

RAPPORT

Referentieontwerp Waterharmonica

Technische onderbouwing

Klant: Hoogheemraadschap van Delfland

Referentie: BF9628WATRP20200715F5.1

Status: 5.1/Definitief

Datum: 10 februari 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Water
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Referentieontwerp
Waterharmonica

Ondertitel: Technische Onderbouwing
Referentie: BF9628WATRP20200715F5.1
Status: 5.1/Definitief
Datum: 10 februari 2021
Projectnaam: Waterharmonica
Projectnummer: BF9628
Auteur(s): Jeroen Winkelhorst, Ton Schomaker, Davy de Greef

Opgesteld door: Jeroen Winkelhorst, Ton Schomaker,
Davy de Greef

Gecontroleerd door: Thijs Oudshoorn, Gerard Draisma

Datum/paraaf: 10-02-2021

Goedgekeurd door: Gerard Draisma

Datum/paraaf: 10-02-2021

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and ISO 45001:2018.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Systeemspecificatie	1
3	Onderzoeken	2
3.1	Duurzaamheid	2
3.2	Nalevering Nutriënten (B-Ware)	2
3.3	Archeologie	2
3.4	Niet Gesprongen Explosieven	3
3.5	Geotechnisch onderzoek	3
3.6	Flora en Fauna	4
3.7	Toepassing Waterkracht (micro-hydropower)	6
3.8	Bodemkwaliteit	7
4	Toelichting schetsontwerp+	12
4.1	Landschappelijke visie	13
4.2	Raakvlakken omgeving	13
4.3	Ecologie en waterkwaliteit	14
4.4	Watersysteem	14
4.5	Waterkeringen, kades en waterscheidingen	18
4.6	Risico's bij aanleg en gebruik van de Waterharmonica	19
5	Technische ontwerponderbouwing	19
5.1	Ecologie en waterkwaliteit	19
5.2	Watersysteem	20
5.3	Kades	25
5.4	Beheer en onderhoud	25
5.5	Grondbalans	25
	Literatuur	26
Bijlage A1	Referentieontwerp BF9628-101-100-SO-1001 d.d. 29-01-2021	27
Bijlage A2	Tabellen	28
Bijlage A3	Inrichtingsvisie FeddesOlthof – inlaatwerk	33
Bijlage A4	Grondbalans	34

1 Inleiding

De Waterharmonica maakt een belangrijk onderdeel uit van het Landschapsplan Kwaliteitsprogramma van de Blankenburgverbinding. De Waterharmonica zorgt voor “vitalisering” van een deel van het effluent van de afvalwaterzuivering de Groote Lucht (AWZI), zodat het levend water van goede kwaliteit wordt en het een functie kan vervullen in het waterbeheer van de polders. Het systeem zorgt voor doorspoeling van de zwemplas van de Krabbeplas met een betere waterkwaliteit zodat het water ook in warme droge zomers zoveel mogelijk een zwemwaterkwaliteit heeft. Bovendien wordt het natuurgebied de Waterharmonica, dat onderdeel is van de ecologische hoofdstructuur, door het water dat door het gebied wordt geleid voldoende vernat om in de toekomst een moerashabitat te behouden. Naast deze functionele doelstellingen draagt de Waterharmonica bij aan de ruimtelijke doelstellingen van het Landschapsplan, door in de belijning van de waterlopen de oorspronkelijke kavelrichting van de polder zichtbaar te maken en doorzichten vanaf de Maassluisdijk naar de open polder mogelijk te maken.

In het Landschapsplan Kwaliteitsprogramma Blankenburgverbinding is de ligging van de Waterharmonica in grote lijnen bepaald en vastgelegd in bestuurlijke afspraken, in samenhang met het Tracé Besluit voor de aanleg van de Blankenburgverbinding. De Waterharmonica heeft een directe relatie met het Tracé Besluit omdat het gedeelte dat wordt ingericht als rietmoeras is aangewezen voor het behoud en de compensatie van het natuurgebied De Rietputten, waar door de aanleg van de nieuwe wegverbinding een deel van wordt vernietigd en verstoord.

In oktober 2015 heeft het Hoogheemraadschap van Delfland opdracht gegeven aan de combinatie van Witteveen + Bos raadgevende ingenieurs en bureau Feddes/Olthof landschapsarchitecten om een inrichtingsplan op hoofdlijnen te maken voor de inrichting van de Waterharmonica. In het voorjaar van 2018 is door Royal HaskoningDHV en Feddes/Olthof verder invulling gegeven aan dit ontwerp met een aantal specifieke aanvullingen, met als doel inzicht te krijgen in de technische en financiële haalbaarheid ter ondersteuning van een gedegen bestuurlijk besluit. Deze onderbouwing richt zich vooral op de hydrologische en technische haalbaarheid van het systeem en dient als basis voor verdere uitwerking tot een uitvoeringsontwerp en vervolgens de uitvoering.

2 Systeemspecificatie

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft in gesprekken met de verschillende stakeholders, waaronder Staatsbosbeheer, de Gemeente Vlaardingen, het Recreatieschap, bewoners, belangenpartijen en interne stakeholders, de klanteisen opgehaald. Deze eisen zijn door Royal HaskoningDHV vertaald naar systeem-, aspect en raakvlakeisen.

3 Onderzoeken

Er hebben diverse onderzoeken plaatsgevonden. De resultaten van de uitgevoerde onderzoeken en benodigde vervolgstappen zijn hier kort weergegeven. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar de rapportages van de onderzoeken.

3.1 Duurzaamheid

Aan de hand van de aanpak Duurzaam GWW is het Hoogheemraadschap van Delfland al enige tijd bezig haar projecten duurzaam te benaderen. In een werksessie zijn op basis van project specifieke ambities een drietal categorieën nader ingevuld voor de Waterharmonica:

Categorie	Concrete maatregel
1. Energie	• Toepassen materialen met lage CO2-emissie • Bij aanbesteding wordt de CO2-prestatieladder gebruikt • Opwekken hernieuwbare energie (waterkracht) • Zichtbare maatregelen opwekken hernieuwbare energie (educatie) • Transport (realisatie + beheerfase) beperken
2. Materialen	• Toepassen materialen die gebruikt kunnen worden na afbraak • Gesloten grondbalans • Bij uitvoering wordt gecertificeerd hout gebruikt (FSC of vergelijkbaar)
3. Water	• Het oppervlaktewater is van zwemwaterkwaliteit • Afstromend hemelwater infiltreert in de bodem • Gebied biedt ruimte voor extra buffering • Hergebruik van effluent AWZI (gesloten keten)

Deze maatregelen zijn als eisen opgenomen in de systeemeisspecificatie en voor zover mogelijk in de schetsontwerp fase geïntegreerd in het ontwerp.

3.2 Nalevering Nutriënten (B-Ware)

In opdracht van het Hoogheemraadschap van Delfland heeft bureau B-Ware onderzoek gedaan naar de nalevering van nutriënten door het systeem van de Waterharmonica en de Zuidplas. Op basis van dit onderzoek is vastgesteld dat de nalevering van nutriënten voor de rietmoeras deelgebieden van de Waterharmonica als 'laag' kan worden beschouwd. Enkel voor deelgebied RMPO geldt dat de toplaag, de bovenste 20 ontgraven, dient te worden. Deze mag vervolgens wel weer worden toegepast in de stromingsdijkjes van de nieuw in te richten rietmoerrassen.

3.3 Archeologie

Voor archeologie is op basis van een verrichtte bureaustudie met kenmerk: 2018_V1645_Rapport Bureauonderzoek Archeologie, een vervolgonderzoek geadviseerd, die tot doel heeft eventuele archeologische resten in het veld te documenteren. Het vervolgonderzoek voor deelplan RMSP is eveneens

door Vestigia opgesteld met kenmerk: 2019_V1818_IVO-O_Spoorzone Waterharmonica Vlaardingen van 03 september 2019. In aanvulling daarop is een Programma van Eisen ten behoeve van de archeologische begeleiding tijdens (het voor een groot deel al gerealiseerde) deelplan RMSP, 2019_V1851_IVO-P_PVE_Spoorzone Waterharmonica Vlaardingen van 20 augustus 2019 opgesteld,

Ook voor het deelplan RMPO heeft archeologisch vervolgonderzoek plaatsgevonden, Rapport_1827_project_3876_IVO-O_Waterharmonica_Vlaardingen_definitief_v2-0 van 19 mei 2020. Door de uitkomsten van het vervolgonderzoek en overleg met het bevoegd gezag, de gemeente Vlaardingen, is gekozen voor een aanpassing van het ontwerp in het noorden van RMPO. Hier wordt een klein deel van het populierenbos niet omgevormd tot Waterharmonica, om de archeologisch waardevolle 'terpen' van het AMK-terrein die zijn aangetroffen, te behouden. Voor het overige terrein van RMPO, wat wel omgevormd kan worden tot rietmoeras en de aan te leggen hoofdwatgang naar de Zuidplas, is door Vestigia in samenspraak met de gemeente Vlaardingen een programma van eisen voor de uitvoeringsactiviteiten opgesteld met kenmerk: DOC-00066 PvE Archeologische Begeleiding Waterharmonica. Het door de gemeente goedgekeurde programma van eisen wordt toegevoegd tot het contract. De aannemer dient tijdens uitvoering zich te houden aan de gestelde eisen voor het werken in de archeologische waardevolle bodem.

Ook met bovenstaande vrijgave voor het uitvoeren van de voorgenomen ontwikkelingen, blijft de meldingsplicht archeologische toevalsvondst of waarneming van kracht (Erfgoedwet, artikel 5.10 Archeologische toevalsvondst). Aangezien het nooit volledig is uit te sluiten dat tijdens eventueel grondverzet een archeologische 'toevalsvondst' wordt gedaan, is het wenselijk de uitvoerder van het grondwerk te wijzen op de plicht om hiervan zo spoedig mogelijk melding te doen bij de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) en het bevoegd gezag, de gemeente Vlaardingen.

3.4 Niet Gesprongen Explosieven

Op basis van literatuur- en archiefonderzoek en luchtfoto-interpretatie zijn geen indicaties voor de aanwezigheid van conventionele explosieven achterhaald die voldoende feitelijk naar het onderzoeksgebied kunnen worden herleid. Er is dus geen sprake van een 'verdacht' gebied op het aantreffen van conventionele explosieven. Zie de rapportage 'Vooronderzoek naar het risico op het aantreffen van conventionele explosieven in het onderzoeksgebied Vlaardingen', kenmerk 167-018-VO-01 van 13 juni 2018, opgesteld door ECG.

De geplande werkzaamheden kunnen op reguliere wijze uitgevoerd worden. Hoewel er geen feitelijke aanleiding is het onderzoeksgebied verdacht te verklaren, luidt het advies om het uitvoerend personeel voorafgaand aan werkzaamheden in de te bewerken gebieden altijd te instrueren geen verdere acties te ondernemen in het geval van het onverhoopt aantreffen van munitieverdachte objecten en direct contact op te nemen met de (plaatselijke) politie.

3.5 Geotechnisch onderzoek

Er is geotechnisch onderzoek verricht om de grondopbouw te bepalen. Hiermee kan een inschatting worden gemaakt van de grondsoorten die vrijkomen bij ontgravingen en kan een toekomstige opdrachtnemer de draagkracht van de grond en daarmee de funderingswijze van onderdelen van het project inschatten. De locaties en resultaten van sonderingen en boringen zijn opgenomen in het document 'Veldrapport

betreffende grondonderzoek Waterharmonica', kenmerk AA17336-1 van 11 juni 2018, opgesteld door Geosonda.

Verder is een geotechnische analyse gedaan naar de stabiliteit van de Maassluissedijk i.r.t. de toevoersloot en aan te brengen duikers. Door de aanwezigheid van het lange en hoge voorland resulteert een schade aan de waterkering niet direct tot een overstromingsrisico. Dit wordt bevestigd door de resultaten uit de recente WBI beoordeling waarbij dit gedeelte van de Delflandsedijk op basis van de eenvoudige toets wordt geconcludeerd dat de faalkans verwaarloosbaar (cat. I) is (Fugro, mei 2019).

Daarnaast hebben de slootverbreding en verdieping, aanleg duiker in de sloot en aanleg leiding onder de berm ter hoogte van het intredepunt van de Waterharmonica geen direct aantoonbare negatieve invloed op de primaire functie waterkerendheid, zie ook BF9628-geotechnische beschouwing Delflandsedijk-DEF-24012020 van 24 januari 2020.

Aanvullend op de waterkerendheid is het noodzakelijk dat de leiding onder de berm door de aannemer wordt ontworpen conform de NEN3651 en dat de aanvullende eisen uit het UAV-gc contract worden gevolgd.

