



Planuitwerking Waddenzeedijk Ternaard | Peazens-Moddergat

Technische uitgangspuntennotitie ontwerp, Projectbesluit

Wetterskip Fryslân

7 juli 2025

Project
Opdrachtgever

Planuitwerking Waddenzeedijk Ternaard | Peazens-Moddergat
Wetterskip Fryslân

Document
Status
Datum
Referentie

Technische uitgangspuntennotitie ontwerp, Projectbesluit
Definitief
7 juli 2025
142400/25-010.700

Projectcode
Projectleider
Projectdirecteur

142400
Ir. A.S. Bijman-van den Dungen
Drs.ing. E.J.N. Rijdsdijk

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

Ir. J.J. Twijnstra
Ir. R. Bouw
Ir. A.S. Bijman-van den Dungen

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
2	ALGEMEEN	8
2.1	Verhaal van de kering	8
2.2	Wettelijk ontwerpinstrumentarium	8
2.3	Normtraject	9
2.4	Deeltrajecten	10
2.5	Grens Natura 2000-gebied	11
2.6	Zichtjaar en levensduur	11
2.7	Norm	11
2.8	Veiligheidsfilosofie	12
	2.8.1 Faalkansbegroting	12
	2.8.2 Faalkanseis op doorsnedeniveau	12
	2.8.3 Faalkanseis per faalmechanisme	12
2.9	Programmatuur en modellen	13
2.10	Beschikbare onderzoeken	13
2.11	Aanvaring, drijvende voorwerpen en ijs	14
3	GEOMETRIE	15
3.1	3D-model nulsituatie	15
3.2	Basisprofiel dijkontwerp	15
	3.2.1 Buitenzijde en kruin	15
	3.2.2 Binnenzijde	16
3.3	Watergangen	18
	3.3.1 Legger en peilvakken	18
	3.3.2 Geometrie ontwerp	19
3.4	Wegontwerp	20
3.5	Opgangen	20
3.6	Dijknormaal	21
3.7	Bodemdaling	21
3.8	Voorlanden	21

4	HYDRAULISCHE BELASTINGEN	22
4.1	Waternormalen	22
4.2	Zeespiegelstijging	22
4.3	Afleiden hydraulische belastingen met Hydra-NL	23
4.3.1	Algemene instellingen	23
4.3.2	Waterstand en significante golfhoogte bij norm	23
4.3.3	Hydraulische belastingen voor bekledingen	25
4.4	Waterstandsverloop tijdens een storm	26
4.5	Langsstroming	27
4.6	Kritiek overslagdebiet	27
5	GEOTECHNIEK EN GEOHYDROLOGIE	28
5.1	Geohydrologie	28
5.1.1	Macrostabiliteit (STBI en STBU)	28
5.1.2	Microstabiliteit (STMI) en grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI)	32
5.1.3	Bekledingen (asfalt)	32
5.2	Geotechniek	33
5.2.1	Geotechnische parameters	33
5.2.2	Grondopbouw	34
5.2.3	POP-waarden	34
5.2.4	Geometrie oude zeekering	34
5.2.5	Schadefactoren	34
5.2.6	Schematiseringsfactor	35
5.2.7	Zonering	35
5.2.8	Veiligheidsfactoren	36
5.2.9	Minimale diepte glijcirkel	37
5.2.10	Verkeersbelasting	38
5.2.11	Dijkopgangen	38
6	BEKLEDINGEN	39
6.1	Algemene opbouw buitentalud bestaande situatie	39
6.2	Breuksteen	39
6.2.1	Losgestort	39
6.2.2	Gepenetreerd	40
6.3	Zetsteen	40
6.3.1	Bestaand	40
6.3.2	Ontwerp	41
6.4	Asfalt	41
6.4.1	Bestaand	41
6.4.2	Ontwerp	42
6.5	Gras	42

6.6	Klei	43
6.6.1	Bestaand	43
6.6.2	Ontwerp	43

7	REFERENTIES	45
---	--------------------	-----------

	Laatste pagina	45
--	----------------	----

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Tekeningen	6
II	Definities bodemdaling, kruinhoogte, compactie en zeespiegelstijging	2
III	Oude zeekering	2
IV	Afleiding hydraulische belastingen	1
V	Kans op significante overslag	2
VI	Overzichtstabel ontwerputgangspunten veiligheidsopgave	1
VII	Schematisering grondwaterstanden voor STBI	6
VIII	Afleiding schematiseringsfactor	2
IX	Achtergrond overslagdebiet en zodekwaliteit	1

INLEIDING

In de 'Technische uitgangspuntennotitie ontwerp, Projectbesluit' (hierna uitgangspuntennotitie genoemd) zijn de technische uitgangspunten vastgelegd voor het ontwerp van de maatregelen aan de Waddenzeedijk, ten behoeve van de veiligheidsopgave van Ternaard en Peazens-Moddergat (TPM). De uitgangspuntennotitie maakt onderdeel uit van een set van ontwerpdocumenten ten behoeve van het Projectbesluit. Het bovenliggende document van de uitgangspuntennotitie is het hoofdrapport van de technische onderbouwing van het ontwerp.

De volgende tabel geeft aan waar dit rapport welke informatie beschrijft.

Tabel 1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk	Toelichting
2. Algemeen	aangehouden normen, veiligheidsfilosofie, zichtjaar, levensduur en gebruikte modellen en programma's
3. Geometrie	uitgangspunten met betrekking tot de geometrie, inmeting en verwachte bodemdaling
4. Hydraulische belastingen	waternormalen, zeespiegelstijging, waterstandsverloop, langsstroming en overslagdebiet
5. Geotechniek en geohydrologie	geotechnische en geohydrologische uitgangspunten voor de beoordeling van de toetssporen
6. Bekledingen	eigenschappen van de bekledingen: steenbestorting, steenzetting, asfalt, gras en klei
7. Referenties	geraadpleegde bronnen
I Tekeningen	tekeningen met standaardoplossingen vanuit beheer
II Definities bodemdaling, kruinhoogte, compactie en zeespiegelstijging	lijst met gehanteerde definities in relatie bodemdaling, kruinhoogte, compactie en zeespiegelstijging
III Oude zeekering	locatie en gegevens van de oude zeekering, waarvan restanten nog in de huidige kering aanwezig zijn
IV Afleiding hydraulische belastingen	beschrijving van de gevolgde aanpak voor het afleiden van de hydraulische belastingen
V Kans op significante overslag	tabel met kans op een groter overslagdebiet dan 1 l/s/m per uitvoerlocatie
VI Overzichtstabel ontwerpuitgangspunten	samenvattende tabel van de belangrijkste ontwerpuitgangspunten voor de planuitwerkingsfase
VII Schematisering grondwaterstand STBI	tabel met karakteristieke punten voor de schematisering van de freatische lijn in de beoordeling van STBI
VIII Afleiding schematiseringsfactor	afleiding van de schematiseringsfactor voor het beoordelen van STBI
IX Achtergrond overslagdebiet en zodekwaliteit	beknopte achtergrondbeschrijving van de gemaakte keuzes voor het kritieke overslagdebiet en graszodekwaliteit

Kaartlagen in GIS-omgeving

Ten behoeve van de planuitwerking is een GIS-omgeving ingericht. In deze omgeving zijn onder andere de volgende kaartlagen opgenomen van de huidige situatie:

- legger waterkering;
- kadastrale grenzen;
- gemeentelijke grenzen;
- kabels en leidingen;
- grondonderzoekslocaties;
- natuurgebieden (waaronder N2000).

2

ALGEMEEN

2.1 Verhaal van de kering

Binnen het BOI wordt het 'gedrag van de kering' centraal gezet. Daarvoor is het 'verhaal van de kering' geïntroduceerd. Het verhaal betreft een systematische beschrijving van de kenmerken van de kering en de directe omgeving. Het biedt systeembegrip en is input voor zowel het bepalen en analyseren van relevante faalmechanismen en dominante faalpaden, als voor de duiding en uitleg bij resultaten. Kortom, het verhaal van de kering omvat basisinformatie voor de overstromingskansanalyse.

De volgende onderdelen zijn opgenomen in het verhaal van de kering [ref. 24], conform de Handleiding Overstromingskansanalyse [ref. 11]:

- beschrijving van de waterkering (zoals geometrie, opbouw en ondergrond);
- beschrijving van het systeem waarin deze functioneert (waaronder het watersysteem en het achterliggend boezemsysteem);
- beschrijving van de omgeving;
- geologische en geohydrologische analyse;
- hydrologische en hydraulische analyse.

2.2 Wettelijk ontwerpinstrumentarium

Vanaf 2023 is het programma BOI (Beeoordelings- en Ontwerp Instrumentarium) van toepassing, hieronder valt het ontwerpinstrumentarium (OI) 2014v4 [ref. 8], welke is gebruikt voor het ontwerpen van de waterkering voor het zichtjaar 2080. Dit ontwerpinstrumentarium beschrijft de laatste stand van zaken met betrekking tot de toepassing van de overstromingskans bij het ontwerpen van dijkversterkingen. Daarnaast zijn de schematiseringshandleidingen van het WBI2017 [ref. 9] gehanteerd, omdat hierin de achtergrondinformatie van de verschillende faalmechanismen staat uitgelegd. Het OI2014v4 en WBI2017 rusten op dezelfde schematiseringen en zijn niet tegenstrijdig. Daarom mogen de schematiseringshandleidingen van het WBI2017 worden gebruikt als aanvulling op het OI2014v4.

Omgevingswet

Per 1 januari 2024 is de Omgevingswet van kracht. In de wet zijn 'omgevingswaarden' vastgesteld voor de fysieke leefomgeving, bijvoorbeeld voor de buitenlucht en oppervlaktewaterlichamen, maar ook voor primaire waterkeringen. De omgevingswaarden zijn vastgesteld met het oog op het waarborgen van de veiligheid, het beschermen van de gezondheid, het beschermen van het milieu en het beheer van natuurlijke hulpbronnen.

Vergelijkbaar met de Waterwet (per 1 januari 2017) geldt het volgende uitgangspunt waarmee de omgevingswaarden voor primaire waterkeringen zijn vastgesteld:

- primaire waterkeringen bieden ten minste een beschermingsniveau waarmee in 2050 de kans om te overlijden als gevolg van een overstroming achter de primaire waterkering niet groter is dan 1 op 100.000 per jaar. Een hoger beschermingsniveau wordt geboden op plaatsen waar sprake kan zijn van:
-

- grote groepen dodelijke slachtoffers;
- substantiële economische schade;
- ernstige schade door uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur van nationaal belang.

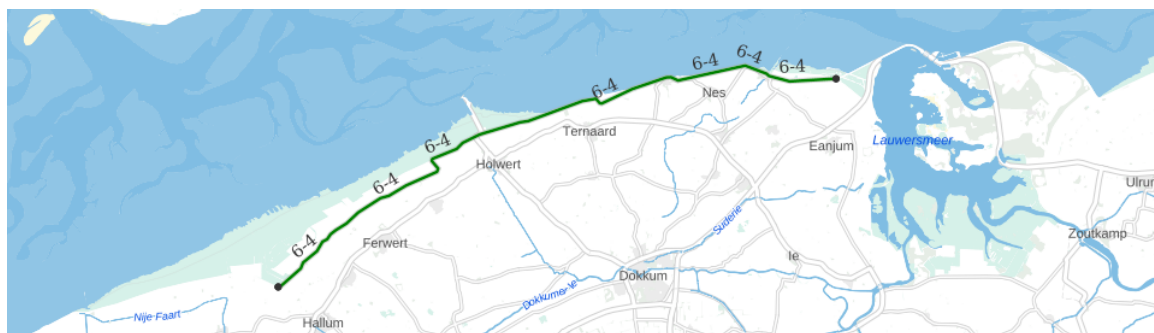
De regels over omgevingswaarden, waaronder regels voor monitoring, staan in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl). In het Bkl valt de Waddenzeedijk van TPM onder normtraject 6-4. De omgevingswaarde is voor het normtraject een overstromingskans per jaar (1/1000 per jaar). De signaleringswaarde is in de Omgevingswet 1/3.000 per jaar.

In de Omgevingswet is aangegeven dat bij ministeriële regeling nadere regels worden gesteld over het bepalen van de overstromingskans van de primaire waterkering (in dit geval het BOI). Deze nadere regels worden steeds na ten hoogste twaalf jaar herzien. Daarnaast stelt de Minister van Infrastructuur en Waterstaat technische leidraden beschikbaar voor het ontwerp en het beheer van primaire waterkeringen.

2.3 Normtraject

De waterkering van TPM maakt deel uit van de normtraject 6-4 (Afbeelding 2.1). De wettelijke begrenzing van dit normtraject staat in tabel 2.1.

Afbeelding 2.1 Normtraject 6-4



Tabel 2.1 Rijksdriehoekskoördinaten begrenzingen normtrajecten, conform de Omgevingswet [ref. 16]

Normtraject	Beginpunt x	Beginpunt y	Eindpunt x	Eindpunt y
6-4	179480	592644	204405	601934

Van normtraject 6-4 is alleen het deel meegenomen dat onderdeel uitmaakt van de TPM (tabel 2.2).

Tabel 2.2 Dijkpaalkilometers van de normtrajecten

Normtraject	Beginpunt (km)	Eindpunt (km)
6-4 (geen onderdeel van TPM, wel van KLM)	28,55	42,90
6-4 (onderdeel van TPM)	42,90	54,40
6-4 (geen onderdeel van TPM, wel van KLM)	54,40	57,40

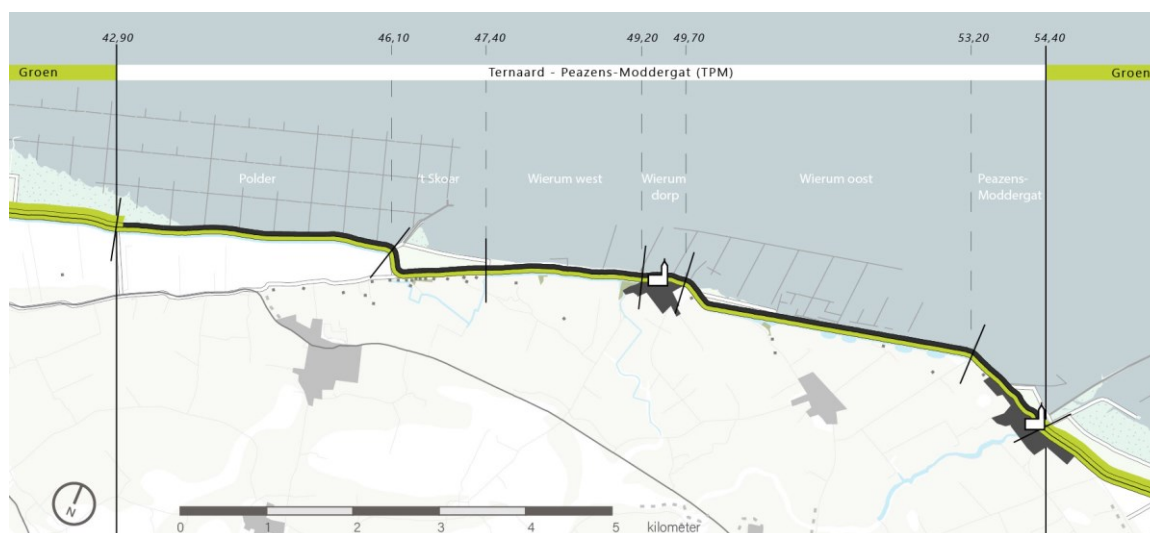
2.4 Deeltrajecten

TPM is circa 11,5 km lang en opgedeeld in zes deeltrajecten (Tabel 2.3 en Afbeelding 2.2). Binnen de deeltrajecten zijn uniforme versterkingsmaatregelen ontworpen. De deeltrajecten zijn eveneens gebruikt om het gebiedsproces in te richten. Binnen deeltrajecten zijn de maatregelen rekenkundig beoordeeld in dijkvakken. Dijkvakken zijn gelijk of kleinere lengte-eenheden dan de deeltrajecten. De lengte van de dijkvakken verschilt per faalmechanisme.

Tabel 2.3 Deeltrajecten TPM

Deeltraject	Beginpunt (km)	Eindpunt (km)
Polder	42,90	46,10
't Skoar	46,10	47,40
Wierum west	47,40	49,20
Wierum dorp	49,20	49,70
Wierum oost	49,70	53,20
Peazens-Moddergat	53,20	54,40

Afbeelding 2.2 Deeltrajecten TPM



Voor de versterkingsmaatregelen is op hoofdlijnen de volgende aanpak gevolgd om het ontwerp op doorsnedeniveau te vertalen naar de lengterichting van de dijk:

- **breuksteen**: voor breuksteenbestortingen is een stroomschema gemaakt, daarbij is bijvoorbeeld gekeken naar de aanwezigheid van het voorland. Het stroomschema is opgenomen in de Ontwerpnota breuksteen;
- **zetsteen**: per deeltraject is een uniforme opbouw van de zetsteenbekleding gekozen;
- **asfalt**: over het hele traject is een uniforme opbouw van de asfaltbekleding gekozen;
- **grasbekleding boventalud en kruin**: over het gehele traject is een uniforme opbouw van de grasbekleding op een kleilaag gekozen. De dikte van de kleilaag op het buitentalud en de kruin is afhankelijk van de mate van erosie en infiltratie bij golfoploop en -overslag. Met name de infiltratie blijkt bepalend, waardoor voor één bekledingsopbouw is gekozen voor heel TPM, met uitzondering van de dijkopgangen;
- **kruinhoogte**: de kruinhoogte is beperkt gevarieerd binnen een deeltraject. Daarbij is rekening gehouden met de inpassing van dijkopgangen en de huidige kruinhoogte;

- *grondconstructies binnenzijde*: maatregelen aan het binnentalud en binnenberm zijn afhankelijk van de geometrie van het achterland. De maatregelen worden doorgaans doorgetrokken tot de volgende ontwerpdoorsnede, waarvoor minder zware maatregelen nodig zijn. Met uitzondering van het Wiel (km 54,10 tot km 54,30) in het deeltraject Peazens-Moddergat, is gekozen voor versterkingsmaatregelen uitgevoerd met grond. Daarbij is buiten de dorpskernen van Wierum en Peazens-Moddergat een standaard bermontwerp aangehouden, tenzij aan de binnenzijde een openbare weg aanwezig is (zoals de Nesserwei). De insteek van de watergang aan de binnenzijde is bepaald op basis van de opgave voor STBI.

2.5 Grens Natura 2000-gebied

De grens van het Natura 2000-gebied is de omhullende van de bestaande bestorting, het bestaande teenschot plus 5 m en de huidige kernzone.

2.6 Zichtjaar en levensduur

De maatregelen aan de primaire waterkering zijn ontworpen voor een planperiode van 2030 tot zichtjaar 2080 voor grondconstructies en bekledingen breuksteen, asphalt, klei en gras, en 2130 voor constructies en bekledingen zetsteen (tabel 2.4).

Tabel 2.4 Zichtjaar en ontwerplevensduur

Type	Zichtjaar	Ontwerplevensduur
constructies	2130	100
grondconstructies	2080	50
bekledingen zetsteen ondertalud	2130	100
bekledingen breuksteen, asphalt, gras op klei en zetsteen boventalud	2080	50

2.7 Norm

De Omgevingswet schrijft per normtraject twee veiligheidsnormen voor: een signaleringswaarde en een omgevingswaarde (tabel 2.5). Voor het ontwerp is conform het BOI de omgevingswaarde gebruikt.

Tabel 2.5 Veiligheidsnormen

Normtraject	Signaleringswaarde	Omgevingswaarde
6-4	1/3.000 per jaar	1/1.000 per jaar

2.8 Veiligheidsfilosofie

2.8.1 Faalkansbegroting

De maximaal toelaatbare faalkans (omgevingswaarde) is verdeeld over de faalmechanismen. De standaard faalkansbegroting uit bijlage III sterkte en veiligheid van het WBI2017 [ref. 9] is gehanteerd¹. Voor de volledigheid is de faalkansbegroting overgenomen in tabel 2.6.

Tabel 2.6 Faalkansbegroting

Faalmechanisme	Faalkansruimtefactor ω (-)
hoogte kunstwerk (HTWK) of Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)	0,24
piping (STPH)	0,24
macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	0,04
grasbekleding erosie buitentalud (GEBU)	0,05
overige bekledingen buitentalud	0,05
betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)	0,04
piping bij kunstwerk (PKW)	0,02
sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)	0,02
overige toetssporen	0,30

2.8.2 Faalkanseis op doorsnedeniveau

De faalkanseis op doorsnedeniveau volgt uit de faalkanseis per traject op basis van de volgende vergelijking uit WBI2017 [ref. 9]:

$$P_{eis;dsn} = \frac{P_{eis} \cdot \omega}{N} \quad (2.1)$$

waarin:

$P_{eis;dsn}$	faalkanseis die per doorsnede aan een faalmechanisme wordt gesteld (1/jaar)
P_{eis}	maximaal toelaatbare overstromingskans van het dijktraject (1/jaar)
ω	faalkansruimtefactor voor het betreffende faalmechanisme (-)
N	lengte-effectfactor (-)

De faalkansruimtefactor en de lengte-effectfactor zijn afhankelijk van het faalmechanisme.

2.8.3 Faalkanseis per faalmechanisme

De faalkanseis van de beschouwde faalmechanismen is gegeven in onderstaande tabel. De faalkanseisen voor GEKB en GEBU volgen uit vergelijking (2.1) met de faalkansbegroting uit Tabel 2.6 en een lengte-effectfactor van $N=3$ [ref. 8].

¹ In een consequentieanalyse is het effect van het aanpassen van de faalkansbegroting op de veiligheidsopgave en het ontwerp beschouwd. Het effect bleek beperkt. Daarnaast heeft een aanpassing van de faalkansbegroting mogelijk invloed op het gehele normtraject 6-4. Het normtraject is langer dan TPM.

Tabel 2.7 Faalkanseis per faalmechanisme

Faalmechanisme	Hydraulische belasting bij	Faalkanseis (per jaar)
hoogte kunstwerk (HTWK) of Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)	doorsnede-eis	1/12.500
grasbekleding erosie buitentalud (GEBU)	doorsnede-eis	1/60.000
overige bekledingen buitentalud	norm	1/1.000

2.9 Programmatuur en modellen

Deze paragraaf geeft de toegepaste programma's inclusief versienummers voor het ontwerp.

Hydra-NL (hydraulische belastingen en hydraulisch belastingniveau)

Hydra-NL (v2.7.4 - Wetterskip) is gebruikt voor het afleiden van de hydraulische belastingen. Hydra-NL (v2.7.4 - Wetterskip) maakt gebruik van de database *WBI2017_Waddenzee_Oost_6-4_v04.sqlite*¹. Deze versie maakt het mogelijk om de statistische en modelonzekerheden integraal mee te nemen in plaats van het toepassen van een toeslag achteraf. Dit leidt tot het meenemen van statistische en modelonzekerheden op een wijze die recht doet aan locatie specifieke en herhalingstijdafhankelijke doorwerking van onzekerheden.

BM Asphalt Golfklap (AGK)

Het ontwerp van de asfaltbekleding bij herhaaldelijke belasting door golfklappen is bepaald met de WBI-software BM Asphalt Golfklap versie 17.1.1.4942.

Matlab scripts Deltares (GEBU-golfoploop)

Het ontwerp van de grasbekleding in de golfoploopzone is bepaald met de Matlab-scripts van Deltares.

Steentoets (ZST)

Het ontwerp van de nieuwe zetsteenbekleding is bepaald met Steentoets versie 22.2.1.

D-Stability (STBI en STBU)

De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met het analytische stabiliteitsprogramma D-Stability versie 2023.1. Hierbij is gebruik gemaakt van het LiftVan rekenmodel.

Middels een losse analytische berekening is voor iedere rekensnede berekend of opbarsten optreedt. In deze berekening is over de gehele lengte van de binnenberm en het achterland nagegaan of er sprake is van opbarsten. In de stabiliteitsberekeningen zijn vervolgens aangepaste parameters toegepast over de gehele zone waar opbarsten plaatsvindt.

MODFLOW grondwatermodel

De grondwatermodellen zijn opgezet in MODFLOW 6. MODFLOW is gebruikt om de waterspanningen in de ondergrond en de freatische lijn te modelleren.

2.10 Beschikbare onderzoeken

Ten behoeve van beheer en onderhoud, wettelijke beoordelingen en de dijkversterking zijn onderzoeken in het veld en laboratorium uitgevoerd in en rond de waterkering. Een overzicht van de uitgevoerde onderzoeken is te vinden in de volgende documenten:

- Basisrapport geotechniek [ref. 26]: geotechnisch veld- en laboratoriumonderzoek op de natuurlijke ondergrond, kernmateriaal en kleibekledingen, uitgevoerd door onder andere Wiertsema&Partners;

¹ Dit zijn databases die HKV speciaal voor het project heeft ontwikkeld/aangepast, en maken dus geen onderdeel uit van de formele WBI2017 databases.

- Basisrapport geohydrologie [ref. 25]: geohydrologisch meetnet (dijk en achterland), aangelegd en gemonitord door onder andere Wiertsema&Partners;
- Logboek knikpuntenanalyse - faalmechanisme golfklappen op asfaltbekleding (AGK) [ref. 22]: asfaltonderzoeken, uitgevoerd door Kiwa KOAC en Deltares;
- Onderbouwing 3D-model nulsituatie dijkversterking Koehool-Lauwersmeer [ref. 21]: inmeting door Prisma Van Steenis.

2.11 Aanvaring, drijvende voorwerpen en ijs

Aantasting van de dijkbekleding en de kruin door aanvaring, drijvende voorwerpen en ijs vereist geen aanvullende maatregelen in het ontwerp.

Aanvaring en drijvende voorwerpen

Nabij de waterkering zijn geen scheepsvaartroutes en de dichtstbijzijnde geul ligt enkele kilometers van de waterkering af. Drijvende voorwerpen, zoals containers en boomstammen, kunnen de bekleding aantasten. Verwacht wordt dat de gezamenlijke kans van een storm op de Waddenzee en bijvoorbeeld een container ter plaatse van de dijk klein is. Daarnaast zal er lokaal schade ontstaan aan de harde bekleding (zetsteen en asfalt), maar de verwachting is dat de waterkering in dat geval voldoende reststerkte heeft.

Ijsbelasting

De kans op ijsvorming op de Waddenzee is klein en nog kleiner in combinatie met een hoge waterstand en zware golfaanval. Kruiend ijs kan schade toebrengen aan de dijkbekleding en de teenconstructie, vooral wanneer er voldoende aangrijpingspunten zijn door een ruw oppervlak of wanneer het talud steiler is dan 1:3. Het ontwerp heeft echter een ondertalud van 1:3,5 of flauwer en een gladde overgang van zetsteen naar asfalt. Bovendien ligt de buitenberm boven de ontwerpwaterstand, waardoor de ijsbelasting op het boventalud en de kruin, waar grasbekleding aanwezig is, wordt verminderd.

