

Vismigratierivier Afsluitdijk

Technisch management fase 4.2
Voorontwerpnota

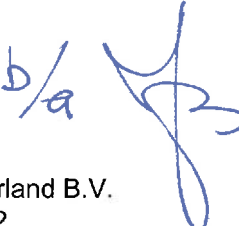
Concept

Dienst Landelijk Gebied

Grontmij Nederland B.V.
De Bilt, 26 augustus 2014

Verantwoording

Titel : Vismigratierivier Afsluitdijk
Subtitel : Technisch management fase 4.2
Voorontwerphota
Projectnummer : 339116
Referentienummer : GM-0140717
Revisie : C1
Datum : 26 augustus 2014

Auteur(s) : J. Bos
E-mail adres : waterbouw@grontmij.nl
Gecontroleerd door : M. Kersten
Paraaf gecontroleerd : 
Goedgekeurd door : J.H. Poodt 
Paraaf goedgekeurd :
Contact : Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt
T +31 30 220 74 44
F +31 30 220 02 94
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding, doel en opdracht	5
1.2	Aanpak en verantwoording	6
1.3	Systems Engineering	7
1.3.1	Algemeen	7
1.3.2	Functieboom	7
1.3.3	Objectenboom	8
1.3.4	Verificatie en validatie van eisen en wensen	8
1.4	Locatie	8
1.5	Leeswijzer	9
2	Eisen, wensen en randvoorwaarden	10
2.1	Algemeen	10
2.1.1	Hydraulica: randvoorwaarden	10
2.1.1.1	Waterstanden, golven ed., Waddenzeezijde	10
2.1.1.2	Waterstanden, golven ed. IJsselmeerzijde	11
2.1.1.3	Hydraulische aspecten VMR	11
2.1.2	Bathymetrie	12
2.1.3	Bestaande constructies: eisen en randvoorwaarden	12
3	Systeem VisMigratieRivier	15
3.1	VisMigratieRivier Waddenzeezijde 1.1	15
3.1.1	Openingen 1.1.1	15
3.1.2	Strekdam (west) 1.1.2	15
3.1.3	Rivier 1.1.3	16
3.1.4	Hoogwatervluchtplaatsen 1.1.4	16
3.1.5	Kwelderwerken 1.1.5	16
3.2	Coupure Afsluitdijk 1.2	16
3.3	VisMigratieRivier IJsselmeerzijde 1.3	16
3.3.1	Natuurlijke zandaanvulling 1.3.1	16
3.3.2	Technische constructies palenrijen 1.3.2	17
3.3.3	Strekdam 1.3.3	17
3.3.4	Rivier 1.3.4	17
3.3.5	Afsluitmiddel 1.3.5	17
3.4	Vismigratierivier Aanvullend onderdeel ter plaatse van scheepvaartkanaal 1.4	17
4	Duurzaamheid	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Omgevingswijzer	19
4.3	Dubocalc	20
4.4	Bouwen met de natuur	20
5	Kosten	22
5.1	Kosten modules Dam 1, 2 en 3	22
5.2	Aanlegkosten VMR	23
5.3	LCC waarden	23

Bijlage 1:	Programma van Eisen
Bijlage 2:	Hydraulische berekeningen
Bijlage 3:	Doelsoorten vissen
Bijlage 4:	Migratie-eisen vissen
Bijlage 5:	Dieptekaarten
Bijlage 6:	Omgevingswijzer
Bijlage 7:	DuboCalc berekeningen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding, doel en opdracht

De VisMigratieRivier (VMR) is een uniek project dat samen met het visvriendelijk spuibeheer van Rijkswaterstaat (vanaf 2015) de barrière die de Afsluitdijk vormt voor trekvis moet opheffen. De kern van het project is een nieuwe doorgang door de Afsluitdijk, ingebed in een ontwerp dat zorgt voor geleidelijke overgang van zout naar zoet water, en andersom, met een duurzame en zo natuurlijke mogelijke inrichting (building with nature).

De VMR is gepland nabij het sluiscomplex van Kornwerderzand.

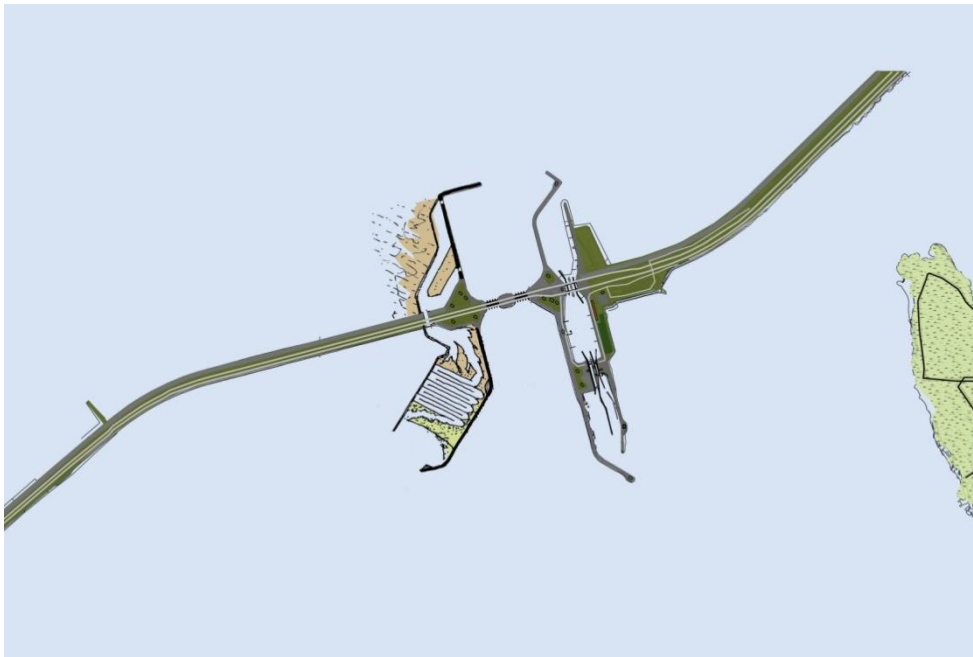
De VMR heeft tot doel:

- Realisatie van een robuuste, kwalitatief hoogwaardige natuurverbinding tussen de twee grote natuurgebieden IJsselmeer en Waddenzee.
- Realisatie van een economische impuls voor de sector recreatie en toerisme op de Afsluitdijk en daarmee voor de provincies Friesland en Noord-Holland.
- Realisatie van een concrete locatie om uitleg te geven over én het zichtbaar maken van de migratie van trekvis en het belang van goede overgang van zout naar zoet water.
- Versterken en verrijken van de vispopulaties in de Waddenzee, het IJsselmeer en het achterland door de migratieroute voor trekvis te herstellen.
- Bijdragen aan de ontwikkeling van een economisch toekomstperspectief voor de beroepsvisserij in het IJsselmeer en de Waddenzee.

In 2012 is in opdracht van het Programma naar een Rijke Waddenzee een haalbaarheidsstudie en een projectplan ontwikkeld (PRW, 2013). Daarna zijn vervolgstappen gezet. Een volgende stap was het in samenhang met de MER en het onderzoek naar lokstromen verder civieltechnisch uitwerken van de bestaande varianten. Daarbij is afstemming gezocht met de plannen voor de verbetering van de Afsluitdijk. Deze studie heeft geresulteerd in een voorkeursvariant, zoals weergegeven in figuur 1.1.

Het project VMR is afgerond tot en met fase 4.1, zoals genoemd in de Integrale Planstudie VisMigratieRivier. In de huidige fase 4.2 wordt de voorkeursvariant uitgewerkt tot op het niveau van voorontwerp en daarna tot het niveau van definitief ontwerp. Alleen het gedeelte van de VMR in het IJsselmeer en in de Waddenzee behoort tot deze opdracht. Het uitwerken van het doorlaatmiddel en de openingen door de noordwestelijke strekdam van de spui om tot voorontwerpniveau behoort tot een nevenopdracht. Bij deze opdracht wordt ook het aanvullende deel ter plaatse van het scheepvaartkanaal schetsmatig uitgewerkt.

Grontmij heeft van Dienst Landelijk Gebied opdracht gekregen voor het uitwerken van de voorkeursvariant tot voorontwerp en definitief ontwerp. Dit rapport beschrijft de uitgevoerde werkzaamheden en resultaten van het voorontwerp.



Figuur 1.1 Voorkeursvariant

1.2 Aanpak en verantwoording

De aanpak van de werkzaamheden is verwoord in het plan van aanpak “Vis moet zwemmen!”, nr. GM-0137550, d.d. 11 juli 2014, dat bij de aanbidding was gevoegd.

In het plan van aanpak is opgenomen dat er vaste aanspreekmomenten zullen zijn tussen het team van DLG, de nevenopdrachtnemers (NON), derden en ons ontwerpteam. Deze aanspreekmomenten zijn “Ateliers” genoemd. Het 1^e Atelier is gehouden op 19 augustus 2014 en had tot belangrijkste doel het verifiëren van de reeds bekende eisen en het vergaren van eventuele nieuwe, aanvullende, eisen.

Het 2^e en 3^e Atelier zullen gebruikt worden ter verificatie van het voorontwerp en definitief ontwerp.

Tot de nevenopdrachtnemers en derden worden voor dit project gerekend:

- It Fryske Gea (toekomstig beheerder VMR)
- Feddes – Olthof
- Waddenvereniging
- EOPM
- Wanningen Waterconsult
- Linkit Consult
- Sportvisserij Nederland
- Gemeente West Fryslân
- Provincie Fryslân
- Deltares
- CSO
- SLEM

Bovendien is begin mei 2014 een 2 daagse conferentie gehouden met experts op het gebied van vismigratie. De aanvullende eisen die uit deze meeting naar voren zijn gekomen zijn in de voorkeursvariant doorgevoerd.

Zoals hier boven vermeld is behoort het doorlaatmiddel door de Afsluitdijk en de openingen in de noordwestelijke strekdam van de spuikom niet tot dit project. Deze onderdelen worden apart tot voorontwerp uitgewerkt. De reden van deze splitsing is gelegen in het feit dat deze onderdelen opgenomen zullen worden in het contract van Rijkswaterstaat voor de verbetering van de Afsluitdijk.

Het migratiegedrag van vis kan nog niet op alle onderdelen goed worden ingeschat. Daarom is aangestuurd op een flexibel ontwerp dat nog ruimte moet laten voor verdere uitwerking, sturing en aanpassing.

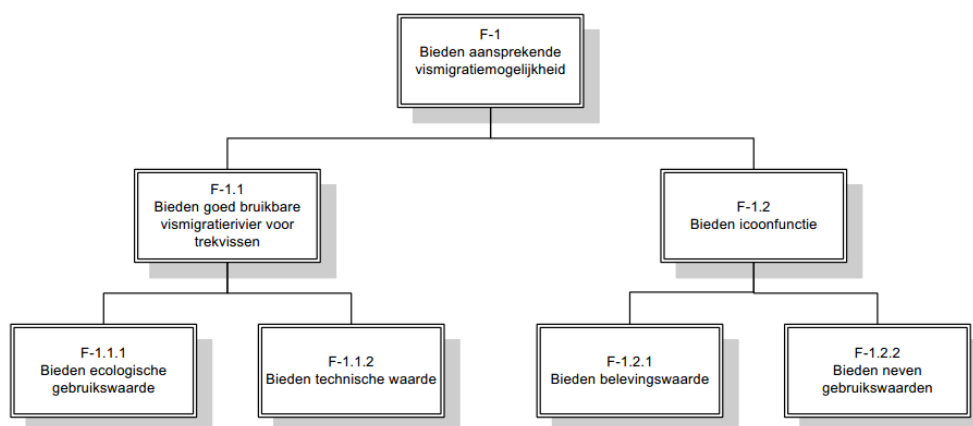
1.3 Systems Engineering

1.3.1 Algemeen

Het project Vismigratierivier Afsluitdijk, Technisch Management fase 4.2, Voorontwerp, is doorlopen middels de methodiek van Systems Engineering (SE). Systems Engineering is een gestructureerde manier van ontwerpen, waarbij alles voortdurend wordt bekeken vanuit het perspectief van het totale systeem van de Vismigratierivier. Het doel van het toepassen van Systems Engineering is dat gedurende het project de vismigratierivier aan alle eisen voldoet waarbij continue verantwoording kan worden afgelegd waarom tijdens het ontwerpproces bepaalde beslissingen zijn genomen.

1.3.2 Functieboom

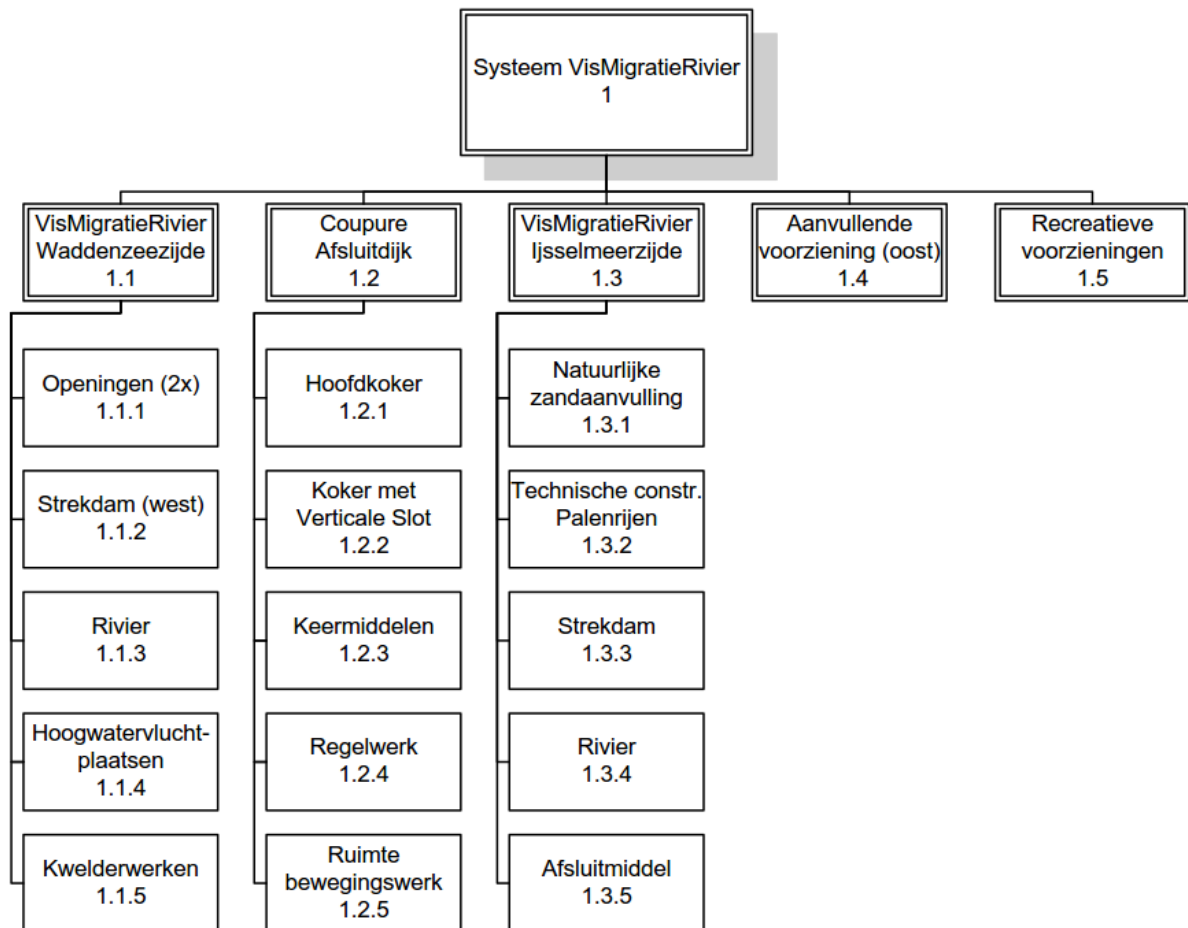
De beoogde werking van het systeem VMR is hieronder weergegeven in een functieboom. Een functieboom is een hiërarchische weergave van de beoogde functies van het systeem. De functieboom geeft structuur en biedt daarmee de mogelijkheid om andere projectinformatie logisch te ordenen en te traceren.



Figuur 1.2: Functieboom

1.3.3 Objectenboom

Hieronder is de objectenboom van de VMR weergegeven. Een objectenboom is een hiërarchische objectenstructuur van het systeem en geeft alle te ontwerpen, bouwen en te onderhouden objecten weer. Naarmate de detaillering van het project vordert zal ook de objectenboom uitgebreider en gedetailleerder worden.



Figuur 1.3: Objectenboom

1.3.4 Verificatie en validatie van eisen en wensen

Het ontwerp dat in onderliggend rapport wordt gepresenteerd voldoet aan de eisen en randvoorwaarden die in hoofdstuk 2 en bijlage 1 zijn vermeld. Het ontwerpproces en de specificatie van het programma van eisen heeft gelijktijdig plaatsgevonden. De resultaten zijn verwerkt in de eisenspecificatie zoals verwoordt in hoofdstuk 2 en bijlage 1.

Naast de verificatie van de ontwerpeisen is tevens een verificatie opgesteld van onze eigen werkzaamheden zoals genoemd in de offerte uitvraag.

1.4 Locatie

De VMR wordt gelokaliseerd juist ten westen van de sluizen bij Kornwerderzand (Lorentzsluizen), "los" van de Afsluitdijk.

Het aanvullende deel ter plaatse van het scheepvaartkanaal is alleen schetsmatig uitgewerkt, zoals aangegeven in het plan van aanpak.

De doorsteek door de Afsluitdijk is zo dicht mogelijk bij het spuicomplex gesitueerd. De eerste verbinding met de spuikom aan de Waddenzeezijde wordt direct achter de lokale verbreding van de dijk met de kazematten geplaatst, daar waar de turbulente stroming achter de spuisluizen laminair wordt, en de tweede nabij de meest noordelijke knik in de bestaande strekdam.

1.5 Leeswijzer

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 eerst een overzicht gegeven van de wensen, eisen en randvoorwaarden die worden gesteld aan de VMR. Dit betreffen zowel ecologische randvoorwaarden als, technische – hydraulische randvoorwaarden, als randvoorwaarden die samenhangen met de technische en landschappelijke inpassing van de VMR binnen de bestaande constructie van de Afsluitdijk en het spuisluiscomplex te Kornwerderzand. In de hoofdstukken 3 t/m 5 worden deze eisen, randvoorwaarden en wensen vervolgens doorvertaald naar een technisch ontwerp van de voorkeursvariant. In hoofdstuk 6 wordt een inschatting gegeven van de kosten, zowel voor de aanleg als voor levensduur. Tot slot wordt het rapport afgesloten met hoofdstuk 7, waarin aanbevelingen voor het vervolg worden gedaan.

2 Eisen, wensen en randvoorwaarden

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een korte samenvatting gegeven van de meest relevante eisen, wensen en randvoorwaarden. In het rapport “Vismigratierivier Afsluitdijk. Technisch Management. Variantenstudie”, nr. GM – 0136572, d.d. 27 juni 2014, is een meer uitgebreide beschrijving en ecologische onderbouwing van de eisen, wensen en randvoorwaarden gegeven.