Indien de wens aanwezig is om een nauwkeurigere veiligheidsfactor voor de binnenwaartse stabiliteit te bepalen, dienen de waterspanningen en grensspanning in de dijk en ondergrond beter bepaald te worden middels monitoring, sonderingen en nauwkeurige stabiliteitsberekeningen. Voor voorliggend doel wordt dit niet noodzakelijk geacht, omdat alleen het verschil tussen de nieuwe situatie met de huidige situatie inzichtelijk is gemaakt.

Los van bovenstaande dient de aannemer de risico's die tijdens de uitvoering optreden vooraf inzichtelijk te maken en beheersmaatregelen hiervoor op te stellen. Verder dienen beschadigingen aan dijkbekledingen te worden voorkomen en indien ze onverhoopt ontstaan per omgaande hersteld te worden.

3.6 Flora en Fauna

Er is een natuurtoets uitgevoerd, zie het rapport 'Natuurtoets Waterharmonica de Rietputten' met kenmerk T&PBF9628R002.F01 van 26 juli 2018. Een aantal krachtens de Wnb beschermde soorten en soortgroepen kunnen voorkomen in en rond het plangebied voor de Waterharmonica. Het project Waterharmonica leidt mogelijk tot negatieve effecten ten aanzien van deze soorten. Er heeft nader onderzoek naar gebruik van het plangebied door deze soorten plaatsgevonden, waarbij per diersoort onderstaande geconcludeerd kan worden.

Om rietmoeras RMPO te kunnen realiseren, dienen de bomen in dit vak gekapt te worden. Met Staatsbosbeheer is afgesteld dat dit oppervlakte te kappen bomen in de directe omgeving van de Waterharmonica herplant gaat worden. Zowel de kap als de herplant worden door Staatsbosbeheer uitgevoerd.

Vaatplanten

Uit de aangeleverde gegevens blijkt dat langs de Maassluissedijk op meerdere plekken groeiplaatsen zijn van de wilde kievitsbloem (*Fritillaria meleagris*). Het gaat om 15 groeiplaatsen, met in totaal 286 bloeistengels (geteld in 2017). Ook in de NDFF wordt melding gemaakt van deze soort; de kaart (fig. 1) laat zien dat de soort in de wegberm van de dijk en ook lager in de polder voorkomt. Deze soort was tot 1 januari 2017 beschermd onder de Flora- en Faunawet, tegenwoordig onder de Wet natuurbescherming echter niet meer. De wilde kievitsbloem staat wel als bedreigde soort op de Rode Lijst.



Figuur 4-1: vindplaatsen van de wilde kievitsbloem langs de Maassluisdijk (bron: NDFF, geraadpleegd op 8 juni 2018).

De wilde kievitsbloem heeft groeiplaatsen langs de Maassluisdijk. Het is mogelijk dat door de werkzaamheden (berijding door zwaar materieel) groeiplaatsen van deze soort worden vernietigd. Dit is geen overtreding van de Wnb.

Toch dient zorgvuldig met deze soort om te gaan (en de zorgplicht) wordt aanbevolen om groeiplaatsen van de wilde kievitsbloem te markeren middels gekleurd lint of staken, en deze te vermijden bij de werkzaamheden. Indien niet kan worden voorkomen dat groeiplaatsen worden aangetast, kan afhankelijk van de te verwachten schade worden gedacht aan:

- Het plaatsen van rijplaten waardoor schade aan de grasmat, en de wilde kievitsbloem, wordt beperkt;
- Het verplanten van exemplaren van de wilde kievitsbloem; hierbij dient een grote kluit (ongeveer 30 x 30 x 30 cm) grond te worden uitgestoken per exemplaar.

Boommarter

- De aanwezigheid van verblijfplaatsen van boommarters kan worden uitgesloten. Vernietiging van verblijfplaatsen en opzettelijk doden of vangen van individuen als gevolg van de werkzaamheden kan worden uitgesloten.
- Er kan niet worden uitgesloten dat er voortplanting plaatsvindt in de omgeving van het plangebied.
- Wel moet ervoor gezorgd worden dat de kwaliteit van het nieuwe moerasgebied voldoende is voor de boommarter om hier te jagen. Denk hierbij aan incidentele droogval van (delen) van het gebied en goede toegankelijkheid van de oeverzones. Een paar kleine bosjes/struweel kan helpen voor extra beschutting te zorgen.
- Wanneer bovengenoemde maatregelen worden nageleefd, is er geen sprake van overtreding van de verbodsbepaling van de Wet natuurbescherming.

Jaarrond beschermde nesten

- De aanwezigheid van jaarrond beschermde nesten in het plangebied kan worden uitgesloten. Het gebied maakt wel onderdeel uit van het territorium van een buizerdpaar, maar het huidige nest bevindt zich buiten de grenzen van plangebied. Het nest dat in 2019 werd bezet, is uit de boom gewaaid en heeft daarmee zijn functie als nestlocatie verloren.
- Op basis van de resultaten uit het nader onderzoek kan in deze situatie vernietiging van jaarrond beschermde nesten worden uitgesloten.

Vogels zonder jaarrond beschermde nesten, algemeen voorkomende amfibieën en grondgebonden zoogdieren

- Naast bovengenoemde maatregelen die voortvloeien uit de resultaten van het nader onderzoek, dienen ten aanzien van vogels zonder jaarrond beschermde nesten ook de reeds genoemde mitigerende maatregelen zoals voorgesteld in de natuurtoets uit 2018 te worden nageleefd en de zorgplicht voor algemeen voorkomende amfibieën en grondgebonden zoogdieren (de Rooij, 2018).

Ecologisch werkprotocol

De mitigerende en compenserende maatregelen en de aanvullende voorschriften uit de ontheffing zijn door de initiatiefnemer geborgd in het ecologisch werkprotocol. In het ecologisch werkprotocol wordt aangegeven welke maatregelen moeten worden nageleefd om overtreding van de verbodsbepalingen van de Wnb te voorkomen ten aanzien van algemeen voorkomende broedvogels en vleermuizen. Daarnaast worden maatregelen genoemd die men vanuit de zorgplicht naar redelijkheid dient te hanteren om zo min mogelijk schade aan wilde planten en dieren te berokkenen, ongeacht de beschermingsstatus. Als laatste wordt aangegeven hoe om te gaan met zeldzame en bedreigde Rode-Lijst soort wilde kievitsbloem.

Dit ecologisch werkprotocol moet op de locatie aanwezig zijn en de inhoud moet bij de betrokken werknemers bekend zijn. De werkzaamheden moeten aantoonbaar volgens dit protocol worden uitgevoerd. Het ecologisch werkprotocol is toegevoegd met kenmerk: BF9628WATNT2012221122_Ecologisch Werkprotocol Waterharmonica.

AERIUS-berekening

Er worden geen effecten verwacht op de dichtsbijzijnde Natura 2000-gebieden, toch is er een verkennende AERIUS-berekening uitgevoerd voor de realisatiefase. Dit om desgevraagd te bewijzen dat er geen effecten zijn op de dichtsbijzijnde stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden, onderstaand de conclusie van de uitgevoerde berekening.

Zowel voor de aanlegfase als onderhoudswerkzaamheden zijn de stikstofemissies ingeschat.

De aanlegfase leidt niet tot een significante ($>0,00 \text{ mol}/(\text{ha} \cdot \text{jaar})$) bijdrage in de stikstofdepositie binnen omliggende Natura 2000-gebieden. Geconcludeerd wordt dat er geen verslechtering optreedt van habitatstypen binnen omliggende Natura 2000-gebieden als gevolg van de aanlegfase.

Voor de verwachte onderhoudswerkzaamheden is berekend dat de stikstofemissies aanzienlijk lager zijn dan de emissies die berekend worden voor de aanlegfase. Omdat de aanlegfase geen significante bijdrage oplevert in de stikstofdepositie, wordt geconcludeerd dat het onderhoud eveneens niet leidt tot een significante bijdrage en verslechtering van habitattypen binnen omliggende Natura 2000-gebieden.

De Waterharmonica is daarnaast onderdeel van het NNN en bestaan uit moeras en zoete plas. Door de herinrichting blijft het gebied een waardevol moeraskarakter houden. De aantasting is tijdelijk; er is geen sprake van permanente aantasting van kenmerkende waarden. Compensatie is niet nodig.

3.7 Toepassing Waterkracht (micro-hydropower)

In 2017 is een studie gedaan naar de toepassing van waterkracht in de Waterharmonica. Dit is nader uitgewerkt in de notitie 'Mogelijkheden voor waterkracht bij de Waterharmonica' met kenmerk DOC-00058 Notitie waterkracht BF9628WATNT200903F1.0

Op een viertal locaties waar het verval tussen de 1,5 en 2,0 meter is, kan in totaal een hoeveelheid energie

worden opgewekt die gelijk is aan de behoefte van ca. 14 huishoudens (47 MWh/jaar), behorend bij een totaal geïnstalleerd vermogen van 17 kW en een gebruik slechts gedurende de winter.

In het schetsontwerp is toepassing van Waterkracht geïntegreerd, zoals aangegeven op het SO. Hierbij is gekozen voor het toepassen van 4 locaties zoals aangegeven in de notitie. De aannemer wordt gevraagd het ontwerp voor de inpassing van waterkracht, nader uit te werken in het plan.

3.8 Bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit t.p.v. het projectgebied van de waterharmonica is middels verschillende onderzoeken en adviezen inzichtelijk gemaakt. Om in chronologische volgorde de onderzoeksinspanning langs te gaan, is in het verleden gestart met onderstaande.

Verkennde (water)bodemonderzoeken

- 1 Verkennend (water)bodemonderzoek Waterharmonica Vlaardingen, RPS, 1506622A00-R16-477, 9 juni 2016; (op onderstaande afbeelding fase 1)
- 2 Verkennend (water)bodemonderzoek waterharmonica Vlaardingen (fase 2), RPS, 1506622A01-B17-230, 23 maart 2017; (op onderstaande afbeelding fase 2)
- 3 Verkennend (water)bodemonderzoek waterharmonica Vlaardingen (fase 3), RPS, 1506622A02-R18-104, 21 februari 2018. (op onderstaande afbeelding deelgebieden A, B en C)



Figuur 1 Overzicht onderzoeksfases bodemonderzoeken

Onderstaand zijn de resultaten van deze onderzoeken kort samengevat. Voor de volledige onderzoeksopzet, gegevens, parameters en conclusie wordt naar de onderzoeksrapportages verwezen.

Fase 1

Conclusies verkennend bodemonderzoek

Op basis van het veld- en laboratoriumonderzoek wordt geconcludeerd dat de bodem binnen het projectgebied over het algemeen niet verontreinigd is ten aanzien van de onderzochte parameters. Hierbij wordt opgemerkt dat de diverse achtergrondwaarde-overschrijdingen voor molybdeen in de grond en de streefwaarde overschrijdingen voor barium, nikkel en/of naftaleen beschouwd zijn als diffuus aanwezige regionaal verhoogde achtergrondwaarden (natuurlijke oorsprong).

Conclusies verkennend waterbodemonderzoek

De sliblaag aangetroffen in de lintvormige watergangen aanwezig in het bosperceel en in/rondom het weiland is zonder uitzondering beoordeeld als verspreidbaar op aangrenzend perceel.

Bij toetsing aan de generieke toepassingskaders uit het Besluit bodemkwaliteit is de sliblaag, behoudens enkele uitzonderingen, beoordeeld als altijd toepasbaar (niet-verontreinigd).

Fase 2

Conclusies verkennend bodemonderzoek

Op basis van het veld- en laboratoriumonderzoek wordt geconcludeerd dat de bodem binnen het projectgebied (bospercelen) over het algemeen niet verontreinigd is ten aanzien van de onderzochte parameters. In het westelijke deel van de bospercelen is een lichte verontreiniging met molybdeen en koper aangetroffen in de bovengrond (0,0 - 0,5). Hierbij wordt opgemerkt dat de streefwaarde-overschrijdingen voor barium en molybdeen in het grondwater beschouwd worden als diffuus aanwezige regionaal verhoogde achtergrondwaarden (natuurlijke oorsprong).

De aangetroffen verhoogde regionale achtergrondwaarden en lichte verontreinigingen vormen geen aanleiding tot het uitvoeren van een nader of aanvullend onderzoek.

Conclusies verkennend waterbodemonderzoek

Watergangen bospercelen

De sliblaag en vaste bodem aangetroffen in de lintvormige watergangen in en langs de bospercelen is beoordeeld als verspreidbaar op aangrenzend perceel. Bij toetsing aan de generieke toepassingskaders uit het Besluit bodemkwaliteit is de sliblaag beoordeeld als altijd toepasbaar (niet-verontreinigd).