Een berm boven het stilwaterniveau is gunstig, omdat deze als opslagplaats voor ijsschotsen kan dienen. Het ijs breekt in schotsen bij het opklimmen tegen het ondertalud en bij de voorrand van de berm. De schotsen op de berm kunnen niet verder omhoog gedrukt worden naar het boventalud, omdat er bij de voorrand van de berm een knik ontstaat. Hierdoor knikken de schotsen omhoog en stapelen zich op [ref. 4].

3

GEOMETRIE

3.1 3D-model nulsituatie

De meest recente inmeting van de dijk door Prisma Van Steenis is het uitgangspunt voor de geometrie van de dijk. De inmeting is als digitaal terreinmodel (DTM) opgeleverd op 13 juni 2017 door Prisma Van Steenis: *Oplevering - 17S080 Prio 1-2-3 170613 - v3.dwg*. Aanvullend zijn de dijkspuiten in het deeltraject Wierum oost ingemeten door Wiertsema&Partners op 31 juli 2024.

Op basis van de inmetingen en op basis van andere gegevens (shape-bestanden Wetterskip Fryslân en bestekstekeningen) is een 3D-model opgesteld van de huidige situatie (nulsituatie genoemd). Het 3D-model bevat onder andere de volgende informatie:

- geometrie dijklichaam en directe omgeving;
- type bekleding en laagdikte;
- positie oude zeekering;
- teenconstructie.

De verantwoording van het 3D-model is opgenomen in de Onderbouwing 3D-model nulsituatie [ref. 21].

3.2 Basisprofiel dijkontwerp

Het profiel van het dijkontwerp varieert langs het traject en is afhankelijk van meerdere factoren, zoals de geometrie van het voor- en achterland, hydraulische belastingen, opbouw natuurlijke ondergrond en de bestaande waterkering, en de verschillende functies die de dijk vervult. Langs het traject is zoveel mogelijk een uniform profiel gehanteerd. Daarmee wordt aangesloten op het huidige beeld van de dijk, eisen vanuit beheer en eisen aan ruimtelijke kwaliteit.

3.2.1 Buitenzijde en kruin

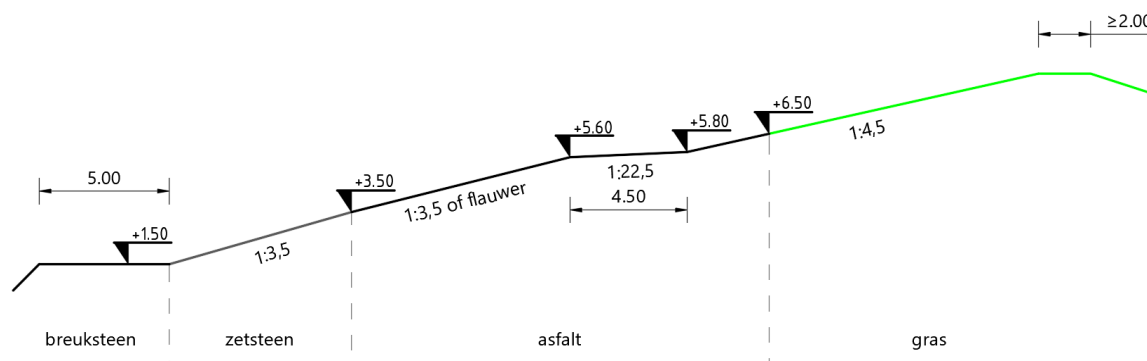
De belangrijkste profielkenmerken voor de buitenzijde en kruin zijn opgenomen in de volgende tabel en afbeelding. Per kenmerk is aangegeven of het een eis betreft of mag variëren langs het traject.

Tabel 3.1 Profielkenmerken buitenzijde en kruin (zichtjaar 2080)

Parameter	Eenheid	Waarde	Eis
hoogte bestorting (indien nodig)	NAP+m	maximaal 1,50	x
breedte bestorting (indien nodig)	m	minimaal 5,00	x
helling ondertalud, zetsteenbekleding	1:x	3,50	x
hoogte overgang zetsteen- en asfaltbekleding	NAP+m	3,50	x
helling ondertalud, asfaltbekleding	1:x	minimaal 3,50	x

Parameter	Eenheid	Waarde	Eis
hoogte knikpunt ondertalud en buitenberm	NAP+m	5,60	x
helling buitenberm	1:x	22,50	x
breedte buitenberm	m	4,50	x
hoogte knikpunt buitenberm en boventalud	NAP+m	5,80	x
hoogte overgang asfalt- en grasbekleding	NAP+m	(met uitzondering van opgangen) 6,50	x
helling boventalud	1:x	(met uitzondering van opgangen) 4,50	x
hoogte kruin	NAP+m	afhankelijk van GEKB	
breedte kruin	m	minimaal 2,00	x

Afbeelding 3.1 Profielkenmerken buitenzijde en kruin (zichtjaar 2080)



3.2.2 Binnenzijde

Voor de binnenzijde gelden de volgende profielkenmerken:

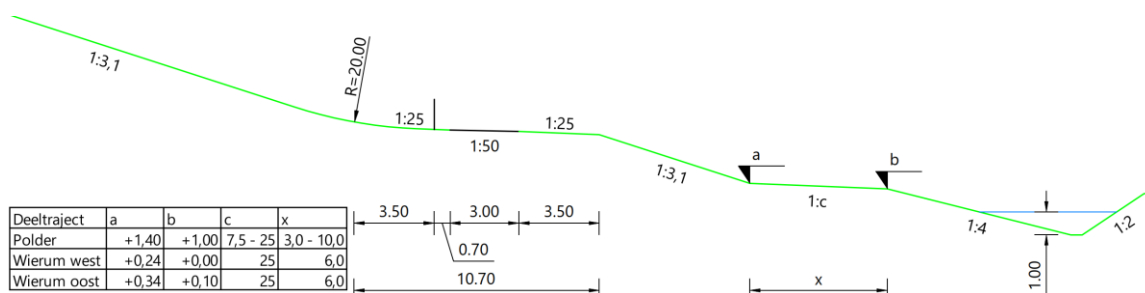
- taludhelling bij oplevering: 1:3:
 - bestaande taluds die voldoen en steiler zijn dan 1:3 worden niet aangepast;
 - nieuwe taluds zijn ontworpen met een minimale taludhelling van 1:3,1 voor zichtjaar 2080;
 - nieuwe taluds worden niet voorzien van tonrondte;
- straal afronding geometrische overgang binnentalud en nieuwe binnenberm: 20 m. De binnenteen is een belangrijke geometrische overgang en de harde knik is zwakke plek ten aanzien van overslag. Door afronding van de binnenteen wordt de erosiebestendigheid van de geometrische overgang verbeterd. De afronding heeft een straal van 20 m of kleiner (indien onvoldoende beschikbare ruimte);
- voor nieuw aan te leggen binnenbermen in de deeltrajecten Polder, Wierum west en Wierum oost gelden de volgende eisen, met uitzondering van de Nesserwei (Tabel 3.2):
 - minimaal 3,00 m tussen langsafrastering en het binnentalud. De voorkeur heeft 3,50 m voor het onderhoud van de grasbekleding;
 - onderhoudspad is minimaal 3,00 m breed, heeft een dwarshelling van 1:50 en ligt minimaal op NAP +2,50 m. Vanuit beheer is een minimale hoogteligging van NAP +1,50 m geëist. De hoogteligging van NAP +2,50 m volgt uit STBI;
 - afschot van de berm (anders dan onderhoudspad) is 1:25. Het afschot is nodig om de dijk af te wateren;
 - minimale helling van het bermtalud is 1:3,1 voor zichtjaar 2080;
 - sloottalud aan dijkzijde is minimaal 1:4;
- voor de nieuwe binnenberm van het 't Skoar gelden dezelfde eisen als voor Wierum west, met de volgende afwijkingen:
 - hoogteligging onderhoudspad is minimaal NAP +2,50 m;

- bermtalud sluit aan op het bestaande maaiveld;
- geometrie sloot wordt niet aangepast;
- voor de nieuwe binnenberm van in Wierum oost tussen circa km 49,90 en km 50,60 gelden dezelfde eisen als voor de rest van Wierum oost, met de volgende afwijkingen:
 - hoogteligging openbare weg is minimaal NAP + 1,50 m;
 - bermtalud gaat direct over in sloottalud en heeft een helling van minimaal 1:4;
 - afstand tussen openbare weg en langsafrastering is minimaal 1,50 m;
- voor de nieuwe berm in Peazens-Moddergat tussen circa km 53,8 en km 54,3 gelden de volgende eisen:
 - totale breedte berm is minimaal 4,00 m;
 - breedte onderhoudspad is minimaal 3,00 m;
 - hoogteligging onderhoudspad is minimaal NAP + 1,40 m;
 - bermtalud is minimaal 1:3,1.

Tabel 3.2 Profielkenmerken nieuwe binnenberm in de deeltrajecten Polder, Wierum west en Wierum oost, met uitzondering delen met openbare weg (zichtjaar 2080)

Parameter	Eenheid	Waarde	Eis
straal geometrische overgang binnentalud en binnenberm	m	indien inpasbaar 20	
afstand tussen binnentalud en langsafrastering	m	(wens is 3,50) minimaal 3,00	x
breedte langsafrastering	m	0,20	
afstand tussen langsafrastering en onderhoudspad	m	0,50	x
breedte onderhoudspad	m	3,00	x
afstand tussen onderhoudspad en bermtalud	m	3,50	x
totale breedte binnenberm	m	10,70	x
afstand tussen binnenberm en insteek sloot, Polder (x)	m	variabel	
afstand tussen binnenberm en insteek sloot, Wierum west en Wierum oost (x)	m	6,00	x
afschot binnenberm	1:x	25	x
afschot onderhoudspad	1:x	50	x
afschot maaiveld tussen binnenberm en insteek sloot	1:x	25	x
hoogte onderhoudspad	m+NAP	minimaal 2,50	x
hoogte maaiveld insteek sloot, Polder (y)	m+NAP	variabel	
hoogte maaiveld insteek sloot, Wierum west (y)	m+NAP	0,00	x
hoogte maaiveld insteek sloot, Wierum oost (y)	m+NAP	0,10	x
helling bermtalud	1:x	minimaal 3,10	x
helling sloottalud	1:x	minimaal 4,00	x

Afbeelding 3.2 Profielkenmerken nieuwe binnenberm in de deeltrajecten Polder, Wierum west en Wierum oost, met uitzondering delen met openbare weg (zichtjaar 2080)



3.3 Watergangen

3.3.1 Legger en peilvakken

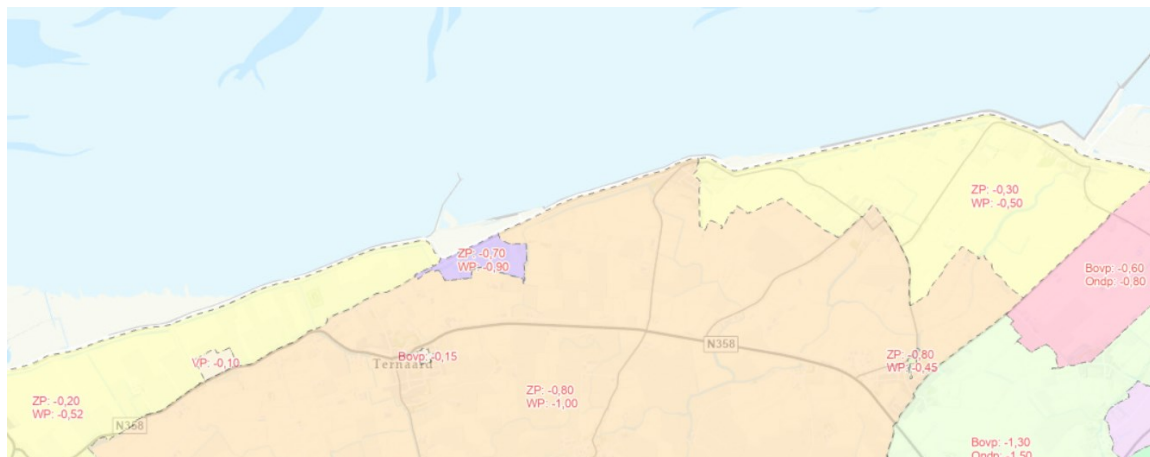
Nieuw te graven watergangen dienen te voldoen aan de Beleidsregels Integrale Legger en Waterschapsverordening [ref. 18] met de minimale waarden zoals aangegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kenmerken en minimale waarden profiel watergang

Kenmerken	Polder	Wierum west		Wierum oost	
		< km 48,97	> km 48,97	< km 50,4	> km 50,4
categorie	primaair	primaair	primaair	primaair	secundair
bodem Breedte (m)	1,50	1,50	0,70	0,70	-
bodem hoogte (m+NAP)	-1,15	-1,70	-1,35	-0,95	-
talud (1:x)	1,50	1,50	1,50	1,50	-
besluit vastgestelde legger	WFRL-496079769-41787	WFRL-496079769-41787	WFRL-496079769-1646	WFRL-496079769-48432	-

In de praktijk zijn de watergangen breder dan wat minimaal benodigd is op basis van de legger. Daarom is het ontwerpuitgangspunt dat te dempen watergangen één op één gecompenseerd moeten worden in wateroppervlak (bergend vermogen ten opzichte van winterpeil) binnen dezelfde peilvakken. De peilvakken zijn weergegeven in Afbeelding 3.3. In alle gevallen gaat het om gemalen gebieden voor TPM. Het doorstroomoppervlak dient minimaal gelijk te zijn aan de legger. Verder zijn er geen NVO (Natuurvriendelijke Oever) en/of KRW (Kaderrichtlijn Water)-oevers aanwezig binnen TPM.

Afbeelding 3.3 Peilenbeheerkaart WF



3.3.2 Geometrie ontwerp

De belangrijkste profielkenmerken van nieuwe watergangen in Polder, Wierum oost en Wierum west zijn gegeven in onderstaande tabel. Voor het ontwerp is het winterpeil aangehouden. Daarnaast is het uitgangspunt dat het polderpeil en de bodemhoogte constant zijn gedurende ontwerpperiode. Daarmee is het uitgangspunt dat door bodemdaling de polderpeilen niet worden aangepast en dat door sedimentatie en baggerwerkzaamheden de hoogte van de slootbodem constant blijft.

Tabel 3.4 Profielkenmerken nieuwe watergangen

Deeltraject	Van (km)	Tot (km)	Polderpeil (m+NAP)	Bodemhoogte (m+NAP)	Bodembreedte (m)	Talud dijkzijde (1:x)	Talud landzijde (1:x)
Polder	42,9	46,1	-0,52	-1,52	>0,50	4,00	2,00
Wierum west	47,4	49,2	-1,00	-2,00	>0,50	4,00	2,00
Wierum oost	49,7	49,9	-0,50	-1,50	>0,50	4,00	2,00
	49,9	50,1	-0,50	-0,95	>0,70	4,00	2,00
	50,1	53,2	-0,50	-1,50	>0,50	4,00	2,00

Hieronder volgt een korte ontwerpbeschrijving ten aanzien van de watercompensatie voor een aantal specifieke locaties.

Polder

- water direct langs de dijk compenseren;
- constante breedte slootbodem langs traject (minimaal 0,50 m);
- talud dijkzijde 1:4 en landzijde 1:2;
- waterdiepte 1,00 m;
- breedte strook 'x' (zie Afbeelding 3.2) minimaal 3,00 m en maximaal 10,00 m;
- hoogte strook 'x' dijkzijde NAP +1,40 m en slootzijde NAP +1,00 m (hierdoor is de helling strook 'x' variabel tussen 1:7,5 en 1:25).

Wierum west

- water direct langs de dijk compenseren;
- talud dijkzijde 1:4 en landzijde 1:2;
- waterdiepte 1,00 m;

- breedte slootbodem langs traject minimaal 0,50 m, met de volgende aanvullende eisen:
 - (a) km 47,40 - 47,70 sloot geleidelijk verbreden van huidig naar nieuwe breedte;
 - (b) km 47,70 - 48,95 constante breedte;
 - (c) km 48,95 - 49,10 oever landzijde recht doortrekken. De Dyksfeart is hier smaller door de opgang;
 - (d) km 49,10 - 49,20 oever landszijde in lijn met huidige oeverlijn perceel NES02C 01306;
 - Exacte overgang (c) en (d) wordt bepaald door snijpunt van beide lijnen.

Wierum oost

Sloot tot km 50,1

- sloot ongeveer gelijk aan Leggerprofiel;
- talud dijkzijde en landzijde 1:2;
- bodemhoogte NAP -0,95 m;
- bodembreedte 0,70 m.

Dijkspuiten

- gedempte delen niet aan landzijde dijkspuiten compenseren.

Overige sloten

- water direct langs de dijk compenseren;
- talud dijkzijde 1:4 en landzijde 1:2;
- waterdiepte 1,00 m;
- constante breedte slootbodem langs traject (minimaal 0,50 m) en breedte wateroppervlakte:

$$\frac{\text{huidig oppervlak} - \text{oppervlak restant dijkspuiten} - \text{oppervlak sloot 50,1}}{\text{lengte overige sloten}} = \text{breedte water}$$

3.4 Wegontwerp

De uitgangspunten voor het wegontwerp zijn als volgt:

- onderhoudspaden (indien opnieuw aangelegd):
 - onderhoudspaden dienen minimaal op NAP +1,50 m te liggen zodat bovenkant weg 0,50 m boven gemiddeld hoogwater ligt;
 - de verhardingsbreedte van de onderhoudspaden is minimaal 3,00 m;
 - doorrijbreedte bij hekken is minimaal 4,00 m;
 - de algemene opbouw is asfalt op funderingsslaag op zand;
 - aan weerszijden van de onderhoudspaden komt een dubbele rij hergebruikte koperslabblokken 0,28x0,24x0,20 (lxbxd in meter);
 - dwarshelling van onderhoudspaden is voorgeschreven op 1:50;
 - het wegprofiel dient aan te sluiten op het bestaande wegprofiel;
- openbare weg de Nesserwei (voor het deel dat opnieuw gerealiseerd wordt):
 - de Nesserwei dient ontworpen te worden als erftoegangsweg met ontwerpsnelheid 60 km/h;
 - horizontale bogen dienen niet krapper uitgevoerd te worden dan bestaande situatie;
 - de Nesserwei dient op een oor gelegd te worden, zodat de afwatering plaatsvindt aan de landzijde;
 - aan weerszijden van de Nesserwei dienen doorgroeistenen met dwarsgroef aangebracht te worden met een breedte van 0,80 m en dikte van 0,12 m;
 - het wegprofiel dient aan te sluiten op het bestaande wegprofiel.

3.5 Opgangen

Voor opgangen geldt het volgende minimale ontwerp:

- breedte verharding: 3,00 m;
- doorrijbreedte:
 - 4,00 m (0,50 m ruimte aan weerszijden voor 1 rij doorgroeistenen en rondingen);

- 3,00 m bij de klinkeropgang rond km 53,60;
- helling: 1:20 (rolstoelvriendelijk);
- minimaal talud (weerszijden): 1:3,1;
- geen afschot (afwatering gaat via de helling).

Deze eisen gelden ook voor de bestaande dijkopgangen indien het dijkprofiel hier wordt aangepast. Uitzondering hierop zijn bestaande opgangen zonder onderhoudsfunctie, deze worden ongewijzigd teruggebracht.

3.6 Dijknormaal

De hydraulische belastingen zijn langs de teen van de waterkering bekend in uitvoerlocaties. De onderlinge afstand tussen twee uitvoerlocaties bedraagt circa 250 m. Ter plaatse van iedere uitvoerlocatie is de dijknormaal afgeleid (bijlage V).

3.7 Bodemdaling

De inmeting van de dijk is uitgevoerd in 2017. Dit is het referentiejaar voor het project voor de geometrie. De aangehouden bodemdaling voor TPM is 0,12 m voor zichtjaar 2080 ten opzichte van 2017. Voor de onderbouwing van de bodemdaling wordt verwezen naar de notitie 'Bodemdaling en terminologie hoogtes' [ref. 23]¹. In bijlage II is een tabel opgenomen met de definities van bodemdaling, kruinhoogte, compactie en zeespiegelstijging.

De bodemdaling is als volgt meegenomen in het ontwerp:

- opleverhoogte (zichtjaar 2030) is gelijk aan de ontwerphoogte (zichtjaar 2080) plus de bodemdaling (0,12 m). Dit is conservatief, omdat er geen rekening wordt gehouden met de periode tussen de laatste inmeting en het moment van oplevering;
- in de hoeveelhedenraming is uitgegaan van de opleverhoogte en het 3D-model van de nulsituatie (2017). Dit is niet conservatief, omdat de bodemdaling tussen 2030 en 2017 niet wordt meegenomen, maar dat valt binnen de bandbreedte van de hoeveelhedenraming;
- in de afleiding van de hydraulische belastingen voor 2030 is rekening gehouden met een bodemdaling van 2,5 cm ten opzichte van 2017. Dit is conservatief, omdat door de grotere waterdiepte de golfbelasting (beperkt) groter is.

3.8 Voorlanden

Het voorland is het buitendijkse gebied tussen het uitvoerpunt van de hydraulische belastingen en de buitenteen van de dijk. Informatie over de hoogteligging van het (hooggelegen) voorland volgt uit openbare AHN4-data. Deze data zijn uit 2022 en voor de dijkversterking niet gecorrigeerd voor bodemdaling naar referentiejaar 2017 voor de geometrie. Bij een lineair verloop van de bodemdaling is de bodemdaling over deze periode minder dan 0,01 m. Het voorland ondergaat geen grote morfologische veranderingen [ref. 20]. Grote morfologische veranderingen treden met name op rond de geulen in de Waddenzee, die op grotere afstand van de dijk liggen. Er liggen langs het hele traject geen geulen in de eerste kilometer zeewaarts vanaf de dijk.

¹ Opgemerkt is dat in deze notitie het zichtjaar 2075 (vervallen) is gehanteerd. De bodemdaling is op dezelfde wijze opnieuw berekend met zichtjaar 2080.

4

HYDRAULISCHE BELASTINGEN

4.1 Waternormalen

Op basis van de waternormalen van Harlingen en Lauwersoog zijn de maatgevende waternormalen vastgesteld. Omdat de waterstanden van locatie Lauwersoog maatgevend zijn en het project dicht bij Lauwersoog ligt, zijn de waterstanden van Lauwersoog gebruikt (tabel 4.1).

Tabel 4.1 Gemiddelde waterstanden (zichtjaar 2023) - Lauwersoog (Waddenzee) [ref. 12]

Parameter	HW-stand (NAP+m)	LW-stand (NAP+m)
gemiddeld tij	1,06	-1,26
springtij	1,19	-1,42
doodtij	0,87	-1,02
gemiddelde waterstand	-	0,04

4.2 Zeespiegelstijging

De zeespiegelstijging is gebaseerd op de zeespiegelstijging uit het W+-scenario uit de klimaatscenario's zoals opgenomen in de Hydra-NL software. Deze klimaatscenario's volgen uit het klimaatrapport KNMI'06 [ref. 7].

Tabel 4.2 Zeespiegelstijging

Jaartal	Zeespiegelstijging ten opzichte van 2023 (m)	KNMI'06, W+	Afgeleid
2023	0,00		x
2030	0,07		x
2050	0,24	x	
2080	0,55		x
2100	0,74	x	
2130	1,03		x

Het meest recente advies vanuit het Adviesteam Dijkontwerp (ADO) over omgang met klimaatscenario's bij ontwerp [ref. 2] is meegenomen in de argumentatie en de keuze voor deze zeespiegelstijging. In het advies van het ADO staan de volgende concrete aanbevelingen:

- houd vooralsnog vast aan het KNMI'06-klimaatscenario W+ ten aanzien van afvoer en zeewaterstand;

- maak een doorkijk naar toekomstige versterkingen;
- bouw extra robuustheid in bij het ontwerp van moeilijk vervangbare onderdelen van waterkeringen;
- houd rekening met droogtegevoeligheid en vernatting.

Dit advies vertaalt zich (per punt) in de volgende uitgangspunten:

- hanteren van het KNMI'06-klimaatscenario W+ voor de zeewaterstand;
- meewegen van het criterium toekomstbestendigheid bij ontwerpkeuzes;
- voor moeilijk vervangbare onderdelen (zoals een damwand) wordt een levensduur van 100 jaar gehanteerd. Ook is voor zetsteenbekleding een levensduur van 100 jaar aangehouden. De bekleding degradeert nauwelijks in de tijd, is lastig gelijkwaardig her te gebruiken na einde levensduur en de extra kosten nu zijn beperkt;
- de mogelijke impact van droogte is meegenomen in het uitgangspunt voor de kwaliteit van de graszode.

4.3 Afleiden hydraulische belastingen met Hydra-NL

Voor het ontwerp zijn de hydraulische belastingen (HB) berekend met Hydra-NL (v2.7.4 - Wetterskip). Hydra-NL is gebruikt in de testmodus, omdat met andere klimaatscenario's en zichtjaren gewerkt is dan in de ontwerpmodus van Hydra-NL zitten. In de testmodus is handmatig de zeespiegelstijging ingevoerd. De bodemdaling is verwerkt in de profielen. Hierbij is uitgegaan van een gelijkmatige daling van het profiel. In alle berekeningen zijn de standaardwaarden van de statistische en modelonzekerheden toegepast.

4.3.1 Algemene instellingen

Voor de Hydra-NL berekeningen is gebruik gemaakt van database *WBI2017_Waddenzee_Oost_6-4_v04*. Tabel 4.3 geeft de bestandsnaam weer van het Hydra-NL bestand waarin de HB is opgenomen. Het betreffende bestand vormt een integraal onderdeel van deze uitgangspuntennotitie en zijn digitaal opgeleverd.

Tabel 4.3 Bestandsnamen hydra-NL-bestanden en databases per traject

Traject	Werkmap hydra-NL	Database
6-4	<i>WBI2017_Waddenzee_Oost_6-4_v04</i>	<i>WBI2017_Waddenzee_Oost_6-4_v04.sqlite</i>

Beschouwde uitvoerlocaties

Voor TPM zijn alleen de uitvoerlocaties meegenomen die voor het te ontwerpen traject liggen. Tabel 4.4 geeft de beschouwde uitvoerlocaties weer.