In bijlage 1 zijn de eisen vertaald naar een Programma van Eisen, waarin deze zijn gerangschikt naar functionele eisen, aspecteisen, raakvlakeisen en ontwerprandvoorwaarden

2.1.1 Hydraulica: randvoorwaarden

2.1.1.1 Waterstanden, golven ed., Waddenzeezijde

Ter plaatse van de Lorentzsluizen gelden de volgende waterstanden aan de zijde van de Waddenzee:

- MHW: NAP + 5,200 m (frequentie 1/10.000 jaar)
- HW: NAP + 4,700 m (frequentie 1/1.000 jaar)
- HW: NAP + 4,200 m (frequentie 1/100 jaar)
- HW: NAP + 3,500 m (frequentie 1/10 jaar)
- HW: NAP + 3,000 m (frequentie 1/1 jaar)
- GHW: NAP + 0,950 m
- GLW: NAP – 0,950 m
- HW springtij: NAP + 1,300 m
- HW doodtij: NAP + 0,420 m
- Extreem LW: NAP – 3,300 m

De hydraulische randvoorwaarden waaraan de onderdelen van de VMR aan de zijde van de Waddenzee moeten voldoen zijn niet gelijk aan die voor de Afsluitdijk. Deze onderdelen maken geen deel uit van de waterkerende functie van de Afsluitdijk. Uitzondering hierop vormt het doorlaatmiddel (coupure) door de Afsluitdijk, die onderdeel uitmaakt van de primaire kering van de Afsluitdijk.

De Afsluitdijk is een “Verbindende Waterkering” met een normfrequentie van 1/10.000 jaar, die dijkkring 6 (Friesland en Groningen) verbindt aan dijkkring 12 (Wieringen).

De toplaaag van de stortstenen dam aan de zijde van de Waddenzee is bepaald op basis van bovenstaande hydraulische randvoorwaarden, uitgaande van een frequentie van 1/10 jaar. Zie hiervoor bijlage 2.

2.1.1.2 Waterstanden, golven ed. IJsselmeerzijde

Aan de zijde van het IJsselmeer, ter plaatse van de Lorentzsluizen, gelden de volgende waterstanden:

- MHW: NAP + 2,200 m (frequentie 1/10.000 jaar)
- HW: NAP + 1,710 m (frequentie 1/1.000 jaar)
- HW: NAP + 1,230 m (frequentie 1/100 jaar)
- HW: NAP + 0,770 m (frequentie 1/10 jaar)
- HW: NAP + 0,100 m (frequentie 1/1 jaar)
- Winterpeil: NAP – 0,290 m
- Zomerpeil: NAP – 0,170 m

De toplaag van de stortstenen dammen aan de zijde van het IJsselmeer zijn bepaald op basis van bovenstaande hydraulische randvoorwaarden, uitgaande van een frequentie van 1/10 jaar. Zie hiervoor bijlage 2.

2.1.1.3 Hydraulische aspecten VMR

Inleiding

De Afsluitdijk en de hoge stroomsnelheden door de spuisluizen vormen een ecologische barrière voor vissen in de richting van de Waddenzee naar het IJsselmeer. In de andere richting kunnen de vissen de Waddenzee bereiken doordat zij meespoelen door de spuisluizen.

De VMR moet de oplossing bieden voor die ecologische barrière en dient de Waddenzee in ecologische zin te verbinden met het IJsselmeer. Het is daarbij van belang dat de trekvis in de spuikom voldoende gelokt worden in de richting van de VMR. Deze vissen moeten via een doorlaatmiddel in de Afsluitdijk en via de VMR het IJsselmeer bereiken, vanwaar ze verder het stroomgebied van de Rijn in kunnen zwemmen.

Lokstromen

In de huidige situatie bevindt de vis zich op meerdere locaties binnen de spuikom, gelokt door de grote spuistroom. Van de meest actief migrerende vissoorten wordt aangenomen dat deze zich bij afgaand tij en laag water verzamelt net buiten het turbulentieveld achter de spuisluizen. Aangegeven is dat voor een zo effectief mogelijke migratie het bij de voorkeursvariantvariant nodig is om op twee plaatsen een verbinding te maken met de spuikom, één zo dicht mogelijk voorbij de verdikte oever met de kazematten (driehoekig stuk land met de bunkers) en één nabij de noordelijke knik in de strekdam. Voor de aanvullende voorziening aan de oostzijde zou één verbinding met de spuikom, zo dicht mogelijk voorbij de verdikte oever met de kazematten, voldoende zijn.

De lokstroom vanuit de VMR stroomt bij afgaand tij en laag water door 2 openingen de spuikom in. Beide openingen worden voorzien van een afsluitmiddel om de lokstroom goed te kunnen sturen.

Stroomsnelheden

Omdat het concept VMR bedoeld is als een getijdenrivier, komen er van richting wisselende stromingen voor. Feitelijk is de VMR qua hydraulisch gedrag meer een estuarium dan een rivier. Het voorkomen van wisselende stromingen betekent dat er gedurende de getijdencyclus altijd wel een stromingssituatie aanwezig is die geschikt is voor een bepaalde vissoort (zie bijlage 3 en 4). Deze stromingssituatie moet echter voldoende lang voorkomen om ervoor te zorgen dat de betreffende vis uiteindelijk de gehele lengte van de vismigratie rivier kan passeren.

De maximum stroomsnelheden die in de VMR mogen voorkomen zijn enigszins arbitrair, doch een maximum stroomsnelheid van 0,5 m/s wordt als wenselijk gezien. Naar verwachting kunnen dan nagenoeg alle soorten trekvis van de VMR gebruik maken. De afmetingen van de rivier zijn hierop ontworpen.

Zoutindringing

Het concept VMR met een zo groot mogelijk migratietijdvenster betekent impliciet dat er zoutindringing richting de VMR is. Door de rivier een lengte te geven van ca. 1 km aan de zijde van de Waddenzee en ca. 4 km aan de zijde van het IJsselmeer en door het slim sturen van de afsluitmiddelen in het doorlaatmiddel in de Afsluitdijk kan zoutindringing in het IJsselmeer volledig worden voorkomen.

Brak intergetijde gebied

Het zoute / brakke water in de VMR zal zich door het dichtheidsverschil met het zoete water via de bodem van de rivier richting IJsselmeer willen verplaatsen. Zonder maatregelen is zelfs te verwachten dat de gehele bovenlaag van de VMR van begin tot eind zoet is, terwijl het water bij de bodem zout is en zal ook nabij de Afsluitdijk aan de oppervlakte geen brak intergetijde gebied ontstaan maar een zoet intergetijde gebied. Omdat er echter een nadrukkelijke wens is om een VMR te realiseren die, ook aan het oppervlak, de overgang van zout – brak – zoet weer geeft, worden 2 stuks dwarsdammen onder water aangelegd die de verticale stratificatie van zoet naar zout kunnen doorbreken. Deze dwarsdammen zijn gesitueerd in een gebied van ca. 1000 m lengte, gerekend vanaf de Afsluitdijk.

2.1.2 Bathymetrie

De bodemligging van het IJsselmeer ter plaatse van de voorgenomen projectlocatie is verkregen via AHN en als digitale ondergrond in de ontwerptekeningen meegenomen.

De bodemligging van de Waddenzee ter plaatse is niet digitaal beschikbaar. Op basis van waterkaarten is een inschatting van de bodemligging in de ontwerptekeningen opgenomen.,

Voor dieptekaarten van de Waddenzee en het IJsselmeer nabij Kornwerderzand, zie bijlage 5.

2.1.3 Bestaande constructies: eisen en randvoorwaarden

De Afsluitdijk ten westen van Kornwerderzand is opgebouwd uit een gedeelte aan de zijde van het IJsselmeer op NAP + 4,00 m waarop de autosnelweg met 2x2 rijstroken is gelegen, een aansluitend gedeelte op NAP + 4,50 m met een fietspad en een waterkerend gedeelte op NAP + 7,50 m. Het talud aan de IJsselmeerzijde en de Waddenzeezijde is verdedigd met stortsteen op een traditioneel kraagstuk opgebouwd uit riet en rijshout. De overige gedeeltes van de dijk zijn voorzien van een grasbekleding op een zware kleilaag.

Het complex van de Lorentzsluizen bestaat uit 2 spuisluizen die overtollig water van het IJsselmeer lozen op de Waddenzee, en 2 schutsluizen ten oosten van de spuisluizen.

De spuisluizen bestaan elk uit 5 spuiokers met een breedte van 12 m en een diepte van 4 m. De kokers kunnen worden gesloten door middel van een stel vloeddeuren aan de zijde van het IJsselmeer, een buitenschuif en tussen de vloeddeuren en de buitenschuif een extra binnenschuif.

De spuisluizen zijn gesitueerd in de as van de Afsluitdijk. De autosnelweg en het fietspad worden met vaste bruggen over de kokers gevoerd.

Aan de IJsselmeerzijde wordt het water naar de spuisluizen geleid door een westelijke strekdam met een lengte van ca. 500 m. Deze dam is beschermd met stortsteen en ligt op ca. NAP + 1,00 m. Aan de oostzijde is hier de strekdam ca. 1250 m lang en vormt tevens de afscheiding met het scheepvaartkanaal en de schutsluizen. Omdat deze dam tevens een waterkerende functie heeft vanaf de Waddenzee ligt de bovenzijde aanzienlijk hoger, namelijk op ca. NAP + 5,50 m.



Figuur 2.1. Instroomzijde Lorentzsluizen vanaf zuidzijde Kornwerderzand ter hoogte van het Kazamattenmuseum.

In de Waddenzee wordt het uitstromende water van de spuisluizen geleid door 2 strekdammen die tot ca. 750 m ten noorden van Afsluitdijk steken. Deze dammen zijn beschermd met zetsteen (basalt) en stortsteen en reiken tot ca. NAP + 4,00 m.



Figuur 2.2. Strekdam rond spuikom Lorentzsluizen

Ten oosten van de spuisluisen liggen 2 stuks schutsluizen, een grote en een kleine. De kleine schutsluis wordt voornamelijk door de recreatievaart gebruikt en heeft een lengte van 67 m en een breedte van 9 m. De drempel van deze sluis ligt op 3,5 m diepte. De grote schutsluis heeft een lengte van 137 m, is 14 m breed en heeft een drempeldiepte van 3,5 m. Schepen tot en met klasse Va kunnen van deze sluis gebruik maken.

De schutsluizen liggen ten zuiden van de Afsluitdijk. Voor de doorvaart van de scheepvaart door de Afsluitdijk zijn hierin 2 stuks beweegbare bruggen opgenomen. Momenteel zijn dat draaibruggen. In de toekomst zullen deze vervangen worden door basculebruggen en wordt in de as van de Afsluitdijk een stormvloedkering gebouwd, zodat de waterkering niet meer over de schutsluizen loopt.



Figuur 2.3. Schutsluizen Kornwerderzand (Lorentzsluizen).



Figuur 2.4. Beweegbare brug in de A7 bij Kornwerderzand.

3 **Systeem VisMigratieRivier**

In dit hoofdstuk worden de verschillende onderdelen (objecten) van de VisMigratieRivier, zoals uitgewerkt in dit voorontwerp nader beschreven. De nummering is conform de objectenboom.

3.1 **VisMigratieRivier Waddenzeezijde 1.1**

3.1.1 *Openingen 1.1.1*

De aansluiting van de VMR op de Waddenzee geschiedt door middel van 2 stuks openingen in de noordwestelijke strekdam langs de spuikom van de spuisluizen. Deze openingen worden nader uitgewerkt in de nevenopdracht.

In grote lijnen zullen de openingen worden gemaakt als een U-vormige betonnen constructie met een breedte van 13 m en voorzien van 2 stuks naast elkaar gelegen afsluitkleppen.

De betonnen U-bakconstructies worden gemaakt in een bouwkuip van stalen damwanden en een vloer van onderwaterbeton. Onder de vloer van de constructies wordt een paalfundering gemaakt.

Voor onderhoud van de strekdam moeten de overzijden van de betonnen U-bakconstructies bereikbaar zijn voor een tractor of een 4-wiel aangedreven voertuig. Hiertoe wordt over de constructie een eenvoudige stalen brug aangelegd. In deze stalen brug zal een handbediend beweegbaar deel worden gemaakt om te voorkomen dat landpredatoren het vogeleiland kunnen bereiken.

3.1.2 *Strekdam (west) 1.1.2*

De VMR aan de Waddenzeezijde wordt gerealiseerd binnen een gebied gevormd door de bestaande noordwestelijke strekdam van de spuikom en een nieuw aan te leggen dam, westelijk van de bestaande dam.

De bodem van de Waddenzee ter plaatse ligt op een niveau van ca. NAP – 2,000 m. De VMR dient op een diepte van ca. NAP – 4,000 m te komen, zodat enig baggerwerk hiervoor noodzakelijk is.

Voor de aanleg van de nieuwe strekdam dient eerst de aanslibbing van de Waddenzee verwijderd te worden tot NAP – 4,000 m. Hierop wordt de dam gebouwd, bestaande uit een structuur van geotubes, kunststoffilterdoeken, vulling van licht stortsteen 10 – 60 kg en een toplaag van stortsteen 40-200 kg. De toplaag wordt aangebracht in een hoeveelheid van 1250 kg/m². De bovenzijde van de dam (toplaag) ligt op NAP + 2,000 m. Het buitentalud van de strekdam komt onder een helling van 1:3. Het binnentalud onder een helling van 1:2.

3.1.3 *Rivier 1.1.3*

Van de beide openingen in de bestaande strekdam wordt tot het doorlaatmiddel in de Afsluitdijk (coupure) een riviergedeelte gemaakt met een bodembreedte variërend van 20 tot 80 m. De bodem van de rivier dient aan te sluiten op het niveau van de bovenzijde van de vloer van het doorlaatmiddel, te weten NAP – 4,000 m. De bodem wordt plaatselijk voorzien van stortsteen om schuilmogelijkheden voor vissen te realiseren.

De helling van de taluds van de rivier varieert tussen 1:2 en 1:6. Daar waar de taluds steil gemaakt moeten worden, worden deze opgebouwd uit kleidammen.

3.1.4 *Hoogwatervluchtplaatsen 1.1.4*

Tussen beide openingen in de bestaande strekdam wordt een hoogwatervluchtplaats of vogelbroedplaats aangelegd. Deze hoogwatervluchtplaats wordt opgebouwd uit zand, waarvan de oevers worden verdedigd met stortsteen op een kunststoffilterdoek met wiepen. De hoogwatervluchtplaats komt op een niveau van NAP + 1,50 m, zijnde ca. 0,200 m boven HW springtij van NAP + 1,300 m.

3.1.5 *Kwelderwerken 1.1.5*

Buiten de nieuwe strekdam van de VMR kunnen, als aanvullende maatregel, kwelderwerken worden aangelegd ter vergroting van het areaal aan natuurgebied.

3.2 **Coupure Afsluitdijk 1.2**

De doorgang van de VMR door de Afsluitdijk wordt gevormd door een coupure voorzien van dubbele afsluitschuiven. Deze coupure maakt onderdeel uit van de primaire kering van de Afsluitdijk en wordt nader uitgewerkt in de nevenopdracht.

In grote lijnen bestaat de coupure uit 2 kokers, een koker voor doorlaat van de lokstroom van 20 tot 40 m³/sec en een koker voorzien van vertical slots voor de passage van de vis. Deze vertical slots zorgen voor een reductie van de stroomsnelheid tot ca. 0,5 m/sec, ongeveer gelijk aan de stroomsnelheid in de rivier voor en achter de coupure.

Ter plaatse van de kruin van de Afsluitdijk worden dubbele, verticale hoogwaterkerende schuiven aangebracht. Nabij de uitgang van de coupure aan de zijde van het IJsselmeer wordt een regelwerk aangebracht waarmee het debiet door de coupure geregeld kan worden. De vertical slots worden aan de IJsselmeerzijde aangelegd, deels buiten het profiel van de Afsluitdijk en deels binnen het profiel. Deze vertical slots moeten vanaf de bovenzijde bereikbaar zijn voor onderhoud.

De bodem van de coupure wordt aangelegd op een niveau van NAP – 4,000 m.

De beide rijbanen van de autosnelweg en het fietspad worden via bruggen over de coupure geleid.

3.3 **VisMigratieRivier IJsselmeerzijde 1.3**

3.3.1 *Natuurlijke zandaanvulling 1.3.1*

De VMR IJsselmeerzijde wordt, zowel tegen de Afsluitdijk als nabij de monding in het IJsselmeer, uitgevoerd met een natuurlijke uitstraling binnen een aanvulling van zand. Het niveau van de zandaanvulling ligt gemiddeld op NAP + 1,50 m. De taluds naar de rivier variëren van 1:4 tot ruim 1:20.

Het gedeelte van de rivier tegen de Afsluitdijk wordt voorzien van 2 stuks onderwaterdammen van zand om een goede menging van zoet en zout water te bewerkstelligen. De bovenzijde van deze dammen komt op NAP – 2,000 m. De taluds van deze dammen worden aangelegd onder een helling van 1:10.

Langs de oostelijke stortstenen dam wordt een zandaanvulling met een breedte van ca. 40 m gerealiseerd om een onderhoudsvoertuig te kunnen laten passeren en “struinnatuur” te ontwikkelen met een wandelpad.

3.3.2 *Technische constructies palenrijen 1.3.2*

Het middelste gedeelte van de VMR aan de zijde van het IJsselmeer wordt “technisch” uitgevoerd met damwanden of palenrijen, waar de VMR zich omheen slingert.

Voor de materiaalkeuze van deze technische oplossing zijn DUBOCalc berekeningen gemaakt om de Milieu Kosten Indicator (MKI) te kunnen bepalen. Zie hiervoor paragraaf 4.1. Met deze berekeningen is een vergelijking gemaakt tussen stalen damwanden, kunststofdamwanden en houten palenrijen (Cloeziانا). De MKI waarde van de houten palenrijen is verreweg het laagst, ondanks het feit dat deze, gerekend over een levensduur van 100 jaar, 3 x vervangen dienen te worden. Dit geldt ook voor de stalen damwanden. De slechtste MKI waarde wordt gehaald indien kunststof damwanden worden toegepast.

Nadeel van de houten palenrijen is de grote waterdoorlatendheid tussen de palen onderling. Globale berekeningen tonen aan dat zonder aanvullende maatregelen ongeveer de helft van het debiet van de VMR door de spleten tussen de palen gaat, waardoor het effect van de VMR grotendeels verloren zou gaan, en het risico bestaat dat zout water op het IJsselmeer komt. Deze lekkage kan wellicht opgelost worden door een slecht waterdoorlatend kunststofweefsel toe te passen, waarop biobouwers (oesters of ander schelpdieren) zich kunnen ontwikkelen. Dit geeft dan tevens een natuurlijke uitstraling, doch het duurt een aantal jaren voordat deze biobouwers in voldoende aantallen aanwezig zijn. Nadere studie moet uitwijzen of palenrijen met een kunststofdoek afdoende functioneert.

3.3.3 *Strekdam 1.3.3*

De VMR IJsselmeerzijde wordt gemaakt binnen beschermende dammen van stortsteen. De opbouw van deze dammen is geheel gelijk aan de dammen aan de zijde van de Waddenzee. Zie paragraaf 3.1.2

De oostelijk opsluiting van het VMR gebied wordt deels gevormd door de bestaande zuidwestelijke strekdam van de spuisluisen. Deze dam dient voor zijn nieuw aanvullende functie van beschermddam voor de VMR opgehoogd te worden van ca. NAP + 1,000 m tot NAP + 2,000 m. De ophoging bestaat uit het aanbrengen van een nieuwe toplaag van stortsteen 40 – 200 kg op het westelijke talud van de dam. Hierdoor wordt het profiel van de toestroomzijde van de spuisluisen niet verkleind.

3.3.4 *Rivier 1.3.4*

Zie paragraaf 3.3.1 en 3.3.2

3.3.5 *Afsluitmiddel 1.3.5*

Aan de IJsselmeerzijde van de VMR wordt deze voorzien van een afsluitmiddel, enerzijds bedoeld om het debiet van de VMR te kunnen regelen en anderzijds om het gehele gebied van de VMR incidenteel vol met zout water te zetten om ongewenste vegetatie (wilgen, riet) te vernietigen.