De in de watergangen aangetroffen sliblagen voldoen hiermee aan de verwachtingen voortkomend uit de waterbodemkwaliteitskaart van het hoogheemraadschap van Delfland.

Zuidplas

Bij toetsing aan de generieke toepassingskaders uit het Besluit bodemkwaliteit is de sliblaag, afwisselend beoordeeld als altijd toepasbaar (niet-verontreinigd) of klasse A of klasse B. De sliblaag is daarnaast zonder uitzondering beoordeeld als verspreidbaar op aangrenzend perceel.

Fase 3

Conclusies verkennend bodemonderzoek

Op basis van het veld- en laboratoriumonderzoek wordt geconcludeerd dat de bodem in de spoorzone en naast de hoofdwatgang niet tot licht verontreinigd is met de onderzochte parameters. De bodem aan beide zijden van de te verbreden afvoersloot is licht tot sterk verontreinigd met zware metalen en licht tot matig met minerale olie en diverse andere parameters. De aangetoonde sterke tot lichte verontreinigingen hangen waarschijnlijk samen met de ter plaatse aanwezige voormalige baggerspecie loswal. Betreffend geval van ernstige bodemverontreiniging is in het verleden al beschikt in het kader van de Wet bodembescherming. De puinhoudende grond, aangetroffen in het traject naast de afvoersloot blijkt, op basis van analytisch onderzoek 'niet asbesthoudend'. In het grondwater, ter plaatse van alle deellocaties, worden licht verhoogde gehalten barium en/of naftaleen aangetoond. Aangetoonde licht verhoogde gehalten worden beschouwd als diffuus aanwezige regionaal verhoogde achtergrondwaarden (natuurlijke oorsprong). De aangetroffen verhoogde regionale achtergrondwaarden in het grondwater en de lichte verontreinigingen in de spoorzone en de bodem langs de hoofdwatgang vormen geen aanleiding tot het uitvoeren van een nader of aanvullend onderzoek. De sterke verontreinigingen aangetroffen langs de afvoersloot vormen formeel gezien wel aanleiding tot het uitvoeren van een nader onderzoek naar de aard en omvang van het geval van bodemverontreiniging. Echter doordat betreffend geval in het verleden al beschikt is in het kader van de Wbb, wordt nader onderzoek naar de aard en omvang niet noodzakelijk/zinvol geacht.

Conclusies verkennend waterbodemonderzoek

A. spoorzone

De sliblaag en vaste bodem in de 'verbindingswatgang' zijn niet verontreinigd ten aanzien met de onderzochte parameters. Bij toetsing aan de generieke toepassingskaders voor toepassen op land- en

respectievelijk waterbodembodem zijn de sliblaag en vaste bodembodem beoordeeld als 'altijd toepasbaar'. De sliblaag is bij toetsing aan het verspreidingskader beoordeeld als 'verspreidbaar' op aangrenzend perceel.

B. hoofdwatgang

De sliblaag is, ondanks een overschrijding van de achtergrondwaarde voor molybdeen, beoordeeld als altijd toepasbaar op een landbodembodem en bodembodem onder/in een oppervlaktewaterlichaam. De vaste bodembodem onder de sliblaag is bij toetsing aan het generieke toepassingskader voor het toepassen op/in een waterbodembodem beoordeeld als klasse B. Bij toetsing aan het toepassingskader voor toepassen op een landbodembodem is de vaste bodembodem beoordeeld als klasse wonen.

De sliblaag in de hoofdwatgang is bij toetsing aan het verspreidingskader beoordeeld als 'verspreidbaar' op aangrenzend perceel.

C. afvoersloot

In de afvoersloot is geen sliblaag aangetroffen. De vaste waterbodembodem in de watgang blijkt over het algemeen te voldoen aan de waterbodembodemkwaliteitsklasse B.

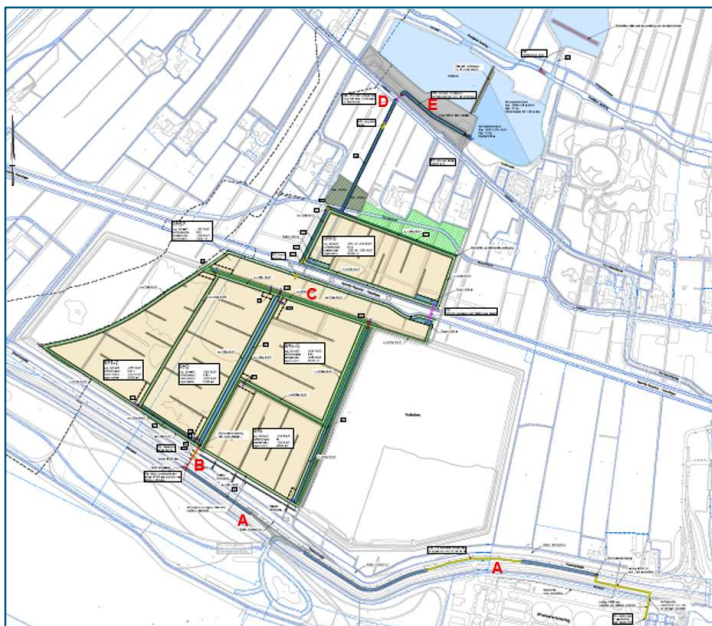
Onderbouwing bodemrisico's

Vervolgens is in voorbereiding van de aanleg van de Waterharmonica recentelijk een duiker vervangen in de aanvoersloot. De aanvoersloot met duiker is gelegen ten zuiden van de Maassluisdijk bij het Bospad. De bij de werkzaamheden tijdelijk uitgeplaatste grond is gekeurd voor toepassing elders. Uit de partijkeuring is gebleken dat de partij niet toepasbaar is.

Het HH Delfland heeft toen in het risicodossier opgenomen het risico op 'het aantreffen van bodemvervuiling bij het graven van de toevoersloot langs de weg'. Nu daadwerkelijk verontreiniging is aangetroffen wilde het HH Delfland een betere onderbouwing van:

- het risico op optreden en
- de gevolgen bij het optreden van het risico.

De onderbouwing is opgesteld op basis van de beschikbare gegevens en beschrijft de te nemen maatregelen voor het werken in de risicovolle gebieden. Onderstaande het overzicht van de risicovolle gebieden vanuit het advies en de tabel met bijbehorende maatregelen.



Figuur 2 Locaties risico bodemverontreiniging

Tabel 1 Overzicht risico's en mitigerende maatregelen

	Locatie	Risico		Mitigerende maatregel
A	Afvoersloot zuidzijde Maassluissedijk	Sterke verontreiniging aanwezig gerelateerd aan de baggerspecieloswallen	Hoog	Voorbereiden uitvoering sanering
B	Duiker en sloot noordzijde Maassluissedijk	Sterke verontreiniging ten zuiden van de Maassluissedijk gerelateerd aan de baggerspecieloswallen	Hoog	Voorbereiding uitvoering sanering en uitvoeren waterbodemonderzoek
C	Weilandstrook tussen rietputten en spoor	Niet gehele strook is onderzocht. Echter voldoende inzicht in bodemkwaliteit obv beschikbare bodeminformatie.	Laag	-
D	Kruising Zuidbuurt (Sifon)	Sterke verontreiniging aanwezig in de wegberm.	Hoog	Voorbereiden uitvoering sanering
E	Aanvoersloot Krabbepas	Onvoldoende gegevens kwaliteit vrijkomende grond. Risico op aanwezigheid bodemverontreiniging.	Laag	Uitvoeren verkennend bodemonderzoek

Toelichting

* De in de tabel opgenomen kosten zijn exclusief BTW.

Aanvullend verkennend bodemonderzoek + PFAS + asfalt en fundering

Na het opstellen van de onderbouwing betreffende de bodemrisico's zijn de geadviseerde deellocaties voor een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd. Aanvullend daarop is een onderzoek naar PFAS uitgevoerd. Deze rapportage heeft kenmerk: *NEN.ASF.rapport Vlaardingen (153022) aangepast*. Onderstaande conclusies zijn overgenomen vanuit die rapportage.

Conclusie verkennend bodemonderzoek

Uit de analyseresultaten blijkt dat de bodem (grond en grondwater) ter plaatse van de onderzochte deellocaties over het algemeen licht verontreinigd is met de onderzochte parameters. Uitzondering hierop betreffen de deellocaties 1 t/m 4 en 6 (overeenkomend met locatie A en B vanuit de onderbouwing) waar heterogeen lichte tot sterke verontreinigingen met één of meerdere parameters uit het NEN-pakket zijn aangetroffen. De vastgestelde verontreinigingen maken onderdeel uit van een voormalige baggerspecie loswal (geval 'de Lickbaert').

Met betrekking tot de vastgestelde milieuhygiënische kwaliteit van de bodem ter plaatse kan worden geconcludeerd dat er over het algemeen, gezien de geringe mate aan verontreiniging, milieuhygiënisch gezien geen bezwaar is tegen de toekomstige graafwerkzaamheden. Uitzondering hierop betreffen de voorziene graafwerkzaamheden ter plaatse van de deellocaties 2 t/m 4 en 6 (A en B) waar, in verband met de aangetroffen sterke verontreinigingen, de voorziene graafwerkzaamheden gezien worden als een saneringshandeling waarvoor een saneringsplan opgesteld dient te worden.

Veiligheidsklasse en hergebruik

Met betrekking tot de vastgestelde milieuhygiënische kwaliteit van de grond ter plaatse kan worden geconcludeerd dat de voorziene graafwerkzaamheden in de grond conform de CROW 400 over het algemeen onder de voorlopige veiligheidsklasse 'geen klasse' dienen te worden uitgevoerd en deels onder de voorlopige veiligheidsklasse 'ROOD' (deellocaties 2 (A)) en 'ORANJE' (deellocatie 6 (B)). De betrokken aannemer dient in overleg met een veiligheidskundige de definitieve veiligheidsklasse te bepalen.

De top- en onderlaag komt op basis van de indicatieve gegevens van het onderhavige bodemonderzoek over het algemeen in aanmerking voor hergebruik. Uitzondering hierop betreffen de plaatselijk aanwezige sterk verontreinigde bodemlagen welke niet toepasbaar zijn. In overleg met het bevoegd gezag kan de grond mogelijk worden hergebruikt binnen het plangebied. Indien de grond vrijkomt van de locatie kan deze worden aangeboden aan bijvoorbeeld een grondbank of een hergebruiksproject. Voordat de grond daadwerkelijk kan worden hergebruikt, dient deze echter specifiek volgens het Besluit bodemkwaliteit (partijkeuring) te worden onderzocht.

Lozen grondwater

Conform het Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi) dienen tijdens het lozen van grondwater alleen visuele verontreinigingen te worden verwijderd. Voor het lozen van grondwater zal ter plaatse van de deellocaties 3 en 4 (A) in verband met verhoogde gehalten aan ijzer en onopgeloste bestanddelen, een ontijzeringsstap en een slibvang noodzakelijk zijn. Inzake de overschrijdingen van het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) dient hier afstemming met het HHD plaats te vinden.