Tabel 4.4 Beschouwde uitvoerlocaties

Traject	Van	Tot
6-4	WZ_1_6-4_dk_00064	WZ_1_6-4_dk_00120

4.3.2 Waterstand en significante golfhoogte bij norm

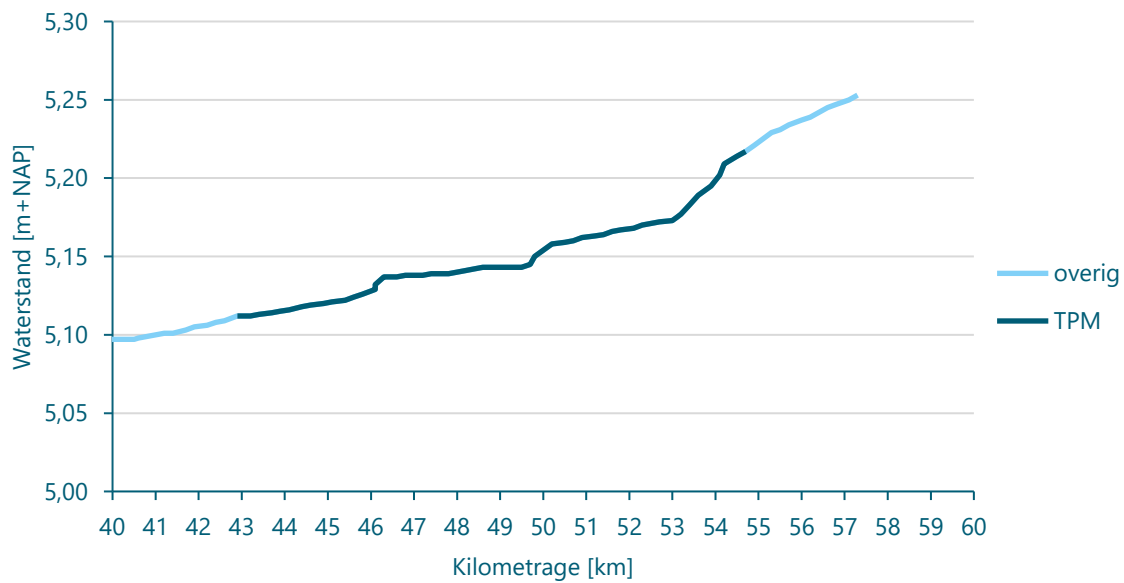
Voor alle beschouwde uitvoerlocaties is de waterstand en significante golfhoogte bij norm. Hiervoor is de norm bij omgevingswaarde (1/1.000 per jaar) gehanteerd. In Afbeelding 4.1 tot en met Afbeelding 4.4 is het verloop langs het traject weergegeven van de waterstand en de significante golfhoogte bij norm.

Met name in de significante golfhoogte zijn abrupte variaties zichtbaar langs het traject. De grootste sprongen in de significante golfhoogte zit rond km 46,30 en km 50,20. De oorzaak van de sprongen is te verklaren door het verschil in geometrie (aanwezigheid van een kwelder) en oriëntatie van de dijk. Dit is te zien in afbeelding 5.4.

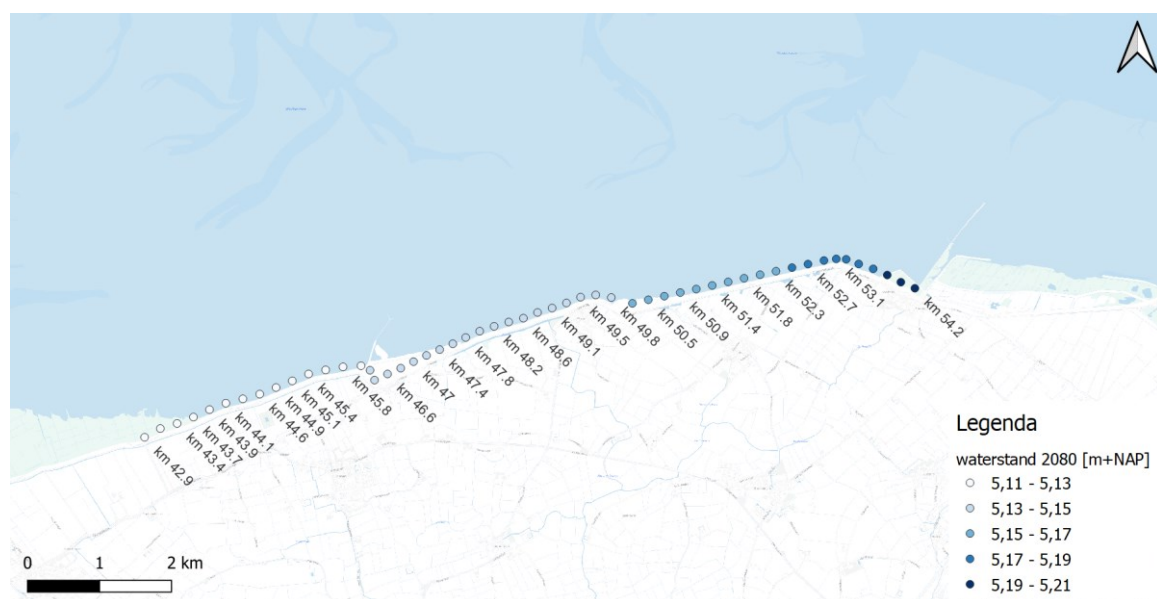
Tabel 4.5 Overzicht van maatgevende waterstand en golfhoogte bij norm (omgevingswaarde)

Gemiddelde waterstand (NAP+m)	Maximale waterstand (NAP+m)	Gemiddelde golfhoogte (m)	Maximale golfhoogte (m)
5,15	5,21	2,37	2,81

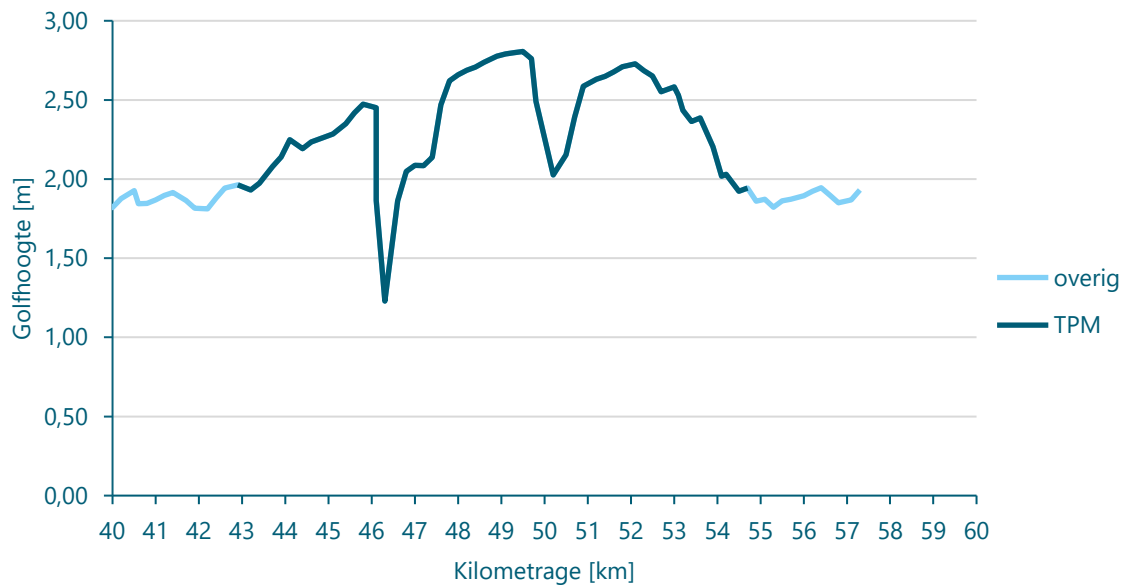
Afbeelding 4.1 Waterstand bij norm voor zichtjaar 2080



Afbeelding 4.2 Waterstand bij norm voor zichtjaar 2080



Afbeelding 4.3 Significante golfhoogte bij norm voor zichtjaar 2080



Afbeelding 4.4 Significante golfhoogte voor zichtjaar 2080



4.3.3 Hydraulische belastingen voor bekledingen

In tabel 4.6 zijn de instellingen opgenomen voor het afleiden van de hydraulische belastingen voor breuksteen, steenzetting en asfalt. Wanneer een voorland aanwezig is, zijn de hydraulische belastingen voor steenzetting en breuksteen bepaald met een herhalingstijd van 1/100 per jaar ten behoeve van het ontwerp van de bekledingen op het voorland.

Tabel 4.6 Instellingen van de uitgevoerde berekeningen in Hydra-NL (omgevingswaarde)

Type berekening	Herhalingstijd (1/jaar)	Bereik van berekende golfcondities 2080 (NAP+m)
waterstand	100	-
waterstand	1.000	-
significante golfhoogte	1.000	-
golfcondities bekledingen (breuksteen)	100	0,0 - 5,0
golfcondities bekledingen (breuksteen)	1.000	0,0 - 5,5
golfcondities bekledingen (asfalt)	1.000	1,0 - 5,5
golfcondities bekledingen (steenzetting blokken)	1.000	0,0 - 5,5
golfcondities bekledingen (steenzetting zuilen)	100	0,0 - 5,0
golfcondities bekledingen (steenzetting zuilen)	1.000	0,0 - 5,5

Voor de bekledingen is het voorland (wel hoogteligging en niet vegetatie) meegenomen in het bepalen van de hydraulische belastingen. De golfcondities voor bekledingen zijn bepaald vanaf NAP +0,00 m voor steenzettingen en breuksteen, en vanaf NAP +1,00 m voor asfalt, tot boven de waterstand bij norm. De gehanteerde stapgrootte is 0,50 m. Bij steenzettingen is de laagste waterstand (waarbij de golfcondities bepaald worden) lager, omdat de steenzetting lager op het talud begint en relevante golfcondities voor deze laaggelegen bekleding hierdoor bij lagere waterstanden kunnen optreden. Voor breuksteen zijn de hydraulische belastingen ook bepaald voor zichtjaar 2030 (aanleg van de dijk). Voor zetsteen zijn de hydraulische belastingen ook bepaald voor zichtjaar 2130.

De bovengrens voor het niveau voor de golfcondities bekledingen is afhankelijk van de maximale waterstand bij de bijbehorende norm. Deze maximale waterstand wordt naar boven afgerond, vanwege de stapgrootte van 0,50 m. Voor grasbekledingen is de norm op doorsnedeniveau gebruikt, daarom ligt de bovengrens van dit bereik hoger dan voor de steenzettingen en asfaltbekleding.

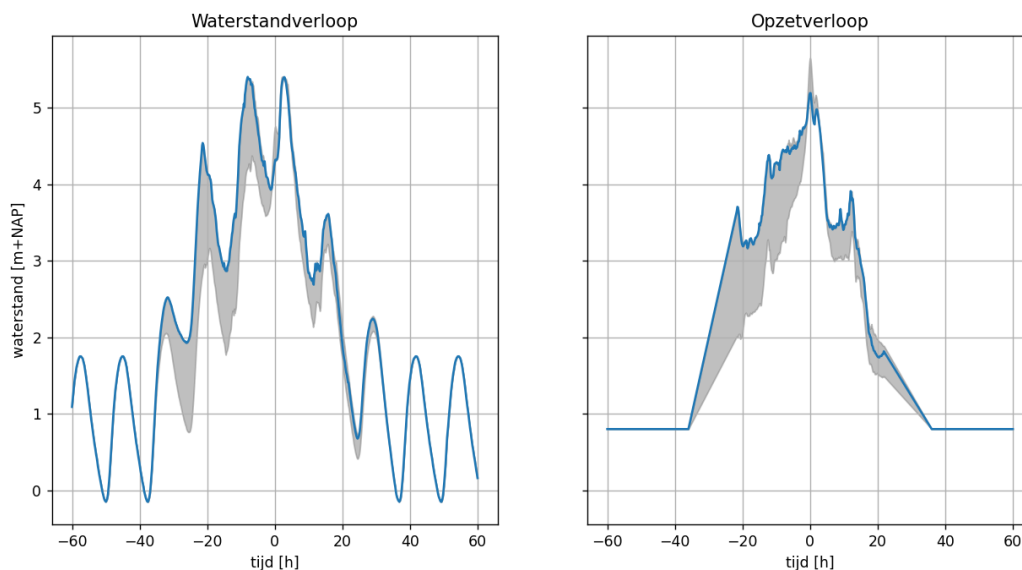
4.4 Waterstandsverloop tijdens een storm

Door Helpdesk Water zijn csv-bestanden aangeleverd met waterstandsverlopen tijdens een storm [ref. 6]. Het stormverloop wordt, waar mogelijk, direct overgenomen vanuit de csv-bestanden. Daarbij is het langste opzetverloop (80 %, 100 %) gehanteerd in combinatie met een faseverschil van 4,67 uur (Afbeelding 4.5).

Voor de volgende faalmechanismen kan het waterstandsverloop niet worden overgenomen uit de csv-bestanden door beperkingen in het model:

- GEBU-oploop, met de Faalkans-tool Zeedijken: aanpassen stormduur naar 72 uur, in combinatie met een faseverschil van 5,5 uur;
- ZST, AGK, met BM Asfalt Golfklap: in de software voorgeprogrammeerde verloop van het type watersysteem Waddenzee.

Afbeelding 4.5 Waterstandsverloop en opzetverloop (MHW = NAP + 5,40 m)



4.5 Langsstroming

Voor de stabiliteit van breuksteen en zetsteen (ZST) is de hoeveelheid langsstroming van belang. Het gaat hier niet om golfgedreven stroming, maar om stroming door bijvoorbeeld het getij en wind. Langs het dijktraject TPM zijn geen (diepe) geulen aanwezig, hierdoor is de stroomsnelheid door het getij (stroming door getijgeulen) en wind (afhankelijk van waterdiepte) laag. In het ontwerp is een conservatieve waarde van 1 m/s gebruikt. Voor breuksteen is, door de lage stroomsnelheid, langsstroming niet beschouwd.

4.6 Kritiek overslagdebiet

Een kritiek overslagdebiet van 10 l/s/m is gehanteerd voor de grasbekleding (op een kleilaag) op de kruin en het binnentalud. Voor de onderbouwing van deze keuze wordt verwezen naar de memo 'Aanpak toetsspoor GEKB binnen nadere veiligheidsanalyse' [ref. 19] en een korte toelichting in bijlage IX.

Opgangen op het boventalud buitendijks leiden tot een steiler boventalud. Lokaal kan dit leiden tot meer overslag. De belasting op de kruin en binnentalud is lokaal en door het 3D-effect (zowel refractie aan de buitenzijde als afstroming langs de opgang aan de binnenzijde) beperkt. Daarmee is het extra veiligheidsrisico ten opzichte van een doorsnede zonder opgang verwaarloosbaar.

GEOTECHNIEK EN GEOHYDROLOGIE

De onderbouwing van de uitgangspunten voor geotechniek en geohydrologie zijn opgenomen in de twee basisrapporten [ref. 26 en 25]. In de basisrapporten is onder andere de afleiding van de schematisering van de dijkopbouw, natuurlijke ondergrond en waterspanningen gegeven, inclusief de bijbehorende parameters en veiligheidsfactoren. De uitgangspunten ten behoeve van het ontwerp zijn hieronder opgenomen.

5.1 Geohydrologie

5.1.1 Macrostabiliteit (STBI en STBU)

Scenario's

In het geohydrologisch basisrapport zijn voor verschillende doorsnedes scenario's opgesteld waarmee de freatische lijn is berekend. In totaal zijn zes scenario's opgesteld die als maatgevend zijn beschouwd. In deze scenario's is gevarieerd met de bodemopbouw (met name de infiltratiecapaciteit van de bekleding) en met verschillende hydrologische invloeden, zoals neerslag en de buitenwaterstand. De scenario's zijn gebaseerd op verkennende berekeningen en overleggen met experts.

De zes maatgevende scenario's zijn weergegeven in Tabel 5.1, waarin alleen de gevarieerde parameters zijn opgenomen. Alle scenario's zijn doorgerekend voor een natte wintersituatie. Parameters die niet tussen de scenario's variëren, zoals de infiltratiecapaciteit van de buitenbekleding, zijn in het basisrapport beschreven. De eerste drie scenario's hebben de verwachtingswaarde voor de infiltratiecapaciteit van de kleibekleding aan de binnenzijde, met variaties in externe invloeden, zoals neerslag en buitenwaterstanden. De laatste drie scenario's hebben een hoge infiltratiecapaciteit voor de kleibekleding aan de binnenzijde. Deze zijn doorgerekend vanwege de sterke invloed op de freatische lijn. Ook zijn bij deze scenario's externe invloeden gevarieerd. Interne nummers in de tabel helpen de scenario's in verdere figuren en tabellen te duiden. De maatgevende scenario's zijn doorgerekend voor elke geohydrologische doorsnede.

Tabel 5.1 maatgevende scenario's voor geohydrologische modellen

Scenario	Intern nummer	Infiltratiecapaciteit binnentalud en kruin (m/dag)	Overslag	Neerslag tijdens storm (mm/dag)
waterstand bij norm	301	3,00	nee	0,7
extreme neerslag	302	3,00	nee	35
overslag	303	3,00	ja	0,7
waterstand bij norm met hoge infiltratiecapaciteit	304	8,64	nee	0,7
extreme neerslag met hoge infiltratiecapaciteit	305	8,64	nee	35
overslag met hoge infiltratiecapaciteit	306	8,64	ja	0,7

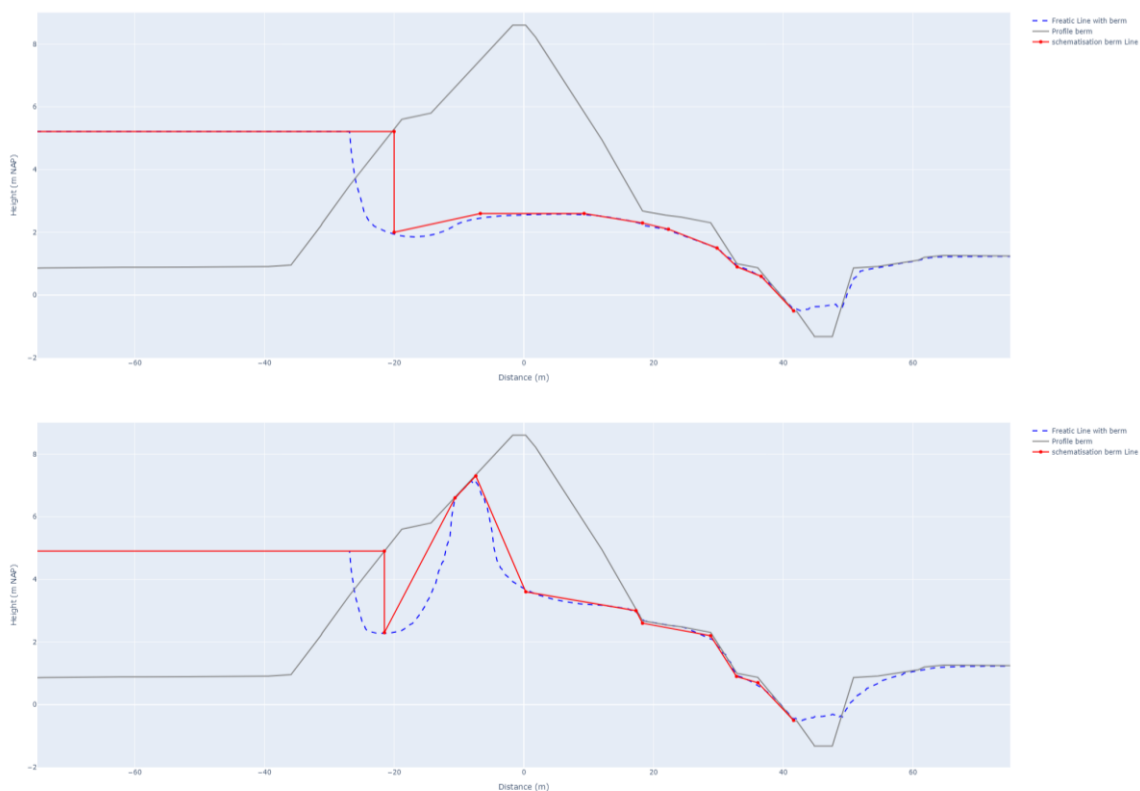
Schematisering waterspanningen

Om van de berekende waterstanden te komen tot een freatisch vlak dat in de berekeningen voor macro-stabiliteit gebruikt kan worden, is een selectie gemaakt van de maatgevende scenario's en zijn deze geschematiseerd. De volgende scenario's zijn meegenomen:

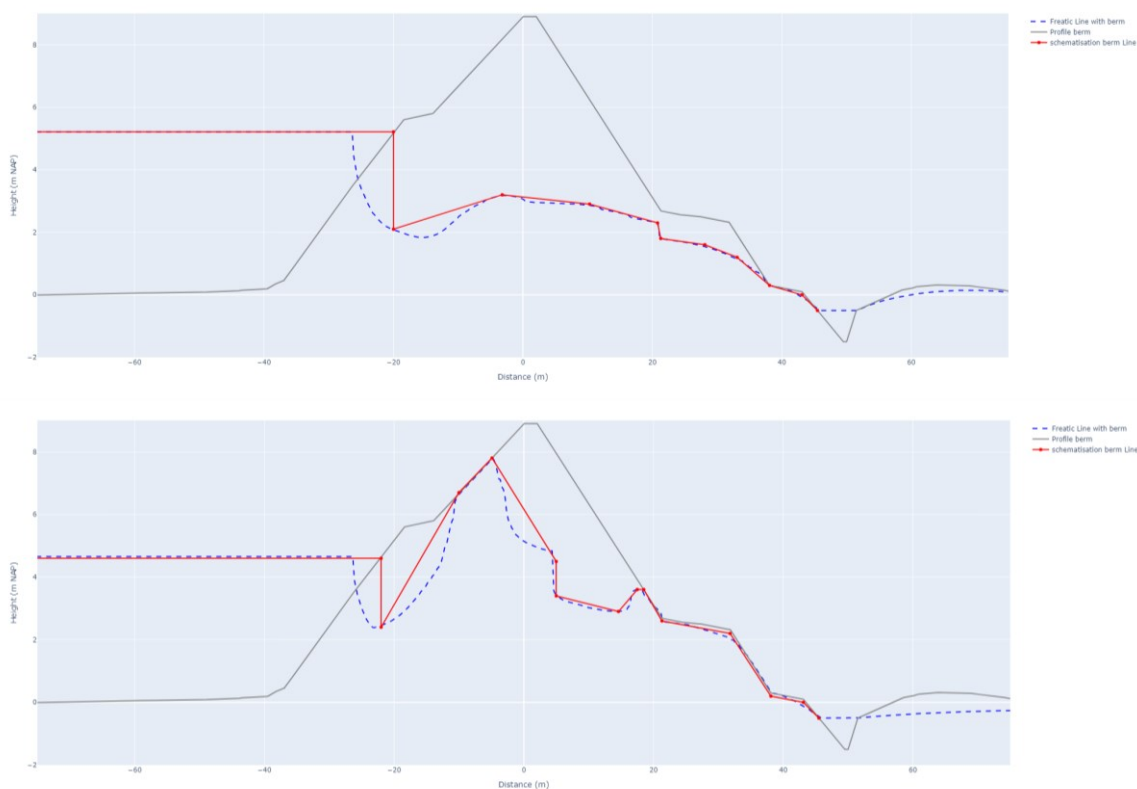
- 302 (situatie met een extreme neerslag bui met een infiltratiecapaciteit van 3 m/d voor de bekleding);
- 303 (situatie bij golfoverslag met een infiltratiecapaciteit van de bekleding van 3 m/d).

Aanvullend is voor het afleiden van de schematiseringsfactor voor de situatie bij golfoverslag gekeken naar scenario 306, waarbij een infiltratiecoëfficiënt van 8,64 m/d is gehanteerd voor de bekleding. De gehanteerde schematisering van het freatisch vlak is getoond in onderstaande afbeeldingen.

Afbeelding 5.1 Schematisering freatisch vlak voor het scenario zonder (boven) en met (onder) significante golfoverslag voor km 44,2, in het blauw de MODFLOW-resultaten, in het rood de aangehouden freatische lijn in de stabiliteitsanalyse, in het groen de stijghoogte in het watervoerende pakket



Afbeelding 5.2 Schematisering freatisch vlak voor het scenario zonder (boven) en met (onder) significante golfoverslag voor km 51,9



Op basis van overeenkomsten in grondopbouw en de geohydrologische analyse, zijn de verschillende MODFLOW-analyses toegekend aan verschillende trajecten. Bij herberekeningen van de versterkte doorsnede, is het freatisch vlak ook opnieuw bepaald. Door de versterking zijn enkele 'karakteristieke punten' van de dijk verschoven naar nieuwe locaties (bijvoorbeeld 'Teen dijk binnenwaarts'), daarmee verschuift dan ook het freatisch vlak naar een nieuwe locatie en wordt de ligging van het freatische vlak dus aangepast in de kering. Bij een aanzienlijke verhoging van de berm is ook met een aanvullend MODFLOW-model gerekend om te voorkomen dat onrealistisch opbolling van het freatisch vlak richting de (verhoogde) binnenteen zou ontstaan. Een overzicht van welke modellering bij welke sectie is toegepast, is gegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Toegepaste modellering per geo sectie/deeltraject, de toevoegingen betekenen het volgende: 'lb' model met verhoogde binnenberm, 'zt' model zonder teensloot

Sectie	Deeltraject	Begin (km)	Einde (km)	Modflow model	Geohydrologische kenmerken
1	Polder	42,90	43,50	4420lb	oude zeekering aan buitenzijde, voorland, verhoogde binnenberm
2	Polder	43,50	46,10	4420lb	oude zeekering aan buitenzijde, verhoogde binnenberm
3	't Skoar	46,10	46,40	5190lb	oude zeekering aan binnenzijde, voorland, verhoogde binnenberm
4	't Skoar	46,40	46,80	5190zt	oude zeekering aan binnenzijde, voorland, geen teensloot
5	't Skoar	46,80	47,40	5190	oude zeekering aan binnenzijde, voorland

Sectie	Deeltraject	Begin (km)	Einde (km)	Modflow model	Geohydrologische kenmerken
6	Wierum West	47,40	48,30	5190lb	oude zeekering aan binnenzijde, verhoogde binnenberm
7	Wierum West	48,30	49,20	5190lb	oude zeekering aan binnenzijde, verhoogde binnenberm
8	Wierum Dorp	49,20	49,70	5190zt	oude zeekering aan binnenzijde, geen teensloot
9	Wierum Oost	49,70	50,70	5190	oude zeekering aan binnenzijde
10	Wierum Oost	50,70	53,20	5190lb	oude zeekering aan binnenzijde, verhoogde binnenberm
11	Peazens-Moddergat	53,20	53,70	5190	oude zeekering aan binnenzijde
12	Peazens-Moddergat	53,70	54,40	5190zt	oude zeekering aan binnenzijde, voorland, geen teensloot
13	Peazens-Moddergat, het Wiel	54,10	-	-	lokaal verhoogde waterstand; NAP +5,21 m in de kern

Freatisch vlak bij het Wiel

Bij het Wiel in Peazens-Moddergat is een hoge respons gemeten in de dijk als gevolg van neerslag. Deze sterke respons is mogelijk veroorzaakt door zeer ondoorlatende kleiige afzettingen in de oude zeekering en de afwezigheid van een teensloot. Op basis van de metingen is er sprake van een verhoogd freatisch vlak in de kern van de dijk. In aanvullende berekeningen is deze snede getoetst met een freatisch vlak op NAP +5,21 m.

