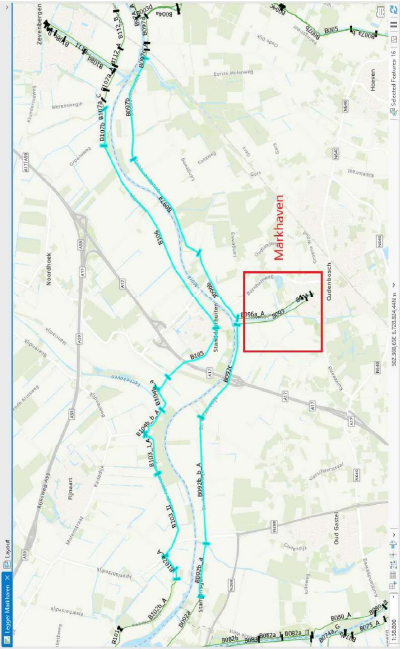
Benodigde kruinhogte h_k 1,55 m+NAP

Bijlage

4. Veilige kwelweglengte per meter
verval

SHAPE *	OBJECTID *	id	name	DATA	PARAM_reach	PARAM_verificationUser	PARAM_id	PARAM_reachTemp	PARAM_subsurfaceName	PARAM_ditch	PARAM_bewegingsge	PARAM_depth	PARAM_maaiedroogte	PARAM_surfaceThickness	PARAM_schematisationfactor	PARAM_verificationDate
Polyline	17	82	B097a	V	1	686 B097a	1	850 <Null>	B-8888-038T [DAMP-B097a-01-Kr	0.000125	0	35	8	0,14	1 <Null>	17-4-2018 16:27
Polyline	21	71	B102a_B	V	71	850 <Null>	1	850 <Null>	<Null>	0.000093	0	350	10	-0,88	3,2 <Null>	15-4-2018 13:23
Polyline	24	12	B097a_B	V	12	846 B097a_B	1	846 B097a_B	<Null>	0.000093	0	150	3	0,13	0,6 <Null>	15-4-2018 13:23
Polyline	54	54	B097a_A	V	132	846 B097a_A	1	846 B097a_A	<Null>	0.000093	0	150	3	0,13	1,4 <Null>	15-4-2018 13:23
Polyline	51	54	B107b	V	54	737 B107b	1	737 B107b	B-8107b-02-B [DAMP-107b-01-Kr	0.000125	1	26	2,65	0,17	2,4 <Null>	15-4-2018 13:23
Polyline	52	72	B103_I	V	72	657 B103_I	1	657 B103_I	B-8103-03-B [	0.000093	1	200	8	-0,32	2,3 <Null>	15-4-2018 13:23
Polyline	80	76	B092c	V	76	727 B092c	1	727 B092c	B-8888-038T [	0.000128	1	26	13	1,07	3 <Null>	15-4-2018 11:00
Polyline	80	76	B092c	V	76	727 B092c	1	727 B092c	B-8888-038T [	0.000128	1	26	13	1,07	3 <Null>	15-4-2018 11:00
Polyline	93	73	B104_A	V	73	851 <Null>	1	851 <Null>	<Null>	0.000093	0	550	2,5	0,76	2,7 <Null>	15-4-2018 11:00
Polyline	191	147	B097b	V	147	716 B097b	1	716 B097b	B-8888-038T [DAMP-097b-01-Kr	0.000125	1	44	3,5	0,47	1,3 <Null>	15-4-2018 11:00
Polyline	189	155	B103_A	O	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0.000168	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
Polyline	189	155	B103_A	O	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
Polyline	198	210	B104b_A	O	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
Polyline	225	81	B096b	O	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
Polyline	231	74	B104b_a	O	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
Polyline	232	75	B105	O	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>

Beschouwde eigenaars zijn in blauw gehighlightet:



oever Mark
zuidelijk
noordelijk
zuidelijk
zuidelijk
noordelijk
noordelijk
zuidelijk
noordelijk
noordelijk

GIS DATA				
name	River	Polder	deltaH	minL
B097a	1,405	0,14	1,265	11,8
B102a_B	0,996	-0,88	1,876	10,1
B092b_a	0,996	0,15	0,846	7,5
B092b_b_A	1,12	0,3	0,82	4,1
B107b	1,406	0,17	1,236	6,1
B103_II	1,062	-0,32	1,382	6,8
B092c	1,237	1,07	0,167	0,1
B106	1,406	0	1,406	0,1
B104a_A	1,12	0,76	0,36	0,1

minL per meter ΔH
9,33
5,38
8,87
5,00
4,94
4,92
0,60
0,07
0,28

-> is te klein en daarom niet meegenomen in beschouwing
-> is te klein en daarom niet meegenomen in beschouwing
-> is te klein en daarom niet meegenomen in beschouwing

gehanteerde minL per meter ΔH
9,33

Leggervak	Type vak	Toetspeil	Teensloot aanwezig	Teensloot droog/nat	Slootbodem	Winterpolderpeil	Maaiveldniveau AL	Gehanteerd waterstand binnendijks	Aanwezig ΔH	L _{min} per meter ΔH	Benodigde kwelweglengte
[-]	[Dijk/KW/LC]	[m NAP]	[ja/nee]	[droog/nat]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[m]	[m]
01	Dijk	+1,42	ja	droog	+0,20	-0,95	+0,50	+0,20	1,22	9,33	11
02	Dijk	+1,42	ja	nat	-1,47	-0,95	+0,50	-0,95	2,37	9,33	22
03A	Dijk	+1,42	ja	droog	-0,05	-0,95	+0,50	-0,05	1,47	9,33	14
03B	Dijk	+1,42	nee			-1,20	+0,60	+0,60	0,82	9,33	8
04	KW										
05	Dijk	+1,42	nee			-1,20	+0,60	+0,60	0,82	9,33	8
06	Dijk	+1,42	nee			-1,20	+0,60	+0,60	0,82	9,33	8
07	Dijk	+1,42	nee			n.v.t.	+0,30	+0,30	1,12	9,33	10
08	Dijk 	+1,42	nee			n.v.t.	+0,20	+0,20	1,22	9,33	11
09	Dijk 	+1,42	nee			n.v.t.	+0,20	+0,20	1,22	9,33	11
10	Dijk 	+1,42	nee			n.v.t.	+0,20	+0,20	1,22	9,33	11
11	LC										
12	KW										
13	Dijk	+1,42	ja	nat	-1,61	-1,30	+0,20	-1,30	2,72	9,33	25
14	Dijk	+1,42	ja	nat	-1,49	-1,30	+0,20	-1,30	2,72	9,33	25