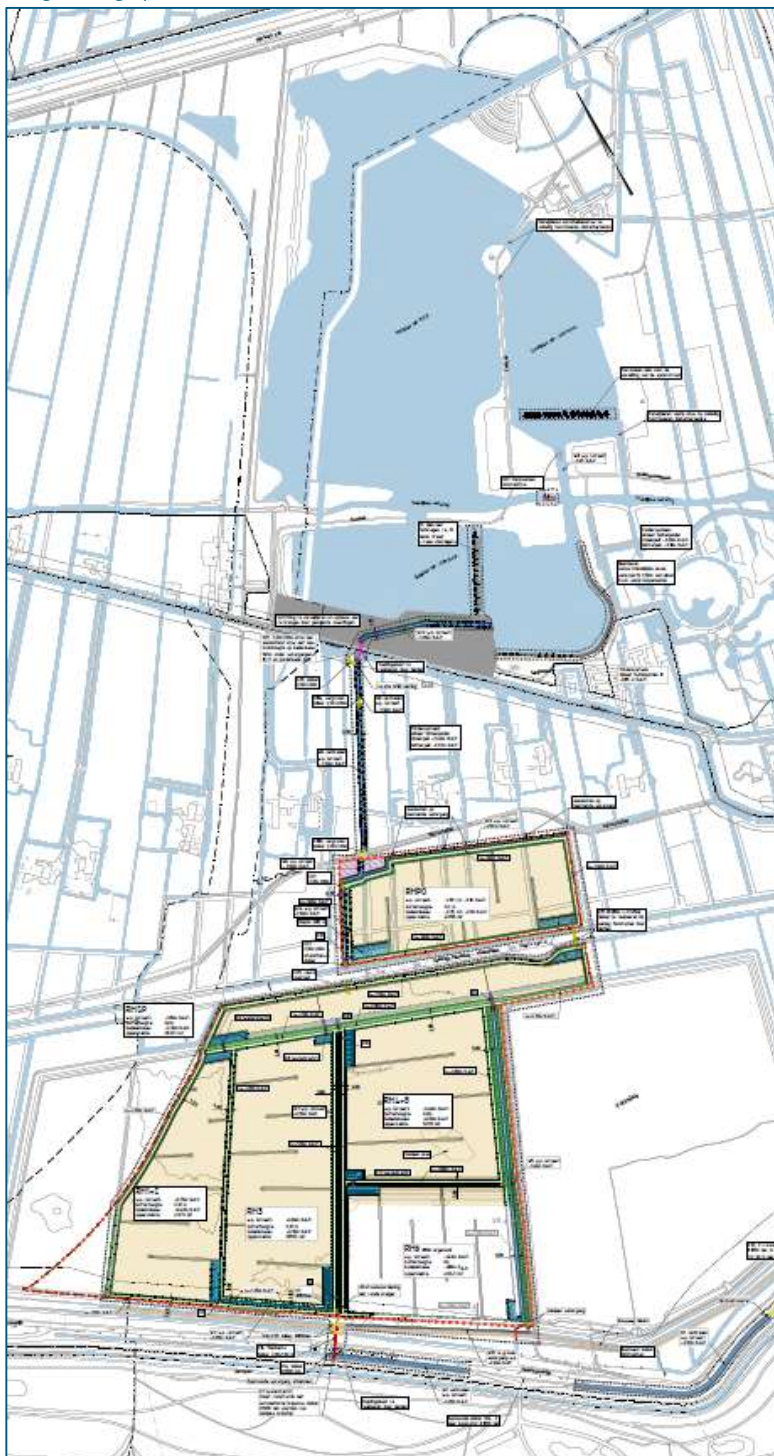
Asfaltonderzoek

Het asfalt ter plaatse van de onderzochte deellocaties bevat géén teerhoudende lagen en kan zonder bezwaar worden afgevoerd naar een erkende verwerker.

In de funderingslagen (gebroken puin en slakken) zijn géén overschrijdingen van de samenstellings- en emissiewaarden vastgesteld. De funderingslagen komen op basis van het onderzoek in aanmerking voor hergebruik. In overleg met het bevoegd gezag kan het materiaal mogelijk worden herschikt binnen het plangebied. Indien dit niet mogelijk is dient het materiaal te worden afgevoerd naar een erkende verwerker. Voordat het materiaal daadwerkelijk kan worden hergebruikt dient deze echter specifiek volgens het Besluit bodemkwaliteit (partijkeuring) te worden onderzocht. In het onderhavige geval zal over het algemeen de erkende verwerker hier zorg voor dragen.

4 Toelichting schetsontwerp+

In dit hoofdstuk is beschreven hoe het ontwerp functioneert en welke ontwerpkeuzes zijn gemaakt. In de volgende figuur is het schetsontwerp+ weergegeven (waarvan een groot formaat als Bijlage A1 is toegevoegd).



Figuur 3: Het SO+ van de waterharmonica

4.1 Landschappelijke visie

Bureau Feddes/Olthof heeft op basis van het kwaliteitsprogramma bij de aanleg van de Blankenburgverbinding en het technische Schetsontwerp van de Waterharmonica een integrale visie op de landschappelijke inpassing van de Waterharmonica ontwikkeld. De visie is opgenomen in het document met kenmerk: 'DOC-00067 Inrichtingsvisie Waterharmonica de Rietputten', deze is ter informatie toegevoegd aan het contract. Het belangrijkste onderdeel uit de inrichtingsvisie is het inlaatwerk van de Waterharmonica. Als bijlage A3 van deze rapportage zijn de pagina's met afbeeldingen omtrent het streefbeeld van het inlaatwerk toegevoegd. De uiteindelijke detailuitwerking van dit object dient daarbij aan te sluiten op de impressies van deze bijlage.

4.2 Raakvlakken omgeving

De harmonica heeft vanaf het verlaten van de zuivering tot aan de zwemplas een aantal raakvlakken:

- Blankenburgverbinding, waarbij de harmonica deel uitmaakt van het inpassingsplan van deze verbinding. Een deel van het huidige rietmoeras komt te vervallen door de aanleg van de Blankenburgverbinding. De huidige bouwweg van BAAK ligt onderlangs de Maassluissedijk en hier dient rekening mee gehouden te worden bij de aanleg van de Waterharmonica.
- Poldersysteem Aalkeet binnen- en buitenpolder. T.p.v. K27, W13, K39 en na het passeren van de Zuidbuurt staat het systeem van de waterharmonica in open verbinding met het poldersysteem. Via de zwemplas en de surfplas van de Krabbepas wordt het water naar het gemaal van de Aalkeet buitenpolder afgevoerd.
- Fietspad en -tunnel Maassluissedijk – Krabbepas. Aan de oostzijde van de Waterharmonica realiseert de gemeente Vlaardingse een fietsverbinding, die de spoorlijn onderdoor kruist. De verbinding tussen het de rietmoerassen 'spoorzone' en 'populierenweide', wordt gerealiseerd tijdens de aanleg van de fietstunnel. Dit heeft als consequentie dat het functioneren van de Waterharmonica afhankelijk is van de te realiseren fietsverbinding.
- Kap bomen deelplan RMPO en aanplant compensatie, waarbij Staatsbosbeheer de werkzaamheden voor het kappen en verwijderen van de stobben en wortels in deelplan RMPO zal verzorgen in de periode augustus t/m december 2021. Staatsbosbeheer laat deelplan RMPO na het afronden van de werkzaamheden geëgaliseerd achter. Op verschillende locaties in omgeving van de Waterharmonica zal Staatsbosbeheer bomen ter compensatie planten om aan de compensatieplicht te voldoen.
- Voedingskasten Stedin, voor de verschillende stuwen binnen het plangebied worden 2 nieuwe voedingskasten aangebracht door Stedin. Één t.p.v. K1 door de Maassluissedijk heen de waterharmonica in en één t.p.v. de kruising met de Zuidbuurtseweg (K22). Deze werkzaamheden zullen vooruitlopend aan de werkzaamheden voor de waterharmonica zijn gerealiseerd.
- Realisatie Zoetwaterfabriek AWZI, de geografische start van het project Waterharmonica is t.p.v. de dijksloot nabij de AWZI 'de groote lucht'. De aansluiting vanuit de AWZI op de dijksloot moet nog gerealiseerd worden en zal naar waarschijnlijkheid in 2023 gereed zijn. Tot die tijd is er **geen** aanvoer van water naar de Waterharmonica en zal de Waterharmonica nog niet voorzien kunnen worden van een constante doorstroom gedurende de zomerperiode. De uitstroomvoorziening in de dijksloot valt **buiten** de scope van de Waterharmonica.
- Binnen het projectgebied t.p.v. van deelplan RM3 bevindt zich een gronddepot met 6700m³ grond. De Opdrachtnemer dient de door BAAK op RM3 opgeslagen 6700m³ grond te gebruiken in het Werk. Indien een deel van deze opgeslagen grond niet gebruikt kan worden, dient de Opdrachtnemer deze grond terug te brengen naar het depot van BAAK (ten oosten van het Volksbos). Deze grond is door BAAK opgeslagen op RM3 teneinde een gesloten balans te krijgen

op het werk en de transporten voor de omgeving te minimaliseren. Enkel de grond vanuit dit depot, kan teruggegeven worden aan BAAK, andere grond vanuit het plangebied kan hier niet voor gebruikt worden.

- In het voortraject heeft veelvuldig afstemming plaatsgevonden met de gemeente Vlaardingen. Voor het gebruikmaken van het wegennet van de gemeente zijn hier verschillende afspraken over gemaakt en vastgelegd in het contract.
- Uitvoering taludstabilisatie Hoekse Lijn, deze werkzaamheden gaan uitgevoerd worden door Van Dijk Maasland in de periode september t/m december 2021. Om deze werkzaamheden uit te kunnen voeren zal Van Dijk Maasland binnen de werkgrenzen van de waterharmonica aan de slag gaan t.h.v. RMSP en RMPO aan de zijde van de Hoekse Lijn. De afspraak met Van Dijk Maasland betreft dat ze na afloop van hun werkzaamheden de situatie buiten terugbrengen naar de staat voorafgaand aan hun werkzaamheden. Deze staat komt dan overeen met de situatie zoals opgenomen is in het contract.

4.3 Ecologie en waterkwaliteit

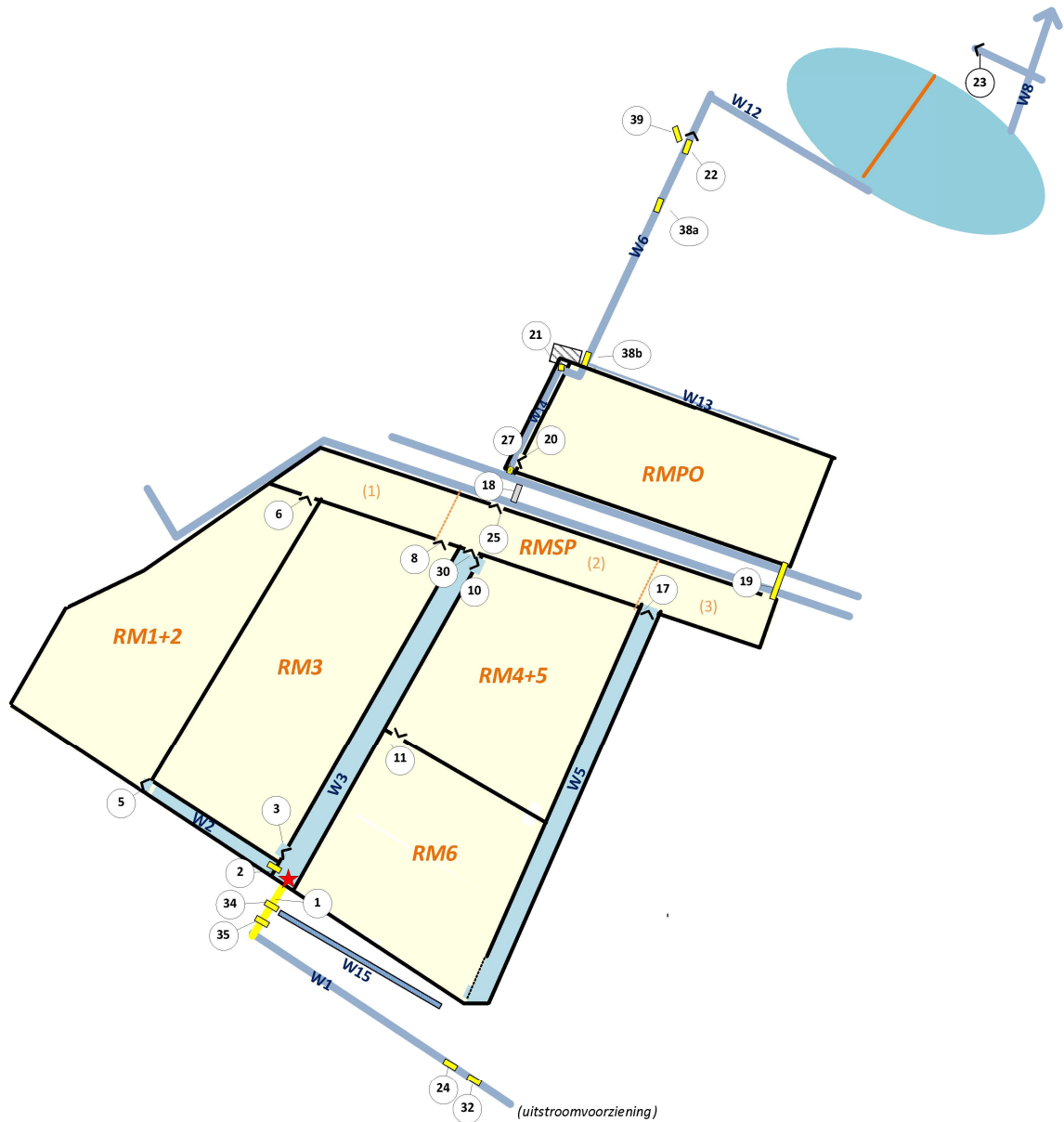
Uitgangspunt is dat het effluent van de AWZI dat de Waterharmonica binnenkomt maximaal 0,4 mg P/l, 4 mg N/l en zuurstofarm is als gevolg van de ozonbehandeling en zandfiltratie in de zoetwaterfabriek (ZWF). De kwaliteit van het water na passage van de Waterharmonica zal voldoen aan de eisen die volgens de Europese Zwemwaterrichtlijn (2006/7/EG) gelden voor bacteriële samenstelling en voorkomen van de kans op groei van blauwalg. Daarmee wordt een zwemwaterkwaliteit in de oostelijke Krabbeplas bereikt die de kwalificatie "uitstekend" heeft. Dit houdt dan in dat

- het gehalte *E. Coli* kleiner is dan 500 kve per 100 ml,
- het gehalte *Intestinale enterococcon* kleiner is dan 200 kve per 100 ml,
- er geen gezondheidsrisico is door aanwezigheid van blauwalg bij een biovolume <2,5 mm³/l of < 12,5 µg/l cyano-chlorofyl.