Opbarsten

Het optreden van opbarsten en de bijbehorende opbarstlocatie zijn iteratief bepaald:

- de spanningen in de ondergrond zijn bepaald op ieder knikpunt van het profiel. Daarbij is een maximale afstand tussen twee locaties van 0,5 m gehanteerd. Bij grotere onderlinge afstanden is geïnterpoleerd;
- op iedere locatie is de opbarstveiligheid bepaald conform Technisch rapport waterkerende grondconstructies [ref. 14]. Hierbij is conservatief geen rekening gehouden met eventuele 2D-effecten ten gevolge van smalle sloten;
- indien de opbarstveiligheid kleiner is dan 1,0, is er sprake van opbarsten. In dit geval:
 - wordt een opbarstzone gemodelleerd met een breedte van twee maal de deklaagdikte ter plaatse van het punt met de laagste opbarstveiligheid;
 - wordt ter plaatse van de opbarstzone de waterspanning in het watervoerende pakket gereduceerd tot de opbarstpotentiaal. De potentiaallijn verloopt lineair tussen de buitenteen van de kering en de opbarstzone;
 - wordt op basis van de aangepaste potentiaallijn de analyse nogmaals uitgevoerd om te bepalen of een opbarstlocatie dicht bij de dijk wordt gevonden.

In geval van opbarsten is bovenstaand proces dus meerdere malen uitgevoerd, totdat er geen opbarstlocatie meer wordt gevonden tussen de binnenteen van de kering en de opbarstzone. In horizontale zin is de opbarstzone aan de dijkzijde in doorsneden met een teensloot gelimiteerd tot de slootbodem, dit om te voorkomen dat een onrealistische modellering ontstaat met een gedeeltelijk opgebarsten binnenberm.

Aan de opbarstzone is geen sterkte toegekend.

Schematiseringsfactor

Voor zowel de situatie met als zonder overslag is een schematiseringsfactor afgeleid, deze is bepaald voor twee soorten doorsneden, km 44,80 en km 52,30. Dit resulteert voor alle beschouwde situatie in een schematiseringsfactor van 1,10. De onderbouwing voor deze schematiseringsfactor is gegeven in bijlage VIII.

5.1.2 Microstabiliteit (STMI) en grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI)

Voor de faalmechanismen STMI en GABI is dezelfde schematisering van het freatische vlak gehanteerd als voor STBI. Hierbij is het scenario aangehouden met significante overslag en een infiltratiecapaciteit van de bekleding van 3 m/d (scenario 303).

5.1.3 Bekledingen (asfalt)

Scenario's

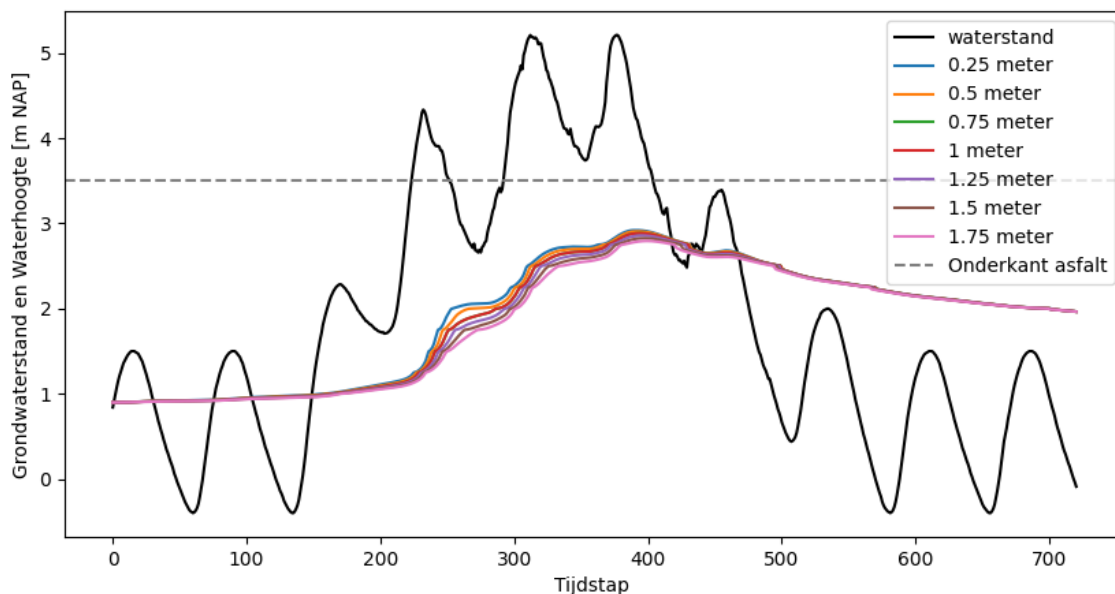
In het geohydrologisch basisrapport zijn verschillende scenario's opgesteld voor het berekenen van de freatische lijn in de verschillende doorsnedes. Op basis hiervan zijn de maatgevende freatische lijnen bepaald.

Voor het ontwerp van de asfaltbekleding is gekeken naar de berekende freatische lijn ter plaatse van het buitentalud, omdat deze maatgevende zijn voor het ontwerp van het asfalt. Scenario 302 voor extreme neerslag (Tabel 5.1) is hiervoor aangehouden als het maatgevende scenario. In dit scenario worden hoge freatische waterstanden berekend in combinatie met lagere buitenwaterstanden.

Ter plaatse van doorsnede 47,8 wordt de hoogste grondwaterdruk onder het asfalt berekend. Als ontwerpoplossing hiervoor is gekeken naar de toepassing van een ondoorlatend folie die onder het asfalt doorloopt. De instroom wordt door dit folie gereduceerd waardoor de grondwaterdruk onder het asfalt minder oploopt ten gevolge van het buitenwater. Het folie wordt aangebracht bij de onderzijde van het asfalt, waarbij het folie wordt doorgelegd tot onder de kleilaag onder het asfalt over een lengte van 2,00 m.

In Afbeelding 5.3 is de berekende grondwaterdruk weergegeven bij de toepassing van het folie. Te zien is dat de grondwaterstand onder het asfalt reageert op de buitenwaterstand maar de reactie is sterk gedempt. De grondwaterdruk komt in dit geval niet boven de onderzijde van het asfalt uit (NAP +3,50 m).

Afbeelding 5.3 Resultaten freatische lijn onder asfalt met toepassing folie voor doorsnede km 47,80



5.2 Geotechniek

5.2.1 Geotechnische parameters

De geotechnische parameters zijn vastgesteld aan de hand van het uitgevoerde grond- en labonderzoek, zoals beschreven in het geotechnisch basisrapport [ref. 26].

Tabel 5.3 Sterkteparameters

Grondlaag	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	POP_{kar} (-)	$\text{POP}_{\text{kar,kruin}}$ (-)	m_{kar} (-)	S (-)	$\phi'_{\text{CSSM;kar}}$ (°)	c' (kN/m ²)	ψ^1 (°)
kleibekleding	18,0	18,0	-	-	-	-	27,5	5	0
zand, dijk	18,0	20,0	-	-	-	-	32,0	0	0
oude waterkering ²	18,3	18,7	250	250	0,49	0,39	27,5 ³	-	-
zand	18,0	20,0	-	-	-	-	32,0	0	0
klei	16,3	16,4	11	1	0,8	0,25	27,5 ³	-	-
veen	10,4	11,1	8	2	0,8	0,36	15,0 ³	-	-
wadafzetting, zandig	17,9	18,3	28	8	0,8	0,25	33,5	0	3,5
wadafzetting, kleilig	17,4	17,7	9	9	0,8	0,27	33,5 ³	0	3,5
keileem	20,8	21,1	30	30	0,8	0,25	30,0 ³	-	-
potklei	17,6	17,7	30	30	0,8	0,25	27,5 ³	-	-

1 betreft de dilatantie hoek, is bepaald op basis van $\phi = 30^\circ$ en een ondergrens van 0.

2 parameters zijn bepaald op basis van een fit met de gemeten sterktes in proeven, zie nadere toelichting in basisrapport geotechniek

3 alleen van toepassing boven het freatisch vlak

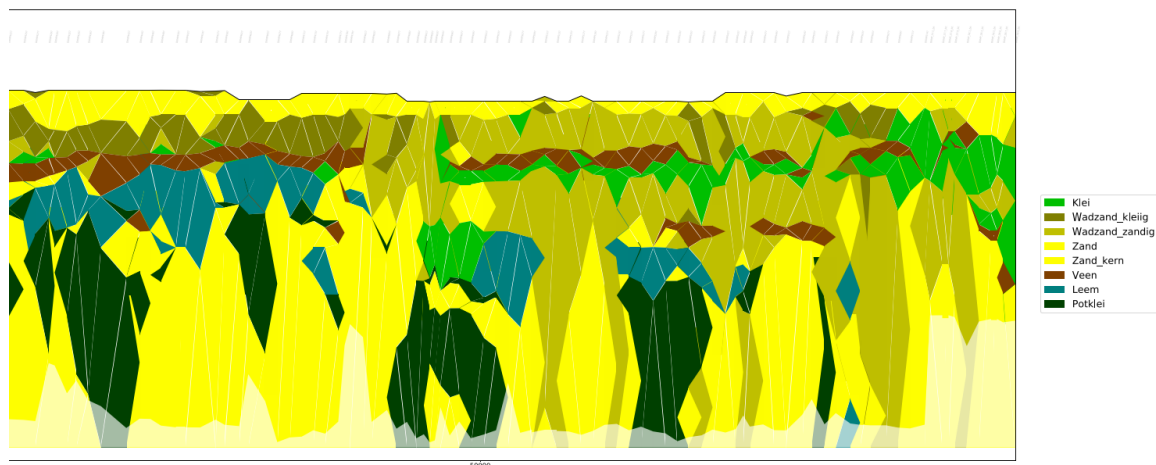
Tabel 5.4 Stijfheidseigenschappen (NEN-Bjerrum) per grondlaag

Grondlaag (-)	RR (-)	CR (-)	C_α (-)
kleibekleding	-	-	-
zand, dijk	-	-	-
zand	-	-	-
klei	0,038	0,24	0,0132
veen	0,116	0,52	0,0498
zand	-	-	-
wadafzetting, kleilig	0,025	0,16	0,0070
wadafzetting, zandig	0,023	0,14	0,0053
keileem	0,011	0,07	0,0023
potklei	0,052	0,17	0,0078

5.2.2 Grondopbouw

In het geotechnisch basisrapport [ref. 26] is de grondopbouw tussen Koehool en het Lauwersmeer in detail omschreven. Voor het deel tussen Ternaard en Peazens-Moddergat worden in de ondiepe ondergrond met name wadafzettingen aangetroffen, lokaal afgewisseld met jonge klei. Onder deze lagen ligt het basisveen, dat lokaal afwezig is door een oude geul (tussen ongeveer dp48,5 en dp49,5) en ter plekke van Peazens-Moddergat, waar het veen is weggeslagen bij een dijkdoorbraak (en het daarmee ontstane Wiel). Onder de veenlaag bevindt zich een keileem pakket waaronder (pot)klei en zand worden aangetroffen.

Afbeelding 5.4 Lengteprofiel over de binnenteen van Ternaard - Peazens-Moddergat



5.2.3 POP-waarden

De POP waarden vanuit het geotechnisch basisrapport zijn ook toegepast in de versterkte doorsneden. Aangezien de gehanteerde POP-waarden relatief laag zijn ($< 10 \text{ kN/m}^2$) is het redelijk om aan te nemen dat bij het optreden van de maatgevende omstandigheden, deze POP al ruimschoots weer aanwezig is in de ondergrond en daarom is niet gerekend met een gereduceerde POP door aanbermingen.

5.2.4 Geometrie oude zeekering

De geometrie van de oude zeekering is overgenomen uit het 3D-model, waarbij de eventuele gedeeltelijke ontgraving van de waterkering is vastgesteld conform de beschikbare 'as-build' tekeningen.

5.2.5 Schadefactoren

In de beoordeling van STBI is onderscheid gemaakt tussen de scenario's zonder en met significante golfoverslag ($> 1 \text{ l/s/m}$). De kans op 1 l/s/m is opgenomen in bijlage V. Voor de faalkans en de daarbij behorende schadefactor is gebruik gemaakt van de KPR-factsheet [ref. 10].

Bepaling schadefactor voor situatie zonder overslag:

Lengte-effectfactor (N)	20.140
Faalkans per doorsnede ($P f_{doorsnede}$)	5.03500e+05
Betrouwbaarheidindex ($\beta_{eis,dsn}$) $-\Phi^{-1}(P f_{doorsnede})$, formule 4.4 uit [1]	4.613
Schadefactor Mohr-Coulomb (γ_n) $1 + 0.13(\beta_{eis,dsn} - 4.0)$, formule 5.3 uit [1]	1.080
Schadefactor CSSM (γ_n) $0.15\beta_{eis,dsn} + 0.41$, formule 5.4 uit [1]	1.102

Bepaling schadefactor bij significante overslag (uitgaande van een kans op significante overslag van 1/784 jaar, wat de hoogste kans is die wordt gevonden voor TPM):

Faalkans per doorsnede bij overslag ($P f_{stbi,overslag}$)	1.55710e-03
Betrouwbaarheidindex ($\beta_{eis,dsn}$) $-\Phi^{-1}(P f_{doorsnede})$, formule 4.4 uit [1]	2.956
Schadefactor Mohr-Coulomb (γ_n) $1 + 0.13(\beta_{eis,dsn} - 4.0)$, formule 5.3 uit [1]	0.864
Schadefactor CSSM (γ_n) $0.15\beta_{eis,dsn} + 0.41$, formule 5.4 uit [1]	0.853

5.2.6 Schematiseringsfactor

In bijlage VIII is de schematiseringsfactor afgeleid voor de situaties met en zonder overslag. Hiervoor zijn twee doorsnedes gebruikt; dp44,8 en dp52,3. De berekende schematiseringsfactoren liggen tussen de 1,01 en 1,06 en liggen daarmee dicht bij de 1,04 die in eerdere fases van het project is berekend. Daarbij is vastgesteld dat een waarde van 1,10 een redelijke ondergrens voor de schematiseringsfactor is. Voor het ontwerp is daarom ook met een schematiseringsfactor van 1,10 gerekend.

5.2.7 Zonerings

In de beschouwing van de macrostabiliteit zijn glijvlakken beschouwd binnen drie zones. Hierbij is in lijn met Rode Draad 3 [ref. 1] gekeken naar de waarschijnlijkheid van een daadwerkelijk falen van de waterkering door macrostabiliteit.

Scenario zonder significante golfoverslag

In *zone 1* is sprake van grote glijvlakken tussen de buitenteen en binnenberm van de kering. Deze glijvlakken gaan doorgaans door de kruin van de dijk, de dijk kern en de natuurlijke ondergrond. Glijvlakken in deze zone zorgen doorgaans voor een significante kruinverlaging. Vanwege de beperkte kruinbreedte (minimaal 2,00 m) en relatief grote golfbelasting (significante golfhoogte rond de 2,50 m) is aangenomen dat er geen reststerkte aanwezig bij het optreden van een glijvlak in zone 1. Voor zone 1 is daarom een veiligheidsfactor aangehouden die gelijk is aan de doorsnede-eis (1,28).

Zone 2 is ter plaatse van de binnenberm gedefinieerd. De glijvlakken starten ter plaatse van de binnenberm en gaan doorgaans door de natuurlijke ondergrond. Het optreden van een glijvlak leidt niet direct tot een

verlaging van de kruinhoogte. De waterkering faalt pas door macrostabiliteit, als er vervolgmechanismes optreden (zoals secundair afschuiven of terugschrijdende erosie door overslag). In de rekenkundige beoordeling is vanwege deze reststerkte een 10 keer hogere faalkans geaccepteerd voor zone 2. De benodigde veiligheidsfactor voor zone 2 is 1,20.

Zone 3 is gedefinieerd langs de rand van de watergang aan de binnenzijde. Hier treden relatief ondiepe glijvlakken op. Het optreden van een glijvlak in zone 3 leidt pas na een aantal vervolgmechanismen tot een kruinverlaging. Daarbij kan gedacht worden aan een initiële afschuiving in zone 3, een tweede afschuiving in zone 2 en een kruinverlaging door een derde afschuiving in zone 1 of door terugschrijdende erosie als gevolg van golfoverslag. Vanwege de reststerkte na optreden van een glijvlak in zone 3 is gekozen voor een pragmatische waarde van 1,00 voor de benodigde veiligheidsfactor voor locaties waar aan de binnenzijde versterkingsmaatregelen zijn voorzien voor STBI. Voor overige doorsneden geldt dat er geen verslechtering van de veiligheid in zone 3 mag plaatsvinden.

Scenario met significante golfoverslag

Voor het scenario met significante golfoverslag is dezelfde geometrische zonering gehanteerd als het scenario zonder significante golfoverslag, maar met andere eisen aan de veiligheidsfactoren. In zone 1 geldt een minimale veiligheidsfactor van 0,99 door de lagere schadefactor (paragraaf 5.2.5). In Rode draad 3 [ref. 1] en 8 [ref. 3] zijn geen handvatten gegeven voor de afleiding van de veiligheidsfactor bij overslag in zone 2 en 3. Conservatief is aangenomen dat de minimale veiligheidsfactoren in zone 2 en 3 gelijk zijn aan de minimale veiligheidsfactor in zone 1.

Zone-definitie

De drie zones zijn voor de deelgebieden Polder, Wierum west en Wierum oost als volgt gedefinieerd, waarbij het intreden van het glijvlak is beschouwd (Afbeelding 5.5):

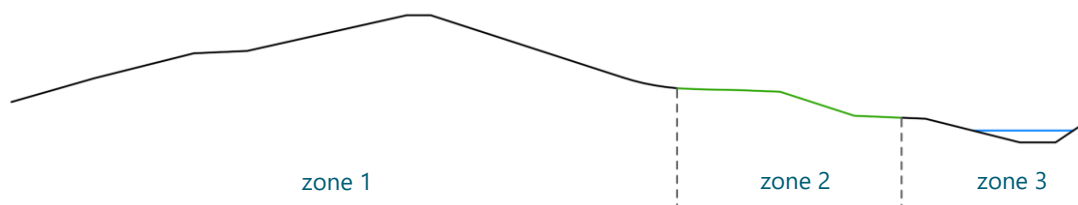
- zone 1: van buitenteen tot 2 m na knikpunt binnentalud en binnenberm;
- zone 2: 2 m vanaf knikpunt binnentalud en binnenberm tot 2 m voor knikpunt binnenberm en sloottalud;
- zone 3: 2 m voor knikpunt binnenberm en sloottalud tot en met achterland.

Voor de overige deelgebieden geldt:

- zone 1: van buitenteen tot knikpunt binnentalud en binnenberm;
- zone 2: vanaf knikpunt binnentalud en binnenberm tot 5 m in landwaartse richting;
- zone 3: vanaf zone 2 tot achterland.

Het onderscheid tussen de deelgebieden is opgesteld op basis van de geometrie van het ontwerp. In de deeltrajecten Polder, Wierum west en Wierum oost wordt een nieuwe binnenberm aangebracht. In de overige doorsneden zijn geen of slechts beperkte versterkingsmaatregelen voor STBI voorzien.

Afbeelding 5.5 Zone-definitie



5.2.8 Veiligheidsfactoren

STBI en STBU

Het ontwerp is voor de faalmechanismen STBI en STBU getoetst conform de waarden in de volgende tabel. Voor de bepaling van de veiligheidsfactoren is gebruik gemaakt van de WBI-schadefactorformule. In Rode

draad nr. 8 van het Adviesteam Dijken [ref. 3] is opgenomen dat deze formule niet toepasbaar is voor ondiepe glijvlakken¹ in de situatie bij overslag.

In zone 1 en 2 worden doorgaans alleen diepe glijvlakken gevonden, waardoor de WBI-schadefactorformule wel toepasbaar is. Voor zone 3 is in de situatie zonder overslag een veiligheidsfactor van 1,00 gehanteerd. In de situatie met overslag wordt voor zone 3 dezelfde veiligheidsfactor als in zone 1 en 2 gehanteerd (0,99). Deze waarde ligt dicht bij de veiligheidsfactor zonder overslag.

Tabel 5.5 Veiligheidsfactoren voor STBI en STBU

Toetsspoor	Schade- factor γ_n (-)	Model- factor γ_d (-)	Schematiserings- factor γ_b (-)	Veiligheids- factor zone 1 (eis) (-)	Veiligheids- factor zone 2 (eis) (-)	Veiligheids- factor zone 3 (eis) (-)
STBI zonder overslag	1,10	1,06	1,10	1,28	1,20	1,00
STBI met overslag	0,85	1,06	1,10	0,99	0,99	0,99
STBU	1,03	1,06	1,10	1,20	-	-

STMI en GABI

Voor de faalmechnismen STMI en GABI is een minimale waarde van de veiligheidsfactor gelijk genomen aan de eis voor zone 1 voor STBI, scenario zonder significante golfoverslag (1,28). Deze waarde is conservatief, omdat bij het optreden van STMI of GABI doorgaans nog reststerkte aanwezig is. Daarnaast wordt bij GABI gekeken naar het scenario met significante overslag. In dit scenario mag rekening gehouden worden met de kans van voorkomen van overslag. Deze kans is om pragmatische redenen niet in rekening gebracht. Bij GABI worden ondiepe afschuivingen beschouwd. In Rode draad nr 8 [ref. 3] is aangegeven dat de WBI-schadefactorformule niet toepasbaar is voor ondiepe glijvlakken in het scenario met overslag. Daarmee is er geen eenvoudige methode beschikbaar om de kans in rekening te brengen, anders dan een probabilistische analyse uit te voeren. Indien de waterkering net op GABI wordt afgekeurd, dan wordt er een aanvullende analyse overwogen.

5.2.9 Minimale diepte glijcirkel

Er is gekozen voor een minimale diepte van het glijvlak van 1 m in combinatie met het toepassen van een cohesie van 5 kPa in de bovenste meter van het sloottalud in de beoordeling van het faalmechanisme STBI. Deze waarden zijn gekozen, omdat bij ondiepere vlakken het vaak gaat om 1 van de 2 volgende gevallen:

- glijvlak door het talud van de sloot;
- ondiep glijvlak door de bekleding van de dijk.

Bij een ondiep glijvlak door het talud van de sloot geldt dat deze geen effect heeft op de veiligheid van de kering, het glijvlak is klein waardoor de verplaatsing van materiaal zeer beperkt is en dus geen invloed zal hebben op de evenwichtsbeschouwingen van grotere cirkels.

Bij een ondiep glijvlak door het talud, is er eigenlijk sprake van bezwijken van de bekleding en niet van een probleem met macrostabiliteit. De aanname is dat de sterkte van de bekleding en (zowel erosie als stabiliteit) in meer detail en met passender methodes wordt beschouwd in de toetssporen voor de bekleding (en de daarbij behorende faalkansruimte).

¹ In het ontwerp is aangenomen dat ondiepe glijvlakken niet door de natuurlijke ondergrond gaan.

5.2.10 Verkeersbelasting

Binnen het faalmechanisme STBI in zone 2 is een verkeersbelasting van 13,3 kN/m² en 2,50 m breed toegepast op het onderhoudspad in de binnenberm. De belasting is geplaatst op een afstand van 7,20 m uit het knippunt binnentalud en binnenberm, zodat de belasting reikt tot aan de kant van de weg aan de polderzijde. Bij doorsneden met daarin de Nesserwei is een afstand van 10,00 m aangehouden.

Voor de berekeningen van de stabiliteit van zone 1 is geen verkeersbelasting aangehouden, aangezien deze gunstig zou werken.

5.2.11 Dijkopgangen

In de rekenkundige beoordeling van het faalmechanisme STBI zijn de locaties met een dijkopgang separaat doorgerekend. De betreffende vakken zijn aangegeven in Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Locaties met een dijkopgang

Start (km)	Eind (km)	Omschrijving
43,00	43,10	dijkopgang buitenzijde
44,15	44,25	dijkopgang buitenzijde
44,55	44,65	dijkopgang buitenzijde
46,20	46,30	dijkopgang buitenzijde
46,450	46,60	dijkopgang buitenzijde, NB: snede 46,5 is wel toegepast als rekensnede, de inpassing van deze snede moet nog worden ontworpen
49,75	49,85	dijkopgang buitenzijde
51,85	52,00	dijkopgang binnen- en buitenzijde, NB: snede 51,9 is wel toegepast als rekensnede, de inpassing van deze snede moet nog worden ontworpen
53,60	53,70	dijkopgang binnenzijde

6

BEKLEDINGEN

6.1 Algemene opbouw buitentalud bestaande situatie

De bestaande bekledingsopbouw op het buitentalud is grofweg als volgt:

- vanaf de teen tot een niveau van circa NAP +2,0 à +2,5 m: steenzetting;
- hierboven tot een niveau van circa NAP +6,5 à +7,0 m: waterbouwasfaltbeton (WAB);
- hierboven een strook: steenzetting, bestaande uit doorgroeitiegels, klinkers of betontegels;
- daarboven grasbekleding op klei tot en met de kruin.

6.2 Breuksteen

6.2.1 Losgestort

De overgang tussen de steenzetting en het voorland bestaat in het ontwerp in vrijwel alle deeltrajecten uit een breukstenen teenconstructie of een breukstenen overlaging. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd voor het breuksteen:

- soortelijke gewicht van tenminste 2600 kg/m³;
- minimale gradering van de toplaag is 10-60 kg;
- maximale gradering van de toplaag is 60-300 kg;
- standaard sorteringen NEN-EN-13383-1 conform BO42 en BO43 in ROW [ref. 13];
- minimale laagdikte twee keer $D_{n50, \text{gem}}$ én tenminste 0,125 m conform BO39 in ROW [ref. 13];
- (wind)golfbelasting is de maatgevende belasting. Belasting door langsstroming, scheepsgolven en (kruie)nd ijs zijn niet beschouwd;
- waar mogelijk worden koperslabblokken toegepast volledig afgedekt en onder in de teenbestorting;
- het voorland is voldoende stabiel indien deze zowel begroeid is als beschermd met voorlanddam. Dit is het geval bij 't Skoar tussen km 46,06 en km 47,40. Hier is geen teenconstructie nodig;
- breuksteen wordt overlaagd met grond van minimaal 0,20 m dik op plekken waar momenteel voorland aanwezig is en waar een bestorting wordt aangebracht (km 47,40 - 47,70, km 49,90 - 50,90 en km 53,75 - 54,40). De toplaag van de aan te brengen grond bestaat zoveel mogelijk uit de toplaag die eerder van het bestaande voorland is afgefreesd en in depot is gezet.