Dit afsluitmiddel is een betonnen constructie bestaande uit 4 kokers elk met een breedte van 5,6 m en voorzien van afsluitende kleppen.

Het afsluitmiddel wordt aangelegd in een bouwkuip van stalen damwand en een vloer van onderwaterbeton. De bodem van het afsluitmiddel komt op NAP – 4,000 m. De bovenzijde van de betonconstructie en de kleppen op NAP + 2,000 m, en is daarmee hoog genoeg om eventueel toekomstige peilstijgingen op het IJsselmeer op te kunnen vangen.

3.4 **Vismigratierivier Aanvullend onderdeel ter plaatse van scheepvaartkanaal 1.4**

Ter plaatse van het scheepvaartkanaal, oostelijk van de spuisluisen, kan een aanvullend deel voor de vismigratie gerealiseerd worden. Hiertoe dient een apart stroomkanaal tussen het IJsselmeer en de spuikom gemaakt te worden.

Dit stroomkanaal wordt gevormd door een afscheiding van het scheepvaartkanaal tussen de westelijke oever hiervan en een te plaatsen stalen damwand. De doorsteek naar de spuikom geschiedt met een opening in de noordoostelijke strekdam langs de spuikom van de spuisluisen. Deze opening wordt gemaakt als een U-vormige betonnen constructie met een breedte van 13 m en voorzien van 2 stuks naast elkaar gelegen afsluitkleppen.

De betonnen U-bakconstructie wordt gemaakt in een bouwkuip van stalen damwanden en een vloer van onderwaterbeton. Onder de vloer van de constructies wordt een paalfundering gemaakt.

Voor onderhoud van de strekdam moet de overzijde van de betonnen U-bakconstructie bereikbaar zijn voor een tractor of een 4-wiel aangedreven voertuig. Hiertoe wordt over de constructie een eenvoudige stalen brug aangelegd.

De verbinding tussen de afscheiding van het scheepvaartkanaal en het IJsselmeer bestaat uit een koker van 2 stuks stalen damwanden door het sluseiland, westelijk van de schutsluisen. Deze koker wordt aan de noordzijde voorzien van een schuivenhuis met dubbele afsluitschuiven en aan de zuidzijde (IJsselmeerzijde) van een vertical slot vispassage. De koker is aan de bovenzijde open en wordt ter plaatse van het parkeerterrein op het sluseiland overbrugd.

4 Duurzaamheid

4.1 Inleiding

Bij het schetsontwerp van de VMR is door het hanteren van “bouwen met de natuur” al rekening gehouden met verschillende duurzaamheidsaspecten. Het “bouwen met de natuur” uit zich in zandige oplossingen voor het intergetijdgebied, een zandige zuidwestelijke IJsselmeerrand, een zandig vogeleiland en een uitbreidingsmogelijkheid aan de Waddenzeezijde met kwelderwerken. Ook in het profiel van de VMR is uitgegaan van zoveel mogelijk natuurlijke oplossingen (zandige brakwater drempels, natuurlijke stroomgeleiders, e.d.). Dat vertrekpunt wordt voor het Voorontwerp en Definitief ontwerp gehanteerd.

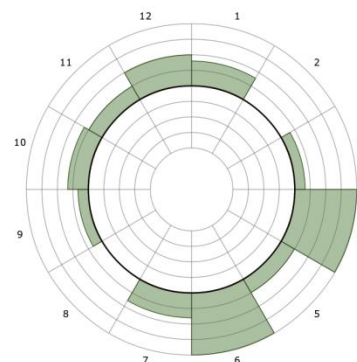
In bijlage 1 zijn een 5-tal eisen opgenomen met betrekking tot duurzaamheid.

4.2 Omgevingswijzer

Ter toetsing en aanscherping van de ontwerpen is de omgevingswijzer gebruikt. De aspecten ‘ecologie en biodiversiteit, nr. 4’ en ‘ruimtelijke kwaliteit, nr. 6’ hebben in de schetsontwerpfase al de nodige aandacht gekregen. In deze fase wordt het voorontwerp ook getoetst met de omgevingswijzer. Dat heeft geresulteerd in hetgeen in bijlage 6 en in figuur 4-1 is weergegeven.

De omgevingswijzer is in dit stadium door Grontmij ingevuld. Deze voorzet van Grontmij kan teruggekoppeld worden aan het gehele projectteam van de VMR, zodat gezamenlijk gewerkt kan worden aan een nog verdere verbetering van de duurzaamheid van het ontwerp. Het is daarbij essentieel dat voor elk aspect een ambitie wordt weergegeven. Dat kan in een later stadium ook een leidraad zijn voor het uitvoeringscontract. De inschrijver weet dan welke ambities gewaardeerd worden.

Zo ligt het voor de hand om voor aspect 3 “energie en materialen” en aspect 1 “water” (klimaatbestendigheid) een hoog ambitieniveau te hanteren.



Figuur 4-1 Omgevingswijzer voor VMR (indicatief)

OMGEVINGSWIJZER

De Omgevingswijzer is een instrument om duurzaamheid in projecten in kaart te brengen aan de hand van twaalf duurzaamheidsthema's. De Omgevingswijzer is bedoeld om de discussie rondom de duurzaamheid van een project te structureren en het bewustzijn hiervan te bevorderen. De omgevingswijzer wordt gebruikt om concreet de duurzaamheid te vergroten.

Toekomst- en klimaatveranderingsbestendig (aspect 1E omgevingswijzer)

Toekomst- en klimaatverandering uit zich ter plaatse van de VMR in een stijgende zeespiegel en een grotere afvoer van de grote rivieren, waardoor het peil op het IJsselmeer zal stijgen. Hogere waterstanden op de Waddenzee en het IJsselmeer kunnen opgevangen worden door de stortstenen dammen te verhogen. Eventuele zwaardere golfaanvallen kunnen weerstaan worden door het toepassen van een zwaardere toplaag van de dammen. De zandaanvullingen kunnen eenvoudigweg opgehoogd worden. In het voorontwerp is met de stijging al rekening gehouden door de kerende hoogte van het afsluitmiddel aan de zijde van het IJsselmeer,

evenals de hoogte van de schuiven in de coupure door de Afsluitdijk hoger aan te leggen, zodat bij hogere waterstanden een vrije doorstroom onder de geopende schuiven mogelijk blijft. De houten palenrijen, die een beperkte levensduur hebben ten opzichte van de andere bouwmaterialen, zijn ontworpen op de huidige waterstanden. Op het moment dat zij vervangen moeten worden kan een nieuw ontwerp op de dan geldende waterstanden worden gemaakt. Bij dit alles dient men wel te bedenken dat, om de VMR ook in de toekomst op een juiste wijze te laten werken, de stijging van de waterstand op het IJsselmeer enigszins gelijke tred moet houden met een stijging van de waterstand op zee.

Toekomstbestendigheid is voor de VMR eveneens uitgelegd als aanpasbaarheid aan toekomstige ontwikkelingen op het gebied van vismigratie. De VMR is een flexibel ontwerp dat eenvoudig aanpasbaar is aan toekomstige kennis van vismigratie. De kern van de flexibiliteit ligt in modulair ontwerpen en bouwen met zo min mogelijk definitieve constructies. Elementen als zand, steen en herplaatsbare damwanden of palen zijn daarom de bouwstenen.

4.3 Dubocalc

Voor het ontwerp van de VMR zijn verschillende Dubo-calc berekeningen gemaakt om de materiaalkeuze tevens op het gebied van duurzaamheid te kunnen onderbouwen. Voor de verschillende bouwmaterialen is de MKI waarde (Milieu Kosten Indicator) berekend.

In bijlage 7 is een vergelijking gemaakt tussen:

- Stalen damwanden, kunststof damwanden en houten palenrijen voor de technische constructies in de VMR, waarbij de MKI voor de houten palenrijen verreweg het gunstigst blijkt te zijn. De MKI score van een kunststof damwand is hoog. Gebruik maken van gerecycled plastic kan dat wellicht verbeteren.
- Stortsteen vrijkomend bij de aanpassing van de Afsluitmiddel en nieuw stortsteen dat uit Noorwegen wordt aangevoerd, waarbij de MKI waarde voor hergebruikt stortsteen (uiteraard) de laagste is. Daarbij moet wel aangetekend worden dat de te hergebruiken basaltstenen i.v.m. de uniforme sortering niet zonder meer gebruikt kunnen worden in de stortstenen dam, zeker niet in de toplaag.
- Zand uit baggerwerk inclusief vervoer naar VMR en zand uit baggerwerk waarbij alleen vervoer wordt beschouwd, waarbij de MKI waarde voor zand, alleen vervoer, (uiteraard) de laagste is. Ook de MKI waarde van zand dat wordt gewonnen direct naast het plangebied is iets lager dan de MKI waarde van Noordzeezand. Dat verschil wordt veroorzaakt door de vervoersafstand. Omdat vervoer via water relatief goedkoop is, is het verschil niet groot.

DUBOCALC

Met DuboCalc zijn alle milieueffecten van een materiaal vanaf de winning tot en met de sloop (dus de gehele levenscyclus) en het energiegebruik van een Grond- Weg- en Waterbouwwerk te berekenen. Vervolgens rekent DuboCalc deze effecten – én de effecten van alle andere materialen die ook in dat GWW-werk toegepast worden – om via de zogenaamde ‘schaduwprijsmethode’ tot één getal. De Milieu Kosten Indicator-waarde (MKI-waarde).

4.4 Bouwen met de natuur

De zanddam bij de monding in het IJsselmeer en het estuarium direct achter de Afsluitdijk worden ‘in de basis’ technisch aangelegd. ‘Natuurbouw’ doet de rest. De getijdengeul en de riviermonding schuren de oevers in een vorm die altijd aan verandering onderhevig is.

De brakwaterzanddammen kunnen met schelpenbanken beschermd worden.

De routing van de VMR door de monding en het estuarium kan met palenrijen die dwars op de stroming staan geregeld worden.

De damwanden, die ca. ½ meter boven water uitsteken, hebben een sterk civieltechnisch uiterlijk. Indien het gewenst is om dat te verzachten kunnen hulpconstructies worden aangebracht waarin moerasplanten kunnen groeien.

5 Kosten

De kosten voor aanleg van de voorkeursvariant van de VMR zijn opgesteld conform de SSK 2010 systematiek, zowel deterministisch als probabilistisch. Ook de levensduurkosten (LCC) zijn deterministisch en probabilistisch opgesteld in SSK 2010.

De kosten voor de dammen zijn modulair opgebouwd. Dat willen zeggen dat voor terugkerende elementen de kosten zijn bepaald per m¹ dam, afhankelijk van het aanlegniveau (bodemdiepte) in het IJsselmeer of de Waddenzee.

Hierbij is onderscheid gemaakt in:

Dam 1: IJsselmeerzijde, westelijke dam.

Dam 2: IJsselmeerzijde, oostelijke dam, inclusief verhogen van de bestaande dam van de spuisluizen.

Dam 3: Waddenzeezijde, westelijke dam

Alle bedragen zijn exclusief BTW

5.1 Kosten modules Dam 1, 2 en 3

De verschillende modules van de dammen zijn begroot op:

Omschrijving	Bedrag per m1
<u>Dam 1 (IJsselmeer west):</u>	
- bodem NAP – 2,000 m	€ 2.427,--
- bodem NAP – 4,000 m	€ 4.231,--
- bodem NAP – 4,500 m	€ 4.748,--
- bodem NAP – 5,200 m	€ 5.478,--
- bodem NAP – 5,300 m	€ 5.780,--
<u>Dam 2 (IJsselmeer oost):</u>	
- bodem NAP – 4,000 m	€ 4.231,--
- bodem NAP – 3,000 m	€ 4.287,--
- bodem NAP – 3,500 m	€ 5.108,--
- bodem NAP – 4,500 m	€ 4.821,--
- bodem NAP – 5,200 m	€ 5.478,--
- ophoging bestaande dam	€ 1.475
<u>Dam 3 (Waddenzee):</u>	
- bodem NAP – 4,000 m	€ 4.231,--

5.2 Aanlegkosten VMR

Op basis van deze modules is de kostenraming van de voorkeursvariant opgesteld:
Alle bedragen zijn exclusief BTW.

Onderdeel	Objectnummer	Aanlegkosten deterministisch.
VMR Waddenzeezijde en IJsselmeer-zijde	1.1.2 t/m 1.1.5 en 1.3	€ 30.900.000,--
Openingen in bestaande strekdam *)	1.1.1	€ 2.500.000,--
Coupure Afsluitdijk **)	1.2	€ 13.200.000,--
Aanvullende voorziening oost	1.4	€ 4.800.000,--
Recreatieve voorzieningen ***)	1.5	PM
Totaal inclusief aanvullende voorzie- ning scheepvaartkanaal		€ 51.400.000,--
Totaal exclusief aanvullende voorzie- ning scheepvaartkanaal		€ 46.600.000,--

*) De openingen in bestaande strekdam behoren tot de nevenopdracht. Kosten zijn uit variantenstudie, vermeerderd met een inschatting voor het plaatsen van regelwerken.

**) De coupure behoort tot de nevenopdracht. Kosten zijn uit variantenstudie.

***) Dit onderdeel is niet begroot. Kosten zijn uit variantenstudie.

Tabel 5-1: Aanlegkosten VMR deterministisch.

Voor deze deterministische raming zijn de L, T en U waarden vastgesteld, waarmee deze deterministische raming middels een MonteCarlo simulatie met 10.000 trekkingen is omgewerkt tot een probabilistische raming.

Uit deze probabilistische raming volgt een variatiecoëfficiënt van 12%..

De investeringskosten met een kans van 85% overschrijding komt hiermee uit op:

- Inclusief aanvullende voorzieningen bij het scheepvaartkanaal: € 45.230.000,--
- Exclusief aanvullende voorzieningen bij het scheepvaartkanaal: € 41.000.000,--

De investeringskosten met een kans van 15% overschrijding komt hiermee uit op:

- Inclusief aanvullende voorzieningen bij het scheepvaartkanaal: € 57.570.000,--
- Exclusief aanvullende voorzieningen bij het scheepvaartkanaal: € 52.190.000,--

Voor deze probabilistische raming wordt er op gewezen dat de variatiecoëfficiënt alleen bepaald is voor de VMR Waddenzeezijde en VMR IJsselmeerzijde. De openingen in de strekdam van de sluisluis en het doorlaatmiddel door de Afsluitdijk behoren tot de nevenopdracht en zijn niet probabilistisch bepaald.

5.3 LCC waarden

De Life-Cycle-Cost voor de VMR zijn bepaald aan de hand van de volgende ingeschatte werkzaamheden en vervangingen:

- Vervangen palenrijen (bovenzijde NAP + 0,500 m en NAP + 2,000 m.
- Maaien aan de Waddenzeezijde en aan de IJsselmeerzijde.
- Energievoorziening voor de afsluitmiddelen.
- Op diepte houden rivier.
- Diversen

De deterministische levensduurkosten over een periode van 100 jaar worden ingeschat op € 9.600.000,--.

Ook voor de LCC waarden is een probabilistische raming opgesteld. Uit deze probabilistische raming volgt een variatiecoëfficiënt van 12%..

De levensduurkosten met een kans van 85% overschrijding komt hiermee uit op € 9.000.000,--

De investeringskosten met een kans van 15% overschrijding komt hiermee uit op
€ 10.400.0000,--:

Bijlage 1

Programma van Eisen

1.1 Functionele eisen

1.1.1 Functie 1: Bieden aansprekende vismigratiemogelijkheid

Eis-ID	Eistekst
F-1	Er dient een <u>aansprekende vismigratiemogelijkheid</u> te worden gerealiseerd door de Afsluitdijk ten westen van de sluizen bij Kornwerderzand in de vorm van een vismigratierivier.

1.1.2 Functie 1.1: Bieden goed bruikbare vismigratierivier voor trekvis

Eis-ID	Eistekst
F-1.1	De vismigratierivier dient voor trekvis voldoende goed bruikbaar te zijn.

1.1.3 Functie 1.1.1: Bieden ecologische gebruikswaarde

Eis-ID	Eistekst
F1.1.1a	De vismigratierivier dient geschikt te zijn voor alle diadrome vissoorten en vissen die tussen zoet-zout fourageren en eventueel zelfs uitgespoelde zoetwater vissen.
F1.1.1b	In de vismigratierivier dienen schuilmogelijkheden aanwezig te zijn voor alle doelsoorten.
F1.1.1c	Er dient in de vismigratierivier een zoet/zout (brak) overgangsgebied te zijn voor acclimatisatie en leefgebied van estuariene soorten.
F1.1.1d	De vismigratierivier en visvriendelijk sluisbeheer dient als één oplossing te worden gezien voor het vispasseerbaar maken van het sluiscomplex te Kornwerderzand.

1.1.4 Functie 1.1.2: Bieden technische waarde

Eis-ID	Eistekst
F1.1.2	De vismigratierivier dient zoutindringing vanuit de Waddenzee naar het IJsselmeer tegen te gaan.
F1.1.2	De vismigratierivier dient aan de IJsselmeerzijde afgesloten te kunnen worden indien nodig voor onderhoud of regelwerking.

1.1.5 Functie 1.2: Bieden icoonfunctie

Eis-ID	Eistekst
F1.2	De VMR moet een icoonwaarde hebben: "Waterbouw van de 21 ^e eeuw naast Waterbouwwicoon van begin 20 ^e eeuw".

1.1.6 Functie 1.2.1: Bieden beleefswaarde

Eis-ID	Eistekst
F1.2.1a	De vismigratierivier dient een zelfstandige uitstraling te hebben. Dit betekent dat de vismigratierivier een eigen identiteit heeft en dat de functie van de vismigratierivier 'afleesbaar' is.
F1.2.1b	De vismigratierivier dient passend te zijn bij de Afsluitdijk
F1.2.1c	De vismigratierivier dient 'beleefbaar' te zijn.

1.1.7 Functie 1.2.2: Bieden neven gebruikswaarden

Eis-ID	Eistekst
F1.2.2a	De vismigratievoorziening dient naast vismigratie in neven gebruikswaarden te

voorzien.

F1.2.2aa De vismigratierivier dient een ecologisch brak intergetijdegebied te bevatten met een getijds slag van circa 40 a 60cm.

F1.2.2ab De vismigratierivier dient voor vogels ruimte te bieden voor broedgelegenheid aan de Waddenzeezijde (voor met name sterns, maar ook Bontbekplevier en Strandplevier).

F1.2.2ac De vismigratierivier dient aantrekkelijk (toegankelijk en zichtbaar) te zijn voor recreatie en toerisme.

1.2 Aspecteisen

1.2.1 Betrouwbaarheid

Eis-ID	Eistekst
Bet-1	De vismigratierivier dient aangesloten te worden op hoofdgeulen in zowel de Waddenzee als in het IJsselmeer.
Bet-2	De lokstroom dient voldoende groot te zijn om de doelsoorten te laten migreren.
Bet-3	De vismigratierivier dient op twee plaatsen een verbinding te hebben met de spuikom (twee openingen in strekdam Waddenzeezijde).
Bet-3.1	Beide openingen in de strekdam dienen te worden gemaakt als een U-vormige betonnen constructie, voorzien van een afsluitmiddel om de lokstroom goed te kunnen sturen.
Bet-3.2	De zuidelijkste opening in de strekdam dient zo goed als mogelijk aan te sluiten bij de vismigratielinietlijn in de spuikom.
Bet-4	De vismigratierivier dient een robuust systeem te zijn met een technische levensduur van minimaal 30 jaar.
Bet-5	Om te voorkomen dat in de vismigratierivier IJsselmeerzijde het zoute water zich langs de bodem richting het IJsselmeer verplaatst dienen er twee dwarsdammen onder water aangelegd te worden in de eerste kilometer rivier, gerekend vanaf de Afsluitdijk.
Bet-6	Nabij de uitgang van de coupure aan de zijde van het IJsselmeer dient een regelwerk aangebracht te worden waarmee het debiet door de coupure geregeld kan worden.