Het water dat de Krabbeplas instroomt krijgt door passage van de rietmoerassen ook in ecologisch opzicht een goede kwaliteit, vergelijkbaar met de KRW-maatlatkwalificaties 'goed' tot 'zeer goed' voor kleine, ondiepe gebufferde plassen (watertype M11). De Waterharmonica wordt ingericht met liesgras, lisdodde en riet, in de verhouding 1:1:6. Hiermee wordt een goede nutriëntenverwijdering bereikt, maar ook een visuele, landschappelijke afwisseling.

4.4 Watersysteem

Figuur 4 is een schematische weergave van het schetsontwerp van het watersysteem met nummering en naamgeving. De kunstwerken (stuwen, duikers, inlaatwerk) hebben een nummer met voorvoegsel K. Na aanbesteding dient voor alle objecten de nummering/objecten die hier genoemd worden, te worden aangehouden, behalve voor de automatische stuwen. Hiervoor zal HDD een HDD-objectnummer leveren na aanbesteding. De watergangen zijn genummerd met voorvoegsel W. De naamgeving van de rietmoerassen start met RM en is gebaseerd op het huidige gebruik (nummers verwijzen naar huidige naamgeving van de compartimenten, SP naar spoorzone en PO naar Populierenbos). De nummering/naamgeving is niet volledig opeenvolgend en bevat 'gaten'.



Figuur 4: Inrichting watersysteem met nummering watergangen en kunstwerken

Watersysteembeschrijving

Aanvoerroute

De Waterharmonica wordt in de zomermaanden gevoed door een deel van het effluent van AWZI De Groote Lucht. De verbinding tussen de AWZI en watergang W1 valt buiten de scope van de Waterharmonica en wordt gerealiseerd bij het project 'Zoetwaterfabriek'. Als uitgangspunt geldt dat deze verbinding en toestroom van water uiterlijk eind 2023 gereed is.

Vanaf het uitstroompunt van de AWZI op watergang W1, dient het profiel van het wegslotenstelsel te worden vergroot. In de huidige situatie bestaat de wegsloot uit losse segmenten die elk separaat via een duiker afwateren op de kwelsloot. Voor de wateraanvoer van de waterharmonica worden de wegslootsegmenten

verbonden met duikers. Onder de oprit Oeverbos zijn al 2x Ø1200mm duikers aangebracht. Onder de oprit naar de AWZI moeten deze nog worden aangebracht met een grofvuilrooster aan de instroomzijde en inspectieputten t.p.v. de knippunten. De bestaande duikerverbindingen voor de afwatering naar de polder moeten worden dichtgezet (voor zover ze dat niet al zijn). Bij het inlaatwerk worden in de kruisende watergangen duikers geplaatst (K34 en K35).

Inlaatwerk en waterverdeling

Het inlaatwerk (K1) kruist de kruin van de dijk en moet de energie van het ingelaten water dissiperen (hoogteverschil ca. 2,4 meter). Het inlaatwerk bestaat uit een duiker met klepstuw, deze moet in de winterperiode op een vast peil worden gezet om overtollig water uit de wegsloot af te kunnen voeren richting de Waterharmonica, endaarin een vijzelturbine die de energie in het water benut. Na de vijzel stroomt het water via een duiker met overloopconstructie naar watergang W3.

Het inlaatwerk mondt via een ronde steigerconstructie uit in een brede, vanuit ruimtelijke kwaliteit overgedimensioneerde, watergang (W3). Vanaf deze watergang verdeelt het water via automatische klepstuwen over drie rietmoerassen (RM1+2, RM3, RM4+5). Het transport naar rietmoeras RM1+2 loopt via aanvoerwatergang W2. De stuw richting de spoorzone (K30) fungeert als bypass voor het geval een van de compartimenten buiten werking is vanwege bijvoorbeeld onderhoud.

Rietmoerassen - tot de spoorzone

De rietmoerassen van de Waterharmonica bestaan uit gescheiden compartimenten met elk een eigen bodemligging en streefpeil. De stroming door de compartimenten tot de spoorzone (RMSP) loopt via drie routes:

- RM1+2
- RM3
- RM4+5 > RM6

De waterverdeling tussen de routes is zo gekozen van de verblijftijd via elk van de routes vrijwel gelijk is.

Elk vak heeft een eigen bodemligging en streefpeil. Daarom staan op de vakgrenzen stuwen. Het water uit rietmoerassen RM1+2 en RM3 stroomt via een stuw direct naar de spoorzone. Het water afkomstig uit de rietmoerassen RM6 stroomt via de watergang W5 naar de spoorzone.

De rietmoerassen werken volgens het principe van een opgevouwen sloot. In de rietmoerassen liggen stromingsdijkjes die de stroming sturen zodat het hele vak mee stroomt en kortsluiting en stilstaande delen worden vermeden.

Waterharmonica – spoorzone

In de spoorzone (RMSP) komt het water van de afzonderlijke routes weer bij elkaar. Doordat de spoorzone smal is zijn hier geen stromingsdijkjes nodig om de stroming te geleiden. Vanuit de spoorzone stroomt het water via een nieuwe duiker onder het spoor (K19) naar het voormalig populierenbos (RMPO). De duiker kruist daarbij bestaande W9 en W11. De nieuwe duiker wordt samen met een nieuwe fietstunnel aangelegd door de gemeente Vlaardingen. De stuwen staan in lijn met de duikers onder het spoor zodat het profiel van de bestaande watergang niet hoeft te worden vergroot. In de spoorzone is een vaste overlaat (K25) aanwezig die als overloop richting W11 fungeert voor het geval de spoorduiker (K19) niet functioneert. In dit laatste geval kan het water worden afgevoerd via de bestaande spoorduiker (K18) naar W9 en via de bypass van het populierenbos (W14) naar W6.

Waterharmonica – voormalig populierenbos

De duikers onder het spoor monden uit in het voormalig populierenbos (RMPO). Ook hier is het principe van de opgevouwen sloot weer toegepast. Via stuw K20 komt het water in watergang W14 terecht. Deze watergang sluit aan op de primaire watergang W6. Vanaf het deelplan RMPO mixt het water van de Waterharmonica middels bestaande watergangen met het polderwatersysteem.

Bypass populierenbos

Parallel aan het rietmoeras in het voormalig populierenbos ligt een bypass W14. Via deze watergang kan de waterafvoer plaatsvinden wanneer het populierenbos buiten werking is voor onderhoud of bij een afvoersituatie waarbij de Waterharmonica buiten werking is. De inlaat bestaat uit een afsluitbare duiker (K27). K27 staat in principe altijd open, omdat deze verbinding onderdeel is van het afvoersysteem van de polder.

Verbindingssloot en kruising Zuidbuurt

Vanuit het voormalig populierenbos stroomt het water via een verbrede verbindingssloot W6 en twee vergrootte duikers K38a en K38b richting de Zuidbuurt. Ook bij de Zuidbuurt is een punt waar het water van de Waterharmonica mixt met het water van het polderwatersysteem, d.m.v. duiker K39. Duiker K39 is haaks op W6 geplaatst en in de stroomrichting naar het gemaal Aalkeet binnenpolder. De hoofdstroom van W6 blijft richting de Zuidplas verlopen. De Zuidbuurt wordt gekruist via een afsluitbare sifon (K22). Omdat de polderkade wordt doorsneden moet de stuw als waterkering kunnen fungeren, die minimaal op kruinhoogte gesloten moet kunnen worden. De afsluitbare sifon dient daarbij ook watergangen W16 en W17 te kruisen. Vervolgens stroomt het water via een nieuwe watergang W12 naar de Zuidplas.

Zuidplas en zwemplas

In de Zuidplas is een dam geplaatst die uitwisseling van water met het westelijk deel van de Zuidplas voorkomt. Vanaf het oostelijk deel van de Zuidplas stroomt het water naar de zwemplas via watergang W8. In de kruisende watergang wordt een (borstel)stuw geplaatst (K23) om te voorkomen dat er kortsluiting ontstaat met de Krabbepas. Dit betreft de stuw die in de huidige situatie in watergang W8 staat en moet worden verplaatst naar Poeldijkse Wetering en aangepast tot borstelstuw.

In de zwemplas dient over de breedte van de gehele plas een stromingswerk of een andere constructie aangebracht te worden, welke ervoor zorgt dat het instromende water opgestuwd wordt en over de dam verdeeld in de zwemplas stroomt. De dam voorkomt kortsluitstromen in de zwemplas en zorgt ervoor dat de gehele plas van stromend water wordt voorzien.

Ontwerpaanvoer/afvoer

De wateraanvoer van de Zoetwaterfabriek varieert tussen de 500 m³/uur en 1650 m³/uur met gemiddeld 1250 m³/uur. De aanlevering vindt plaats in de periode tussen maart en september. Daarbuiten is er dus geen wateraanvoer (behalve neerslag).

De variatie in aanvoerdebiet wordt in geselecteerde compartimenten opgevangen zodat de afvoer van de waterharmonica constant is op 1250 m³/uur. Het tracé tot en met de buffercompartimenten is gedimensioneerd op 1650 m³/uur. Het resterende tracé is gedimensioneerd op 1250 m³/uur.

Omschakelen van aanvoer naar afvoer

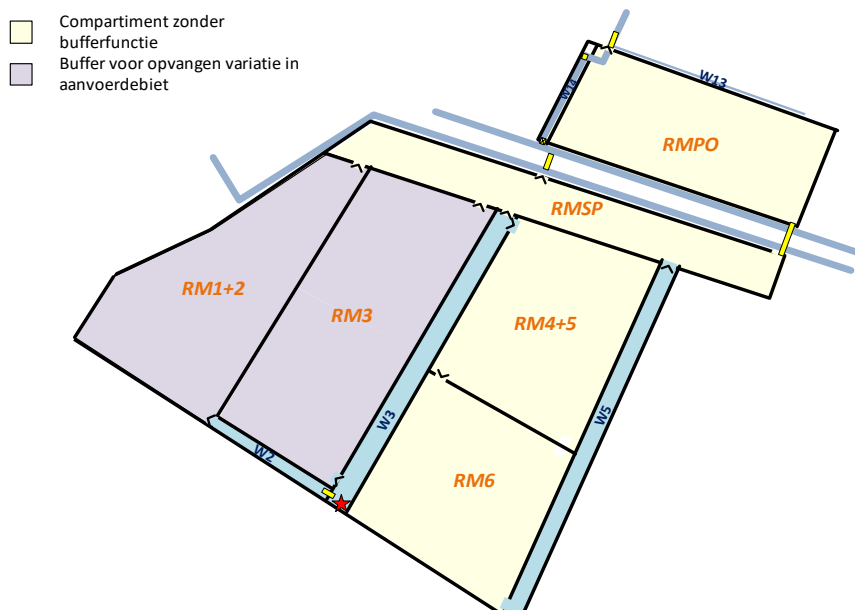
Bij verwachte neerslag in de zomerperiode moet de wateraanvoer vanuit de Waterharmonica op het polderwatersysteem snel worden stopgezet. Na het stopzetten van de aanvoer vanuit de AWZI blijft de Waterharmonica zonder maatregelen nog enkele dagen afvoeren. Daarom moet naast het stopzetten van de aanvoer alle automatische stuwen omhoog gezet worden, zodat in de rietmoeras compartimenten het water wordt gebufferd.

Buffercapaciteit

De Waterharmonica moet een buffercapaciteit hebben met twee functies:

1. Opvangen variatie in aanvoerdebiet zodat de afvoer van de waterharmonica constant is
2. Buffer voor compartimenten waar het volume niet vastgehouden kan worden bij stilzetten van de Waterharmonica (benedenstrooms een vaste en/of handmatige stuw)

In figuur 5 staan de compartimenten met bufferfuncties weergegeven.