Verder is op basis van beschikbare bestekstekeningen de aanwezigheid van de bestaande teenconstructie in de vorm van een steenbestorting vastgesteld en weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 6.1 Bestaande teenconstructie in de vorm van een bestorting

Van (km)	Tot (km)	Bestaande teenconstructie aanwezig?
42,90	43,77	nee
43,77	43,78	ja
43,78	46,00	nee

Van (km)	Tot (km)	Bestaande teenconstructie aanwezig?
46,00	46,06	ja
46,06	47,40	nee
47,40	49,90	ja
49,9	51,39	nee
51,39	53,76	ja
53,76	54,40	nee

6.2.2 Gepenetreerd

De voorlanddam ter plaatse van km 47,40 wordt versterkt door het aanbrengen van een nieuwe bekleding van gepenetreerde breuksteen. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd voor gepenetreerde breuksteen:

- soortelijke gewicht breuksteen van tenminste 2600 kg/m³;
- gradering van de toplaag is 10-60 kg met een laagdikte van 0,50 m;
- (wind)golfbelasting is de maatgevende belasting. Belasting door langsstroming, scheepsgolven en (kruierend) ijs zijn niet beschouwd;
- waar mogelijk worden koperslabblokken toegepast volledig afgedekt en onder in de teenbestorting;
- gepenetreerde breuksteen wordt overlaagd met grond van minimaal 0,30 m dik. De toplaag van de aan te brengen grond bestaat zoveel mogelijk uit de toplaag die eerder van de bestaande voorlanddam is afgefreesd en in depot is gezet.

6.3 Zetsteen

6.3.1 Bestaand

Op het traject TPM is in vrijwel elke doorsnede een type steenzetting aanwezig aan de onderzijde (tabel 6.2) en bovenzijde (

Tabel 6.3) van de asfaltbekleding. Verder is op basis van beschikbare bestekstekeningen de aanwezigheid van mijnsteen als onderlaag van de zetsteenbekleding vastgesteld (Tabel 6.4).

Tabel 6.2 Steenzettingen in dijktraject TPM, aan de onderzijde van de asfaltbekleding

Van (km)	Tot (km)	Type (-)
42,90	44,25	basalt
42,90	44,25	basalt, gepenetreerd met gietasfalt
44,25	46,10	basalt
44,25	46,05	basalton
44,25	46,10	basalton, gepenetreerd met gietasfalt
46,10	47,45	koperslabblokken
47,45	49,95	koperslabblokken, overlaagd met breuksteen en elastocoast
47,45	49,95	breuksteen
47,45	49,95	Elastocoast
49,95	50,90	koperslabblokken

Van (km)	Tot (km)	Type (-)
50,90	54,20	koperslakblokken
54,20	54,40	koperslakblokken

Tabel 6.3 Steenzettingen in dijktraject TPM, aan de bovenzijde van de asfaltbekleding

Van (km)	Tot (km)	Type (-)
42,90	54,40	klinkers

Tabel 6.4 Aanwezigheid mijnsteen

Van (km)	Tot (km)	Mijnsteen aanwezig?
42,90	47,60	nee
47,60	49,90	ja
49,90	50,90	nee
50,90	54,40	ja

De locatie en het type van de verschillende bekledingenvlakken is samengesteld uit meerdere bronnen. Bekledingen die voldoen, worden (indien mogelijk en doelmatig) gehandhaafd. Bijvoorbeeld zetsteenbekleding welke tot een bepaald niveau voldoet, wordt binnen het bekledingsvak niet vervangen.

6.3.2 Ontwerp

Voor het ontwerp is gekozen voor Basalton+ (soortelijk gewicht: 2300 kg/m³). Dit is een relatief standaard zetsteentype. Mogelijk wordt in de realisatiefase een ander type toegepast. De volgende opbouw is gehanteerd in het ontwerp:

- toplaag: Basalton+ (minimale zuilhoogte 0,30 m);
- filterlaag: 0,10 m (+0,05 m uitvoeringstolerantie);
- geotextiel;
- onderlaag:
 - >NAP +1 m: klei 0,80 m cat. 2;
 - <NAP +1 m: hydraulisch menggranulaat (vanwege uitvoering);
- mijnsteen: indien terplekke aanwezig volledig hergebruiken, dikte variabel.

Voor de laagste onderkanthoogte van de zetsteenbekleding is NAP +0,80 m gehanteerd in verband met uitvoerbaarheid. De overgangshoogte tussen zetsteen en asfalt ligt op NAP +3,50 m voor het zichtjaar 2080. Verder is de zuilhoogte per deeltraject bepaald om zo niet te veel te variëren in de lengterichting.

6.4 Asfalt

6.4.1 Bestaand

In het traject TPM is over de gehele lengte een asfaltbekleding aanwezig op het buitentalud (tabel 6.5). De asfaltbekleding bestaat uit waterbouwasfaltbeton (WAB). De huidige asfaltbekleding binnen TPM is afgekeurd en wordt volledig vervangen.

Tabel 6.5 Locatie asfaltbekledingsvlakken waterbouwasfaltbeton

Van (km)	Tot (km)	Asfaltbekledingsvlak (-)	Type asfalt (-)	Jaar van aanleg (jaartal)
42,90	46,10	asfalt 1976	WAB	1976
46,10	49,70	asfalt 1975	WAB	1975
49,70	54,40	asfalt 1974a	WAB	1974

6.4.2 Ontwerp

De volgende opbouw is gehanteerd in het ontwerp:

- slijtlaag: nader te bepalen in overeenstemming met beheer;
- toplaag: minimaal 0,15 m waterbouwasfaltbeton. De minimale laagdikte van de toplaag is 0,15 m voor incidentele verkeersbelasting [ref. 15];
- funderingslaag:
 - polder: minimaal 0,40 m hydraulisch menggranulaat;
 - overige deeltrajecten: minimaal 0,30 m hydraulisch menggranulaat.

6.5 Gras

In het traject TPM is over de gehele lengte een grasbekleding aanwezig op het boventalud aan de buitenzijde, de kruin en de binnenzijde. Voor de faalmechanismen GEKB en GEBU is de graskwaliteit van belang. De graskwaliteit wordt aangeduid met drie verschillende categorieën (van slechte kwaliteit naar goede kwaliteit):

- fragmentarische zode;
- open zode;
- gesloten zode.

In de prestatieafspraken van Wetterskip Fryslân is vastgelegd dat een grasmat met gesloten zode wordt nagestreefd. Momenteel ligt er op de Waddenzeedijk over grote delen een gesloten zode. In het ontwerp wordt de klimaatverandering meegenomen en volgens de huidige inzichten leidt klimaatverandering niet alleen tot hogere belastingen op de dijk, maar waarschijnlijk ook tot drogere zomers en hogere temperaturen. Op basis van de droge en hete zomers van 2018 en 2019 is gebleken dat het gras op delen door verbranding afsterft. Waarschijnlijk kan op termijn niet meer te allen tijde op de grasmat vertrouwd worden, met name op de kruin en het binnentalud. In het ontwerp is daarom uitgegaan van open zode voor de graskwaliteit.

Het grasmengsel dient geschikt te zijn voor schapenbeweiding en worden afgestemd met beheer. Uitgangspunt is de huidige situatie, hierbij wordt de huidige bekleding teruggebracht en het huidige beheer van de grasbekleding gehandhaafd. Uitzondering hierop is de kruidenrijke vegetatie die op een aantal trajecten aan de binnenzijde wordt gerealiseerd.

Bij de overgang van hard naar zacht worden doorgroeistenen toegepast.

6.6 Klei

6.6.1 Bestaand

De volgende uitgangspunten gelden voor de bestaande kleikleding:

- **laagdikte:** in hoeveelhedenraming zijn de volgende laagdiktes aangehouden:
 - deeltraject Polder (waar de oude zeekering aan de buitenzijde zit):
 - buitentalud: 1,00 m;
 - kruin: 1,50 m;
 - binnentalud: 1,00 m;
 - bermtalud: 0,40 m;
 - overige deeltrajecten (waar de oude zeekering aan de binnenzijde zit):
 - buitentalud: 0,80 m;
 - kruin: 0,80 m;
 - binnentalud: 0,60 m;
 - bermtalud: 0,40 m.

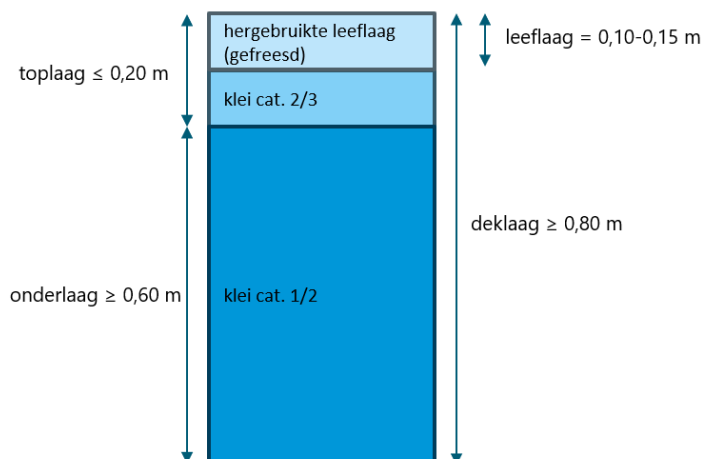
De aangehouden laagdiktes zijn conservatief. Tijdens het geotechnische veldonderzoek is doorgaans een laagdikte van 1,00 m aangetroffen op het binnentalud [ref. 26]. Ook op locaties waar 0,60 m tot 0,80 m werd verwacht:

- **kleikwaliteit:** uitgangspunt is dat de kleikwaliteit categorie 3 is. De aangehouden kleikwaliteit is mogelijk niet conservatief. 8 van de 56 beproefde monsters voldeed niet aan categorie 3. De overige 48 monsters wel [ref. 26]. Doordat er waarschijnlijk meer klei beschikbaar komt (grotere laagdikte dan aangenomen), is de verwachting dat met de aangenomen kleilaagdiktes en kleikwaliteit voldoende conservatief is gerekend in de hoeveelhedenraming;
- **hergebruik:** alle vrijkomende klei uit de bekledingen wordt hergebruikt in de dijk, ongeacht de erosieklasse. De klei wordt hergebruikt:
 - in de toplaag (Afbeelding 6.1);
 - als kernmateriaal (tussen deklaag en oude zeekering);
 - in de opgangen;
 - in de berm, binnendijs van het onderhoudspad.

6.6.2 Ontwerp

De vereiste deklaag opbouw is weergegeven Afbeelding 6.1 en beschreven in Tabel 6.6.

Afbeelding 6.1 Opbouw deklaag



Tabel 6.6 Opbouw deklaag

Laag	Ontwerpeis
leeflaag	0,10 tot 0,15 m hergebruikte leeflaag (gefreesd)
toplaag (inclusief leeflaag)	maximaal 0,20 m, hergebruikte leeflaag aangevuld met kleicategorie 2 of 3
onderlaag	minimaal 0,60 m, kleicategorie 1 of 2
totale deklaag (toplaag en onderlaag)	minimaal 0,80 m

De onderbouwing van de vereiste deklaag opbouw is als volgt:

- *toplaag voor substraatfunctie*: voor substraatfunctie voor het gras is een toplaag nodig. Voor het aanslaan van het gras, wordt de bestaande leeflaag (bovenste 0,10-0,15 m) gefreesd en hergebruikt. Dit is de bovenste laag en is onderdeel van de toplaag. De toplaag wordt aangevuld met klei (categorie 2 of 3) tot maximaal 0,20 m;
- *onderlaag voor erosiebestendigheid*: voor de erosiebestendigheid van de grasbekleding is een onderlaag nodig van erosiebestendige klei (categorie 1 of 2). De onderlaag is minimaal 0,60 m dik;
- *deklaag en overdikte tegen graverij*: voor overdikte tegen graverij (door de deklaag tot de zandkern) is een toplaag nodig, waarmee de totale laagdikte (toplaag + onderlaag) minimaal 0,80 m is. Uitzondering hierop is de aan te leggen strook tussen de binnenberm en de watergang voor de deeltrajecten Polder, Wierum west en Wierum oost. Hier geldt een minimale dikte van 0,40 m.

Indien er maatregelen zijn op het binnentalud, wordt de deklaag opgebouwd conform Afbeelding 6.1. Indien er geen maatregelen aan de binnenzijde worden genomen, dan voldoet de huidige gras op kleibekleding en wordt deze gehandhaafd indien mogelijk en doelmatig.

REFERENTIES

- 1 Adviesteam dijkontwerp (2021). Rode Draad # 3: Werkwijze falen door macrostabiliteit. 21 juni 2021, versie 1.
- 2 Adviesteam dijkontwerp (2024). Rode Draad # 6: Omgang met klimaatscenario's bij het ontwerp. 26 maart 2024, versie RD6-1.
- 3 Adviesteam dijkontwerp (2024). Rode Draad # 8: Uitwerking STBI bij overslag. 4 september 2024, versie RD8-1.
- 4 Deltares (2015). Handreiking dijkbekledingen, deel 1 algemeen.
- 5 Hijma et al. (2022). Bodemdalingsmonitor 2022 - Kustfundament en getijdenbekkens (deel 2). Deltares rapport 11208035-003-ZKS-0003: 25.
- 6 HKV (2024). Antwoord op vraag via Helpdesk Water m.b.t. stormverloop bij Harlingen. Memo PR4661.10, d.d. 31 januari 2024.
- 7 KNMI (2006). [Brochure KNMI'06-klimaatscenario's: Klimaat in de 21e eeuw; vier scenario's voor Nederland.](#)
- 8 Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014.
- 9 Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017). Bijlage III - Sterkte en veiligheid.
- 10 Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018). KPR factsheet werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4.
- 11 Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2023). Handleiding overstromingskansanalyse BOI.
- 12 Rijkswaterstaat (2013). Kenmerkende waarden - Getijgebied 2011.0, datum: 22 juli 2013, status: definitief.
- 13 Rijkswaterstaat, 2023. Richtlijn Ontwerp Waterbouw, versie 2.2 november 2023.
- 14 TAW (2001). Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies.
- 15 TAW (2002). Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren.
- 16 Wettenbank (2024). Omgevingswet: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037885/2024-01-01/0>.
- 17 Wetterskip Fryslân (2017), ontvangen d.d. 25 januari 2017. 'Bestekstekeningen' (map met gescande bestekstekeningen).
- 18 Wetterskip Fryslân (2024). Beleidsregels Integrale Legger en Waterschapsverordening.
- 19 Wetterskip Fryslân (2020). Versterking Waddenzeedijk Koehool-Lauwersmeer, Aanpak toetsspoor GEKB binnen nadere veiligheidsanalyse.
- 20 Witteveen+Bos (2017). Analyse morfologische dynamiek en stroomsnelheden voorland. referentie: LW344-37/17-010.187.
- 21 Witteveen+Bos (2019). Onderbouwing 3D-model nulsituatie dijkversterking Koehool-Lauwersmeer. referentie: LW344-37/19-008.971.
- 22 Witteveen+Bos (2020). Logboek knikpuntenanalyse - faalmechanisme golfklappen op asfaltbekleding (AGK), referentie: LW344-37/20-012.792.
- 23 Witteveen+Bos (2024). Bodemdaling en terminologie hoogtes, referentie: 131580/24-001.347.
- 24 Witteveen+Bos (2025). Planuitwerking Waddenzeedijk Ternaard | Peazens-Moddergat, Verhaal van de kering.
- 25 Witteveen+Bos (2025). Planuitwerking Waddenzeedijk Ternaard | Peazens-Moddergat, Basisrapport geohydrologie.
- 26 Witteveen+Bos (2025). Planuitwerking Waddenzeedijk Ternaard | Peazens-Moddergat, Basisrapport geotechniek.

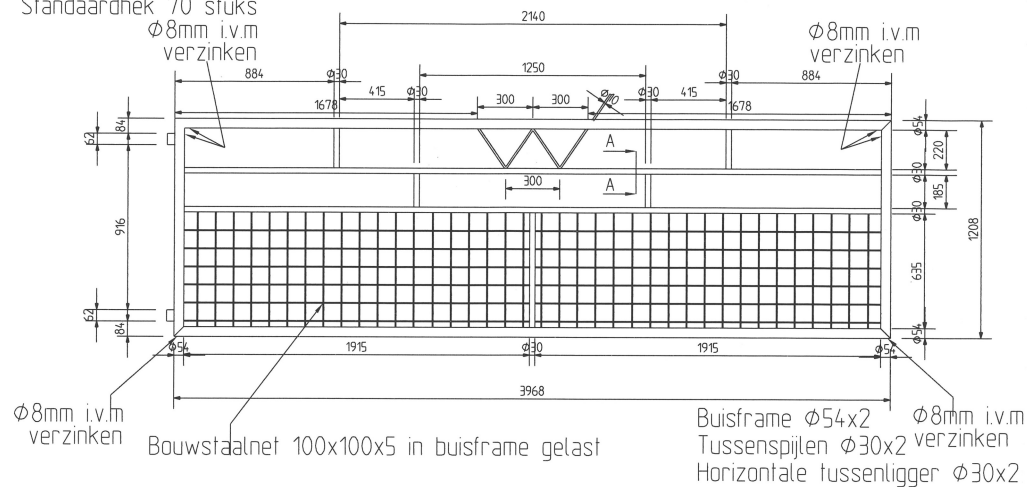
Bijlage(n)

BIJLAGE: TEKENINGEN

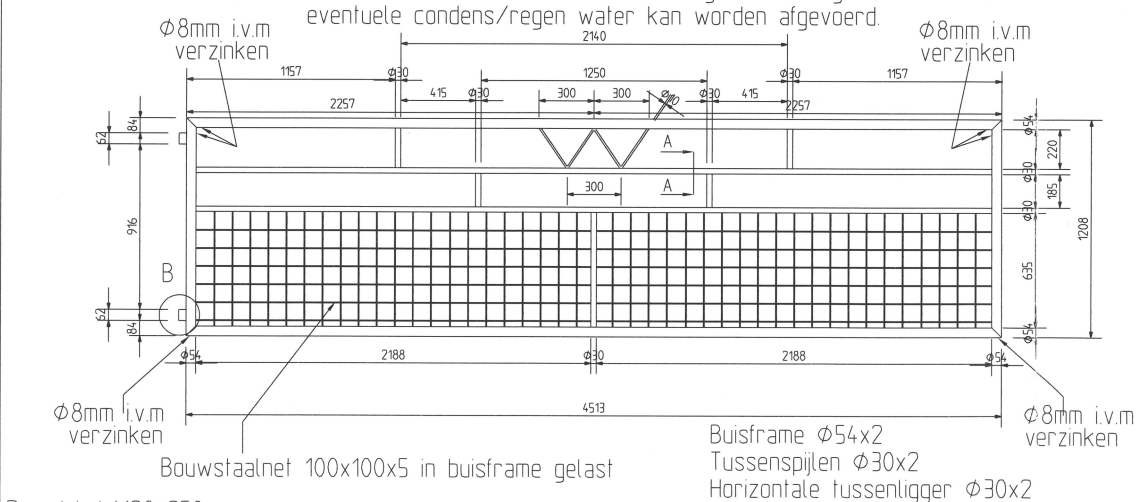
Tabel I.1 Tekeningenlijst beheer

Nr.	Omschrijving
-	Pg Algemeen Landhekken t.b.v. div. poldergemalen
2-40-4-03	standaardisatie primaire keringen, poorten in de langs- en dwarsafrastering, vooraanzicht, bovenaanzicht en detail
N364	zelfsluitend hek type OOIJ
2-40-4-03	standaardisatie primaire keringen, langsafrastering, diverse type, vooraanzicht, bovenaanzicht en detail
2-40-4-01	standaardisatie primaire keringen, taludtrappen, enkel en dubbel, vooraanzicht, bovenaanzicht en detail
06 Weidepoort op polderdijk	regionale waterkering weidepoort op polderdijk, standaarden boezem

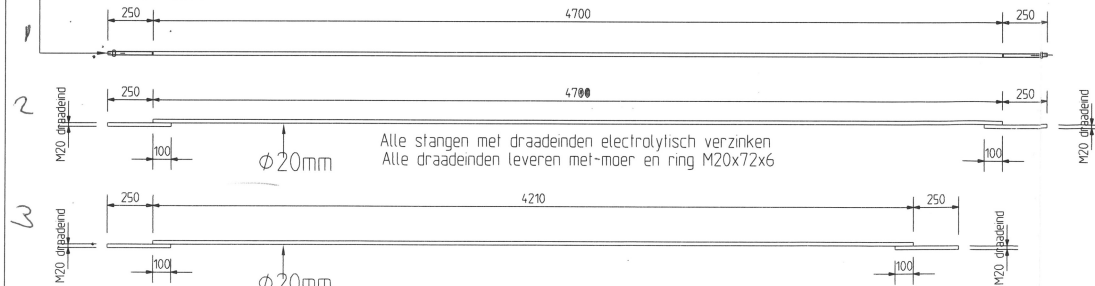
Standaardhek 70 stuks
 $\phi 8\text{mm}$ i.v.m
 verzinken



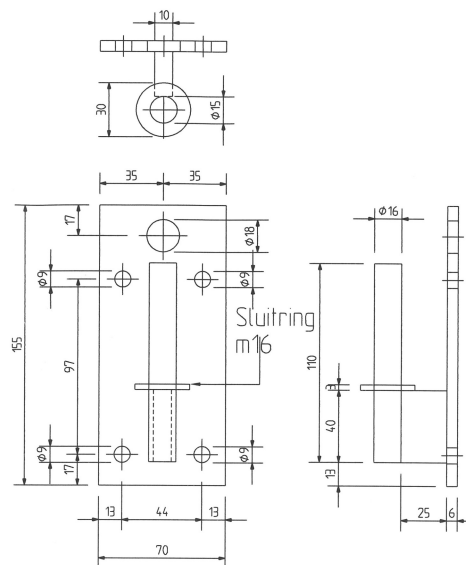
Standaardhek 280 stuks



Draadeind M20x250



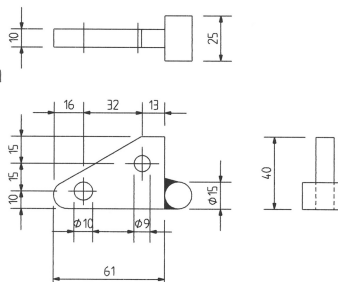
Materiaal van de op de tekening staande onderdelen staal thermisch verzinkt
 Tenzij anders wordt aangegeven



Scharnierpen
 Schaal 1:2

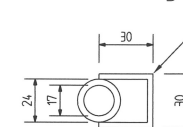
Alle uiteinden tussenspijlen $\phi 30$
 op deze manier uithoeken i.v.m het
 verzinken.

Doorsnede A-A

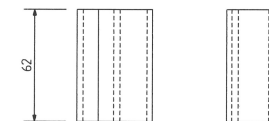


Detail A Schaal 1:2

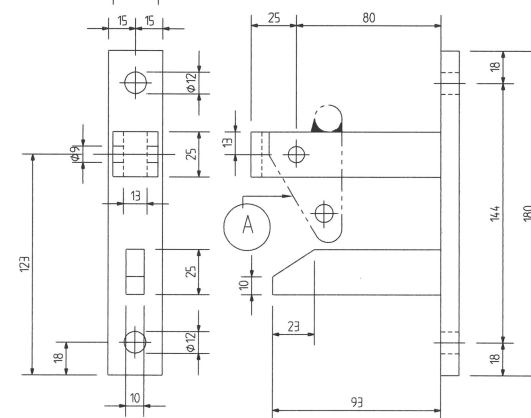
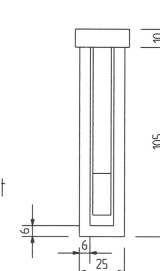
Koudgewalst U 30x30x3



Scharnierbus
 Schaal 1:2
 Detail B

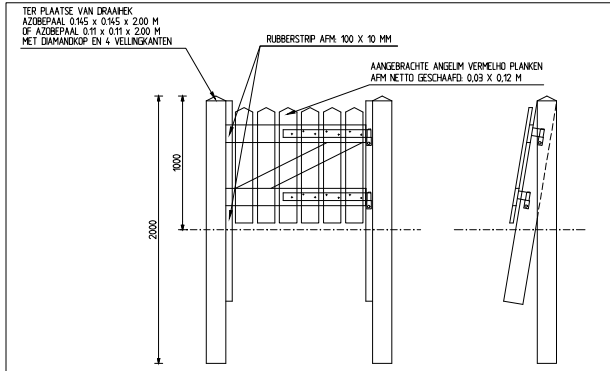


Sluiting
 Schaal 1:2



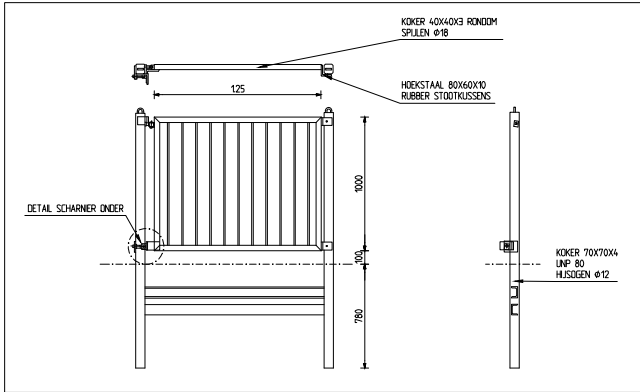
REVISIE				Pg Algemeen									
DATUM	PAR.	GM		Landhekken t.b.v. div poldergematen									
2-10-10	GM			GET:	GEAL:	GE:	AFD.HFD:	GEW:	GEW:	GEW:	FORM:	A2	
25-10-10	GM			GM							SCHAAL:	120	
12-11-10	GM			29-9-10							BESTEK:		
				TER. No.							BLAD:	IN	BLADEN

WETTERSKIP
 FRYSLAN



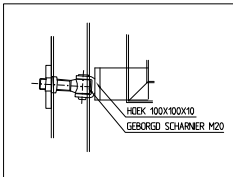
DRAAIPOORT TYPE KLAPHEK (ZELFSLUITEND) – HOUT
SCHAAL 1 : 50

OPMERKING:
HERTOE DIENEN IN DE AFRASTERING 2 VERTIKALE PALEN VAN AZOBE, ELK MET EEN DAARNAAN GEKOPPELDE SCHORPAAI AFM 0,145 X 0,145 X 2,00 M TE WORDEN AANGEBRACHT OP EEN ONDERLINKE AFSTAND VAN CA. 100 M.
OP SCHORPAAI AFM 0,11 X 0,11 X 2,00 M TE WORDEN AANGEBRACHT OP EEN ONDERLINKE AFSTAND VAN CA. 100 M.
DE VERTIKALE PALEN TE LOOD AANBRENGEN MET BOVENKANT PAAL OP 100 M BOVEN HET MAANVELD.
DE PALEN DIENEN 4 ZUIDIG GESCHAAFD TE ZIJN EN VOORZIJN 4 VELLINGKANTEN 5 X 5 MM. DE VERTIKALE PALEN DIENEN TEVENS TE ZIJN VOORZIJN VAN EEN DIAMANTKOP.
DE POORT DIENT TE BESTAAN UIT EEN ENKELE DRAAIPOORT BESTAANDE UIT 6 VERTIKAAL EN 2 HORIZONTAAL AANGEBRACHTE ANGEÏM VERMELOD PLANEN EN EEN SCHORP. AFM NETTO GESCHAAFD 0,03 X 0,12 M.
DE 2 HORIZONTAAL AANGEBRACHTE PLANEN DIENEN ZOONNE VAN LENGTE TE ZIJN DAT DEZE KUNNEN DIENEN ALS AANSLAG OP SCHORPAAI.
OP DE UITZIJNEN VAN DE HORIZONTALE PLANEN DIENT TEN BEHOEVE VAN DE AANSLAG OP DE SCHORPAAI EEN VOLLEDIGE LANGE RUBBERSTRIP TE WORDEN AANGEBRACHT. AFM 100 X 10 MM.
ALLE PLANEN DIENEN 4 ZUIDIG GESCHAAFD TE ZIJN EN VOORZIJN VAN VELLINGKANTEN.