1.2.2 Beschikbaarheid

Eis-ID	Eistekst
Bes-1	De passage efficiency van de vismigratierivier dient 90% te zijn voor alle diadrome vissoorten.
Bes-2	Er dient een zo groot mogelijk migratievenster aangeboden te worden voor de verschillende doelsoorten.
Bes-3	Wachttijden bij de ingang van de vismigratierivier dienen beperkt te worden.
Bes-4	Deze stromingssituatie dient dusdanig te zijn dat iedere vissoort uiteindelijk de gehele lengte van de vismigratie rivier kan passeren.
Bes-4.1	Het doorlaatmiddel door de Afsluitdijk dient te bestaan uit twee kokers, één voor de lokstroom en één koker voorzien van vertical slots voor de passage van vissen.
Bes-5	De maximale stroomsnelheid in de vismigratierivier dient 0,5 m/s te bedragen (met uitzondering van de koker voor de lokstroom in het doorlaatmiddel).

1.2.3 Onderhoudbaarheid

Eis-ID	Eistekst
Ond-1	De vismigratierivier dient goed onderhoudbaar te zijn.
Ond-1.1	De vismigratierivier dient zodanig gerealiseerd te worden dat het systeem zelfreinigend is wat betreft sedimentatie.
Ond-1.2	De vismigratierivier dient stabiele oevers te hebben waardoor onderhoud tot een minimum wordt beperkt.
Ond-1.3	De vismigratierivier dient toegankelijk te zijn voor onderhoudswerkzaamheden.
Ond-1.3.1	De strekdam Waddenzeezijde dient bereikbaar te zijn voor onderhoud met een tractor of een ander 4-wiel aangedreven voertuig door middel van stalen bruggen over de betonnen U-bak constructies.
Ond-1.3.2	De vertical slots in het doorlaatmiddel door de Afsluitdijk dienen vanaf de bovenzijde bereikbaar te zijn voor onderhoud.
Ond-1.3.3	Langs de oostelijke stortstenen dam aan de IJsselmeerzijde dient een zandaanvulling van ca. 40m breed gerealiseerd te worden om een onderhoudsvoertuig te kunnen laten passeren en "struinnatuur" te ontwikkelen met

een wandelpad.

1.2.4 Veiligheid

Eis-ID	Eistekst
Vei-1	De veiligheidsniveau van de primaire kering van de Afsluitdijk dient gehandhaafd te blijven.
Vei-1.1	De doorgang door de Afsluitdijk dient te voldoen aan de leidraad Kunstwerken.
Vei-2	De vismigratierivier dient te voldoen aan de hydraulische en bathymetrische randvoorwaarden genoemd in hoofdstuk 2 van bovenliggend rapport.
Vei-3	De bestaande oostelijke dam van de vismigratierivier (zuidwestelijke dam van de spuisluisen) dient te worden opgehoogd van NAP +1,0m naar NAP +2,0m.
Vei-4	Predatie in en buiten de vismigratierivier dient tot een minimum te worden beperkt.

1.2.5 Omgevingshinder

Eis-ID	Eistekst
Omg-1	Het verkeer op de Afsluitdijk dient bij realisatie van de vismigratierivier te allen tijde doorgang te vinden.

1.2.6 Duurzaamheid

Eis-ID	Eistekst
Duu-1	De vismigratierivier dient adaptief te worden ontworpen, bij voorkeur op basis van natuurlijke groei-processen, met aandacht voor klimaatverandering en zeespiegelrijzing.
Duu-2	De vismigratierivier dient duurzaam te worden ontworpen en het concept 'building with nature' dient te worden toegepast.
Duu-2.1	Het concept 'Building with Nature' dient aan de Waddenzeezijde o.a. gestalte te krijgen in de aanleg van kwelderwerken.
Duu-2.2	Het concept 'Building with Nature' dient aan de IJsselmeerzijde o.a. gestalte te krijgen in het toepassen van zandige oplossingen.
Duu-2.3	Het middelste gedeelte van de Vismigratierivier dient 'technisch' te worden vormgegeven door middel van houten palenrijen of damwanden.

1.2.7 Vormgeving

Eis-ID	Eistekst
Vor-1	De vismigratierivier dient te passen bij de Afsluitdijk en kan gezien worden als een onderdeel van het hele systeem van dijken, schutsluisen, spuisluisen en havens.
Vor-2	Tussen de sluisencomplexen van Den Oever en van Kornwerderzand is er vanaf de dijk ruim zicht op het water en opent zich een wijd perspectief over het water.
Vor-3	De VMR dient te passen binnen de Handreiking Ruimtelijke Kwaliteit
Vor-4	De VMR is duidelijk te onderscheiden van de Afsluitdijk. Dit kan onder meer door een open ruimte (water) te behouden tussen dijk en VMR en een duidelijk onderscheidende vormgeving en materialisering.
Vor-5	Het functioneren en het doel van de VMR komt tot uiting door het zichtbaar maken van de overgang van zoet naar zout, de getijdenwerking en de brakwatervegetatie. Het beeld van een estuarium vormt de inspiratiebron. (WENS)
Vor-6	Het ontwerp maakt gebruik van landschapsbepalende en - vormende krachten en processen en maakt dit zichtbaar. (WENS)
Vor-7	Het ontwerp is aan beide zijden van de Afsluitdijk herkenbaar als samenhangend systeem. (WENS)
Vor-8	Het doorlaatmiddel door de Afsluitdijk dient gerealiseerd te worden als een coupure om een maximale belevingswaarde te creëren.

1.2.8 Toekomstvastheid

Eis-ID	Eistekst
Toe-1	De vismigratierivier dient herinstelbaar te zijn na aanleg.
Toe-1.1	De inrichting van de vismigratierivier dient na aanleg aanpasbaar te zijn.
Toe-1.2	De sluizen en schuiven in de vismigratierivier dienen instelbaar zijn.

1.3 Raakvlakeisen

1.3.1 Raakvlak Vismigratierivier - Afsluitdijk

Eis-ID	Eistekst
Raa-1	De VisMigratieRivier mag geen nadelige gevolgen hebben voor de Afsluitdijk.
Raa-2	De kraagstukken in de Afsluitdijk mogen niet drooggelegd worden als gevolg van waterspiegeldalingen in de VisMigratieRivier.

1.4 Ontwerprandvoorwaarden

Eis-ID	Eistekst
O-1	De lengte van de rivier aan de IJsselmeerzijde dient circa 4 kilometer lang te zijn.
O-2	De broedgelegenheid dient gerealiseerd te worden aan de Waddenzeezijde.
O-2.1	De broedgelegenheid dient een pionierslandschap te zijn. Dat betekent kale zandige stranden, eilandjes, droge schelpenbanken en incidenteel overstromd (tegen vegetatiesuccesie).
O-2.2	De broedgelegenheid dient niet bereikbaar te zijn voor grondpredatoren zoals de vos, rat en kat door o.a de bruggen over de U-vormige betonnen constructies te voorzien van een handbediend beweegbaar deel.
O-2.3	De broedgelegenheid dient een recreatievrije buffer te hebben van 200 - 350 meter.
O-2.4	Het oppervlakte van de broedgelegenheid is ter nadere afweging, waarbij 2-3 hectare optimaal lijkt. Dit areaal hoeft niet aaneengesloten te zijn.
O-2.5	De broedgelegenheid kan ook dienen als rustgebied en/of hoogwatervluchtplaats. In dit geval dienen de verstoringafstanden groter te zijn.
O-3	De bovenzijde van de strekdammen van de Vismigratierivier dient te liggen op NAP +2,0m.
O-4	De bodem van de rivier dient aan te sluiten op het niveau van de bovenzijde van de vloer van de coupure, te weten NAP – 4,0m.
O-5	De bodem van de rivier dient plaatselijk te worden voorzien van stortsteen om schuilmogelijkheden voor vissen te realiseren.

Bijlage 2

Hydraulische berekeningen

Vismigratierivier

Hydraulische berekeningen

Concept

Dienst Landelijk Gebied

Grontmij Nederland B.V.
De Bilt, 25 augustus 2014

Verantwoording

Titel : Vismigratierivier
Subtitel : Hydraulische berekeningen
Projectnummer : 339116
Referentienummer : GM-0140420
Revisie : C1
Datum : 25 augustus 2014

Auteur(s) : T.M.J. van Erp MSc.
E-mail adres : waterbouw@grontmij.nl
Gecontroleerd door : ing. J.G.M. Bos
Paraaf gecontroleerd : 
Goedgekeurd door : ing. J.H.P. Poodt
Paraaf goedgekeurd : 
Contact : Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt
T +31 30 220 74 44
F +31 30 220 02 94
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Voortgang	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Uitgangspunten	7
2.1	Algemeen.....	7
2.2	Waterstanden.....	7
2.2.1	Waterstanden Waddenzeezijde	7
2.2.2	Waterstanden, IJsselmeerzijde	7
2.3	Windgegevens	7
2.4	Diepgang	8
2.5	Effectieve strijklengte	8
2.6	Talud.....	9
2.7	Golfgroei en belasting.....	9
2.7.1	Doorlatendheid constructie (P)	9
2.7.2	Schadegetal (S)	9
2.7.3	Aantal golven (N)	9
3	Onderzoeksgebieden	10
3.1	Algemeen.....	10
3.2	Deelgebieden.....	10
3.3	Te beschouwen windwaaiers.....	10
3.4	Hoek van golfinslag	12
4	Onderzoeksresultaten	13
4.1	Algemeen.....	13
4.2	Hydraulische en geografische randvoorwaarden.....	13
4.3	Hydraulische belastingen en type steensortering	14
5	Gevoeligheidsanalyse	15
5.1	Algemeen.....	15
5.2	Parameters	15
5.3	Diepte	15
5.4	Frequentie.....	16
5.5	Schadegetal [P].....	16
5.6	Talud.....	17
5.7	Aantal golven [N].....	17
6	Conclusie en aanbevelingen.....	18
6.1	Conclusie	18
6.2	Aanbevelingen	18

Bijlage 1: Berekening effectieve strijklengte

Bijlage 2: Berekening opwaaiing

Bijlage 3: Berekening golfgroei

Bijlage 4: Berekening steensortering

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De VisMigratieRivier (VMR) is een uniek project dat samen met het visvriendelijk spuibeheer van Rijkswaterstaat (vanaf 2015) de barrière die de Afsluitdijk vormt voor trekvis moet opheffen. De kern van het project is een nieuwe doorgang door de Afsluitdijk, ingebed in een ontwerp dat zorgt voor geleidelijke overgang van zout naar zoet water, en andersom, met een duurzame en zo natuurlijke mogelijke inrichting (building with nature).



Figuur 1-1 Afsluitdijk: van ecologische ramp naar ecologisch icoon

De VMR is gepland nabij het sluiscomplex van Kornwerderzand. Dit sluiscomplex, de Lorentzsluizen, bestaat uit een schutsluis en twee grote spuisluizen met elk 5 doorstroomopeningen. Aan de Waddenzeezijde van de spuisluizen ligt een grote spuikom. De schutsluis ligt aan de IJsselmeerzijde van de Afsluitdijk, die daar ter plaatse via een brug over de voorhaven van de sluis loopt.

1.2 Voortgang

In 2012 zijn in opdracht van het Programma naar een Rijke Waddenzee een haalbaarheidsstudie en een projectplan ontwikkeld (PRW, 2013). Daarna zijn vervolgstappen gezet. In het al doorlopen ontwerptraject was het hoofddoel 'ontwerp een aansprekende vismigratiemogelijkheid door de Afsluitdijk bij Kornwerderzand'. Dat heeft geresulteerd in het volgende voorkeursalternatief.



Figuur 1-2 Voorkeursalternatief (VKA) voor de vismigratie aan de afsluitdijk



In dit rapport wordt er verder ingegaan op de hydraulische randvoorwaarden die bepalend zijn voor het dimensioneren van de strekdammen. Aan de hand van de hydraulisch randvoorwaarden kan direct het type stortsteen van de toplaag worden bepaald. Het doel van dit rapport is om inzicht te geven welke sortering stortsteen toegepast moet worden op de diverse locaties rondom de VMR.

In dit rapport worden eerst alle uitgangspunten toegelicht en vervolgens wordt het projectgebied in deelgebieden verdeeld. Elk deelgebied ondervindt een andere hydraulische belasting. De volgende stap is het vaststellen van de hydraulische belastingen. Aan de hand daarvan is er aan elk deelgebied een minimale sortering stortsteen voor de toplaag gekoppeld. Aan het eind van het rapport is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor een aantal parameters waar vooralsnog nog enige onzekerheid in is. Het rapport wordt afgesloten met een conclusie en aanbeveling.

2 Uitgangspunten

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten toegelicht die de basis vormen voor het benaderen van de hydraulische belastingen. Hierin komen de volgende elementen aan bod:

- waterstanden;
- windsnelheden;
- dieptekaart;
- effectieve strijklengte;
- talud;
- golfgroei en golfbelasting.

2.2 Waterstanden

2.2.1 Waterstanden Waddenzeezijde

Aan de waddenzeezijde is er sprake van een LAT (Lowest Astronomical Tide) van NAP -1,3 m. De waterstand bij hoogwater ligt 2 meter hoger dan LAT en komt daarmee op NAP +0,7 m. Om de golfkarakteristieken te berekenen moet de opwaaiing ook meegenomen worden. In de ovenstaande waarde is dat nog niet gebeurd. Deze is afhankelijk van de windsnelheid en windrichting. Per windrichting wordt er dus een aparte opwaaiing bepaald, en daarmee ook een aparte waterstand.

2.2.2 Waterstanden, IJsselmeerzijde

Aan de zijde van het IJsselmeer, ter plaatse van de Lorentzsluizen, gelden de volgende waterstanden:

- Winterpeil: NAP – 0,290 m
- Zomerpeil: NAP – 0,170 m

Ook hier is de opwaaiing nog niet meegenomen. Deze wordt per windrichting bepaald.

2.3 Windgegevens

De windsnelheden bepalen de dimensies van de golven en daarmee de golfbelasting. In Tabel 2-1 zijn de windsnelheden als een functie van de windrichting weergegeven. Daarnaast zijn de windsnelheden per herhaalperiode vermeld. De stekdammen vormen geen onderdeel van de primaire waterkering, en zijn daarmee niet gekoppeld aan de veiligheidseisen die aan een primaire waterkering worden gesteld. Het is echter ook niet de bedoeling dat de stekdammen om het jaar hersteld moeten worden. In dit rapport is er daarom van uitgegaan dat er met een herhaalperiode van 10 jaar voldaan wordt aan de eis van voldoende robuustheid.

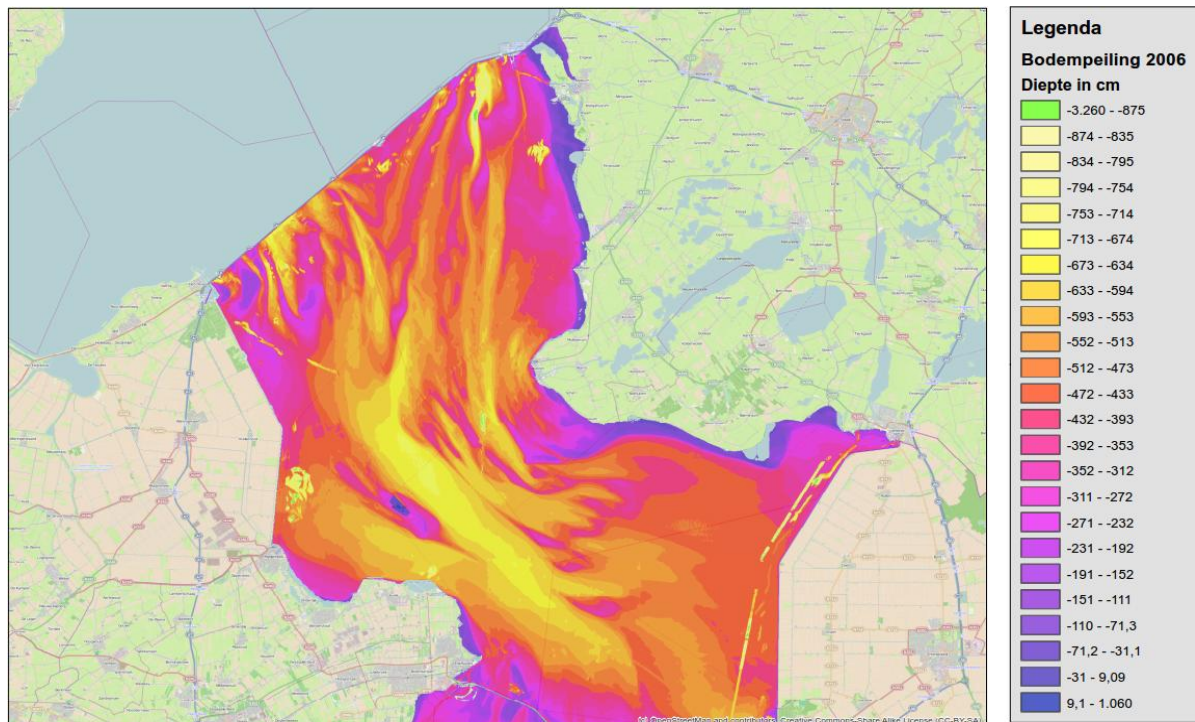
Tabel 2-1: Windsnelheden per herhaalperiode op de locatie "De Kooy"

T (year)	20-40	50-70	80-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	350-10
0,5	11,8	11,1	10,5	10,5	11,9	14,4	17,1	18,3	17,8	15,8	13,7	12,4
1	13,1	12,2	11,5	11,6	13,1	15,7	18,3	19,7	19,2	17,5	15,4	14,0
2	14,3	13,2	12,4	12,5	14,1	16,8	19,5	21,0	20,7	18,9	17,1	15,5
5	15,9	14,5	13,5	13,6	15,3	18,0	20,9	22,6	22,4	20,9	19,0	17,4
10	17,1	15,4	14,3	14,4	16,1	18,9	21,8	23,6	23,7	22,4	20,5	18,7
20	18,1	16,2	15,0	15,1	16,9	19,7	22,6	24,5	24,9	23,8	22,1	20,1
50	19,4	17,2	15,8	15,9	17,8	20,8	23,6	25,7	26,4	25,7	24,4	22,0

T (year)	20-40	50-70	80-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	350-10
100	20,4	17,9	16,3	16,5	18,5	21,6	24,3	26,5	27,5	27,0	26,0	23,6
200	21,5	18,5	16,9	17,0	19,2	22,4	25,0	27,3	28,5	28,3	27,4	25,2
500	22,8	19,4	17,5	17,7	20,0	23,6	25,8	28,2	29,7	30,0	29,2	27,0
1000	23,9	20,0	18,0	18,2	20,7	24,5	26,3	28,8	30,5	31,1	30,5	28,2
2000	25,0	20,6	18,4	18,6	21,5	25,4	26,8	29,4	31,3	32,2	31,8	29,4
5000	26,2	21,4	19,0	19,2	22,5	26,5	27,4	30,0	32,2	33,6	33,4	30,9
10000	27,2	21,9	19,4	19,7	23,4	27,2	27,9	30,5	32,9	34,5	34,5	32,0

2.4 Diepgang

De diepgang van het IJsselmeer en de Waddenzee is bepalend voor de belasting op de dam. De diepgang heeft onder andere invloed op de golfbelasting en de opwaaiing. In Figuur 2-1 is de dieptekaart van het IJsselmeer weergegeven. Hieruit volgt een gevarieerde diepte. Voor de berekening van de hydraulische belastingen moet er een gemiddelde diepte worden aangehouden. Uit de figuur is in te schatten dat de bodem op een gemiddelde diepte van ca. NAP -5,00 m ligt. Voor het IJsselmeer is er een gemiddelde aangehouden van 4,5 – 5,0 m (afhankelijk van de gekozen windrichting). Voor de Waddenzee is de diepgang lager, maar is de variatie vele malen groter. De gemiddelde diepte bij LAT is ca. 1 m. De bodem ligt daarmee op een gemiddeld niveau van NAP -2,3 m. Hiermee is de diepte bij hoogwater (2,0 m boven LAT) totaal 3,0 m.