Figuur 5: Compartimenten met bufferfunctie

De paarse compartimenten deelplan RM1+2 en RM 3 kunnen 10cm bufferen om de variatie in aanvoer op te vangen. Deze buffer wordt dagelijks (deels) ingezet.

4.5 Waterkeringen, kades en waterscheidingen

De bestaande kades rondom de Waterharmonica dienen als gevolg van de toekomstige waterpeilen verhoogd te worden. Rondom de spoorzone, rietmoeras 6, en het populierenbos zijn nieuwe kaden ontworpen met als doel water vasthouden en het tijdelijk kunnen droogzetten ten behoeve van beheer en onderhoud. Op het deel van de kaden waar beheerpaden zijn voorzien wordt verharding aangebracht uitgevoerd als betongranulaat en ter plaatse van de kunstwerken komen draai- en opstelplaatsen van grasbetontegels. Parallel aan de Blankenburgverbinding dient een nieuwe kade gerealiseerd te worden ter begrenzing van de hoger gelegen rietmoerassen. In de afzonderlijke delen van het rietmoeras zorgen stromingsdijkjes voor de geleiding van het water met als doel de verblijftijd van het water te optimaliseren en ter voorkoming van stilstaand water. De exacte dimensionering, geotechnische toets en uitwerking van de opbouw van de kade maakt onderdeel uit van de volgende fase in de uitwerking van het ontwerp, voor de reeds uitgevoerde onderzoeken en eisen aan de kruisingen met keringen wordt ook verwezen naar paragraaf 3.5.

4.6 Risico's bij aanleg en gebruik van de Waterharmonica

In de Schetsontwerpfase is het risicoregister van het Hoogheemraadschap Delfland geactualiseerd en zijn er door RHDHV risico's geïnterpreteerd. Een overzicht van de actuele en relevante ontwerp en uitvoeringsrisico's is opgenomen als bijlage bij het contract.

5 Technische ontwerp- en onderbouwing

In dit hoofdstuk is het ontwerp zoals beschreven in hoofdstuk 5 nader technisch onderbouwd met berekeningen.

5.1 Ecologie en waterkwaliteit

Voor vaststelling van de ontwerpgrondslagen zijn de volgende uitgangspunten c.q. randvoorwaarden van gehanteerd.

- a. toevoerdebiet: 1.250 m³/h
- b. influent Waterharmonica:
 - O₂-gehalte: max 5 mg O₂/l
 - P_{totaal}-gehalte: 0,3 mg P/l (max 0,4 mg P/l)
 - N_{totaal}-gehalte: (3 mg N/l, max 4 mg N/l)
- c. waterdiepte rietvelden: 0,4 m met maximaal 0,1 m peilopzet
- d. hydraulische verblijftijd rietfilter: > 3 dagen
- e. maaien, onderhoud en baggeren van de Waterharmonica vanuit den droge
- f. zwemplas (oostelijke Krabbeplass)
 - gehalte *E. Coli* < 500 kve per 100 ml,
 - gehalte *Intestinale enterococci* < 200 kve per 100 ml,
 - biovolume < 2,5 mm³/l of < 12,5 µg/l cyano-chlorofyl.

Watertoevoer

De wijze waarop het AWZI-effluent na passage van de primaire waterkering de Waterharmonica binnenkomt is wat betreft waterkwaliteit facultatief.

Rietmoeras

Voor de inrichting van het rietmoeras in de Waterharmonica, spoorzone en het populierenbos is uitgegaan van het principe van de opgevouwen sloot. Hiermee wordt het ontstaan van dode ruimtes voorkomen zoals vaak in open rietvloeivelden gebeurt. Tegelijkertijd wordt door het propstroomkarakter van de waterpassage een optimale werking verkregen.

Uitgaande van een minimale hydraulische verblijftijd in de rietmoerassen van 3 dagen is dan een 'nat' oppervlak aan rietfilter vereist van minimaal $30.000 \times 3,5 / 0,4 = 22,5$ ha. Dit oppervlak is in het projectgebied voorhanden. De verblijftijden per compartiment staan weergegeven in tabel 1 en de totale verblijftijd in de Waterharmonica per route in tabel 3 (zie bijlage A2 voor de tabellen). Het systeem heeft een verblijftijd van ruim 3 dagen in de rietmoerassen (en 1,75 dagen in de Zuidplas).

De P-belasting van het rietfilter bedraagt $0,3 \text{ mg/l} \times 30.000.000 \text{ l/d} / 225.000 \text{ m}^2 = 40 \text{ mg P/m}^2\text{.d}$. Volgens grafiek 3.1 in het rapport van Witteveen + Bos¹ wordt hiermee een verwijderingsrendement van 50% bereikt

¹ Rapport Waterharmonica De Groote Lucht, Bepalen effluenteisen P en N op basis van ontvangend oppervlaktewater. Witteveen+Bos, 21 december 2016

voor fosfaat. Voor stikstof is de belasting dan 400 mg N/m².d, hetgeen volgens grafiek 3.2 in hetzelfde rapport een verwijdering van 45% geeft. Hiermee voldoet het aan de norm voor zwemwater waarbij – rekening houdend met een hydraulische verblijftijd in de zwemplas van circa 2 dagen – er geen risico is op het ontstaan van blauwalg.

5.2 Watersysteem

Buffering dagelijkse aanvoervariatie

De dagelijkse buffercapaciteit is conservatief bepaald door het verschil te nemen tussen de dagelijks maximale aanvoer en gewenste constante afvoer. Dit is (1650-1250)*24 = 9600 m³. Vervolgens is de buffercapaciteit verdeeld over de compartimenten RM1+2 en RM3, zodat de bufferhoogte maximaal 10 centimeter is, zie onderstaande tabel.

Tabel 1: Buffering dagelijkse variatie wateraanvoer

	RM1+2	RM3	Totaal
Oppervlak berging [ha]	4,1	6,0	10,1
Te bufferen debiet [m ³ /dag]	4.100	6.000	10.100
Bufferhoogte [m]	0,10	0,10	

De buffercapaciteit is met 10.100 m³ groter dan de benodigde 9.600 m³.

Rietmoeras

Voor het ontwerp van de rietmoerassen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Hydraulische ruwheid voor rietmoeras is $K_s = 2 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Strickler). De literatuur (o.a. [3]) is niet eenduidig over de toe te passen ruwheid voor rietmoerassen. De ruwheid is van grote invloed op het waterstandsverval in het compartiment, en daarmee het ontwerp. Dit uitgangspunt moet bij de uitwerking van het ontwerp worden geverifieerd.
- De maximale stroomsnelheid is 5 cm/s (voor goede filterwerking).
- Het ontwerpdebiet is 1650 m³/uur voor de compartimenten RM1+2 en RM3. Voor de overige compartimenten is het ontwerpdebiet 1250 m³/uur.
- De waterstand is lager dan de waterstand in het bovenstroomse compartiment.
- De dimensionering van de opgevouwen sloot is zoals vermeld in tabel 4 (zie bijlage A2).

Met de formule van Strickler is voor het ontwerpdebiet iteratief het verhang in elk compartiment bepaald:

$$Q = A * \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} * k_m * \sqrt{i}$$

Waarin:

Q [m ³ /s]	Debiet
A [m ²]	Nat oppervlak
P [m]	Natte omtrek
k_m [m ^{1/3} /s]	Ruwheid
i [m/m]	Verhang

De rietcompartimenten zijn doorgerekend voor 3 scenario's:

1. Gemiddeld ontwerpdebiet 1250 m³/uur (zonder buffering)

2. Maximaal ontwerpdebiet 1650 m³/uur (zonder buffering)
3. Maximaal ontwerpdebiet met maximale buffering

De resultaten voor elk van de scenario's staan weergegeven in tabellen 4, 5 en 6 – zie bijlage A2. De maximale waterstand per compartiment is vetgedrukt.

In de resultaten valt het volgende op:

- De situatie met buffering is maatgevend voor de maximale waterstand
- Het maximale verval voor compartiment RMPO is 16 centimeter. Daarom is hier een bodemverhang van 15 centimeter toegepast zodat de waterdiepte maximaal 40 centimeter is.
- De maximale stroomsnelheid is in alle compartimenten minder dan 5 cm/s

Het ontwerp van de rietmoeras compartimenten voldoet aan de uitgangspunten.

Watergangen

Voor het ontwerp van de watergangen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Hydraulische ruwheid de watergang is $K_s = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Strickler) conform de beleidsregels [1].
- Het maximale verhang is 4 cm/km conform de beleidsregels [1]. Voor watergangen zonder afvoerfunctie is dit een richtlijn, geen eis (afgesteld met Martijn Heinhuis).
- De maximale stroomsnelheid is 20 cm/s conform de beleidsregels [1].
- Het ontwerpdebiet is 1650 m³/uur voor de watergangen W1, W2 en W3. Voor de overige compartimenten is het ontwerpdebiet 1250 m³/uur.
- De maximale waterstand is lager of gelijk aan de waterstand van de bovenstroomse verbinding.
- De dimensionering van de watergangen is zoals vermeld in Tabel 8 (zie bijlage A2).
 - De watergang W13 verbindt polderwatergangen die door de kade doorsneden worden met het primaire watersysteem. Het profiel is ingeschat zonder rekenkundige onderbouwing.

Met de formule van Strickler is voor het ontwerpdebiet iteratief het verhang in elk compartiment bepaald. De formule staat toegelicht onder het kopje 'Rietmoeras'. De resultaten van de berekening staan in tabel 9 en tabel 9 (zie bijlage A2).

In de resultaten valt het volgende op:

- De stroomsnelheid in alle watergangen voldoet aan de eis uit de beleidsregels (<20 cm/s)
- Watergang W1 heeft een significant verhang en verval. Dit is acceptabel aangezien dit een aanvoerwatergang is zonder afvoerfunctie. Het verhang van de overige watergangen is lager dan de beleidsnorm.
- De berekende waterstand van de watergangen W6 en W12 is niet geheel correct omdat de waterstand is berekend ten opzichte van streefpeil zonder effect van de benedenstroomse watergangen mee te nemen. Omdat het totale verval klein is heeft dit geen invloed op de dimensionering (maar wel op de maximale waterstand).

Het ontwerp de watergangen voldoet aan de uitgangspunten.

Stuwen

Voor het ontwerp van de stuwen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De overstortstraal bij ontwerpdebiet is circa 15 centimeter conform beleidsnorm [1].
- De kruinbreedte neemt toe in stappen van 0,5 meter

- Het ontwerpdebiet is 1650 m³/uur voor de stuwen K1, K3 en K5. Voor de overige stuwen is het ontwerpdebiet 1250 m³/uur.
- Het regelbereik van alle stuwen is tenminste 20 centimeter
- De kruinhoogte van stuwen in kades moeten in gesloten toestand gelijk zijn aan de kruinhoogte van de kade.
- De stuwen moeten zijn voorzien van een uitstroomconstructie (woelbak) omuitspoeling van de waterbodem en oevers te voorkomen.
- De meeste stuwen liggen in een kade. Hierbij is uitgegaan van een constructie i.c.m. een benedenstroomse duiker met een breedte gelijk aan kruinbreedte en een hoogte van 60 centimeter (uitgezonderd K22).

De volgende stuwformules zijn gehanteerd:

Volkomen overlaat [1]

$$Q = 1,75 \cdot B \cdot (h_{bov} - h_{kruin})^{\frac{3}{2}}$$

Onvolkomen overlaat [2]

$$Q = 1,1 \cdot \sqrt{2g \cdot (h_{bov} - h_{ben})} \cdot B \cdot h_{ben} - h_{kruin}$$

Grens volkomen – onvolkomen overlaat [2]

$$h_{ben} - h_{kruin} > \frac{2}{3} \cdot (h_{bov} - h_{kruin})$$

Waarbij:

Q [m ³ /s]	Debiet
B [m]	Kruinbreedte
h _{bov} [m NAP]	Bovenstroomse waterstand
h _{ben} [m NAP]	Benedenstroomse waterstand
h _{kruin} [m NAP]	Niveau stuwkruin
g [m/s ²]	Zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s ²)

De stuwen zijn doorerekend voor 2 scenario's:

1. Gemiddeld ontwerpdebiet 1250 m³/uur (zonder buffering)
2. Maximaal ontwerpdebiet 1650 m³/uur (met buffering indien van invloed op het resultaat)

De resultaten van de berekeningen met ontwerpkruiinbreedte staan in tabel 11 tabel 12 en Tabel 13: Dimensionering stuwen, zie bijlage A2.

Bij de stuw K5 beïnvloedt de benedenstroomse waterstand de afvoer. De overstortstraal van de stuwen varieert tussen de 14 en 19 centimeter.