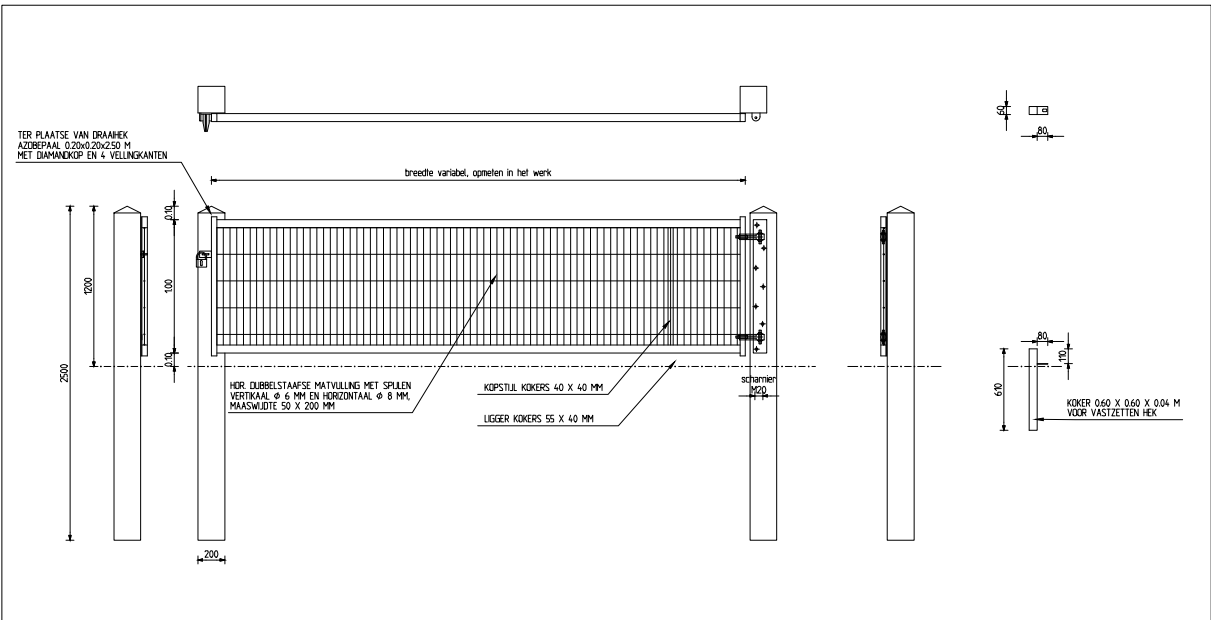


DRAAIPOORT TYPE KLAPHEK (ZELFSLUITEND) – THERMISCH VERZINKT
SCHAAL 1 : 50

OPMERKING:
HERTOE DIENEN IN DE AFRASTERING 2 PALEN VAN AZOBE, AFM 0,145 X 0,145 X 2,00 M TE WORDEN AANGEBRACHT OP EEN ONDERLINKE AFSTAND VAN CA. 125 M.
DE PALEN TE LOOD AANBRENGEN MET BOVENKANT PAAL OP 115 M BOVEN HET MAANVELD.
DE PALEN DIENEN 4 ZUIDIG GESCHAAFD TE ZIJN EN VOORZIJN VAN EEN DIAMANTKOP EN 4 VELLINGKANTEN 5 X 5 MM.
DE POORT DIENT TE BESTAAN UIT EEN ENKELE DRAAIPOORT BESTAANDE UIT EEN FRAME VAN KOKERS 40 X 40 X 3 MM.
HET FRAME DIENT TE ZIJN VOORZIJN VAN SPULLEN VERTIKAAL Ø 12 MM.
EVENTUEEL FRAME EN AZOBEPAAL VERBODEN MET SLOTBOUT 220 MM.



DETAIL SCHARNIER ONDER
SCHAAL 1 : 00



VOORAANZICHT DRAAIPOORT TYPE LANDHEK 1
SCHAAL 1 : 50

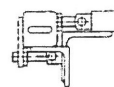
OPMERKING:
HERTOE DIENEN IN DE AFRASTERING 2 PALEN VAN AZOBE, AFM 0,20 X 0,20 X 2,50 M TE WORDEN AANGEBRACHT OP EEN ONDERLINKE AFSTAND AFHANKELIJK VAN DE BREEDTE VAN DE BENOODE DRAAIPOORT.
DE PALEN TE LOOD AANBRENGEN MET BOVENKANT PAAL OP 120 M BOVEN HET MAANVELD.
DE PALEN DIENEN 4 ZUIDIG GESCHAAFD TE ZIJN EN VOORZIJN VAN EEN DIAMANTKOP EN 4 VELLINGKANTEN 5 X 5 MM.
DE POORT DIENT TE BESTAAN UIT EEN ENKELE DRAAIPOORT BESTAANDE UIT EEN VERSTERKT FRAME VAN KOPSTIJL KOKERS 40 X 40 MM EN LIEGER KOKERS 55 X 40 MM.
HET FRAME DIENT TE ZIJN VOORZIJN VAN EEN HORIZONTALE DOUBBELSTAANSE MATVULLING MET SPULLEN VERTIKAAL Ø 6 MM EN HORIZONTAAL Ø 8 MM, MAASWIDTE 50 X 200 MM.
DE EXAKTE MAATVOERING VAN DE DRAAIPOORT DIENT NADER IN HET VELD TE WORDEN BEPAALD.
TEN BEHOEVE VAN DE DRAAIPOORT TYPE LANDHEK DIENT EEN PASSENDE VOORZIENING TE WORDEN AANGEBRACHT ZO DAT HET HEK IN OPENSTANDE STAND NIET DOORHANGT OF DIENTWAAT.

ALGEMEEN :
ALLE TYPEN LANGS- EN DWARSRAFTERING DIENEN PASSEERBAAR TE ZIJN VOOR ONDERHOUDSMATERIEEL, VOERTUIGEN EN/OF PERSONEN. HERTOE DIENEN THERMISCH VERZINKTE STALEN OF HOUTEN DRAAIPOORTEN, HOOG 100 M TE WORDEN AANGEBRACHT IN DEZE AFRASTERINGEN.
ALLE DRAAIPOORTEN BEVESTIGEN AAN/OP DE AZOBE, DRAAIPOORTEN MET BEHULP VAN PASSENDE THERMISCH VERZINKT HANG- EN SLUITWERK, DE SCHARNIER- EN AANSLAGCONSTRUCTIE DIENT PASSEND TE ZIJN OP DE REDE PALEN VAN AZOBE, ZOONDER DAT DE DRAAIPOORTEN TE ALLEN TIJDEN ZELFSLUITEND ZIJN ONDER TOEPASSING VAN EEN HULPCONSTRUCTIE, ZAKS BIJVOORBEELD EEN LUNGER OF VEER.
ALLE STALEN ONDERDELEN VAN DE DRAAIPOORTEN IN DE AFRASTERINGEN ZAKS HANG- EN SLUITWERK, BEVESTIGINGSMODELEN EN DE AAN TE BRENGEN POORTEN ZELF IN/AN HET KLAPHEK TYPE HOUT DIENEN THERMISCH VERZINKT TE ZIJN MET MINIMALE Dikte 3MM, EVENTUEEL SCHROEFFRAGEN ONAFHANGIG VAN HET.
ALLE THERMISCH TE VERZINKEN ONDERDELEN VERZINKEN CONFORM EN ISO 1461.

REVISIE		STANDAARDISATIE PRIMAIRE KERENGEN									
DATUM	PAR.	POORTEN IN DE LANGS- EN DWARSRAFTERING									
VOORAANZICHT, BOVENAANZICHT EN DETAIL											
		DET.	DECAI.	DEE	AFD/HTD	DEW	DEW	DEW	STATUS		
		J.P.	J.P.						FORM. A-1		
		30-04-2022-12-20							SCHAAL: 1 : 100, 1 : 50		
		OBJECT:		DISCIPL.				BESTEK:			
		TEK. No.		2-40-4-03						BLAD: 1 IN 1 BLADEN	

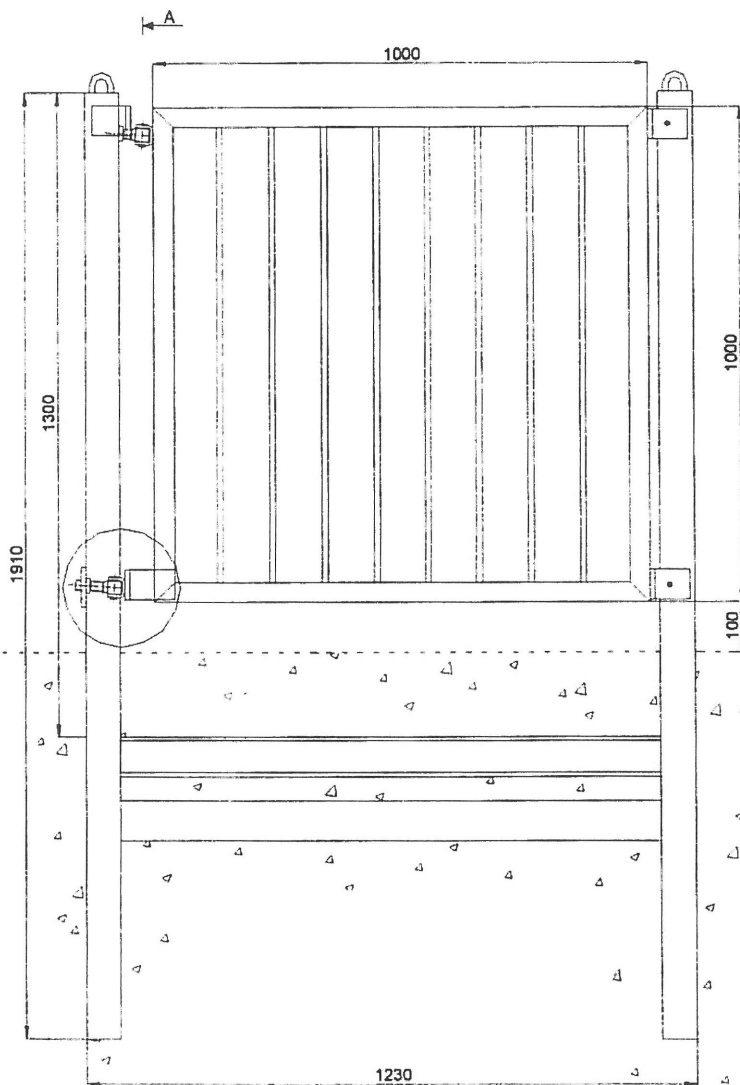


Bijlage 2: Detail Klaphek



Hekwerk:
- koker 40x40x3 rondom
- spijlen Ø12

Hoekstaal 80x80x10
Rubber stootkussens

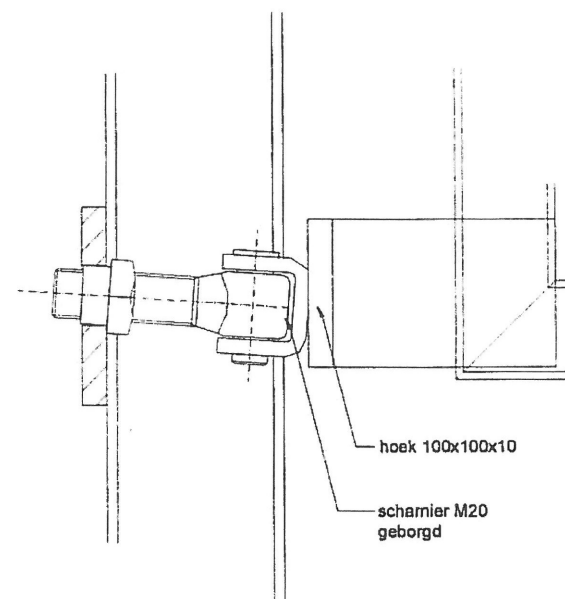


A-A



Frame:
- koker 70x70x4
- UNP 80
- hijsogen Ø12

detail scharnier onder



hoek 100x100x10

scharnier M20
geborgd

toelichting:
- hekwerk volledig thermisch verzinkt

benaming:
Zelfsluitend hek type OOIJ

opdrachtgever:



Handelsweg 8
8152 BN Lemelerveld
Tel.: (0572) 37 23 78
Fax: (0572) 37 25 48

get: N. Hoogeslag

datum:

schaal: 1:10

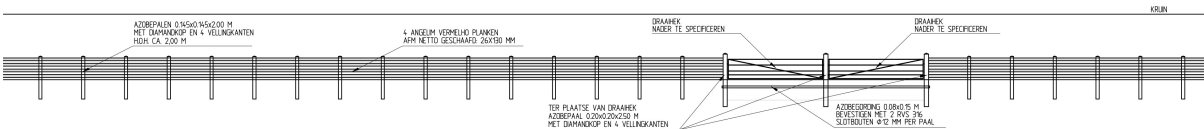
teknr:

formaat: A3

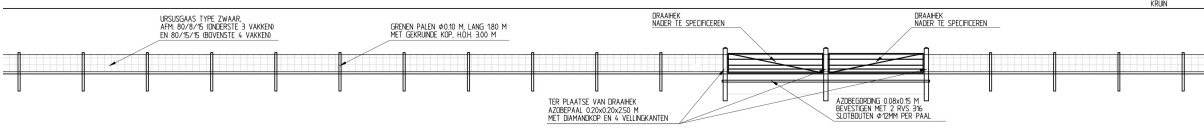
N364



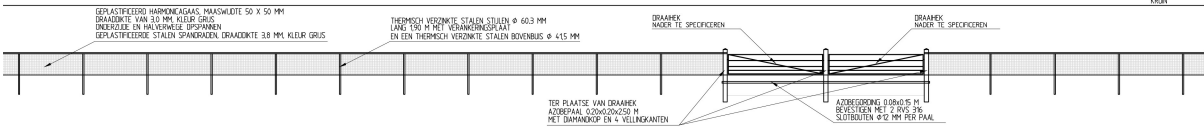
AFRASTERING VAN GERECYLED KUNSTSTOF PALEN MET DAARAAN BEVESTIGD 3 SCHRIKDRADEN
SCHAAL 1: 100



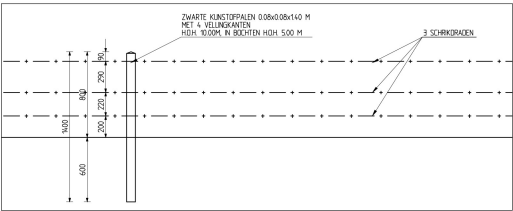
AFRASTERING VAN AZOBE PALEN MET DAARAAN BEVESTIGD ANGEEL VERMEHLO PLANKEN
SCHAAL 1: 100



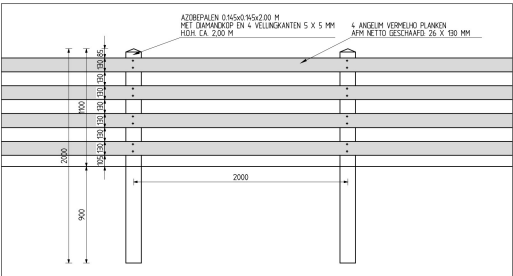
AFRASTERING VAN GROENEN PALEN MET DAARAAN BEVESTIGD URSUGAAS
SCHAAL 1: 100



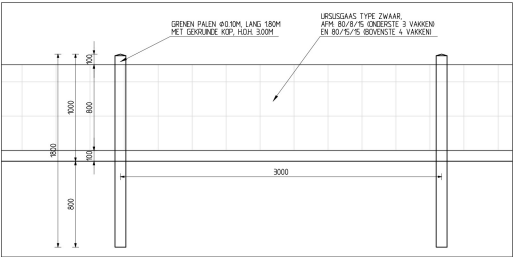
AFRASTERING VAN STAALN BUIS PALEN MET DAARAAN BEVESTIGD GAAS
SCHAAL 1: 100



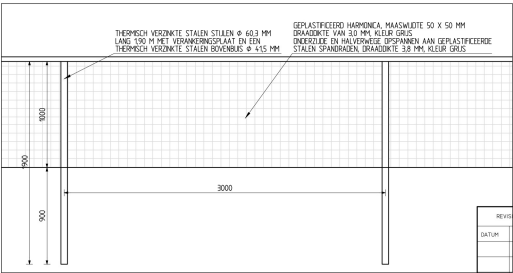
OPMERKING:
IN ELKE PAAL DENEN 3 GOED WERKENDE ISOLATOREN TE WORDEN AANBRACHT. TBV HET DOORVOEREN VAN DE SCHRIKDRADEN DE ISOLATOREN DENEN TE WORDEN AANBRACHT OP EEN AFSTAND VAN RESP. 0,20 M - 0,42 M - 0,71 M BIJEN HET MAANVELD.
TEN BEHEEVE VAN EEN GEDO WERKENDE AFRASTERING DIENT IN OVERLEG MET DE LEVERANCIER TE WORDEN BEPAALD WAAR DIVERSE VOORSCHRIJVEN BENOEDIGD ZIJN, HET GAAT NIET OM O.A. SPANNERS, TREKREKEN, DRAADKLEMPEN, AANSPANNEN, MONITOREN TBV SCHRIKAPPARATEN, BUISKLEMPVELGERS, ETC.
DAAR WAAR DE LANGSAFRASTERING IS ONDERBROKEN DIENT DEZE MODEL EEN VOEDINGSKABEL XXL 2,7 MM TE WORDEN VERBODEN.



OPMERKING:
HET HART VAN DE PLANKEN DIENT TE WORDEN AANBRACHT OP EEN AFSTAND VAN RESP. 0,17 M - 0,43 M - 0,69 M - 0,95 M VANAF HET MAANVELD.
DE PLANKEN DENEN 4 ZIJDES GESCHAFD TE ZIJN EN VOORZIE VAN VELLINGKANTEN.
DE PLANKEN DENEN TE WORDEN AANBRACHT IN LIGTING VAN CA. 4,30 M WAARBIJ DE AANZET VAN DE BOVEN ELKAAR LEGGENDE PLANKEN STEEDS EEN PAAL VEROPKRIJGT.
DE PLANKEN DENEN AAN ELKE PAAL TE WORDEN BEVESTIGD MET 2 THERMISCH VERZINKTE HOUTDRAADBOUEN M12 X 60 MM INCL. VELGINGS.



OPMERKING:
OM DE 100 M EN TBV BEHOEDINGEN DENEN IN DE LANGSAFRASTERING SCHRIKDRADEN.
DE WERKEN AANBRACHT BESTAANDE UIT: VOEDINGSKABEL GROENEN 4x10 M LANG 2,20 M IN DE SCHRIKDRADEN BEVESTIGEN AAN DE PALEN VAN DE LANGSAFRASTERING EN AAN AANBRACHT. TBV DE PLANKEN, TBV VERHUISKAPEN GROENEN 4x10 M LANG 100 M, WAARVAN 50 M IN DE GRENDE DE STAALN VAN DE LANGSAFRASTERING INWISSELING VAN DE SCHRIKDRADEN.
DE LANGSAFRASTERING BEVESTIGEN MET 2 THERMISCH VERZINKTE SCHRIEVEN LANG 50 MM.
DE SCHRIKDRADEN AAN DE AANBRACHT. TBV BEVESTIGEN MET THERMISCH VERZINKTE SLOTBOUTEN 4x12 MM LANG 240 MM.
ALLE PALEN DENEN TE ZIJN VERANKERD VOLGENS HET PROCEDE. CELF. GROENEN OF GROENEN GROENEN.
HET AAN DE PALEN TE BEVESTIGEN URSUGAAS DIENT TE ZIJN VAN HET TYPE ZWAAR AFM 80/8/15 ONDESTE 3 VAKKEN EN 80/75/15 BEVESTIGT 4 VAKKEN.
HET URSUGAAS DIENT TE WORDEN AANBRACHT MET DE ONDERDE OF EEN AFSTAND VAN 0,10 M VANAF HET MAANVELD.
HET URSUGAAS DIENT AAN DE PALEN TE WORDEN BEVESTIGD MET VERZINKTE KRAMPEN 4,0 X 50 MM.
DE KRAMPEN ZODANIG BEVESTIGEN DAT DE DRAAD NIET INWISSELING KAN WORDEN.



OPMERKING:
OP DE BEVESTIGING VAN DE STAALN DIENT EEN ALUMINIUM KAP TE WORDEN AANBRACHT TBV DE DOORVOER VAN DE BOVENBUS.
IN DE ISA PASSIEZE THERMISCH VERZINKTE STAALN KRAMEN, TE WORDEN AANBRACHT MET EEN WIDTE VAN 5 MM EN EEN LENGTE VAN 500 M.
ALLE STAALN ONDERDELEN VAN DE AFRASTERING ZODANIG KRAMEN, BEVESTIGINGSGEDEN EN DENEN THERMISCH VERZINKT TE ZIJN MET MINIMALE Dikte 80 UM.
EVENTUELE SCHRIKDRADEN CONCIPIERD WAAR.
ALLE THERMISCH VERZINKTE ONDERDELEN VERZINKEN CONFORM EN ISO 1461.
ALLE HOUT TBV VERANKERINGEN, TBV AFRASTERING DIENT 100% GEZICHTFEEERD TE ZIJN.
HET HART DIENT TE ZIJN VAN DUKZAMMEKALASSE 1.

ALGEMEEN:
WIJZEN DE PALEN WORDEN GEAAT IN EEN BEVESTIGING VAN OSA DENEN.
IN DE ISA PASSIEZE THERMISCH VERZINKTE STAALN KRAMEN, TE WORDEN AANBRACHT MET EEN WIDTE VAN 5 MM EN EEN LENGTE VAN 500 M.
ALLE STAALN ONDERDELEN VAN DE AFRASTERING ZODANIG KRAMEN, BEVESTIGINGSGEDEN EN DENEN THERMISCH VERZINKT TE ZIJN MET MINIMALE Dikte 80 UM.
EVENTUELE SCHRIKDRADEN CONCIPIERD WAAR.
ALLE THERMISCH VERZINKTE ONDERDELEN VERZINKEN CONFORM EN ISO 1461.
ALLE HOUT TBV VERANKERINGEN, TBV AFRASTERING DIENT 100% GEZICHTFEEERD TE ZIJN.
HET HART DIENT TE ZIJN VAN DUKZAMMEKALASSE 1.

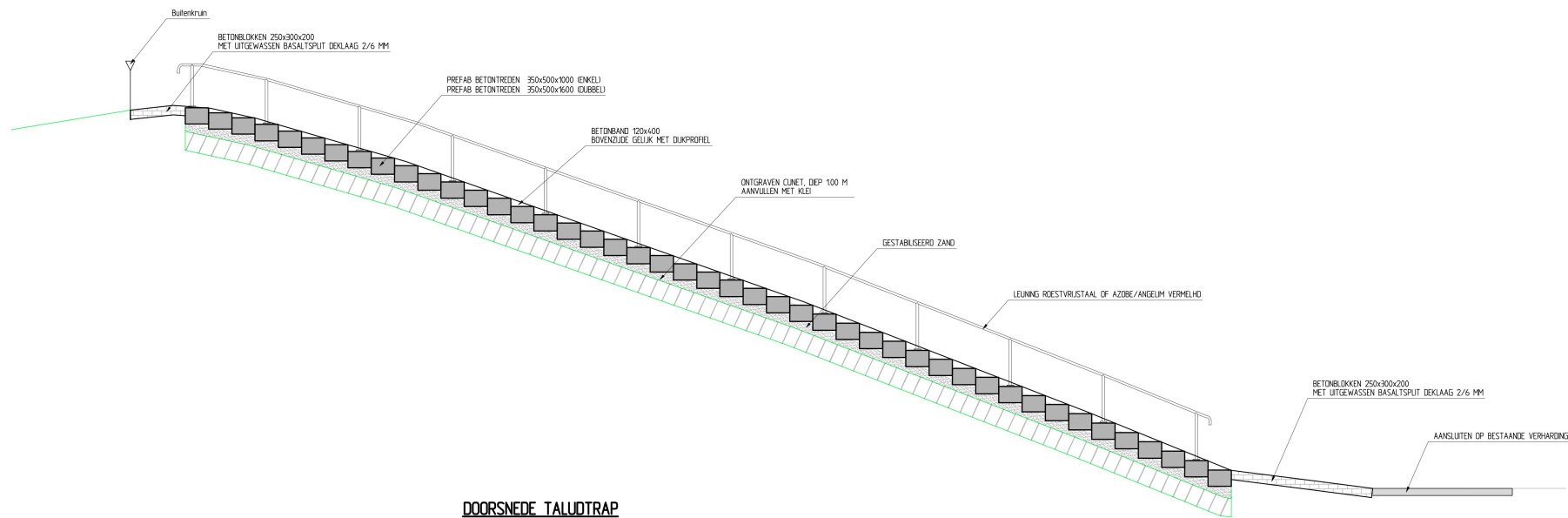
DETAILS LANGSAFRASTERINGEN
SCHAAL 1: 50

REVISIE		DATUM		PBL.		GEM.		GEM.		STATUS	
1	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
2	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
3	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
4	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
5	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
6	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
7	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
8	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
9	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5
10	2024-09-21	11-19	JPR	JPR	JPR	DEC.	DEC.	DEC.	DEC.	FORM.	B-5

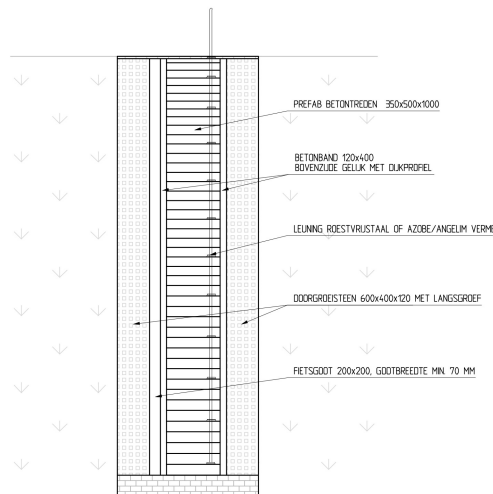


**STANDAARDISATIE PRIMAIRE KEREN
LANGSAFRASTERING, DIVERSE TYPES
VOORAANZICHT, BOVENAANZICHT EN DETAIL**

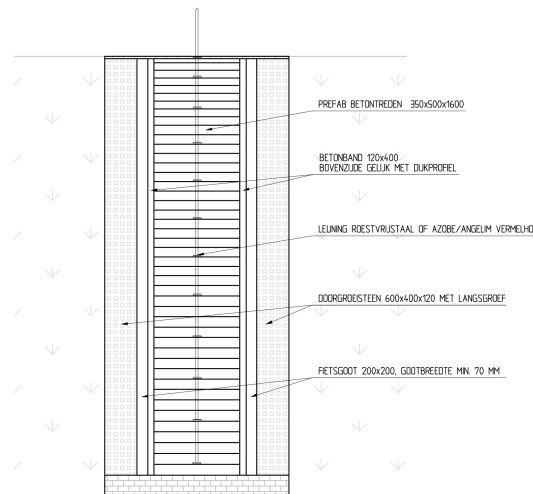
OBJ.	DEC.	DEC.	AFSTAFEN	GEN.	GEN.	STATUS
1	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
2	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
3	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
4	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
5	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
6	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
7	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
8	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
9	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5
10	JPR	JPR	JPR	JPR	JPR	FORM. B-5