Figuur 2-1 Dieptekaart IJsselmeer

Om de golfkarakteristieken te berekenen kan er niet met de gemiddelde diepgang gerekend worden. Hiervoor moet de opwaaiing worden meegenomen. Dit wordt per deelgebied berekend. Er geldt daarom:

$$d_{rek} = d_{gem} + \Delta h \quad (1.1)$$

2.5 Effectieve strijklengte

Het deel water waar over de wind zijn krachten afdraagt, noemt men de strijklengte. Daarnaast spreekt men ook van een effectieve strijklengte (conform Leidraad van het ontwerpen van dijken, deel 1). In dat geval wordt er een strijklengte bepaald binnen een zekere bandbreedte van + of- 42° ten opzichte van de beschouwde windrichting.

2.6 Talud

Het buitentalud van de stekdammen is vastgesteld op 1:3.

2.7 Golfgroei en belasting

Aan de hand van de eerder genoemde parameters kunnen de dimensies van de golf worden bepaald. Hiervoor wordt de *Methode van Brettschneider* toegepast. Vervolgens kan door middel van de *Van der Meer Methode* de golfbelasting worden vastgelegd. Dit resulteert in een minimaal toe te passen diameter breuksteen (D_{n50}).

2.7.1 Doorlatendheid constructie (P)

Zoals in Figuur 1-3 en Figuur 1-4 is aangegeven bestaan de dammen uit een aantal zandworsten. Hier wordt vervolgens een geotextiel overheen gelegd en daarop wordt de eerste laag stortsteen geplaatst. Vervolgens wordt hier de toplaag van stortsteen op geplaatst. Uit deze opbouw is af te leiden dat de dam in de kern een zeer lage doorlatendheid heeft. In dat geval wordt de factor P in de Van de Meer-methode vastgesteld op 0,1.

2.7.2 Schadegetal (S)

Voor het schadegetal is uitgegaan van een waarde 7. In verhouding met een talud van 1:3 staat deze waarde niet garant voor een situatie waarbij er nooit herstelwerkzaamheden toegepast moeten worden. Om een dergelijke situatie als dat te creëren moet er een schadegetal van maximaal 2 worden toegepast. Aangezien de dammen geen onderdeel zijn van de primaire waterkering is het acceptabel als er af en toe herstelwerkzaamheden plaatsvinden. Vandaar dat er gerekend is met het schadegetal 7.

2.7.3 Aantal golven (N)

Het aantal golven (N) dat in de berekening is meegenomen is 3000. Bij een gemiddelde golfperiode van 6s volgt hier een storm uit van circa 5 uur. Hiervoor mag gekozen worden in het geval enige schade acceptabel is en dammen voldoende worden onderhouden.

3 Onderzoeksgebieden

3.1 Algemeen

De stekdammen rondom de vismigratierivier ondervinden door hun situering allemaal andere hydraulische belastingen. Er moet daarom een onderscheid gemaakt worden binnen de locaties van de stekdammen. De stekdammen worden opgedeeld in zes deelgebieden. Binnen elk deelgebied gelden dezelfde hydraulische randvoorwaarden en daarmee hetzelfde type toe te passen breuksteen voor de toplaag.

3.2 Deelgebieden

Ten eerste is er een onderscheid gemaakt tussen het deel aan de IJsselmeerzijde en de Waddenzeezijde. Vervolgens is er per zijde onderscheid gemaakt in de ligging (de hoek) van de stekdam. Deze twee criteria resulteren in zes deelgebieden zoals is aangegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1 Deelgebieden met betrekking tot de hydraulische randvoorwaarden

3.3 Te beschouwen windwaaiers

Voor het bepalen van de maatgevende situatie moeten de bepalende windrichtingen beschouwd worden. Dit kunnen er per deelgebied meerdere zijn. De windrichting is namelijk zeer bepalend voor de golfbelasting op de dam. De onderstaande variabelen zijn alle afhankelijk van de windrichting.

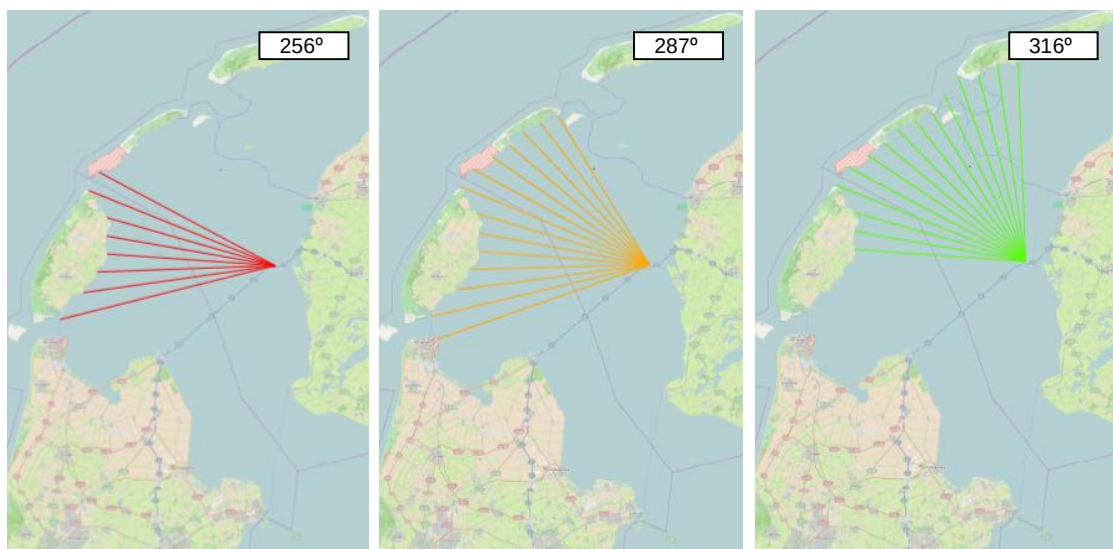
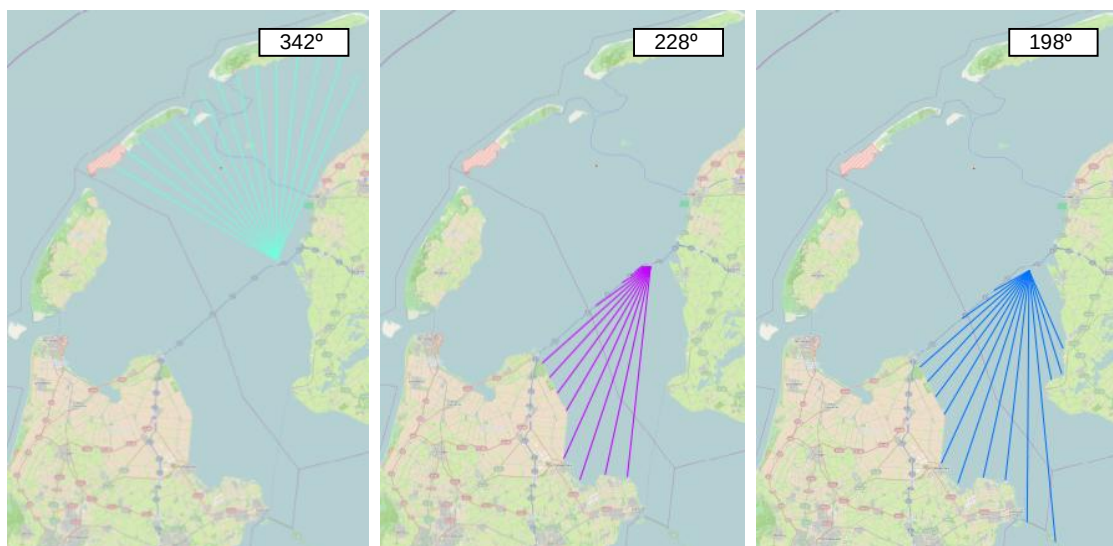
- windsnelheid;
- diepte;
- strijklengte;
- hoek van inval.

De windrichtingen zijn zo gekozen dat de maximale strijklengte optreedt. Omdat de windsnelheid per hoek anders zijn er meerdere windrichtingen in beschouwing genomen. De windrichtingen (ten opzichte van het noorden) zijn aangegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 *Te beschouwen windrichtingen per deelgebied*

	Windrichting 1	Windrichting 2	Windrichting 3	Windrichting 4
	[°]	[°]	[°]	[°]
Deelgebied 1	256	287	316	342
Deelgebied 2	256	287	316	-
Deelgebied 3	228	-	-	-
Deelgebied 4	228	-	-	-
Deelgebied 5	198	179	-	-
Deelgebied 6	198	179	-	-

Om een goed beeld te krijgen hoe deze windrichtingen zich verhouden op de kaart is elke windwaaier ingetekend. Hier komt duidelijk naar voren dat de windrichtingen langs de afsluitdijk (228° en 256°) een beperkte effectieve strijklengte hebben. Het grootste deel van het windopervlak wordt geblokkeerd door de Afsluitdijk.

**Figuur 3-2:** *Waaiers van diverse windrichtingen***Figuur 3-3** *Waaiers van diverse windrichtingen*



Figuur 3-4 Waaier van windrichting met 179°

3.4 Hoek van golfinslag

Nu de windrichtingen zijn bepaald kan de hoek waarmee de golven inslaan worden bepaald. Deze staan weergegeven in Tabel 3-2. Het effect van deze parameter wordt meegenomen door een reductie toe te passen op de golfhoogte van de golf. Indien de hoek van de golfinslag kleiner is dan 30 is het effect (en daarmee de reductie) te verwaarlozen. Indien de hoek groter is dan 80° wordt de reductie gelimiteerd tot 0,8 maal de golfhoogte. Voor de overige hoeken geldt $1,12 - 0,004 \cdot \beta$ als reductie op de golfhoogte.

Tabel 3-2 *Hoek van de inslaggolf per deelgebied en windrichting*

	Windrichting 1 [°]	Windrichting 2 [°]	Windrichting 3 [°]	Windrichting 4 [°]
Deelgebied 1	40	9	20	46
Deelgebied 2	2	33	62	-
Deelgebied 3	0	-	-	-
Deelgebied 4	73	-	-	-
Deelgebied 5	29	10	-	-
Deelgebied 6	69	50	-	-

4 Onderzoeksresultaten

4.1 Algemeen

In het voorgaande hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor het opstellen van de hydraulische randvoorwaarden naar voren gekomen voor een aantal deelgebieden. Aan de hand hiervan kan nu bepaald worden welke steensortering bij elk deelgebied toegepast moet worden.

4.2 Hydraulische en geografische randvoorwaarden

De onderstaande geografische randvoorwaarden hebben invloed op het berekenen van de juiste steensortering:

- windrichting;
- frequentie;
- windsnelheid;
- diepte;
- strijklengte;
- talud;
- inslaghoek.

In Tabel 4-1 zijn de waarden per deelgebied in windrichting gepresenteerd. In bijlage 1 is de berekening weergegeven voor alle combinaties.

Tabel 4-1 *Hydraulische en geografische randvoorwaarden per deelgebied en windrichting*

	Strijklengte [m]	Windsnelheid [m/s]	Frequentie [1/jaar]	Diepte [m]	Talud [m/m]	Inslaghoek [°]
Deelgebied 1						
– Windrichting 1(256°)	15565	23,70	10	3,00	1:3	40,00
– Windrichting 2(287°)	27181	22,40	10	3,00	1:3	9,00
– Windrichting 3(316°)	28160	20,50	10	3,00	1:3	20,00
– Windrichting 4(342°)	29235	20,50	10	3,00	1:3	46,00
Deelgebied 2			10			
– Windrichting 1(256°)	15565	23,70	10	3,00	1:3	2,00
– Windrichting 2(287°)	27181	22,40	10	3,00	1:3	33,00
– Windrichting 3(316°)	28160	20,50	10	3,00	1:3	62,00
Deelgebied 3			10			
– Windrichting 1(228°)	16555	23,60	10	4,50	1:3	0,00
Deelgebied 4			10			
– Windrichting 1(228°)	16555	23,60	10	4,50	1:3	73,00
Deelgebied 5			10			
– Windrichting 1(198°)	25950	21,80	10	5,00	1:3	29,00
– Windrichting 2(179°)	22840	18,90	10	5,00	1:3	10,00
Deelgebied 6			10			
– Windrichting 1(198°)	25950	21,80	10	5,00	1:3	69,00
– Windrichting 2(179°)	22840	18,90	10	5,00	1:3	50,00

4.3 Hydraulische belastingen en type steensortering

Nu de randvoorwaarden (de inputwaarde) bekend zijn kunnen de hydraulische belasting en de steensortering worden bepaald. Voor de sortering klasse is de onderstaande gradatie aangehouden. Hierbij is uitgegaan van $D_{n50} = 0,84 \cdot D_{50}$.

Tabel 4-2 Gradatie steensortering

Sortering	D_{50}		D_{n50}	
	Onder	Boven	Onder	Boven
5-40 kg	0,20	0,25	0,17	0,21
10-60 kg	0,25	0,31	0,21	0,26
40-200 kg	0,38	0,44	0,32	0,37
60-300 kg	0,45	0,52	0,38	0,44
300-1000kg	0,72	0,78	0,60	0,66

De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in Tabel 4-3. In bijlage 2, 3 en 4 zijn de berekeningen weergegeven voor alle combinaties. Voor het bepalen van de diepte waarmee de golfkarakteristieken worden bepaald is de opwaaiing mee genomen.

Tabel 4-3 Hydraulische belastingen en type steensortering

	Opwaaiing Δh [m]	Diepte [m]	Golfhoogte H_s [m]	Golflengte L [m]	D_{n50} [m]	Type sortering
Deelgebied 1						
– Windrichting 1(256°)	1,02	4,02	1,07	21,25	0,29	40-200 kg
– Windrichting 2(287°)	1,59	4,59	1,21	24,45	0,33	40-200 kg
– Windrichting 3(316°)	1,38	4,38	1,12	22,59	0,31	40-200 kg
– Windrichting 4(342°)	1,43	4,43	1,06	22,88	0,29	40-200 kg
Deelgebied 2						
– Windrichting 1(256°)	1,02	4,02	1,11	21,25	0,30	40-200 kg
– Windrichting 2(287°)	1,59	4,59	1,20	24,45	0,33	40-200 kg
– Windrichting 3(316°)	1,38	4,38	0,97	22,59	0,28	40-200 kg
Deelgebied 3						
– Windrichting 1(228°)	0,72	5,22	1,29	23,39	0,34	40-200 kg
Deelgebied 4						
– Windrichting 1(228°)	0,72	5,22	1,07	23,39	0,30	40-200 kg
Deelgebied 5						
– Windrichting 1(198°)	0,86	5,86	1,37	25,70	0,37	40-200 kg
– Windrichting 2(179°)	0,57	5,57	1,19	21,68	0,32	40-200 kg
Deelgebied 6						
– Windrichting 1(198°)	0,86	5,86	1,16	25,70	0,32	40-200 kg
– Windrichting 2(179°)	0,57	5,57	1,09	21,68	0,30	40-200 kg

Uit de bovenstaande tabel volgt dat bijna voor de gehele lengte van de dam een steensortering nodig is van minimaal 40-200 kg. De maximale benodigde diameter vindt men in deelgebied 5. Dit is logisch te verklaren omdat dit de kop van de dam is aan de IJsselmeerzijde.

5 Gevoeligheidsanalyse

5.1 Algemeen

Nu de steensortering bepaald is, is het interessant om te analyseren welke parameters invloedrijk zijn op de dimensies van de bestorting. In dit hoofdstuk wordt er voor een aantal parameters gekeken naar gevoeligheid op minimaal benodigde steendiameter (D_{n50}).

5.2 Parameters

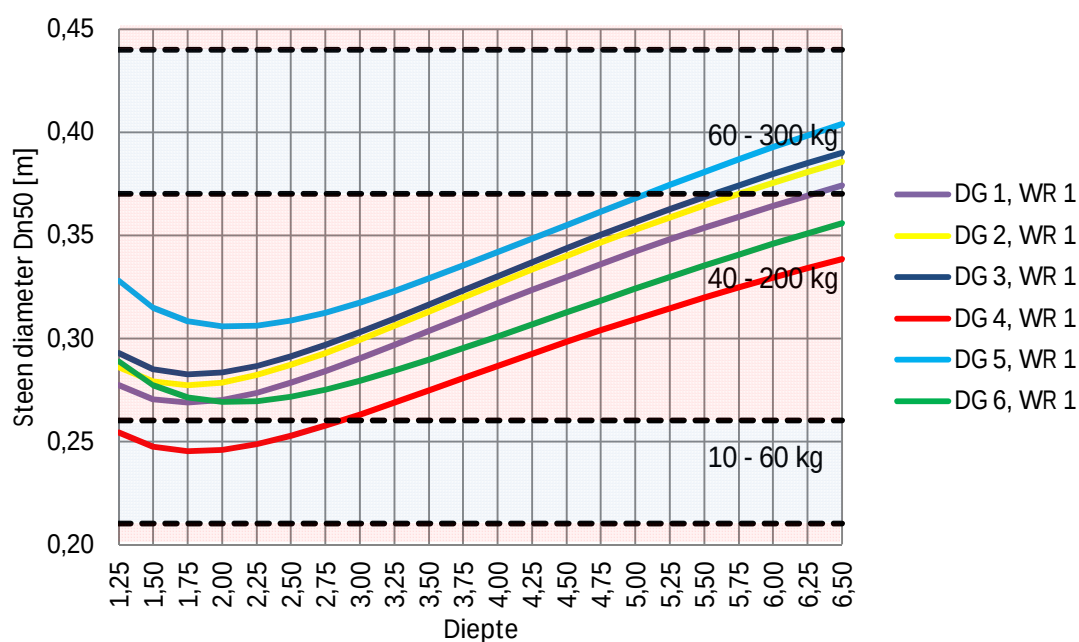
De parameters die mogelijk kunnen variëren en daarom worden geanalyseerd zijn:

- diepte;
- frequentie;
- talud;
- schadegetal;
- aantal golven.

In de analyse is er per deelgebied (aangegeven met DG) één windrichting (aangegeven met WR) meegenomen. Dit resulteert per parameter in 6 lijnen die elk representatief staan voor een deelgebied. Voor de windrichting is in elk deelgebied de windrichting 1 (zie Tabel 3-1) beschouwd.