De meeste stuwen worden uitgevoerd als een beweegbare stuw, en 1 als vaste stuw. 6 stuwen zijn automatisch en op afstand bestuurbaar met twee redenen:

1. Voor het opvangen van de variatie in aanvoerdebiet en buffering
2. Voor het stopzetten van de waterharmonica bij omschakeling van aanvoer naar afvoer situatie

De handmatig bediende stuwen (K3-K5-K10 en K30) zouden theoretisch uitgevoerd kunnen worden als vaste overlaat. Omdat het ontwerp van het rietmoeras is gebaseerd een ingeschatte ruwheid wordt aanbevolen de overlaten handmatig bedienbaar zodat de kruinhoogte kan worden aangepast aan de actuele ruwheid.

Stuw K23 voorkomt een bypass van water naar de surfplas. Indien mogelijk wordt hier de stuw geplaatst die in de huidige situatie in watergang W8 staat.

Stuw K25 fungeert als vaste overlaat voor het geval de duiker K19 niet functioneert.

Voor de nadere uitwerking van de stuwen en inlaten dienen de beleidsregels van het Hoogheemraadschap van Delfland gehanteerd te worden en het APvE voor stuwen en inlaten met kenmerk: DOC-00070 APvE Stuwen en inlaten Waterharmonica.

Duikers

Voor het ontwerp van de duikers zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd [1]:

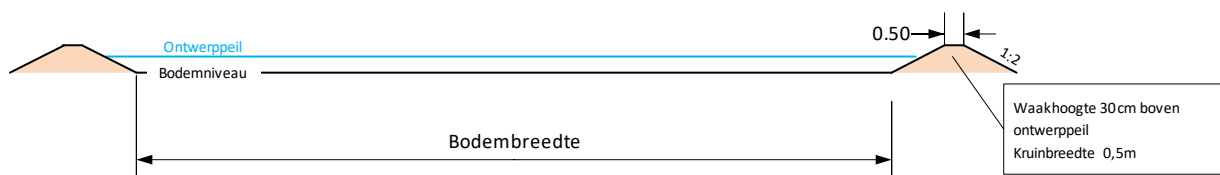
- De stroomsnelheid in de duikers is maximaal 0,6 m/s conform beleidsnorm.
- De BOB van de duiker ligt tenminste 10 centimeter boven de waterbodem.
- Het maximaal toelaatbare verval over de duiker is 4mm (in Polderwatersysteem, in aanvoerwatergang mag het verhang groter zijn).
- Het aandeel lucht is minimaal 25 cm en maximaal 1/3 deel.
- De wandruwheid voor duikers is Strickler K_s 75 m^{1/3}/s.
- De factor voor instroomverlies is 0,35, de factor voor uitstroomverlies is 0,45.

De duikerformules zoals toegelicht in de beleidsnorm Kunstwerken in Wateren [1] is gehanteerd. De resultaten staan in tabel 14 en tabel 15, zie *bijlage A2*.

Het verval is van een aantal duikers is net iets groter dan de norm van 4 millimeter. Dit zijn alle duikers die niet in het vlakke poldersysteem liggen, maar in de aanvoerwatergang of in de waterharmonica waarvoor de norm niet geldt. De duikers en sifon moeten zijn voorzien van een degelijke uitstroomconstructie om uitspoeling van de waterbodem en oevers te voorkomen. Voor de nadere uitwerking van de duikers dienen de beleidsregels van het Hoogheemraadschap van Delfland gehanteerd te worden

Opgevouwen sloot

Het water in het rietmoeras wordt gestuurd via het principe van een opgevouwen sloot. Het profiel van de opgevouwen sloot is als volgt:

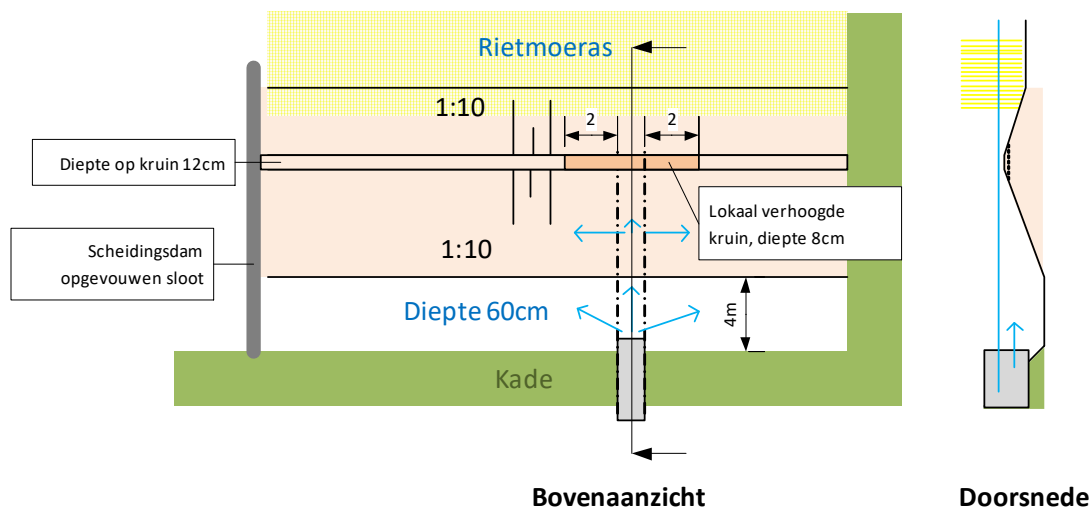


Figuur 6: Profiel opgevouwen sloot

Voor de stromingsdijkjes is een waakhoogte van 30 centimeter en een talud van 1:2 gehanteerd. Dit is nog niet geotechnisch onderbouwd. Omdat de invloed van de taludkeuze op de verblijftijd nihil is, is voor een conservatievere 1:2 gekozen waardoor ook klei van lagere kwaliteit toegepast kan worden.

Verdronken overlatten

In de Waterharmonica zijn verdronken overlatten toegepast om de geconcentreerde stroming bij de in- en uitlaat te verspreiden over de breedte van de opgevouwen sloot. Daarvoor wordt na de inlaat en voor de uitlaat een verdronken overlaat geplaatst die het water forceert te verspreiden over de hele breedte van de watergang. Het doel is geconcentreerde stroming in de opgevouwen sloot te voorkomen. In figuur 7 staat het concept schematisch weergegeven.



Figuur 7: Schematisatie verdronken overlaten

De uitgangspunten voor het ontwerp van de verdronken overlaat zijn:

- Taluds 1:10, kruinbreedte 1 meter
- Uitgevoerd in stevige klei
- De ontwerp waterdiepte boven de kruin van de dam is 12 centimeter. Ter plaatse van de instroom/uitstroom is de kruin lokaal verhoogd. Daar is de waterdiepte 8 centimeter.
- De waterdiepte aan de zijde van de instroom/uitstroom is 60 centimeter (uitzondering: 80 centimeter aan weerszijden van K19 en bij K20)

De kruinhoogte van de verdronken overlaten in de rietmoerassen is gevoelig voor variaties. Zowel door uitvoeringstoleranties als verschillen in verhang. In het ontwerp moet rekening worden gehouden met het eventueel later verhogen/verlagen van deze overlaten.

Het referentieontwerp is tot een schetsontwerp niveau uitgewerkt. De Opdrachtnemer dient de verschillende onderdelen van het systeem nader te ontwerpen en uit te werken op basis van het contract. Dit is o.a. van toepassing voor de stuwen, duikers, sifon, inlaatwerk, kades en watergangen.

Risico's

Het watersysteem ontwerp bevat een aantal onzekerheden die het functioneren kunnen beïnvloeden:

- De ruwheid van het rietmoeras is ingeschat. Als blijkt dat de ruwheid veel groter is resulteert dit in een waterstandstoename in het rietmoeras waardoor in het extreme geval stuwen kunnen verdrinken (waardoor de gewenste sturing niet mogelijk is) en/of de waakhogte van de kades onvoldoende is. De ruwheid moet in de vervolgfase worden geverifieerd.
- De ruwheid van het rietmoeras varieert in de tijd door o.a. groei en onderhoud. Dit kan de stuwpeilen waarop wordt gestuurd beïnvloeden. Daarom wordt aanbevolen alle stuwen beweegbaar uit te voeren.
- De verdeling van het debiet in watergang W3 en compartiment RM6 zal in de praktijk afwijken van de ontworpen debietverdeling door o.a. vertragingen in de reactietijd en meetfouten. Bij beide verdelingen moet tenminste 1 stuw op waterpeil sturen om het streefpeil te behouden.
- Na deelgebied RMPO mengt het water van de Waterharmonica met het huidige oppervlaktewatersysteem.

- Hoewel in de rietmoerassen stromingsdijkjes staan die de stroming leiden is het niet uit te sluiten dat er stilstaande delen ontstaan in dode hoeken. Dit geldt ook voor de verspreiding van het water over de breedte van de opgevouwen sloot.
- De kruinhoogte van de verdrongen overlaten in de rietmoerassen is gevoelig voor variaties. Zowel door uitvoeringstoleranties als verschillen in verhang. In het ontwerp moet rekening worden gehouden met het eventueel later verhogen/verlagen van deze overlaten.

5.3 Kades

Voor de kades rondom de compartimenten en watergangen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- waakhogte van 30 centimeter boven de hoogste waterstand
- kruinbreedte 5 meter (ivm toegankelijkheid onderhoudsvoertuigen)
- talud 1:2,5

De aangehouden kruinhoogtes staan in tabel 15, zie bijlage A2.

5.4 Beheer en onderhoud

Het beheer en onderhoud van de waterharmonica is beschreven in het beheer en onderhoudsplan. Hierin zijn de verantwoordelijkheden tussen de verschillende instanties (o.a. Staatsbosbeheer en het Hoogheemraadschap) weergegeven. Het beheer en onderhoudsplan is toegevoegd aan het contract onder kenmerk: DOC-00069 Beheer- en onderhoudsplan Waterharmonica

5.5 Grondbalans

Op basis van het referentieontwerp is een grondbalans opgesteld met een inschatting van de vrij te komen grond hoeveelheden, deze is toegevoegd tot de rapportage als bijlage A4.

Literatuur

- [1] Beleidsregels Kunstwerken in wateren, Hoogheemraadschap van Delfland, 2009
- [2] Sobek 2 User Manual
- [3] Treatment Wetlands, second edition, Kadlec and Wallace, 2009

Bijlage A1 Referentieontwerp BF9628-101-100-SO-1001 d.d. 29-01-2021

Bijlage A2 Tabellen

Uit paragraaf 6.1 'Ecologie en waterkwaliteit'

Tabel 2: Verbliftijden per compartiment

		RM1+2	RM3	RM4+5	RM6	RMSP-1	RMSP-2	RMSP-3	RMPO	Oostelijke Zuidplas
Debiet (regulier)	[m3/dag]	7500	9000	13500	13500	7500	16500	30000	30000	30000
Wateroppervlak	[ha]	4,1	6,0	5,2	4,7	0,8	1,2	0,7	4,0	3,0
Waterdiepte	[m]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,40	1,25 (1 ha) / 2,00 (2 ha)
Natte inhoud	[m3]	14350	21000	18200	16450	2800	4200	2450	16000	52,500
Verbliftijd	[d]	1,91	2,33	1,35	1,22	0,37	0,25	0,08	0,53	1,75

Tabel 3: Routes Waterharmonica met totale verbliftijd (excl. Zuidplas)

	Route 1	Route 2	Route 3
1	RM1+2	RM3	RM4+5
2	RMSP-1	RMSP-2	RM6
3	RMSP-2	RMSP-3	RMSP-3
4	RMSP-3	RMPO	RMPO
5	RMPO		
Totale verbliftijd [dagen]	3.14	3.19	3.18

Uit paragraaf 6.2 'Watersysteem'

Tabel 4: Dimensionering rietmoeras

Compartiment	Bodem [m+NAP]	Streefdiepte [m]	Buffer [m]	Bodembreedte* [m]	Talud* [1/n]	Lengte* [m]
RM1+2	0,4	0,35	0,1	50	2	900
RM3	0,3	0,35	0,1	50	2	1100
RM4+5	0,05	0,35	0	50	2	900
RM6	-1,8	0,35	0	50	2	900
RMSP	-2,3	0,35	0	50	2	550
RMPO	-2,35 - -2,5**	0,40	0	50	2	750

* Dimensies van opgevouwen sloot

** RMSP heeft een bodemverloop van 15 centimeter gelijkmatig verdeeld over het tracé van de opgevouwen sloot. Zonder bodemverhang zou de waterdiepte teveel toenemen.