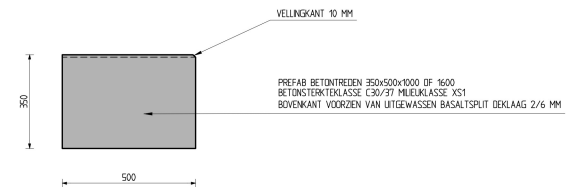
DOORSNEDE TALUDTRAP
SCHAAL 1:50



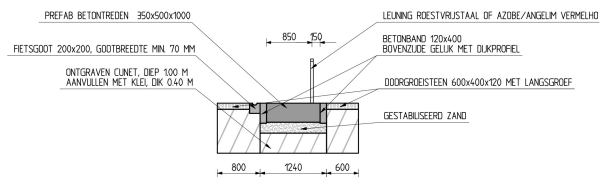
VOORAANZICHT TALUDTRAP ENKEL
SCHAAL 1:50



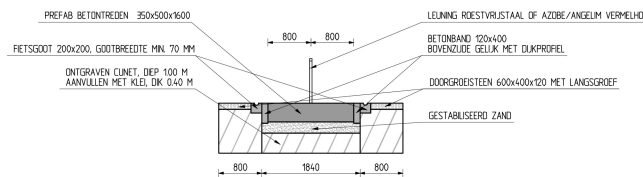
VOORAANZICHT TALUDTRAP DUBBEL
SCHAAL 1:50



DETAIL TREDE
SCHAAL 1:10



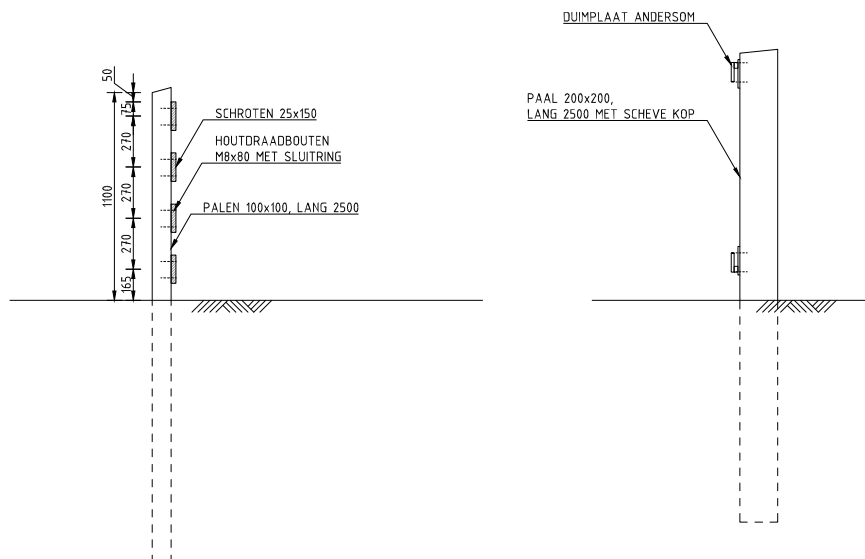
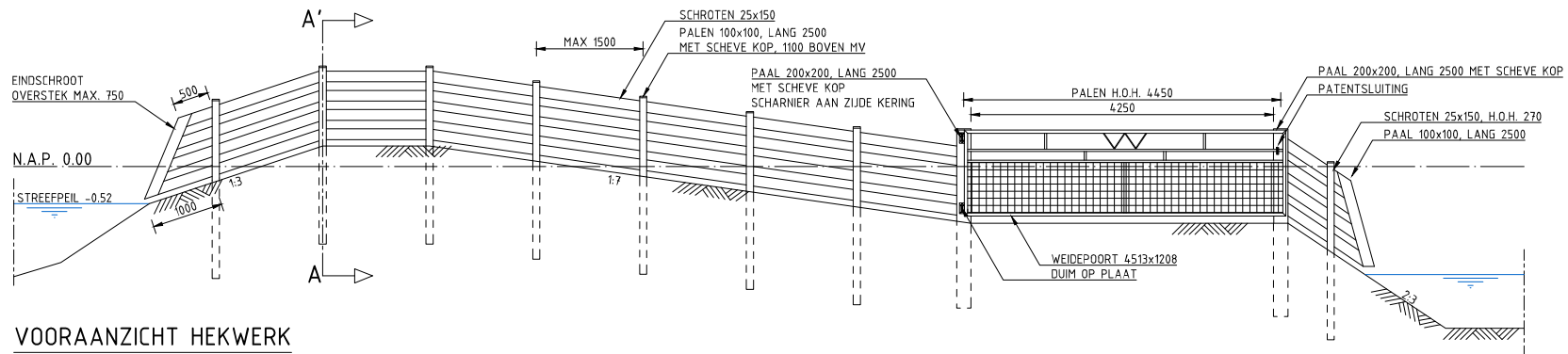
DOORSNEDE TALUDTRAP ENKEL
SCHAAL 1:50



DOORSNEDE TALUDTRAP DUBBEL
SCHAAL 1:50

REVISIE		STANDAARDISATIE PRIMAIRE KERENGEN						
DATUM	PAR.	TALUDTRAPPEN, ENKEL EN DUBBEL						
		VOORAANZICHT, DOORSNEDEN EN DETAIL						
		GET.	GEAL.	GEC.	AFO/HFD.	GEW.	GEW.	STATUS
		J.P.	J.P.					FORM: A-1
		06-05-19/06-05-19						SCHAAL: 1 : 50, 1 : 10
		OBJECT:		DISCIPL:		BESTEK:		
		TEK. No.		2-40-4-01		BLAD: 1 IN 1 BLADEN		





TOELICHTING ALGEMEEN

HOOGTEMATEN IN M.T.O.V. NAP
OVERIGE MATEN IN MM, TENZIJ ANDERS IS AANGEGEVEN
bestaand werk = kleine letters
NIEUW WERK = HOOFDLETTERS
MAATVOERING IN HET WERK CONTROLLEREN

TOELICHTING SPECIFIEK

- HOUT FSC GECERTIFICEERD, CELFIX, BEZAAGD
- WEIDEPOORT EN BEVESTIGINGEN THERMISCH VERZINKT, STERKTEKLASSE 8.8
- TUSSEN TWEE VERSCHILLENDE EIGENAREN DE WEIDEPOORT VOORZIEN VAN EEN "W"

0 500 1000 1500 2000mm
Schaal 1:50

REVISIE		REGIONALE WATERKERING						
DATUM	PAR.	WEIDEPOORT OP POLDERDIJK						
		STANDAARDEN BOEZEM						
		GET:	GEAL:	GEC:	AFD.HFD:	GEW:	GEW:	STATUS: DEFINITIEF
		K.J.K.		T.V.				FORM: A2
		10-02-23		10-02-23				SCHAAL: 1:20 - 1:50
		OBJECT:			DICIPL:	P&P Boezem		BESTEK:
		TEK. NO.	06 WEIDEPOORT OP POLDERDIJK					BLAD: 01 IN 01 BLADEN





BIJLAGE: DEFINITIES BODEMDALING, KRUINHOOGTE, COMPACTIE EN ZEESPIEGELSTIJGING

In de volgende tabel zijn de termen met betrekking tot bodemdaling, kruinhoogte, compactie en zeespiegelstijging opgenomen.

Tabel II.2 Termen met betrekking tot bodemdaling, verschillende hoogtes en zeespiegelstijging

Term	Toelichting
bodemdaling	zakking van de ondergrond ten opzichte van een referentievlak. Uitgesplitst in verschillende componenten: - bodemdaling diepe ondergrond · winning · tektoniek · isostasie - bodemdaling ondiepe ondergrond · compactie · biochemische afbraak
bodemdaling diepe ondergrond	bodemdaling van de diepe ondergrond (> 50 m diep) gaat om bodemdaling vanwege winning (bijvoorbeeld gas, zout en water), tektoniek en isostasie (hieronder toegelicht)
tektoniek	bewegingen en vervormingen van de aardplaten [ref. 5] wat kan leiden tot bodemdaling Het botsen of langs elkaar heen schuiven van aardplaten leidt tot plooïing van gesteentelagen en breukwerking en gaat gepaard met opheffing of daling van het aardoppervlak. De snelheid van de tektonische bewegingen in Nederland zijn zeer klein (enkele tienden van millimeters per jaar) en dragen niet of nauwelijks mee aan veranderingen in bodemniveau
isostasie	proces waarbij de aardkorst beweegt door gewichtsveranderingen [ref. 5]. Vanwege de belasting door de ijskap is de laatste ijstijd is er in Nederland een isostatische component van de bodembeweging. Deze isostatische bewegingen worden geschat met behulp van modellen en zeespiegelreconstructies uit boringen. Deze laten zien dat er in ons land een lichte kanteling in noordwestelijke richting plaatsvindt, waarbij de dalingssnelheid in noordwestelijke richting toeneemt. Door de grote afstanden waarover het mantelgesteente moet stromen en het taaie karakter ervan duurt het tienduizenden jaren voordat een nieuw evenwicht wordt bereikt. Recente studies die worden besproken door Hijma et al [ref. 5] wijzen op dalingssnelheden van circa 0,5 tot 0,8 mm/jaar in het Waddengebied
bodemdaling ondiepe ondergrond	bodemdaling van de ondiepe ondergrond (< 50 m diep) vindt plaats door de hoofdprocessen compactie en biochemische afbraak (hieronder toegelicht)
compactie	compactie is een algemene term voor (verticale) mechanische verdichting van de ondergrond. Toelichting vanuit Deltafact over bodemdaling [ref. 5]: <i>'De term compactie omvat diverse termen zoals samendrukking, klink, zetting, consolidatie, kruip, compressie, krimp en rijping. Deze verschillende termen zijn ontstaan vanuit verschillende vakgebieden of sectoren, zoals de geotechniek, geologie, of de landbouwsector. Deze termen beschrijven in sommige gevallen (deels) hetzelfde proces, maar kunnen ook een combinatie van andere termen beschrijven.'</i> Compactie van de ondergrond is een proces dat deel uitmaakt van de bodemdaling in een gebied. Maatregelen als een dijkversterking kunnen lokaal leiden tot andere waarden voor compactie (bijvoorbeeld zetting na een ophoging). De compactie van de ondiepe ondergrond op een specifieke locatie wordt los beschouwd

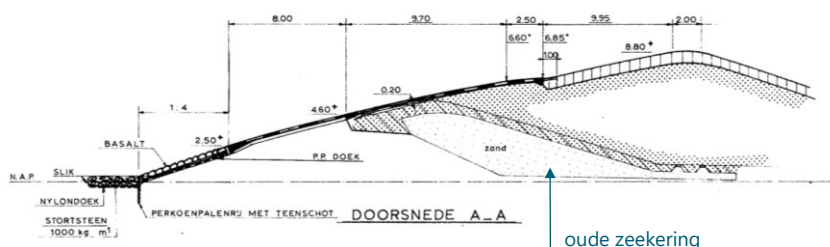
Term	Toelichting
biochemische afbraak	oxidatie van organisch materiaal [ref. 5], wat leidt tot de uitstoot van CO₂ en volumevermindering van de grond, wat leidt tot daling van het oppervlak. Oxidatie vindt met name plaats door blootstelling aan zuurstof in de lucht, maar kan ook in waterverzadigde zones in de bodem voorkomen. Toelichting vanuit Deltafact over bodemdaling [ref. 5]: <i>De bodemdaling door oxidatie ontstaat deels doordat een hoeveelheid organische stof als CO₂ de lucht in verdwijnt, maar ook omdat de structuur van het veen door de afbraak verandert van vezelig plantmateriaal naar veraard materiaal. Doordat de vezelstructuur wordt afgebroken in kleinere delen, zakt de oorspronkelijke luchtige structuur in door het eigen gewicht, eventuele belasting en krimp, waardoor het veen dichter wordt (compactie) en bodemdaling optreedt</i>
ontwerphoogte	hoogte die volgt uit de ontwerpberekeningen. Het zichtjaar voor de ontwerpberekeningen is het zichtjaar dat hoort bij het einde van de ontwerplevensduur (doorgaans 2080), tenzij anders vermeld
opleverhoogte	hoogte van de dijk (of anderszins) op het moment van oplevering. De opleverhoogte is de ontwerphoogte met daarbij opgeteld de verwachte bodemdaling tussen oplevermoment en einde ontwerplevensduur
aanleghoogte	tijdelijke (over-)hoogte tijdens de uitvoeringsfase. In de planuitwerkingsfase gebruiken we deze hoogte niet
zeespiegelstijging	(verwachte) stijging van de zeespiegel. Hier bedoelen we de stijging van de zeespiegel ter plaatse van het projectgebied ten opzichte van een referentiejaar (2023)
relatieve zeespiegelstijging	combinatie van zeespiegelstijging en bodemdaling is de relatieve zeespiegelstijging



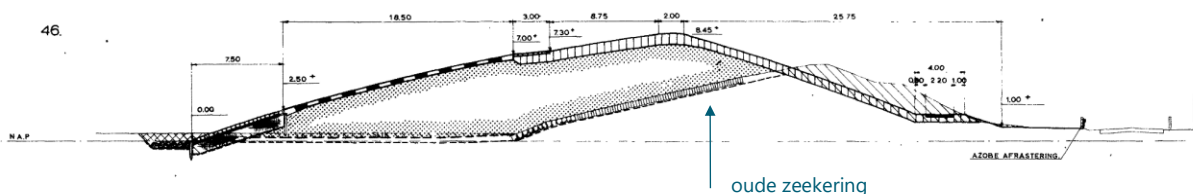
BIJLAGE: OUDE ZEEKERING

Over het gehele traject zijn binnen het huidige profiel restanten van de oude zeekering aanwezig. Dit zijn restanten waar de huidige dijk overheen is gebouwd. In de volgende afbeeldingen zijn hier voorbeelden van gegeven.

Afbeelding III.1 Doorsnede A-A van bestekstekening met bestandsnaam 1111554r ter hoogte van km 46,0



Afbeelding III.2 Doorsnede 46 van bestekstekening met bestandsnaam 1111617r ter hoogte van km 53,6



In de verkenningfase [ref. 21] zijn de locaties geïnventariseerd waar de restanten van de oude zeekering zich binnen het profiel bevinden (Tabel III.1). Tijdens deze inventarisatie is tevens de opbouw globaal in kaart gebracht (Tabel III.2) en opgenomen in het 3D-model.

Tabel III.1 Locaties oude zeekering binnen huidig profiel

Van (km)	Tot (km)	Aanwezigheid oude waterkering
42,90	46,00	ja, buitenzijde
46,00	54,40	ja, binnenzijde

Tabel III.2 Globale opbouw oude zeekering (slechts indicatief)

Traject (km)	Buitentalud (-)	Kruinbreedte (m)	Binnentalud (-)	Hoogte buitenkruinlijn (m+NAP)
42,90 - 46,00	-	1,00	1:4	5,2
46,00 - 47,30	1:4	-	-	5,6
47,30 - 50,20	1:4	1,00	1:2,5	6,2
50,20 - 51,50	1:4	1,00	1:4	6,2
51,50 - 52,00	1:6	1,00	1:6	6,2
52,00 - 54,20	1:4	1,00	1:4	6,2
54,20 - 54,40	1:9	2,00	1:4	6,2

BIJLAGE: AFLEIDING HYDRAULISCHE BELASTINGEN

De hydraulische belastingen afgeleid in de Ontwerpmodus van Hydra-NL zijn niet één-op-één te vergelijken met de hydraulische belastingen volgend uit Riskeer. Voor begrip van de verschillen en controle van de juistheid van de hydraulische belastingen zijn deze verschillen met een aantal stappen overbrugd. De volgende stappen zijn gevolgd:

- vergelijken van Riskeer en Hydra-NL;
- vergelijken van beoordelingsmodus en testmodus (Hydra-NL);
- vergelijken van ontwerpmodus en testmodus, met zeespiegelstijging (Hydra-NL);
- vergelijken verschillende Riskeer versies.

De bovenstaande stappen zijn hieronder uitgevoerd en toegelicht.

Vergelijking Riskeer en Hydra-NL

In de berekeningswijze van Riskeer en Hydra-NL zitten verschillen. De instellingen van de basismodus van Hydra-NL zijn zoveel mogelijk afgestemd op Riskeer. Om zo goed mogelijk aan te sluiten bij Riskeer, zijn de default-instellingen van de testmodus overschreven met die van de basismodus, conform het rekenrecept van Hydra-NL voor ontwerpen. Alle berekeningen zijn gedaan in versie 2.7.4 (Wetterskip) van Hydra-NL.

Vergelijking beoordelingsmodus en testmodus (Hydra-NL)

De berekeningen die gemaakt zijn in de beoordelingsmodus maken geen gebruik van een klimaatscenario en werken dus zonder zeespiegelstijging. Dezelfde soort berekeningen zijn voor een aantal verschillende soorten berekeningen ook uitgevoerd in de testmodus van Hydra-NL, waarbij handmatig een zeespiegelstijging van 0,0 m is ingevoerd. Na vergelijking van de verschillende uitkomsten blijkt dat beide modi exact dezelfde waarden opleveren.

Vergelijking ontwerpmodus en testmodus, met zeespiegelstijging (Hydra-NL)

Als laatst is gevalideerd of in Hydra-NL versie 2.7.4 (Wetterskip) de testmodule overeenkomt met de ontwerpmodule door de default klimaatscenario's uit de ontwerpmodule voor 2100, te vergelijken met handmatig opgelegde klimaatscenario's in de testmodule. Zolang de modelonzekerheden gelijkwaardig staan ingesteld, zijn de uitkomsten identiek. Dit betekent dat de testmodule van de nieuwe Hydra-NL versie gebruikt kan worden voor de herbepaling van de hydraulische belastingen.

In de huidige beoordeling van de bekleding worden de golfcondities per stijgende halve meter bepaald vanaf NAP+1 m tot NAP+4,5 m. Voor het ontwerpzichtjaar is de verwachting dat de zeespiegel meer dan een halve meter zal gaan stijgen. Daarom is het van belang de golfbelasting minimaal tot NAP +5 m te bepalen om de juiste hydraulische belastingen mee te nemen in de knikpuntenanalyse van de desbetreffende bekleding.

Vergelijking verschillende Riskeer versies

De berekeningen voor waterstanden langs het traject zijn met twee verschillende versies van Riskeer uitgevoerd. Riskeer versie 17.2.1.13333 en Riskeer versie 18.1.1.3 geven voor dezelfde berekening exact dezelfde waarde voor alle profielen over het gehele traject. Tussen deze versies zit dus geen verschil. De uitkomst van Riskeer blijft derhalve afwijken van de uitkomst van Hydra-NL zoals eerder vermeld.



BIJLAGE: KANS OP SIGNIFICANTE OVERSLAG

Tabel V.1 Kans op significante overslag (meer dan 1 l/s/m)

Deeltraject	Uitvoerlocatie	Kilometrage (km)	Dijknormaal (graden t.o.v. N)	Kruinhoogte (m+NAP)	P _{>1l/s/m} (1 / x jaar)
Polder	WZ_1_6-4_dk_00064	42,9	337	8,60	8.542
	WZ_1_6-4_dk_00065	43,2	342	8,60	6.915
	WZ_1_6-4_dk_00066	43,4	342	8,60	6.690
	WZ_1_6-4_dk_00067	43,7	336	8,60	4.598
	WZ_1_6-4_dk_00068	43,9	335	8,60	3.769
	WZ_1_6-4_dk_00069	44,1	341	8,60	3.531
	WZ_1_6-4_dk_00070	44,4	345	8,30	1.717
	WZ_1_6-4_dk_00071	44,6	338	8,60	2.955
	WZ_1_6-4_dk_00072	44,9	338	8,60	2.931
	WZ_1_6-4_dk_00073	45,1	337	8,60	2.743
	WZ_1_6-4_dk_00074	45,4	338	8,60	2.481
	WZ_1_6-4_dk_00075	45,6	354	8,60	2.997
	WZ_1_6-4_dk_00076	45,8	349	8,60	2.305
	WZ_1_6-4_dk_00077	46,1	10	8,60	5.139
't Skoar	WZ_1_6-4_dk_00078	46,1	52	8,60	47.286
	WZ_1_6-4_dk_00080	46,3	56	8,60	68.655
	WZ_1_6-4_dk_00081	46,6	334	8,60	6.302
	WZ_1_6-4_dk_00082	46,8	334	8,60	3.973
	WZ_1_6-4_dk_00083	47,0	333	8,60	3.861
	WZ_1_6-4_dk_00084	47,2	335	8,60	2.690
Wierum west	WZ_1_6-4_dk_00085	47,4	337	8,70	1.924
	WZ_1_6-4_dk_00086	47,6	334	8,70	977
	WZ_1_6-4_dk_00087	47,8	333	8,85	955
	WZ_1_6-4_dk_00088	48,0	339	8,90	1.247
	WZ_1_6-4_dk_00089	48,2	347	8,90	1.477

Deeltraject	Uitvoerlocatie	Kilometrage (km)	Dijknormaal (graden t.o.v. N)	Kruinhoogte (m+NAP)	P _{>1 l/s/m} (1 / x jaar)
	WZ_1_6-4_dk_00090	48,4	342	8,90	1.284
	WZ_1_6-4_dk_00091	48,6	338	8,90	1.054
	WZ_1_6-4_dk_00092	48,9	341	8,90	882
	WZ_1_6-4_dk_00093	49,1	344	9,15	1.173
Wierum dorp	WZ_1_6-4_dk_00094	49,3	330	9,15	785
	WZ_1_6-4_dk_00095	49,5	337	9,15	858
	WZ_1_6-4_dk_00096	49,7	351	9,15	1.111
	WZ_1_6-4_dk_00098	49,8	30	9,10	3.440
	WZ_1_6-4_dk_00101	50,2	347	9,10	1.093
	WZ_1_6-4_dk_00102	50,5	347	9,05	1.202
	WZ_1_6-4_dk_00103	50,7	347	9,00	936
	WZ_1_6-4_dk_00104	50,9	347	9,00	997
	WZ_1_6-4_dk_00105	51,2	348	8,95	1.052
	WZ_1_6-4_dk_00106	51,4	348	8,90	1.210
	WZ_1_6-4_dk_00107	51,6	348	8,90	1.314
	WZ_1_6-4_dk_00108	51,8	347	8,90	1.222
	WZ_1_6-4_dk_00109	52,1	347	8,90	1.036
	WZ_1_6-4_dk_00110	52,3	347	8,90	910
	WZ_1_6-4_dk_00111	52,5	347	8,90	794
	WZ_1_6-4_dk_00112	52,7	347	8,90	784
	WZ_1_6-4_dk_00113	53,0	347	8,90	797
	WZ_1_6-4_dk_00114	53,1	355	8,90	951
Peazens-Moddergat	WZ_1_6-4_dk_00115	53,2	20	8,80	1.628
	WZ_1_6-4_dk_00116	53,4	21	8,80	1.755
	WZ_1_6-4_dk_00117	53,6	22	8,80	1.711
	WZ_1_6-4_dk_00118	53,9	10	8,80	1.041
	WZ_1_6-4_dk_00119	54,1	25	8,80	1.451
	WZ_1_6-4_dk_00120	54,2	45	8,80	2.825

VI

BIJLAGE: OVERZICHTSTABEL ONTWERPUITGANGSPUNTEN VEILIGHEIDSGAVES

Overzichtstabel Technische uitgangspuntennotitie, ontwerp

Planuitwerkingsfase Waddenzeedijk Ternaard - Peazens-Moddergat (TPM)
28 februari 2025