5.3 Diepte

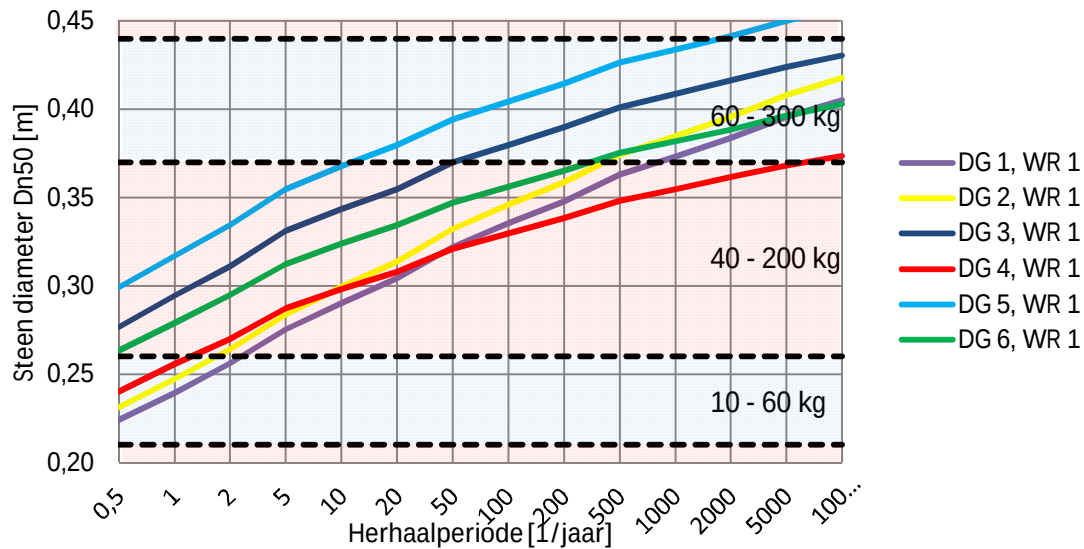
In Figuur 5-1 zijn de resultaten weergegeven voor de benodigde steendiameter bij een variërende diepte. Hieruit blijkt dat enige variatie in de diepte een significant effect heeft op de minimale steendiameter, maar weinig tot geen invloed heeft op het type steensortering. Bij een erg lage waterstand treed er een hoge opwaaiing op waardoor de vereiste minimale steen diameter groter wordt.



Figuur 5-1 Resultaten gevoeligheidsanalyse betreft de diepte parameter

5.4 Frequentie

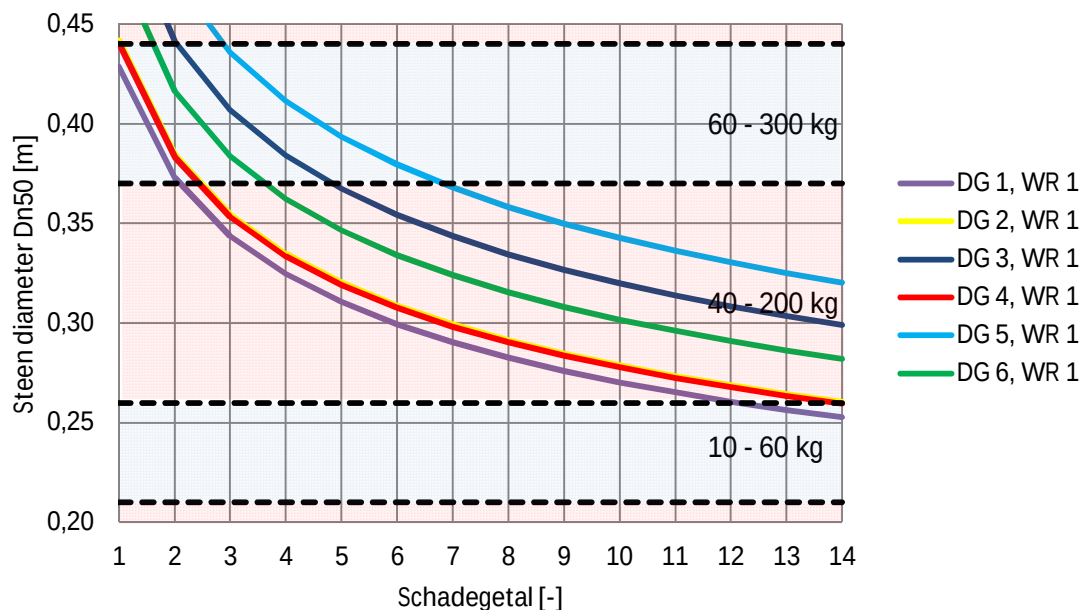
In Figuur 5-2 zijn de resultaten weergegeven voor de benodigde steendiameter bij een variërende frequentie van de windsnelheid. Momenteel is er gekozen voor een frequentie van 1/10 jaar. Uit de figuur blijkt voor de meeste deelgebieden dat een beperkte verschuiving geen invloed heeft op het type sortering. Alleen voor deelgebied 5 kan een verschuiving ervoor zorgen dat er een andere sortering moet worden toegepast. In het geval van deelgebied 5 resulteert dit een hogere klasse (van 40-200 kg naar 60-300 kg).



Figuur 5-2 Resultaten gevoeligheidsanalyse met betrekking tot de windfrequentie

5.5 Schadegetal [P]

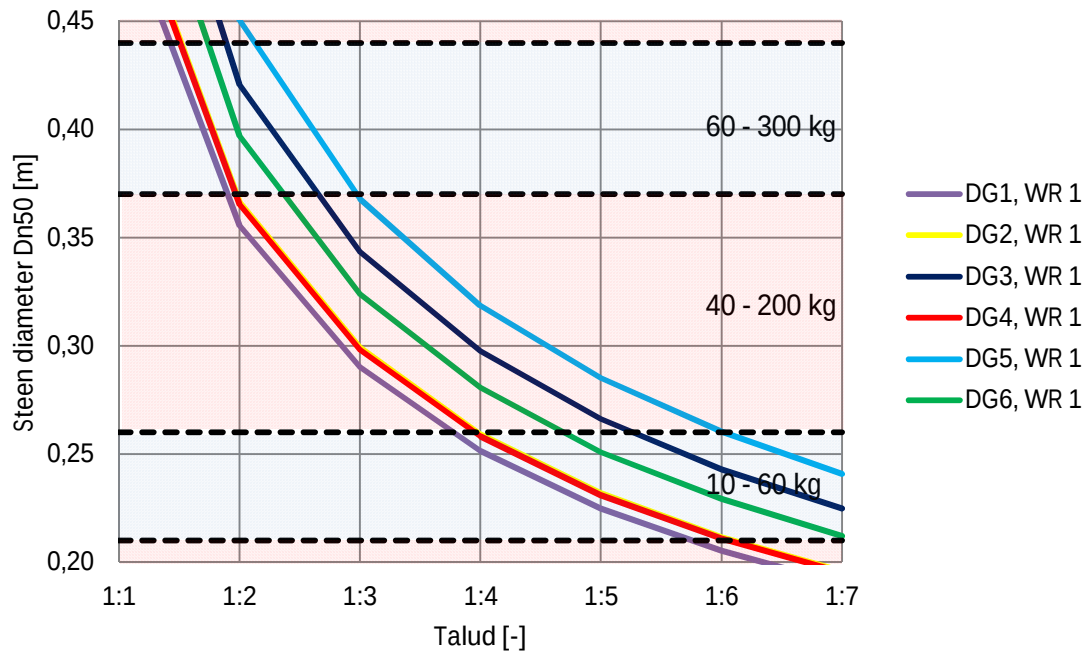
In Figuur 5-3 zijn de resultaten weergegeven voor de benodigde steendiameter bij een variërend schadegetal. Hieruit blijkt dat het schadegetal wel degelijk invloed heeft op het type sortering. Momenteel is er een schadegetal van 7 toegepast. Indien deze verlaagd wordt naar 6 zal er voor deelgebied 5 een zwaardere sortering moet worden toegepast (van 40-200 kg naar 60-300 kg).



Figuur 5-3 Resultaten gevoeligheidsanalyse met betrekking tot het schadegetal

5.6 Talud

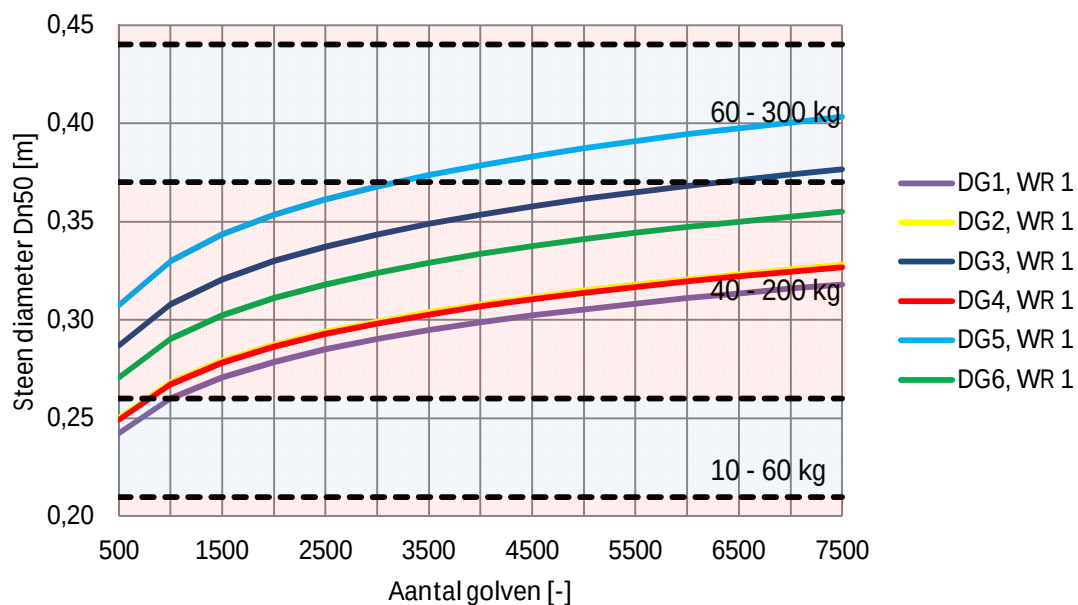
In Figuur 5-4 zijn de resultaten weergegeven voor de benodigde steendiameter bij een variërend talud. Hieruit blijkt dat het talud wel degelijk invloed heeft op het type sortering. Momenteel is er een talud van 1:3 toegepast. Indien deze verlaagd wordt naar 1:2 (in praktijk haast onmogelijk) zullen er een aantal deelgebieden een zwaardere sortering nodig hebben.



Figuur 5-4 Resultaten gevoeligheidsanalyse met betrekking tot het talud

5.7 Aantal golven [N]

In Figuur 5-5 zijn de resultaten weergegeven voor de benodigde steendiameter bij een variërend aantal golven. Momenteel is er gekozen voor een storm met 3000 golven. Uit de figuur blijkt dat voor de meeste deelgebieden een beperkte verschuiving geen invloed heeft op het type sortering. Alleen voor deelgebied 5 kan een verschuiving ervoor zorgen dat er een andere sortering moet worden toegepast. In het geval van deelgebied 5 resulteert dit een hogere klasse (van 40-200 kg naar 60-300 kg).



Figuur 5-5 Resultaten gevoeligheidsanalyse met betrekking tot het aantal golven

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusie

In dit rapport zijn alle hydraulische randvoorwaarden bepaald. Vervolgens zijn alle hydraulisch belastingen bepaald. Aan de belastingen is de bijbehorende sortering gekoppeld. Dit heeft geresulteerd in een type sortering per deelgebied. In de resultaten is te zien dat voor elk deelgebied een sortering van 40-200 kg nodig is.

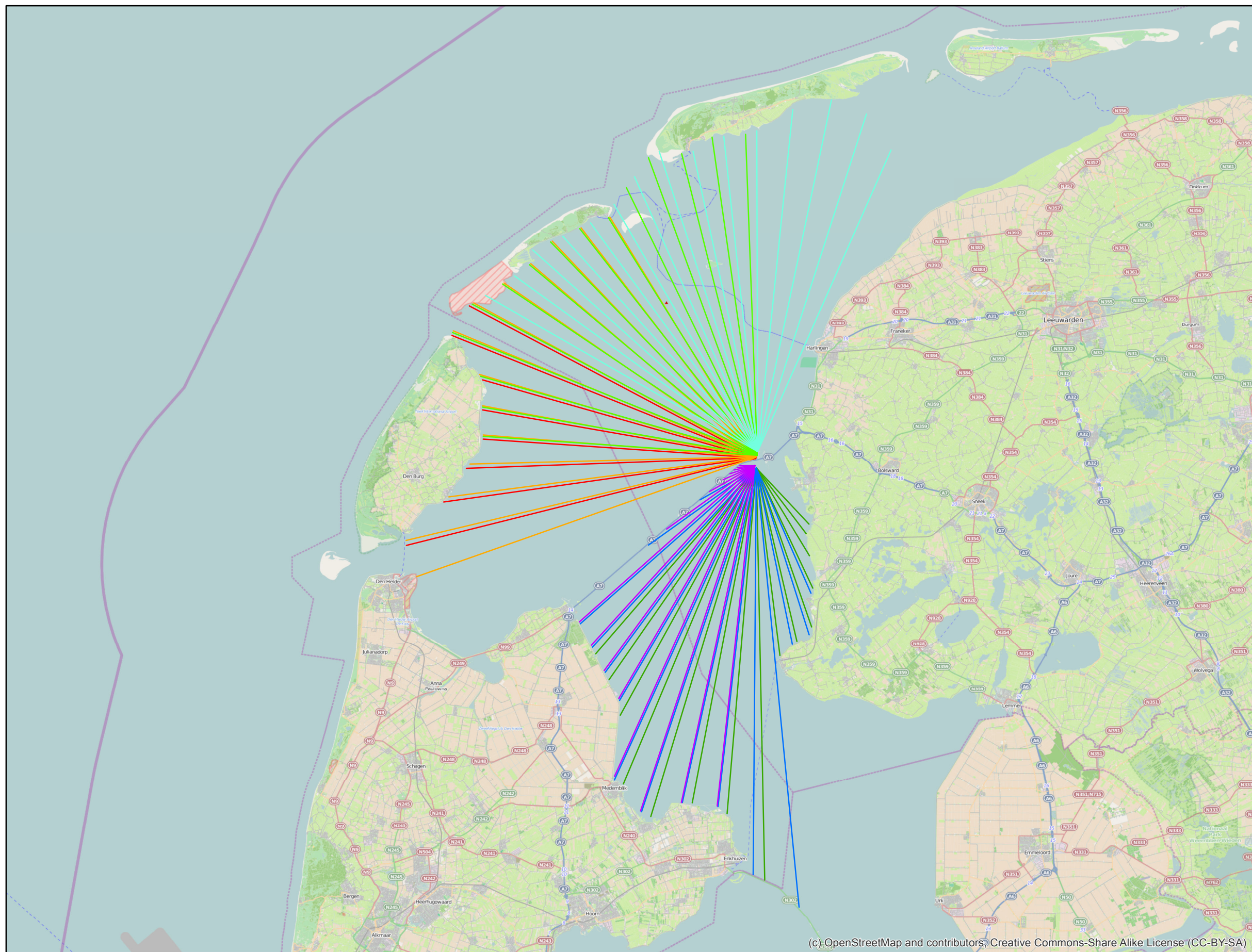
Er is echter ook een analyse gedaan naar de gevoeligheid van een aantal parameters. Hieruit volgt dat voor deelgebied 5 de sortering 40-200 kg de ondergrens is. Voor alle overige deelgebieden geldt dat de sortering 40-200 kg gemiddeld tussen de ondergrens en bovengrens ligt. Deelgebied 5 zal met deze sortering het eerst schade oplopen.

6.2 Aanbevelingen

Met het oog op uitvoering en onderhoud wordt er geadviseerd om voor alle dammen een sortering van 40-200 kg toe te passen. Door de keuze van een frequentie van 1/10 jaar en een schadegetal van 7 geldt er wel de voorwaarde dat de dammen (voornamelijk de kop van de dam aan de IJsselmeerszijde) voldoende onderhouden worden. Aangezien de dammen geen onderdeel uitmaken van de primaire waterkering is dat een aanvaardbare voorwaarde.

Bijlage 1

Berekening effectieve strijklengte



Legenda

Windroos

Layer

- Windroos N1
- Windroos N2
- Windroos N3
- Windroos N4
- Windroos Z1
- Windroos Z2
- Windroos Z3



Grontmij Nederland B.V.

De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

Project: Vismigratie rivier

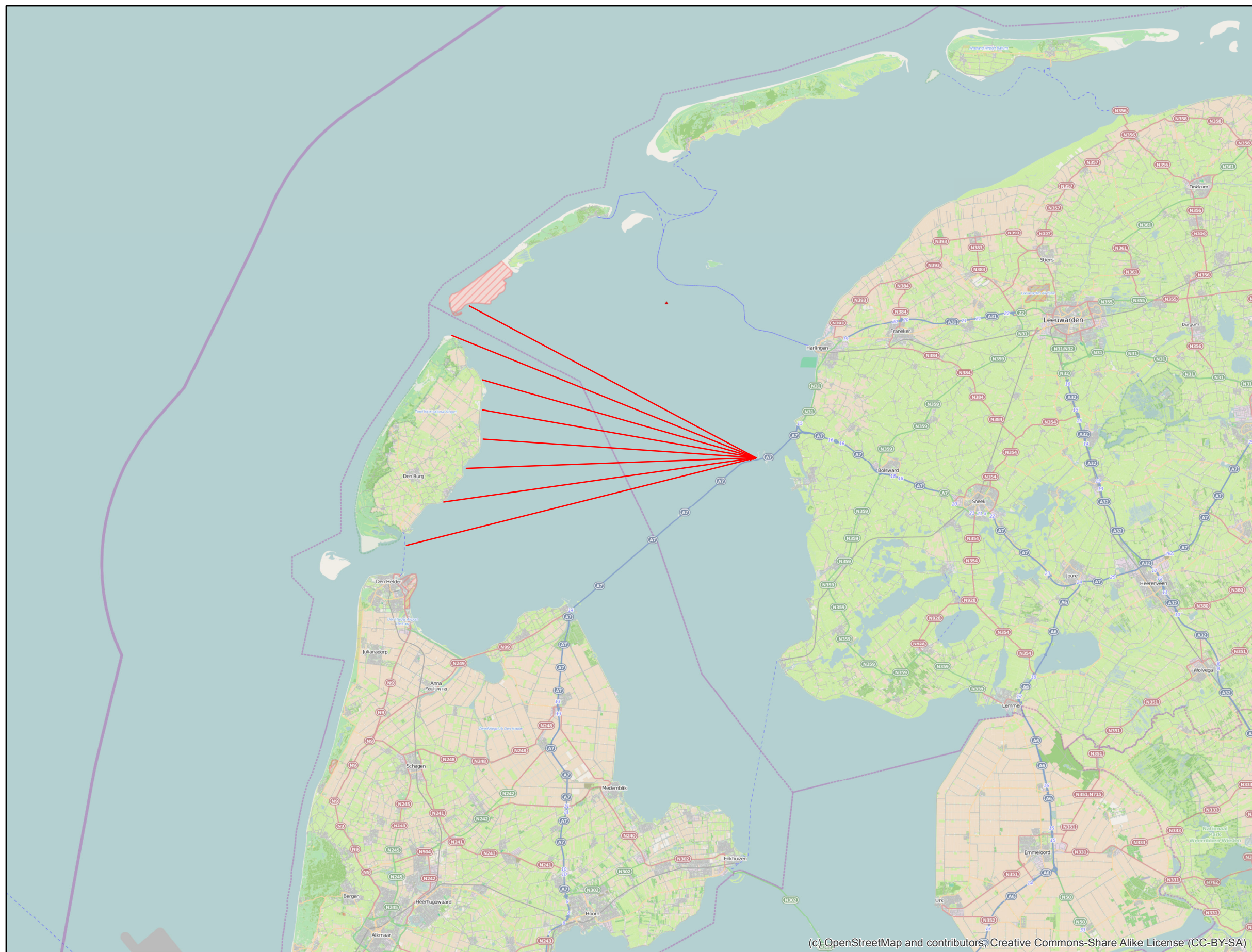
Onderdeel: Windroos

Kaartnr.