Tabel 5: Resultaten waterstandsberekening rietmoeras – scenario 1250 m³/uur zonder buffering

Compartment	Debiet [m³/uur]	Buffer [m]	Verhang [m/m]	Verval [m]	Stroomsnelheid [m/s]	Max. waterstand [m+NAP]
RM1+2	313	0	0,00003	0,02	0,01	0,77
RM3	375	0	0,00004	0,04	0,01	0,69
RM4+5	563	0	0,00008	0,07	0,01	0,47
RM6	563	0	0,00008	0,07	0,01	-1,37
RMSP	1250	0	0.00007	0.08	0.01	-1,86
RMPO	1250	0	0,00021	0,16	0,01	-1,94

Tabel 6: Resultaten waterstandsberekening rietmoeras – scenario 1650 m³/uur zonder buffering

Compartment	Debiet [m³/uur]	Buffer [m]	Verhang [m/m]	Verval [m]	Stroomsnelheid [m/s]	Max. waterstand [m+NAP]
RM1+2	413	0	0,00005	0,05	0,01	0,80
RM3	495	0	0,00007	0,08	0,01	0,73

Tabel 7: Resultaten waterstandsberekening rietmoeras – scenario maximaal debiet met buffering

Compartment	Debiet [m³/uur]	Buffer [m]	Verhang [m/m]	Verval [m]	Stroomsnelheid [m/s]	Max. waterstand [m+NAP]
RM1+2	413	0,1	0,00002	0,02	0,01	0,87
RM3	495	0,1	0,00003	0,03	0,01	0,78

Tabel 8: Dimensionering watergangen

Compartment	Bodem [m+NAP]	Streefdiepte [m]	Buffer [m]	Bodem Breedte [m]	Talud [1/n]	Lengte [m]
W1	2,40	0,80	0	3	2	1300
W2	0,30	0,60	0	1,5	2	190
W3	0,10	0,80	0	5	2	450
W5	-2,05	0,60	0	4	2	630
W6	-3,30	0,80	0	3,5	2	340
W8	-3,75	0,70	0	5	2	150
W12	-3,85	0,80	0	3,5	2	220
W13	-2,80	0,30	0	2	2	320
W14	-3,30	0,80	0	3,5	2	170
W15	-2,90	0,40	0	1.5	2	270

Tabel 9: Resultaten waterstandsberekening watergangen (aanvoer 1250 m³/uur)

Watergang	Debiet [m³/uur]	Buffer [m]	Verhang [m/m]	Verval [m]	Stroomsnelheid [m/s]	Max. waterstand [m+NAP]
W1	1250	0	0.00005	0.06	0.10	3.27
W2	313	0	0.00003	0.01	0.06	0.91
W3	1250	0	0.00003	0.01	0.08	0.91
W5	563	0	0.00002	0.01	0.05	-1.44
W6	1250	0	0.00004	0.01	0.09	-2.49
W8	1250	0	0.00003	0.01	0.08	-3.04
W12	1250	0	0.00004	0.01	0.09	-3.04
W14	1250	0	0.00004	0.01	0.09	-2.48

Tabel 10: Resultaten waterstandsberekening watergangen (aanvoer 1650 m³/uur)

Watergang	Debiet [m³/uur]	Buffer [m]	Verhang [m/m]	Verval [m]	Stroomsnelheid [m/s]	Max. waterstand [m+NAP]
W1	1650	0	0.00009	0.11	0.13	3.32
W2	440	0	0.00005	0.01	0.08	0.91
W3	1210	0	0.00002	0.01	0.06	0.92

Tabel 11: Stuwberekening voor aanvoerdebit van 1250 m³/uur

Object	Streef debiet [m³/uur]	Kruin breedte [m]	Waterstand bovenstrooms [m+NAP]	Waterstand benedenstrooms [m+NAP]	Type Overlaat	Kruin niveau [m+NAP]	Overstort hoogte [m]
K1	1250	3,00	3,27	0.90	VOLKOMEN	3,10	0,17
K3	375	1,00	0,91	0,69	VOLKOMEN	0,76	0,15
K5	313	1,00	0,90	0,77	VOLKOMEN	0,76	0,14
K6	313	1,00	0,75	-1,95	VOLKOMEN	0,61	0,14
K8	375	1,00	0,65	-1,95	VOLKOMEN	0,49	0,16
K10	563	1,50	0,90	0,40	VOLKOMEN	0,74	0,16
K11	563	1,50	0,40	-1,45	VOLKOMEN	0,24	0,16
K17	563	1,50	-1,45	-1,95	VOLKOMEN	-1,61	0,16
K20	1250	3,00	-2,10	-2,50	VOLKOMEN	-2,27	0,17
K22	1250	3,00	-2,50	-3,04	VOLKOMEN	-2,67	0,17
K30	563	1,50	0,91	-1,95	VOLKOMEN	0,76	0,15

Tabel 12: Stuwberekening voor aanvoerdebiet van 1650 m³/uur

Object	Streef debiet [m³/uur]	Kruin breedte [m]	Waterstand bovenstrooms [m+NAP]	Waterstand benedenstrooms [m+NAP]	Type Overlaat	Kruin niveau [m+NAP]	Overstort hoogte [m]
K1	1650	3,00	3,32	0,90	VOLKOMEN	3,10	0,22
K3	495	1,00	0,92	0,78	VOLKOMEN	0,73	0,19
K5	413	1,00	0,92	0,87	ONVOLKOMEN	0,76	0,16

Tabel 13: Dimensionering stuwen

Stuw	Kruinbreedte [m]	Type stuw	Type sturing	Sturingsparameter	Opmerking
K1	3,00	Klepstuw	Automatisch	Waterstand (bovenstrooms) en debiet	
K3	1,00	Klepstuw	Handmatig	Debiet *	
K5	1,00	Klepstuw	Handmatig	Debiet*	
K6	1,00	Klepstuw	Automatisch	Waterstand (bovenstrooms) en debiet	
K8	1,00	Klepstuw	Automatisch	Waterstand (bovenstrooms) en debiet	
K10	1,50	Klepstuw	Handmatig	Waterstand (bovenstrooms) en debiet	
K11	1,50	Klepstuw	Automatisch	Waterstand (bovenstrooms) en debiet	
K17	1,50	Klepstuw	Automatisch	Waterstand (bovenstrooms)	
K20	3,00	Klepstuw	Automatisch	Waterstand (bovenstrooms)	
K22	3,00	Klepstuw	Automatisch	Waterstand (bovenstrooms)	
K25	3,00	Vaste overlaat	Vast	N.v.t.	Kruin 20cm onder kade.
K30	1,50	Klepstuw	Handmatig	Waterstand (bovenstrooms)	Standaard gesloten, alleen in gebruik bij afsluiting van een van de compartimenten,

* Voor een robuuste regeling moet de sturing van minimaal één van de stuwen aan watergang W3 sturen op waterpeil

Tabel 14: Ronde duikers

Duiker	Debiet [m³/uur]	Diameter [m]	Lengte [m]	Verval [m]	Opmerking
K1a	1650	1,2	16	0,016	Aanvoer inlaatwerk K1
K2	412,5	0,8	8	0,006	
K24	1650	1,2	170	0,013	Dubbele buis, buiten scope
K32	1650	1,2	240	0,017	Dubbele buis, bestaand uit segmenten
K34	n.b.	0,6			
K35	n.b.	0,6			

Tabel 15: Vierkante duikers

Duiker	Debiet	Breedte	Hoogte	Lengte	Verval	Opmerking
K1b	1650	2	1,50	46	0,008	Afvoer inlaatwerk K1
K18	1250	1,85	0,9	20	0,005	Bestaande duiker onder spoor
K19	1250	1,85	1,25	40	0,006	Nieuwe sifon onder spoor, buiten scope project
K21	1250	2	1	10	0,003	
K22	1250	2	1	25	0,004	Sifon Zuidbuurt
K27	1250	2	1	8	0,003	Afsluitbare duiker
K38a	1250	2	1	16	0,003	
K38b	1250	2	1	18	0,003	
K39	n.v.t.	2	1	15	n.v.t..	Verbinding tussen Waterharmonica en poldersysteem Aalkeet binnenpolder

Uit paragraaf 6.3 'Kades'

Tabel 15: Minimale kruinhoogte kades

Compartiment	Minimale kruinhoogte [m+NAP]
RM1+2	1,20
RM3	1,10, 1,20, 1,25
RM4+5	0,80
RM6	-1,05, +0,80
RMSP	-1,55, -0,75, +0,80, +1,10
RMPO	-1,60
W2	1,25
W3	1,25
W5	-1,10, +0,80

Bijlage A3

Inrichtingsvisie FeddesOlthof – inlaatwerk

Bijlage A4 Grondbalans

Grondbalans Waterharmonica				
Verklaring:		Datum: 27-1-2021		
Civil 3d: Hoeveelheden bepaald in civil 3d, op basis van een vergelijking tussen het DTM model en het opgestelde referentie ontwerp datum 27-01-2020 (NC_C3D_Grondbalans_00). Het DTM model is opgebouwd uit de AHN- 5m en de revisie van Baak.				
Theoretisch profiel: Hoeveelheden die zijn bepaald op basis van technische uitgangspunten document bijhorende bij het referentie				
Uitgangspunten:				
- Geen rekening gehouden met eventuele grondverbetering ivm zetting				
- Hoeveelheden in vaste kuubs				
- Geen rekening gehouden met grond verbetering t.b.v. beheer en onderhoudspaden				
- Geen rekening gehouden met duikers en stuwen				
- T.p.v. de gedempte rietputten in RM 3, 4+5 en RMSP is rekening gehouden met een zetting 20cm				
- Aangebrachte m3's van de bouwweg voor BAAK, verwerkt op basis van aangeleverde hoeveelheid in K tussen RM 3 & 4+5				
- Verdonken overlaten oppervlakte 1,9m² lengte 650m				
- W1 afmetingen: breedte 3,00m hoogte 0,80m talud 1/2 lengte 700m				
- W6 afmetingen: breedte 3,50m hoogte 0,80m talud 1/2 lengte 300m				
- W12 afmetingen: breedte 3,50m hoogte 0,80m talud 1/2 lengte 200m				
- Dam in zuidplas oppervlakte 40m² lengte 190m				
- Stromingswerk zwemplas oppervlakte 33,75m² lengte 130m				
- NVO afgraven oppervlakte 0,5m² lengte 340m				
- Grond BAAK 6700m³ ligt in RM3				
Omschrijving	Bepaling	Ontgraven (m³)	Aanvullen (m³)	Netto (m³)
Rietmoerassen		20842	11667	9175
RM1+2	Civil 3d	1349	3844	-2495
RM3	Theoretisch profiel	2997	2656	341
RM4+5	Theoretisch profiel	1880	952	928
RM 6	Civil 3d	3090	1515	1575
RMSP	Theoretisch profiel	0	2700	-2700
RMPO	Civil 3d	11526	0	11526
Kades		4347	15754	-11407
K west	Civil 3d	20	50	-30
K zuid	Civil 3d	255	2595	-2340
K noord	Civil 3d	343	296	47
K oost	Civil 3d	2435	4465	-2030
K tussen RM1+2 & 3	Civil 3d	60	1730	-1670
K tussen RM 4+5 & 6	Civil 3d	190	2130	-1940
K tussen RM 3 & 4+5	Civil 3d	100	1022	-922
K RMSP Noord	Civil 3d	319	921	-602
K RMSP Oost	Civil 3d	80	5	75
K RMSP West	Civil 3d	280	60	220
K RMPO Noord	Civil 3d	155	900	-745
K RMPO Oost	Civil 3d	10	450	-440
K RMPO Zuid	Civil 3d	40	850	-810
K RMPO West	Civil 3d	60	280	-220
Strekdam		170	3565	-3395
Strekdammen totaal	Civil 3d	170	2330	-2160
Verdrongen in/ over- laat	Theoretisch profiel	0	1235	-1235
Watergang		10378	690	9688
W1	Theoretisch profiel	2576	0	2576
W2	Civil 3d	125	180	-55
W3	Civil 3d	320	440	-120
W5	Civil 3d	3960	70	3890
W6	Theoretisch profiel	1224	0	1224
W12	Theoretisch profiel	816	0	816
W13	Civil 3d	515	0	515
W14	Civil 3d	842	0	842
Waterplantenvijver		6870	11987,5	-5117,5
Dam in zuidplas	Uitgangspunten H+VD	0	7600	-7600
Onderwater dam krabbeplas	Oude grondbalans	0	4388	-4388
Natuur Vriendelijke Oever	Theoretisch profiel	170	0	170
Grond BAAK	Theoretisch profiel	6700	0	6700
Totaal		42607	43664	-1057

Grondbalans op basis van Referentie ontwerp