Algemeen			Keuze	Toelichting	Wijzigingen t.o.v. verkenning	Verificatie	Bron
ontwerpssoftware en bestandsformaten			-	vigerende software 1 maart 2024, behalve voor Hydra-NL V2.7.4 (Wetterskip)	erosiemodel (toets op maat GEBU)	ja	TUN, paragraaf 2.9
ontwerpleidraden/handleidingen			-	vigerende ontwerpleidraden/handleidingen 1 maart 2024	BOI	ja	TUN, paragraaf 2.2
beschikbare onderzoeken, documenten, data			-	reeds uitgevoerd (conditionerende) onderzoeken	aanvullend geotechnisch en geohydrologisch onderzoek (sterkte oude zeekering)	ja	TUN, paragraaf 2.10
gehanteerde definities			-	n.t.b. objectenboom is nog niet vastgesteld. Intentie om wel te gaan werken met een objectenboom conform SE	-	volgt	
dijkvakindeling			-	indeling is afhankelijk van faalmechanisme (bij GEKB bijvoorbeeld per Hydra-uitvoerlocatie). Deeltrajectindeling is gekozen o.b.v. ontwerpoplossingen waterveilighedsopgave en vastgelegd in de TUN	-	ja	TUN, paragraaf 2.4
opbouw bestaande dijk			-	goed in beeld door beschikbare gegevens. Mogelijk is de teenconstructie en zetsteenbekleding (m.n. filtermateriaal zoals mijnsteen) niet overal in detail bekend	afgegraven profiel	ja	TUN, paragraaf 6.1
veiligheidsopgave			-	veiligheidsopgave vanuit de WBI-beoordeling is aangescherpt middels nadere veiligheidsanalyse. Hiervoor zijn de knippunten in de tijd vastgesteld (voor 2023, 2048 en 2073)	aanscherping STBI, ZST en GEBU	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 1.1
normering			-	omgevingswaarde conform de Omgevingswet	Waterwet	ja	TUN, paragraaf 2.7
faalkansverdeling			-	standaard (WBI2017)	-	ja	TUN, paragraaf 2.8.1
lengte-effect			-	per faalmechanisme bepaald. Doorgaans conform OI-aanpak	-	ja	TUN, paragraaf 2.8.2
detailniveau planuitwerkingsfase			-	integraal ontwerp op VO-niveau	-	ja	Niet expliciet benoemd in de TUN
Algemene uitgangspunten	Optimistisch	Conservatief	Keuze	Toelichting	Wijzigingen t.o.v. verkenning		
ontwerplevensduur constructies			100 jaar	zichtjaar 2130	zichtjaar t.o.v. 2030 i.p.v. 2025	ja	TUN, paragraaf 2.6
ontwerplevensduur grondconstructies			50 jaar	zichtjaar 2080	zichtjaar t.o.v. 2030 i.p.v. 2025	ja	TUN, paragraaf 2.6
ontwerplevensduur zetsteen			50 jaar	zichtjaar 2080	zichtjaar t.o.v. 2030 i.p.v. 2025	ja	TUN, paragraaf 2.6
hydraulische belastingen	Riskeer	Hydra-NL	Hydra-NL	gecorrigeerde database van WF	-	ja	TUN, hoofdstuk 4
zeespiegelstijging	0,2 m	0,7 m	0,55 m	KNMI 2006 W+scenario waarde afgeleid uit scenario Hydra-NL Ondergrens volgt uit klimaatscenario G KNMI'06, 10%-waarde Bovengrens volgt uit klimaatscenario H KNMI'23, 95%-waarde	was 0,58 m	ja	TUN, paragraaf 4.2
bodemdaling	0,1 m	0,3 m	0,12 m	bodemdaling is vastgesteld op basis van bodemdalingsmonitoring van Deltares. Mogelijk zijn hierin lokale zakkingen door gaswinning NAM onvoldoende in beeld	was 0,23 m - 0,34 m	ja	TUN, paragraaf 3.7
zettingen			-	zettingen zijn ingeschat op basis van rekenkundige zettingsanalyses t.b.v. hoeveelhedenraming. In realisatiefase worden zettingen in detail bepaald door de aannemer	in de verkenning is gerekend met een toeslag voor zettingen en klink van 10 % als gemiddelde waarde in de hoeveelheden. I	ja	Uitvoeringsplan
klink	0%	10%	0 tot 5 %	0% klink voor zand en 5% voor klei	2% zettingen	ja	Uitvoeringsplan
meenemen invloed voorland	ja	nee	ja	voor de bekledingen is het voorland (hoogteligging, niet vegetatie) meegenomen in het bepalen van de hydraulische belastingen	-	ja	TUN, paragraaf 4.3.3
stormduur en waterstandverloop	45 uur	72 uur	72 uur	advies van Helpdesk Water is gevolgd: langste opzetverloop (80, 100%) i.c.m. een faseverschil van 4,67 uur. Het stormverloop wordt, waar mogelijk, direct toegepast vanuit de door Helpdesk Water aangeleverde csv-bestanden Voor de volgende faalmechanismen kan het waterstandsverloop niet worden overgenomen door beperkingen in het model: - GEBU-oploop, met de Faalkans-tool Zeedijken: stormduur 72 uur i.c.m. een faseverschil van 5,5 uur; - ZST, met Steentoets: stormduur 72 uur. Faseverschil kan niet worden aangepast; - AGK, met BMGolklap is met standaard verloop Waddenzee gerekend.	45 uur	ja	TUN, paragraaf 4.4
grondwaterstand achterland		x		huidig polderpeil. Er is geen rekening gehouden met een eventueel peilverhoging a.g.v. ZSS	-	ja	TUN, paragraaf 3.3.1
verkeersbelastingen	0 kN/m2	13,3 kN/m2	0 - 13,3 kN/m2	0 kN/m2 op de kruin (geen transport op kruin en buitentalud tijdens een storm) en 0 tot 13,3 kN/m2 (met 0% aanpassing waterspanningen in slecht doorlatende lagen) op de berm indien maatgevend	-	ja	TUN, paragraaf 5.2.10
ijsbelastingen	nee	ja	nee		-	ja	TUN, paragraaf 2.11
aanvaarbelastingen scheepvaart	nee	ja	nee		-	ja	TUN, paragraaf 2.11
minimale kruinbreedte	2 m	4 m	2 m		-	ja	TUN, paragraaf 3.2.1, ontwerptekeningen
minimale taludhelling		x	1:3	1:3 of flauwer moet bij oplevering aanwezig zijn en niet pas nadat verwachte zetting heeft plaats gevonden. Dit geldt voor aan te passen taluds. Bestaande taluds steiler zijn dan 1:3 in dijkvakken die niet worden versterkt, worden niet aangepast	-	ja	TUN, paragraaf 3.2, ontwerptekeningen
minimale breedte buitenberm	3 m	5 m	4,5 m	minimale breedte van het inspectepad is 3 m, terwijl de minimale doorrijbreedte ter plaatse van aanwezige veeoosters in het inspectepad 4 m is. Voor inpasbaarheid is 4,5 m aangehouden	5 m	ja	TUN, paragraaf 3.2.1, ontwerptekeningen
minimale breedte onderhoudsweg (uittsluitend WF)			3 m		-	ja	TUN, paragraaf 3.4, ontwerptekeningen
minimale breedte onderhoudsweg (openbaar)			5 m	gelijk aan bestaande verhardingsbreedte	-	ja	TUN, paragraaf 3.4, ontwerptekeningen
minimale kleilaagdikte (binnen- en buitentalud)	0,4 m	1 m	0,8 m	conform Leidraad Zee- en meerdijken. Indien bestaand binnentalud niet wordt aangepast, dan wordt de bestaande kleilaagdikte gehandhaafd.	-	ja	TUN, paragraaf 6.6, ontwerptekeningen
bestaande zetsteenbekleding die voldoet	behouden	verwijderen	behouden	als een bekleding tot een bepaalde hoogte voldoet, dan wordt deze (indien mogelijk en doelmatig) niet aangepast	alles verwijderen	ja	TUN, paragraaf 6.3.1, ontwerptekeningen
Uitgangspunten per faalmechanisme	Optimistisch	Conservatief	Keuze	Toelichting	Wijzigingen t.o.v. verkenning		
STBI (macrostabiliteit binnenwaarts)							
veiligheidsfactoren				faalkans conform norm (a=0,033, b=50), modelfactor=1,06 en schematiseringsfactor van 1,1	-	ja	TUN, paragraaf 5.2.5, Rekennota STBI en STBU
grondparameters				lokaal afgeleid «> laag representatieve waarden (5% ondergrens) met materiaalfactor van 1,0	hogere sterkte aangenomen in de planuitwerkingsfase voor het materiaal van de oude zeekring t.o.v. de verkenning	ja	Basisrapport geotechniek
freatische lijn				lokaal afgeleid op basis van peilbuismetingen + gemiddelde opbolling voor 10 l/s/m overslag en neerslag	bij Peazens-Moddergat aangepast o.b.v. aanvullende peilbuisgegevens	ja	Basisrapport geohydrologie
stijghoogte watervoerend pakket				lokaal afgeleid op basis van peilbuismetingen	-	ja	Basisrapport geohydrologie
schematisering ondergrond				lokaal afgeleid op basis van veldonderzoek in raai / snede	-	ja	Basisrapport geotechniek
schematiseringsfactor	1	1,3	1,1	afgeleid op 1,04, 1,1 wordt aangehouden in beoordeling en ontwerp	-	ja	TUN, paragraaf 5.2.5, Rekennota STBI en STBU
macrostabiliteit in combinatie met golfoverslag				10 l/s/m, reststerkte is niet beschouwd, omdat glijcirkels doorgaans door de kruin gaan	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.8
STBU (macrostabiliteit buitenwaarts)							
veiligheidsfactoren				net als STBI met enige verschil de kans op falen gegeven instabiliteit. Deze is voor STBU 0,1 (1,0 voor STBI)	-	ja	TUN, paragraaf 5.2.5, Rekennota STBI en STBU
grondparameters				zie STBI	-	ja	Basisrapport geotechniek
freatische lijn				net als STBI + uitgegaan van instantane terugtrekking van het water; freatisch vlak behorend bij MHW in combinatie met gemiddeld laag buitenwater	-	ja	Basisrapport geohydrologie
stijghoogte watervoerend pakket				zie STBI	-	ja	Basisrapport geohydrologie
maatgevende glijcirkel				er is gekozen voor een minimale diepte van het glijvlak van 1 m in combinatie met het toepassen van een cohesie van 5 kN/m² in de bovenste meter van het sloottalud	-	ja	TUN, paragraaf 5.2.9, Rekennota STBI en STBU
schematisering ondergrond				zie STBI	-	ja	Basisrapport geotechniek
schematiseringsfactor				1,1 is aangehouden	-	ja	TUN, paragraaf 5.2.5, Rekennota STBI en STBU
Zettingen							
bepalen aanleghoogte				n.t.b.		volgt	Wordt nog opgesteld tbv contract
zettingsparameters				n.t.b.		volgt	Wordt nog opgesteld tbv contract
STMI (Microstabiliteit)							
laagdikte sloottalud	x		-	kleilaagdikte ter plaatse van de teensloot ontbreekt op sommige locaties of is 0,4 m en daarmee onvoldoende voor STMI. Omdat het te lokaal is, is het toch goedgekeurd. STMI is geen probleem daar waar de oude zeekering aan de binnenzijde zit	-	ja	geen eis, Rekennota STMI/GABI
GABI (Grasbekleding afsluiven binnentalud/hoogte)							
niet relevant			-				
STPH (Piping)							
algemeen			-	zolang er geen piping-gevoelige maatregelen in het ontwerp worden doorgevoerd, wordt piping niet beschouwd		ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> piping is niet beoordeeld
intredepunt			-				
kwelweglengte			-				
deklaagdikte uitredepunt			-				
dikte watervoerend pakket			-				
doorlatendheid			-				
D70 watervoerende zandlaag			-				
schematiseringsfactor	1	1,3	1,1		in het vervolgonderzoek van HKV (2022) is de schematiseringsfactor aangescherpt van 1,3 (-) naar 1,1 (-).	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> piping is niet beoordeeld
meenemen voorland	ja	nee	ja	niet aangescherpt in het vervolgonderzoek van HKV (2022)		ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> piping is niet beoordeeld
sterktefactor siltfactor	1,57%	geen	1,57%		in het vervolgonderzoek van HKV (2022) is een aanscherping gedaan door sterkte toe te kennen aan oetijdenzand.	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> piping is niet beoordeeld
anisotropie en meerlaagshheid	ja	nee	nee	niet aangescherpt in het vervolgonderzoek van HKV (2022)		ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> piping is niet beoordeeld
faalpaden	ja	nee	nee	niet aangescherpt in het vervolgonderzoek van HKV (2022)		ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> piping is niet beoordeeld
tijdsafhankelijke pipegroei	wel	geen	wel		in het vervolgonderzoek van HKV (2022) is een aanscherping gedaan pipegroei tijdsafhankelijk te berekenen met de rekenmethode van HKV.	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> piping is niet beoordeeld
AGK: AWO (asfaltbekledingen)							
levensduur inclusief slijtaag			50 jaar			ja	
waterdruk			beperkt	ontwerpen op ASP en AWO. Afhankelijk van hoogteligging overgang zetsteen-asfalt. In het ontwerp ligt de overgang onder de hoogte van de freatische lijn.		ja	TUN, paragraaf 5.1.3, Rekennota asfalt
Stabiliteit zetsteen (ZST)							
waterdoorlatendheid (bestaande filterlagen)			-	n.v.t. Koperslablokken zijn volledig afgekeurd. Onderlagen worden vervangen.	-	ja	Rekennota ZST
Breuksteenbekleding (BST)							
soortelijke gewicht			2600 kg/m3		-	ja	TUN, paragraaf 6.2
toepassen vrijkomende koperslablokken			kan	waar mogelijk worden koperslablokken toegepast onderin de teenbestorting	-	ja	TUN, paragraaf 6.2
GEBU (graserosie buitentalud)							Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> GABU is niet beoordeeld
kwaliteit graszode	gesloten	open	open		-	ja	TUN, paragraaf 6.5
ruwheidsfactor	1,0	1,0	1,0		-	ja	Rekennota GEKB
reststerkte kleibekleding	ja	nee	ja	erosiemodel (toets op maat met GEBU-tool)	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> GABU is niet beoordeeld
GABU (Graserosie afsluiven buitentalud)							
n.v.t.			-	geen grasbekleding in de golfslagzone	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> GABU is niet beoordeeld
GEKB (Graserosie kruin en binnentalud /hoogte)							
overslagdebiet	40 l/s/m	1 l/s/m	10 l/s/m	een deterministisch overslagdebiet van 10 l/s/m in combinatie met een open zode is gehanteerd voor de grasbekleding (op een kleilaag) op de kruin en het binnentalud	-	ja	TUN, paragraaf 4.6
Reststerkte	ja	nee	nee	kruinbreedte is beperkt (2 m) en de kern bestaat uit zand, waardoor eventuele erosie van het kernmateriaal snel gaat	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.2
type overgangsconstructie			-	per deeltraject te bepalen	-	ja	Ontwerptekeningen
VLAF (afsluiving voorland)							
n.v.t.			-	dichtstbijzijnde geul ligt op meer dan 1 km afstand van de dijk	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> faalmechanismen voorlanden zijn niet beoordeeld
VLGA (golfafslag voorland)							
n.v.t.			-	dichtstbijzijnde geul ligt op meer dan 1 km afstand van de dijk	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> faalmechanismen voorlanden zijn niet beoordeeld
VLZY (Zettingsvloeiing voorland)							
n.v.t.			-	dichtstbijzijnde geul ligt op meer dan 1 km afstand van de dijk	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> faalmechanismen voorlanden zijn niet beoordeeld
STKW-L (Langsconstructies)							
algemeen			-	voldoen aan eisen Omgevingswet en Bouwsluit	-	ja	Technische onderbouwing ontwerp, paragraaf 3.1.2 -> faalmechanisme STKW-L is niet beoordeeld
n.t.b.							

VII

BIJLAGE: SCHEMATISERING GRONDWATERSTANDEN VOOR STBI

In het dijklichaam zijn de grondwaterstanden gebaseerd op de resultaten uit de geohydrologische modellen. Om de modelresultaten te verscalen naar de verschillende doorsnedes (waarbij de geometrie varieert), zijn de modelresultaten vertaald naar punten die gekoppeld zijn aan de karakteristieke punten van de waterkering. Deze zijn opgenomen in onderstaande tabellen.

De tabellen kunnen als volgt gelezen worden:

- in de eerste twee kolommen is het traject aangegeven waarover de schematisering van toepassing is;
- de derde kolom geeft de volgorde van de punten aan;
- de kolom 'karakteristiek punt x' verwijst naar de x-coördinaat van een karakteristiek punt van de waterkering, in een aantal gevallen staat er 'sp' in de naam van dit punt, dan betreft het een snijpunt van de waterlijn met een karakteristiek vlak;
- de kolom offset x geeft een waarde die wordt opgeteld bij de x van het karakteristieke punt, als bijvoorbeeld bij 'karakteristieke punt x' kruin buitentalud staat, en bij 'offset x' -5, dan is het coördinaat 5 m buitenwaarts van de buitenkruinlijn.

Tabel VII.1 Waternet zonder overslag

BeginDP	EindDP	Order	Karakteristiek punt x	Offset x	Karakteristiek punt z	Offset z
42900	46100	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	-5	2.6	0
		4	teen dijk binnenwaarts	-9	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		5	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.4
		6	teen dijk binnenwaarts	4	teen dijk binnenwaarts	-0.6
		7	kruin aanberming	1	kruin aanberming	-0.8
		8	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		9	insteek sloot dijkzijde	0.5	insteek sloot dijkzijde	-0.3
		10	sloot	0	polderpeil	0
46100	46400	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	-3.2	3.2	0
		4	teen dijk binnenwaarts	-11	2.8	0
		5	teen dijk binnenwaarts	-0.5	teen dijk binnenwaarts	-0.4
		6	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.9

BeginDP	EindDP	Order	Karakteristiek punt x	Offset x	Karakteristiek punt z	Offset z
		7	kruin aanberming	-3.7	kruin aanberming	-0.7
		8	kruin aanberming	1.3	kruin aanberming	-1.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	0
		10	insteek sloot dijkzijde	0	insteek sloot dijkzijde	-0.1
		11	sloot	0	polderpeil	0
46400	46800	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	0	3.5	0
		4	spbinnentalud	-2	3	0
		5	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		6	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		7	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		8	sloot	0	polderpeil	0
46800	47400	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	0	3.3	0
		4	spbinnentalud	-2	2.8	0
		5	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		6	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		7	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		8	insteek sloot dijkzijde	0	insteek sloot dijkzijde	-0.1
		9	sloot	0	polderpeil	0
47400	49200	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	-3.2	3.2	0
		4	teen dijk binnenwaarts	-11	2.8	0
		5	teen dijk binnenwaarts	-0.5	teen dijk binnenwaarts	-0.4
		6	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.9
		7	kruin aanberming	-3.7	kruin aanberming	-0.7
		8	kruin aanberming	1.3	kruin aanberming	-1.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	0
		10	insteek sloot dijkzijde	0	insteek sloot dijkzijde	-0.1
		11	sloot	0	polderpeil	0
49200	49700	1	spbuitentalud	0	mhw	0

BeginDP	EindDP	Order	Karakteristiek punt x	Offset x	Karakteristiek punt z	Offset z
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	0	3.5	0
		4	spbinnentalud	-2	3	0
		5	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		6	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		7	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		8	sloot	0	polderpeil	0
49700	50700	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	0	3.3	0
		4	spbinnentalud	-2	2.8	0
		5	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		6	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		7	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		8	insteek sloot dijkzijde	0	insteek sloot dijkzijde	-0.1
		9	sloot	0	polderpeil	0
50700	53200	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	-3.2	3.2	0
		4	teen dijk binnenwaarts	-11	2.8	0
		5	teen dijk binnenwaarts	-0.5	teen dijk binnenwaarts	-0.4
		6	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.9
		7	kruin aanberming	-3.7	kruin aanberming	-0.7
		8	kruin aanberming	1.3	kruin aanberming	-1.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	0
		10	insteek sloot dijkzijde	0	insteek sloot dijkzijde	-0.1
		11	sloot	0	polderpeil	0
53200	53700	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	0	3.3	0
		4	spbinnentalud	-2	2.8	0
		5	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		6	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		7	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1

BeginDP	EindDP	Order	Karakteristiek punt x	Offset x	Karakteristiek punt z	Offset z
		8	insteek sloot dijkzijde	0	insteek sloot dijkzijde	-0.1
		9	sloot	0	polderpeil	0
53700	54400	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2	0
		3	kruin buitentalud	0	3.5	0
		4	spbinnentalud	-2	3	0
		5	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		6	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		7	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		8	sloot	0	polderpeil	0

Tabel VII.2 Waternet voor scenario met overslag

BeginDP	EindDP	Order	Karakteristiek punt x	Offset x	Karakteristiek punt z	Offset z
42900	46100	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2.3	0
		3	spbuitentalud	0	6.6	0
		4	spbuitentalud	0	7.3	0
		5	kruin binnentalud	0	3.6	0
		6	spbinnentalud	-0.3	2.9	0
		7	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.2
		8	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		10	insteek sloot dijkzijde	0	insteek sloot dijkzijde	-0.1
		11	sloot	0	polderpeil	0
46100	46400	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2.3	0
		3	spbuitentalud	0	6.7	0
		4	spbuitentalud	0	7.6	0
		5	kruin binnentalud	0	4.5	0
		6	kruin binnentalud	3	3.2	0
		7	teen dijk binnenwaarts	0	1.3	0
		8	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		10	insteek sloot dijkzijde	0	0.6	0

BeginDP	EindDP	Order	Karakteristiek punt x	Offset x	Karakteristiek punt z	Offset z
		11	sloot	0	polderpeil	0
46400	46800	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2.3	0
		3	spbuitentalud	0	6.7	0
		4	spbuitentalud	0	7.6	0
		5	kruin binnentalud	2	4.5	0
		6	kruin binnentalud	2	3.4	0
		7	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		8	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		10	sloot	0	polderpeil	0
46800	49200	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2.3	0
		3	spbuitentalud	0	6.7	0
		4	spbuitentalud	0	7.6	0
		5	kruin binnentalud	0	4.5	0
		6	kruin binnentalud	3	3.2	0
		7	teen dijk binnenwaarts	0	1.3	0
		8	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		10	insteek sloot dijkzijde	0	0.6	0
		11	sloot	0	polderpeil	0
49200	49700	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2.3	0
		3	spbuitentalud	0	6.7	0
		4	spbuitentalud	0	7.6	0
		5	kruin binnentalud	2	4.5	0
		6	kruin binnentalud	2	3.4	0
		7	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		8	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		10	sloot	0	polderpeil	0
49700	53700	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2.3	0

BeginDP	EindDP	Order	Karakteristiek punt x	Offset x	Karakteristiek punt z	Offset z
		3	spbuitentalud	0	6.7	0
		4	spbuitentalud	0	7.6	0
		5	kruin binnentalud	0	4.5	0
		6	kruin binnentalud	3	3.2	0
		7	teen dijk binnenwaarts	0	1.3	0
		8	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		10	insteek sloot dijkzijde	0	0.6	0
		11	sloot	0	polderpeil	0
53700	54401	1	spbuitentalud	0	mhw	0
		2	offset	0	2.3	0
		3	spbuitentalud	0	6.7	0
		4	spbuitentalud	0	7.6	0
		5	kruin binnentalud	2	4.5	0
		6	kruin binnentalud	2	3.4	0
		7	teen dijk binnenwaarts	0	teen dijk binnenwaarts	-0.1
		8	kruin aanberming	0	kruin aanberming	-0.1
		9	teen aanberming	0	teen aanberming	-0.1
		10	sloot	0	polderpeil	0

VIII

BIJLAGE: AFLEIDING SCHEMATISERINGSFACTOR

De schematiseringsfactoren zijn bepaald door de stabiliteitsberekeningen in D-Stability op onderdelen aan te passen. Daarbij is de invloed van deze aanpassingen op de gevonden veiligheid beschouwd in combinatie met een ingeschatte kans op optreden van de aanpassing. Hiervoor is het rekenblok gebruikt dat is opgesteld vanuit de POVM.

De schematiseringsfactor is afgeleid voor een tweetal doorsneden:

- km 44,8;
- km 52,3.

Deze doorsneden zijn representatief, aangezien ze een goede indicatie geven van de grondopbouw langs het hele dijktraject.

Voor deze doorsneden is de schematiseringsfactor bepaald conform de methodiek van het OI2014v4. Voor beide doorsneden zijn de volgende scenario's beschouwd:

- bovenzijde van de meest maatgevend grondlaag, verhoogd met 0,50 m en een kans van 10 %;
- verhoging ligging freatische lijn met een kans van 5 %;
- verlaging achterland met 0,2 m met een kans van 5 %;
- verlaging slootpeil met 0,1 m met een kans van 5 %;
- verkleining oppervlak oude waterkering met 50 % met een kans van 5 %;
- infiltratie coëfficiënt binnentalud 8,64 m/d in plaats van 3 m/d met een kans van 5 % (alleen van toepassing voor de schematiseringsfactor bij golfoverslag).

Deze scenario's en de bijbehorende kansen zijn opgesteld op basis van een inschatting op basis van de spreiding van de beschikbare data. De basisschematisatie krijgt in deze verdeling een kans van 65 % (met golfoverslag)/70 % (zonder golfoverslag), dit is gezien de conservatieve aannames in de freatische lijn en geotechnische parameters/grondopbouw in combinatie met een relatief hoge informatiedichtheid een redelijke waarde.

Een verhoging van de stijghoogtes is niet meegenomen in de schematiseringsfactor, aangezien deze conservatief zijn geschematiseerd en de kans op een nog grotere stijghoogte verwaarloosbaar is.

Tabel VIII.1 Resultaten schematiseringsfactor 44,8 (situatie zonder overslag)

Aanpassing	Kans	Veiligheid
basisschematisatie	70 %	1,30
aanpassing grondprofiel	10 %	1,26
verhoging freatische lijn	5 %	1,29
verlaging achterland	5 %	1,27
verlaging slootpeil	5 %	1,30
reductie oude waterkering	5 %	1,30

Bij dp44,8 wordt een minimale schematiseringsfactor zonder overslag van 1,01 gevonden.

Tabel VIII.2 Resultaten schematiseringsfactor 52,3 (situatie zonder overslag)

Aanpassing	Kans	Veiligheid
basisschematisatie	70 %	1,38
aanpassing grondprofiel	10 %	1,35
verhoging freatische lijn	5 %	1,38
verlaging achterland	5 %	1,35
verlaging slootpeil	5 %	1,38
oude waterkering kleiner	5 %	1,22

De gevonden waarden voor dp52,3 leiden tot een minimale schematiseringsfactor van 1,06 zonder overslag. Veiligheidshalve is gerekend met een schematiseringsfactor van 1,1.

Tabel VIII.3 Resultaten schematiseringsfactor 44,8 (situatie met overslag)

Aanpassing	Kans	Veiligheid
basisschematisatie	70 %	1,25
aanpassing grondprofiel	10 %	1,21
verhoging freatische lijn	5 %	1,24
verlaging achterland	5 %	1,22
verlaging slootpeil	5 %	1,25
reductie oude waterkering	5 %	1,25
Hoge infiltratiecoëfficiënt	5 %	1,16

Bij dp44,8 wordt een minimale schematiseringsfactor met overslag van 1,02 gevonden.

Tabel VIII.4 Resultaten schematiseringsfactor 52,3 (situatie met overslag)

Aanpassing	Kans	Veiligheid
basisschematisatie	70 %	1,26
aanpassing grondprofiel	10 %	1,24
verhoging freatische lijn	5 %	1,25
verlaging achterland	5 %	1,23
verlaging slootpeil	5 %	1,26
oude waterkering kleiner	5 %	1,14
Hoge infiltratiecoëfficiënt	5 %	1,25

De gevonden waarden voor dp52,3 leiden tot een minimale schematiseringsfactor van 1,04 met overslag. Veiligheidshalve is gerekend met een schematiseringsfactor van 1,1.

BIJLAGE: ACHTERGROND OVERSLAGSDEBIET EN ZODEKWALITEIT

Voor TPM wordt uitgegaan van een open graszode in combinatie met een toelaatbaar overslagdebiet van 10 l/s/m. Keuzes met betrekking tot het overslagdebiet en zodekwaliteit zijn vastgelegd in '*Versterking Waddenzeedijk Koehool-Lauwersmeer, Aanpak toetsspoor GEKB binnen nadere veiligheidsanalyse*' [ref. 19]. Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de achtergrond van deze keuzes.

De standaardwaarden uit de schematiseringshandleiding grasbekleding van het WBI zijn niet toepasbaar, omdat er altijd een geometrische overgang aanwezig is. De aanwezigheid van deze overgangen, de graskwaliteit, de geringe kleilaagdikte en het hoge zandgehalte, geven aanleiding om een lager overslagdebiet toe te staan. Tijdens de proeven bij de Boonweg was de graskwaliteit goed, maar na het falen van de grasbekleding ontstond er een grote erosiekuil. Dit geeft aan dat de grasmat een belangrijke bijdrage levert aan de erosiebestendigheid op het binnentalud.

Voor een geometrische overgang zijn geen kansverdelingen beschikbaar vanuit de literatuur. Een optie is om de kansverdelingen uit het BOI te hanteren voor de gehele dijk. Dit zijn waardes voor overgangen bij open zodes. Dit wordt echter als te conservatief gezien, omdat de waardes rekening houden met alle mogelijke overgangen en objecten, niet alleen een geometrische overgang. Er is daarom gekozen om de kansverdeling uit het OI behorend bij een 'gemiddelde' overgang te hanteren. De overstap van een 'geometrische' overgang naar een 'gemiddelde' overgang corrigeert voor de open graszode, geringe kleilaagdikte en het relatief hoge zandgehalte binnen het traject Koehool-Lauwersmeer.