Formaat: A3 Schaal: 1:400.000 Date: 1-8-2014

0 7.500 15.000 30.000 45.000 60.000 Meters





Legenda

Windroos

Layer

- Windroos N1
- Windroos N2
- Windroos N3
- Windroos N4
- Windroos Z1
- Windroos Z2
- Windroos Z3



Grontmij Nederland B.V.

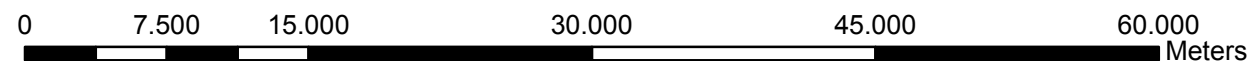
De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

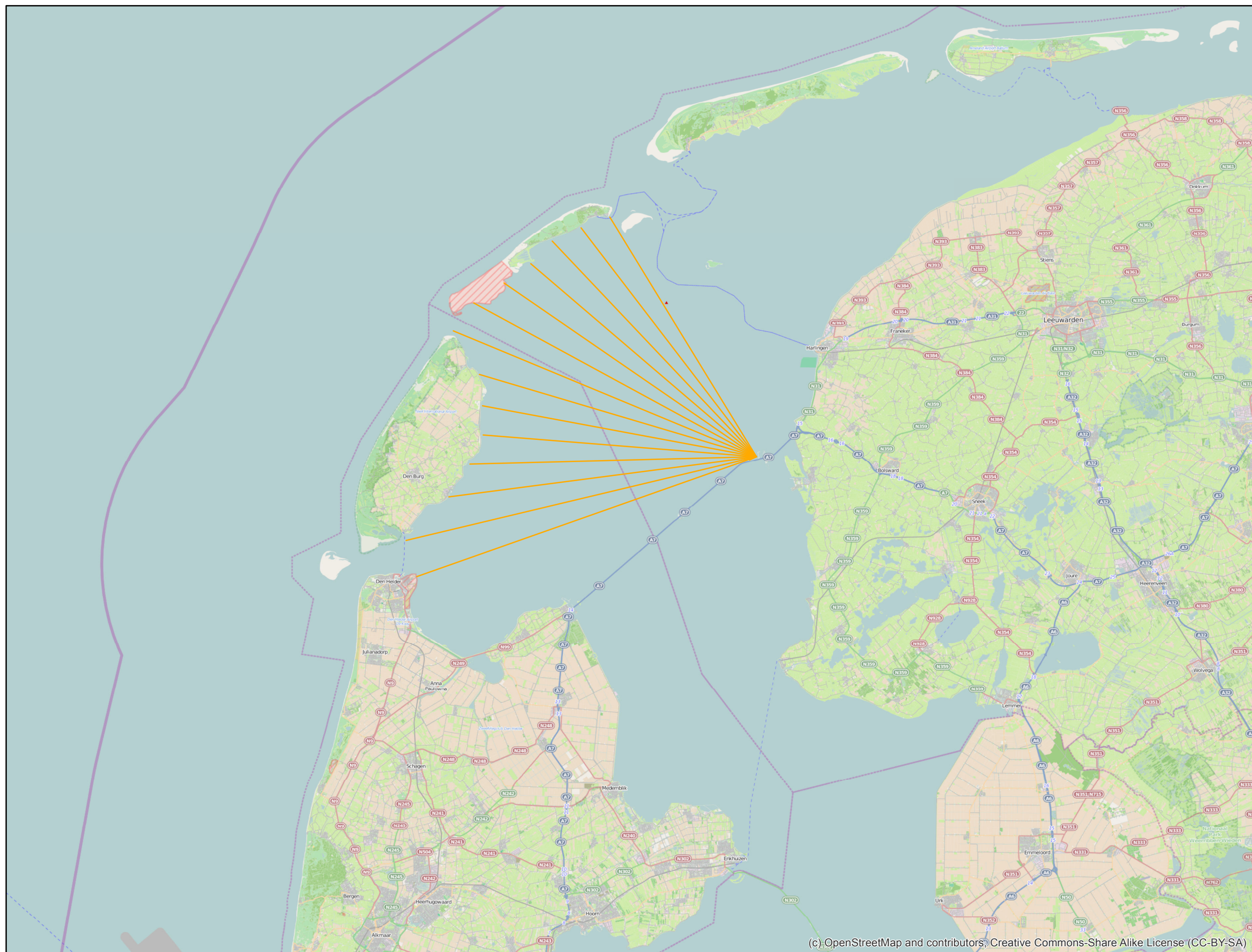
Project: Vismigratie rivier

Onderdeel: Windroos

Kaartnr.

Formaat: A3 Schaal: 1:400.000 Date: 1-8-2014





Legenda

Windroos

Layer

- Windroos N1
- Windroos N2
- Windroos N3
- Windroos N4
- Windroos Z1
- Windroos Z2
- Windroos Z3



Grontmij Nederland B.V.

De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

Project: Vismigratie rivier

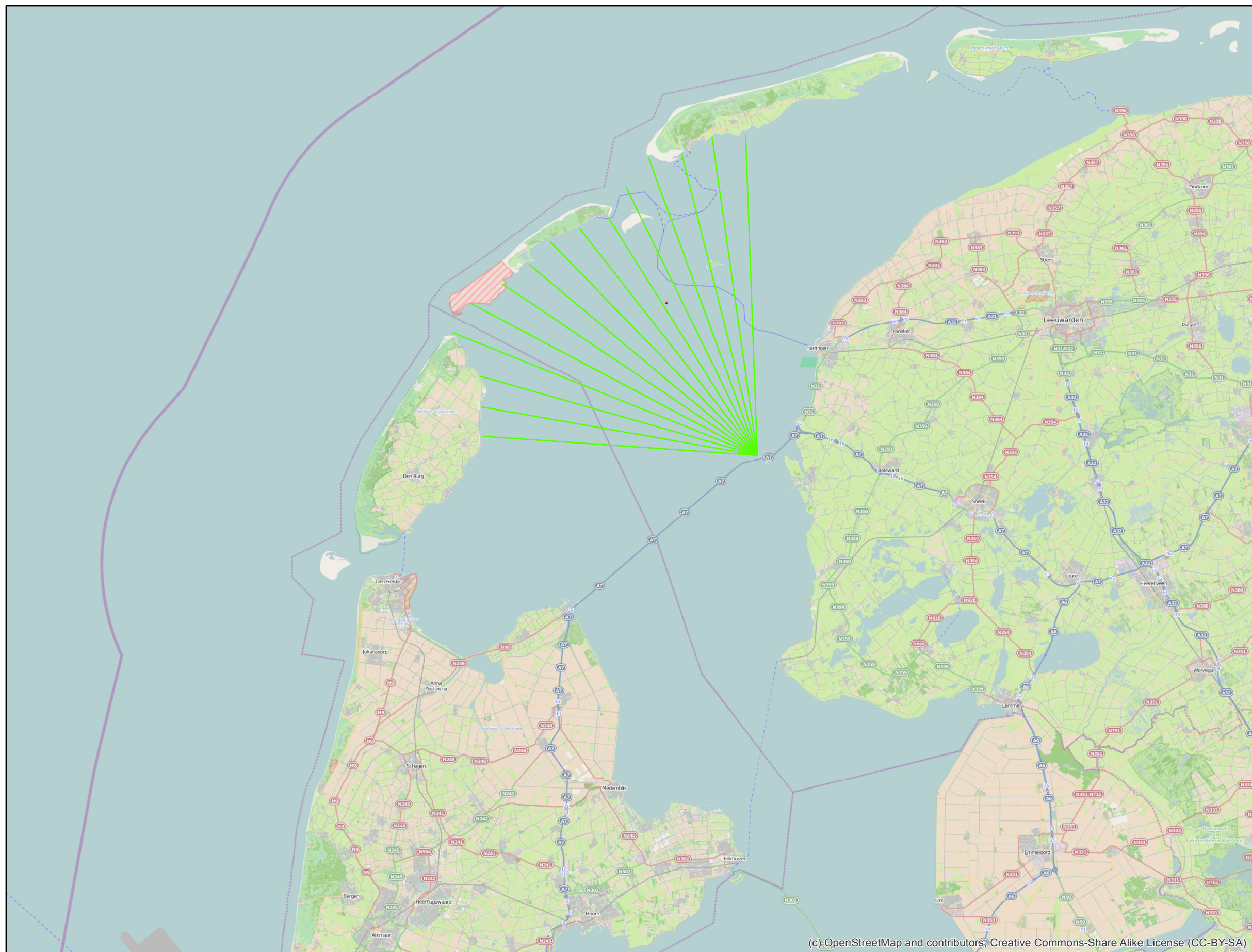
Onderdeel: Windroos

Kaartnr.

Formaat: A3 Schaal: 1:400.000 Date: 1-8-2014

0 7.500 15.000 30.000 45.000 60.000 Meters





Legenda

Windroos

Layer

- Windroos N1
- Windroos N2
- Windroos N3
- Windroos N4
- Windroos Z1
- Windroos Z2
- Windroos Z3



Grontmij Nederland B.V.

De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

Project: Vismigratie rivier

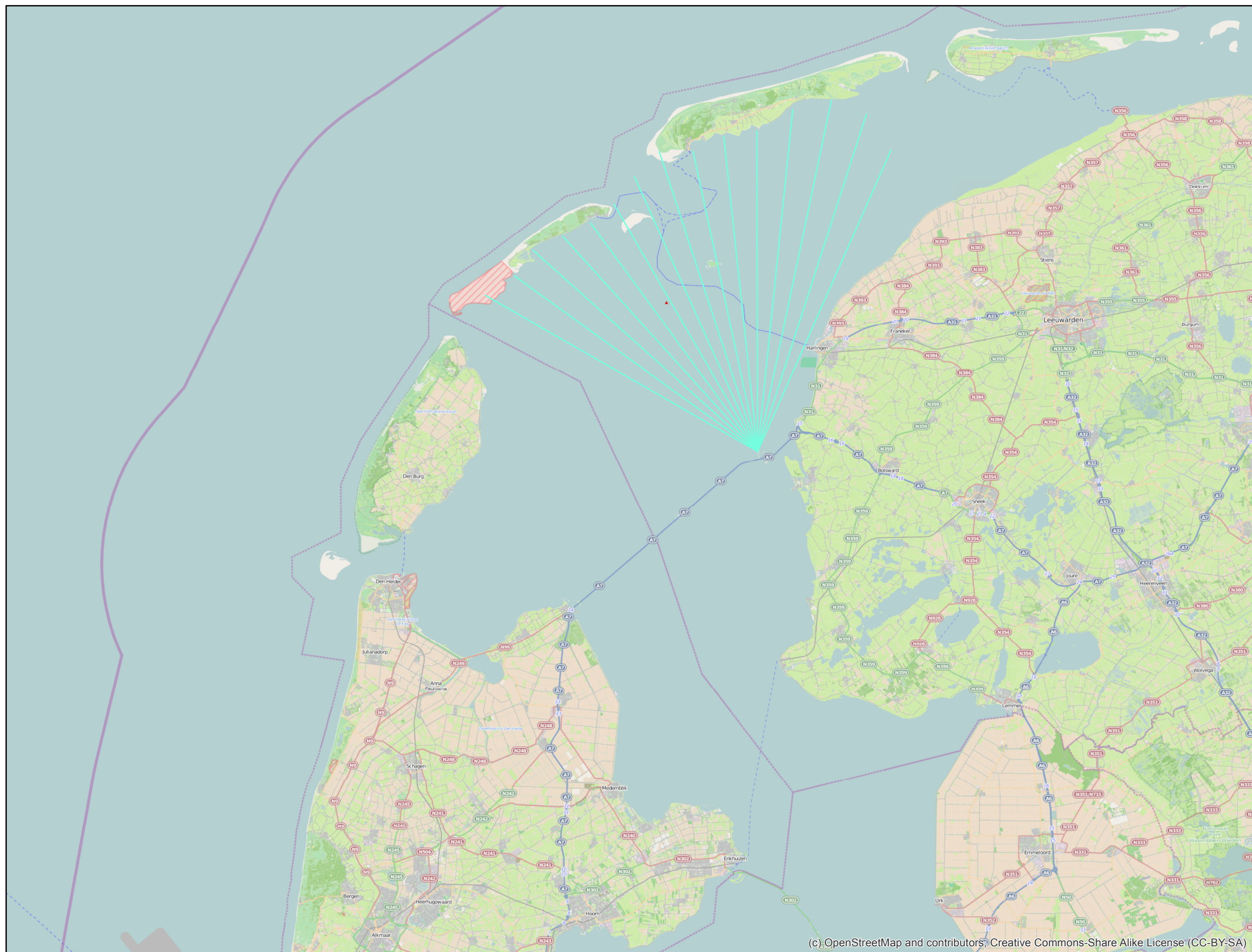
Onderdeel: Windroos

Kaartnr.

Formaat: A3 Schaal: 1:400.000 Date: 1-8-2014

0 7.500 15.000 30.000 45.000 60.000 Meters





Legenda

Windroos

Layer

- Windroos N1
- Windroos N2
- Windroos N3
- Windroos N4
- Windroos Z1
- Windroos Z2
- Windroos Z3



Grontmij Nederland B.V.

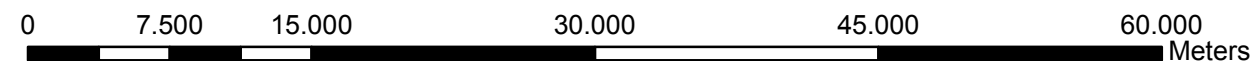
De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

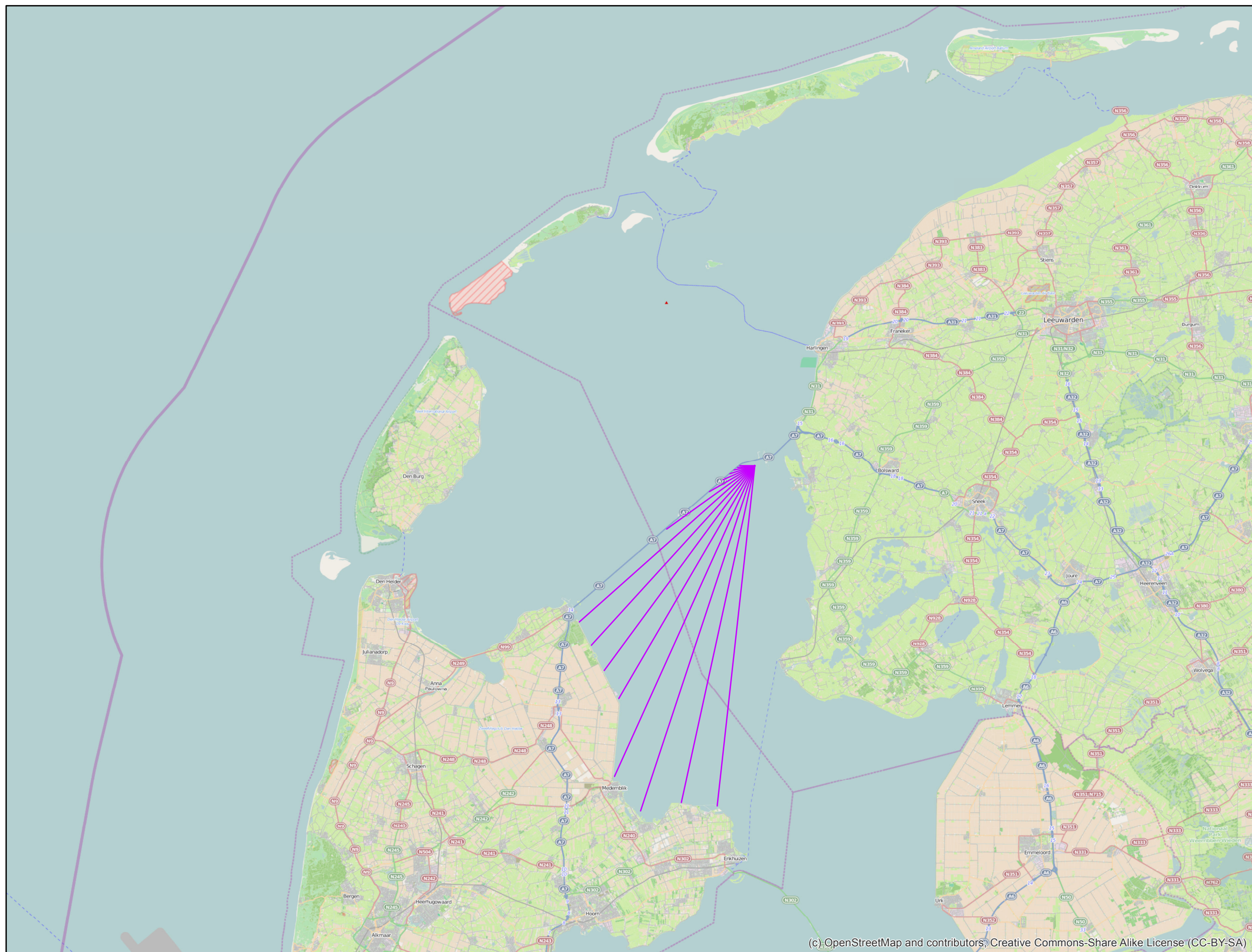
Project: Vismigratie rivier

Onderdeel: Windroos

Kaartnr.

Formaat: A3 Schaal: 1:400.000 Date: 1-8-2014





Legenda
Windroos
Layer

—

Windroos N1

—

Windroos N2

—

Windroos N3

—

Windroos N4

—

Windroos Z1

—

Windroos Z2

—

Windroos Z3

(c) OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA)

**Grontmij**

Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

Project: Vismigratie rivier

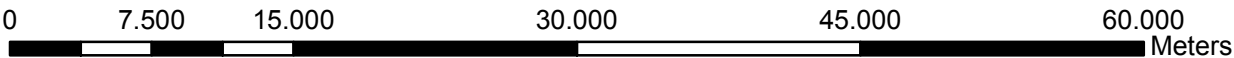
Onderdeel: Windroos

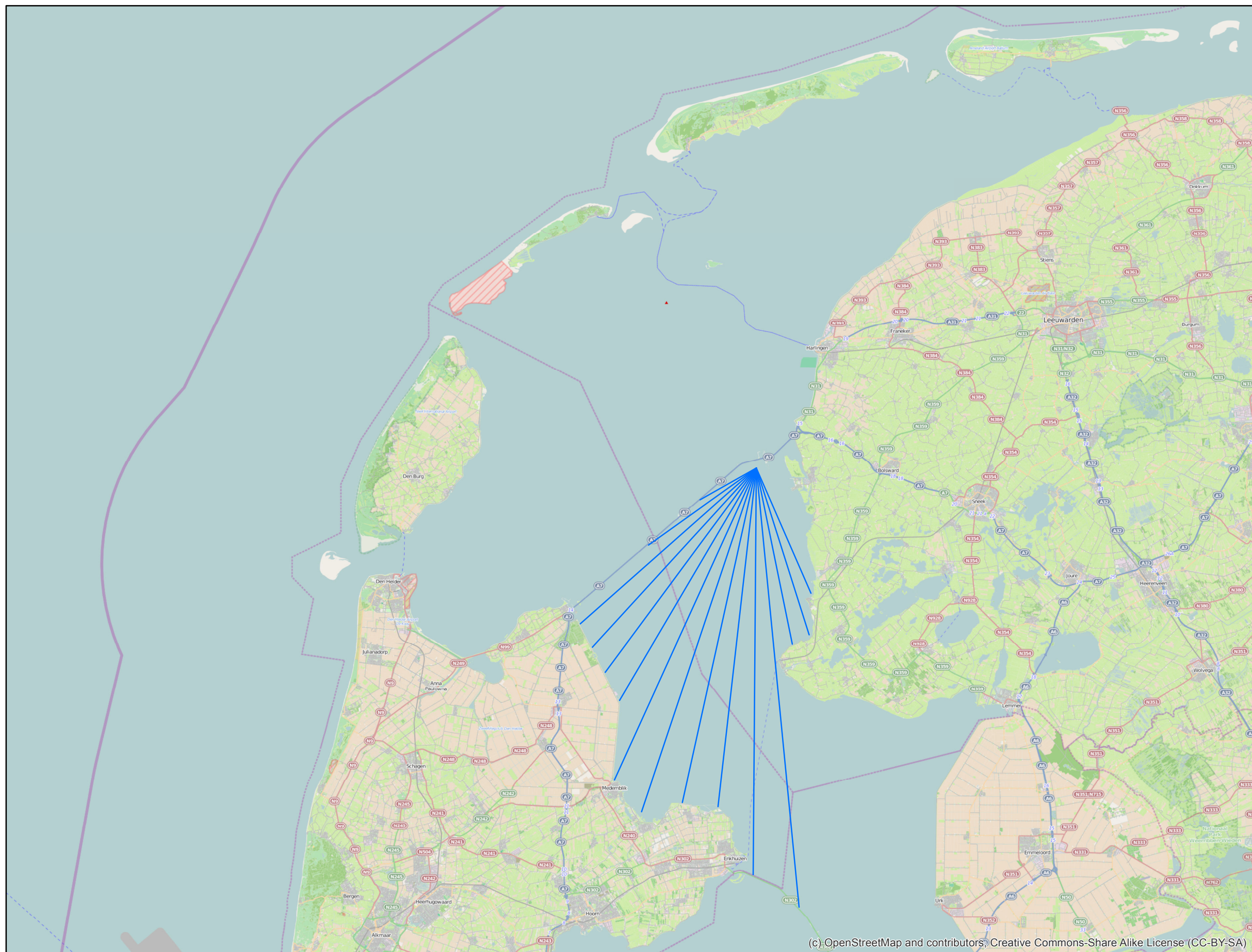
Kaartnr.

Formaat: A3

Schaal: 1:400.000

Date: 1-8-2014





Legenda
Windroos
Layer

—

Windroos N1

—

Windroos N2

—

Windroos N3

—

Windroos N4

—

Windroos Z1

—

Windroos Z2

—

Windroos Z3

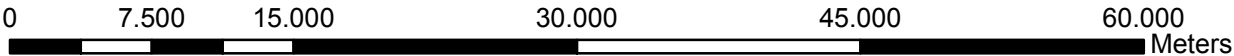
(c) OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA)

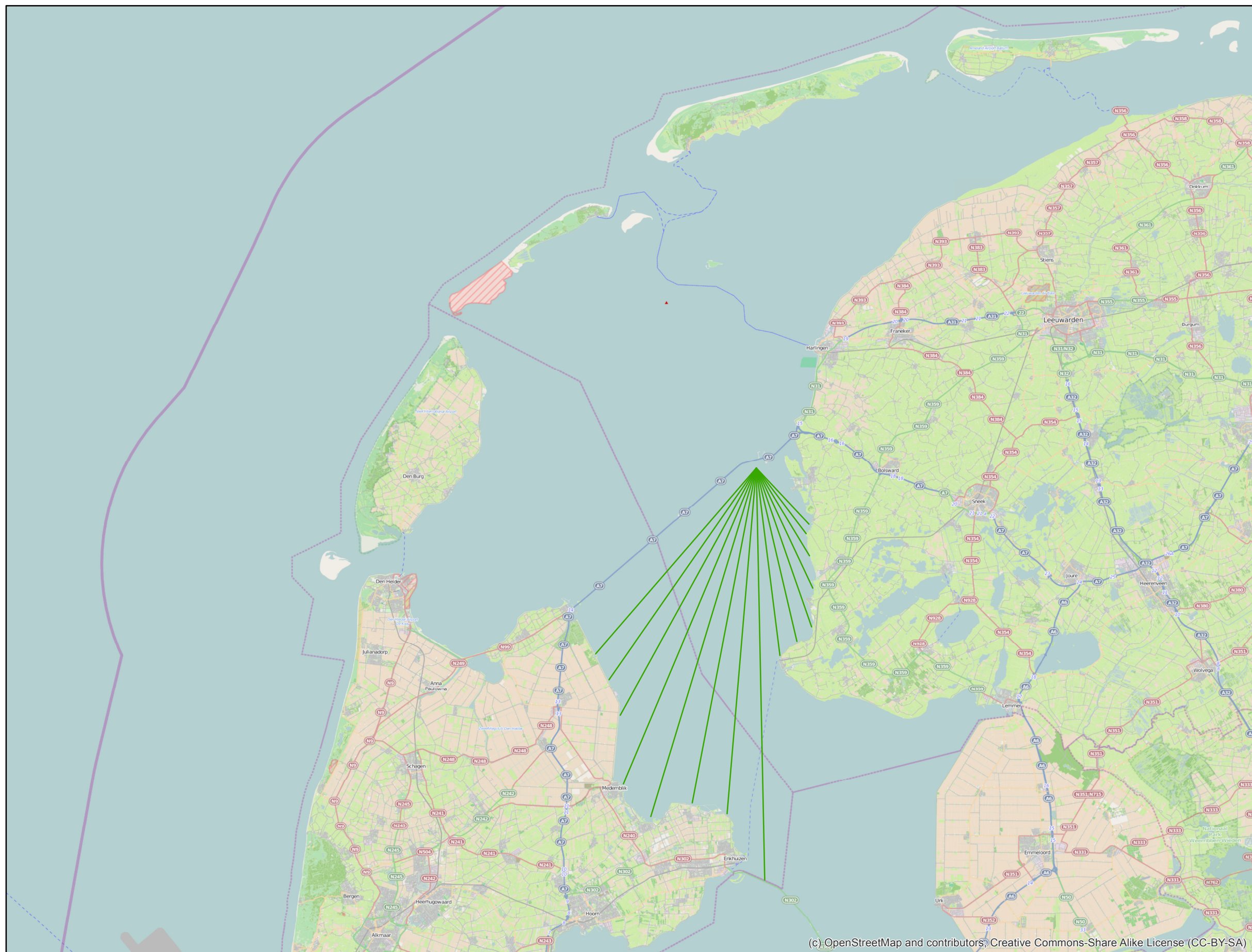
**Grontmij**

Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

Project: Vismigratie rivier
Onderdeel: Windroos
Kaartnr.

Formaat: A3 Schaal: 1:400.000 Date: 1-8-2014





Legenda
Windroos
Layer

—

Windroos N1

—

Windroos N2

—

Windroos N3

—

Windroos N4

—

Windroos Z1

—

Windroos Z2

—

Windroos Z3

(c) OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA)

**Grontmij**

Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Telefoon (030) 220 79 11
Telefax (030) 220 50 84
www.grontmij.nl

Project: Vismigratie rivier
Onderdeel: Windroos
Kaartnr.

Formaat: A3 Schaal: 1:400.000 Date: 1-8-2014

0 7.500 15.000 30.000 45.000 60.000

Meters



Effectieve Strijklengte

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken, Deel 1)

Locatie: IJsselmeer

Wind: Noordnoordoost, 15° t.o.v. Noord

in graden	cos (O)	cos^2 (O)	R(O)	R(O)cos^2(O)
-42	0,743	0,552	35128	19400
-36	0,809	0,655	35364	23146
-30	0,866	0,750	37316	27987
-24	0,914	0,835	34988	29200
-18	0,951	0,905	27673	25030
-12	0,978	0,957	26076	24949
-6	0,995	0,989	24912	24640
0	1,000	1,000	24099	24099
6	0,995	0,989	11134	11012
12	0,978	0,957	5355	5124
18	0,951	0,905	3551	3212
24	0,914	0,835	2678	2235
30	0,866	0,750	2169	1627
36	0,809	0,655	1784	1168
42	0,743	0,552	1784	985,239
	13,511			223813

Fe = 16565 [m]

Resultaten						
IJsselmeer			Waddenzee			
228	198	179	256	287	316	342

	R(O)	R(O)	R(O)	R(O)	R(O)	R(O)	R(O)
-42	35128	14032	7904	105	791	28177	32194
-36	35364	17969	8451	119	36957	28607	30746
-30	37316	18439	10538	140	36956	29522	30982
-24	34988	45278	13626	170	31832	33697	29785
-18	27673	41739	17260	222	29398	33110	29052
-12	26076	34972	18277	324	28124	31485	29343
-6	24912	35158	19398	609	28586	30470	30901
0	24099	37192	42302	36973	29648	30477	32403
6	11134	35169	35614	32359	33677	29544	31509
12	5355	27667	34995	29727	33017	28768	32523
18	3551	26081	37377	28043	31440	30569	32921
24	2678	24925	35175	28472	30479	32504	35292
30	2169	24119	28959	29165	30479	31901	36875
36	1784	13603	26464	33615	29582	32973	36387
42	1529	6639	25200	33283	28829	32962	33834

Fe =	16555	25950	22840	15565	27181	28160	29235
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Bijlage 2

Berekening opwaaiing

Opwaaiing

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken)

Invoer

windsnelheid	u	18,9	[m/s]
strijklengte	F	22840	[m]
hoek windrichting/lengte-as	Φ	0,00	[°]
waterdiepte	h	5,00	[m]

Invoer

Windrichting	179
Frequentie	10

Gebruikte formules

$$\Delta h = \alpha u^2 F \cos(\Phi) / d$$

α = coefficient: $0,35 \cdot 10^{-6}$

Uitvoer

Opwaaiing	Δh	0,571	[m]
-----------	------------	-------	-----

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening opwaaiing

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Opwaaiing

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken)

Invoer

windsnelheid	u	21,8	[m/s]
strijklengte	F	25950	[m]
hoek windrichting/lengte-as	Φ	0,00	[°]
waterdiepte	h	5,00	[m]

Invoer

Windrichting	198
Frequentie	10

Gebruikte formules

$$\Delta h = \alpha u^2 F \cos(\Phi) / d$$

α = coefficient: $0,35 \cdot 10^{-6}$

Uitvoer

Opwaaiing	Δh	0,863	[m]
-----------	------------	-------	-----

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening opwaaiing

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Opwaaiing

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken)

Invoer

windsnelheid	u	23,6	[m/s]
strijklengte	F	16555	[m]
hoek windrichting/lengte-as	Φ	0,00	[°]
waterdiepte	h	4,50	[m]

Invoer

Windrichting	228
Frequentie	10

Gebruikte formules

$$\Delta h = \alpha u^2 F \cos(\Phi) / d$$

α = coefficient: $0,35 \cdot 10^{-6}$

Uitvoer

Opwaaiing	Δh	0,717	[m]
-----------	------------	-------	-----

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening opwaaiing

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Opwaaiing

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken)

Invoer

windsnelheid	u	23,7	[m/s]
strijklengte	F	15565	[m]
hoek windrichting/lengte-as	Φ	0,00	[°]
waterdiepte	h	3,00	[m]

Invoer

Windrichting	256
Frequentie	10

Gebruikte formules

$$\Delta h = \alpha u^2 F \cos(\Phi) / d$$

α = coefficient: $0,35 \cdot 10^{-6}$

Uitvoer

Opwaaiing	Δh	1,020	[m]
-----------	------------	-------	-----

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening opwaaiing

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Opwaaiing

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken)

Invoer

windsnelheid	u	22,4	[m/s]
strijklengte	F	27181	[m]
hoek windrichting/lengte-as	Φ	0,00	[°]
waterdiepte	h	3,00	[m]

Invoer

Windrichting	287
Frequentie	10

Gebruikte formules

$$\Delta h = \alpha u^2 F \cos(\Phi) / d$$

α = coefficient: $0,35 \cdot 10^{-6}$

Uitvoer

Opwaaiing	Δh	1,591	[m]
-----------	------------	-------	-----

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening opwaaiing

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Opwaaiing

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken)

Invoer

windsnelheid	u	20,5	[m/s]
strijklengte	F	28160	[m]
hoek windrichting/lengte-as	Φ	0,00	[°]
waterdiepte	h	3,00	[m]

Invoer

Windrichting	316
Frequentie	10

Gebruikte formules

$$\Delta h = \alpha u^2 F \cos(\Phi) / d$$

α = coefficient: $0,35 \cdot 10^{-6}$

Uitvoer

Opwaaiing	Δh	1,381	[m]
-----------	------------	-------	-----

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening opwaaiing

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Opwaaiing

(Leidraad voor het ontwerp van rivierdijken)

Invoer

windsnelheid	u	20,5	[m/s]
strijklengte	F	29235	[m]
hoek windrichting/lengte-as	Φ	0,00	[°]
waterdiepte	h	3,00	[m]

Invoer

Windrichting	342
Frequentie	10

Gebruikte formules

$$\Delta h = \alpha u^2 F \cos(\Phi) / d$$

α = coefficient: $0,35 \cdot 10^{-6}$

Uitvoer

Opwaaiing	Δh	1,433	[m]
-----------	------------	-------	-----

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening opwaaiing

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Bijlage 3

Berekening golfgroei

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	23,7	[m/s]
waterdiepte	h =	4,02	[m]
strijklengte (fetch)	F =	15565	[m]

INVOER

Windrichting	256
Frequentie	10
Inslag hoek β	40
Deelgebied	Deelgebied 1
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,17 [m]	H _s	1,11 [m]	H _s	2,12 [m]
significante golfperiode	T _s	5,43 [s]	T _s	4,24 [s]	T _s	5,52 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,72 [s]	T _m	3,69 [s]	T _m	4,80 [s]
golflengte	L	29,67 [m]	L	21,25 [m]	L ₀	35,90 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 0,96$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,07
significante golfperiode	T _s	4,24
gemiddelde golfperiode	T _m	3,69
golflengte	L	21,25

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	22,4	[m/s]
waterdiepte	h =	4,59	[m]
strijklengte (fetch)	F =	27181	[m]

INVOER

Windrichting	287
Frequentie	10
Inslag hoek β	9
Deelgebied	Deelgebied 1
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,25 [m]	H _s	1,21 [m]	H _s	2,50 [m]
significante golfperiode	T _s	5,60 [s]	T _s	4,55 [s]	T _s	6,09 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,87 [s]	T _m	3,96 [s]	T _m	5,30 [s]
golflengte	L	32,66 [m]	L	24,45 [m]	L ₀	43,75 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 1,00$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,21
significante golfperiode	T _s	4,55
gemiddelde golfperiode	T _m	3,96
golflengte	L	24,45

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	20,5	[m/s]
waterdiepte	h =	4,38	[m]
strijklengte (fetch)	F =	28160	[m]

INVOER

Windrichting	316
Frequentie	10
Inslag hoek β	20
Deelgebied	Deelgebied 1
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,16 [m]	H _s	1,12 [m]	H _s	2,28 [m]
significante golfperiode	T _s	5,36 [s]	T _s	4,38 [s]	T _s	5,85 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,66 [s]	T _m	3,80 [s]	T _m	5,09 [s]
golflengte	L	30,55 [m]	L	22,59 [m]	L ₀	40,36 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 1,00$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,12
significante golfperiode	T _s	4,38
gemiddelde golfperiode	T _m	3,80
golflengte	L	22,59

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	20,5	[m/s]
waterdiepte	h =	4,43	[m]
strijklengte (fetch)	F =	29235	[m]

INVOER

Windrichting	342
Frequentie	10
Inslag hoek β	46
Deelgebied	Deelgebied 1
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{(gd)}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,17 [m]	H _s	1,13 [m]	H _s	2,32 [m]
significante golfperiode	T _s	5,38 [s]	T _s	4,40 [s]	T _s	5,90 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,68 [s]	T _m	3,83 [s]	T _m	5,13 [s]
golflengte	L	30,86 [m]	L	22,88 [m]	L ₀	41,05 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 0,94$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,06
significante golfperiode	T _s	4,40
gemiddelde golfperiode	T _m	3,83
golflengte	L	22,88

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	23,7	[m/s]
waterdiepte	h =	4,02	[m]
strijklengte (fetch)	F =	15565	[m]

INVOER

Windrichting	256
Frequentie	10
Inslag hoek β	2
Deelgebied	Deelgebied 2
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{(gd)}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,17 [m]	H _s	1,11 [m]	H _s	2,12 [m]
significante golfperiode	T _s	5,43 [s]	T _s	4,24 [s]	T _s	5,52 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,72 [s]	T _m	3,69 [s]	T _m	4,80 [s]
golflengte	L	29,67 [m]	L	21,25 [m]	L ₀	35,90 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 1,00$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,11
significante golfperiode	T _s	4,24
gemiddelde golfperiode	T _m	3,69
golflengte	L	21,25

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81 [m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	22,4 [m/s]
waterdiepte	h =	4,59 [m]
strijklengte (fetch)	F =	27181 [m]

INVOER

Windrichting	287
Frequentie	10
Inslag hoek β	33
Deelgebied	Deelgebied 2
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt[3]{(gd)}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,25 [m]	H _s	1,21 [m]	H _s	2,50 [m]
significante golfperiode	T _s	5,60 [s]	T _s	4,55 [s]	T _s	6,09 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,87 [s]	T _m	3,96 [s]	T _m	5,30 [s]
golflengte	L	32,66 [m]	L	24,45 [m]	L ₀	43,75 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 0,99$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,20
significante golfperiode	T _s	4,55
gemiddelde golfperiode	T _m	3,96
golflengte	L	24,45

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Opsteller: V. Gommers

Par :

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	20,5	[m/s]
waterdiepte	h =	4,38	[m]
strijklengte (fetch)	F =	28160	[m]

INVOER

Windrichting	316
Frequentie	10
Inslag hoek β	62
Deelgebied	Deelgebied 2
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H_s	1,16 [m]	H_s	1,12 [m]	H_s	2,28 [m]
significante golfperiode	T_s	5,36 [s]	T_s	4,38 [s]	T_s	5,85 [s]
gemiddelde golfperiode	T_m	4,66 [s]	T_m	3,80 [s]	T_m	5,09 [s]
golflengte	L	30,55 [m]	L	22,59 [m]	L_0	40,36 [m]
voorwaarde	$h/L < 0,05$		$0,05 < h/L < 0,50$		$h/L > 0,50$	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 0,87$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H_s	0,97
significante golfperiode	T_s	4,38
gemiddelde golfperiode	T_m	3,80
golflengte	L	22,59

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	23,6	[m/s]
waterdiepte	h =	5,22	[m]
strijklengte (fetch)	F =	16555	[m]

INVOER

Windrichting	228
Frequentie	10
Inslag hoek β	0
Deelgebied	Deelgebied 3
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H_s	1,42 [m]	H_s	1,29 [m]	H_s	2,16 [m]
significante golfperiode	T_s	5,94 [s]	T_s	4,45 [s]	T_s	5,58 [s]
gemiddelde golfperiode	T_m	5,17 [s]	T_m	3,87 [s]	T_m	4,86 [s]
golflengte	L	36,98 [m]	L	23,39 [m]	L_0	36,78 [m]
voorwaarde	$h/L < 0,05$		$0,05 < h/L < 0,50$		$h/L > 0,50$	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 1,00$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H_s	1,29
significante golfperiode	T_s	4,45
gemiddelde golfperiode	T_m	3,87
golflengte	L	23,39

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	23,6	[m/s]
waterdiepte	h =	5,22	[m]
strijklengte (fetch)	F =	16555	[m]

INVOER

Windrichting	228
Frequentie	10
Inslag hoek β	73
Deelgebied	Deelgebied 4
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H_s	1,42 [m]	H_s	1,29 [m]	H_s	2,16 [m]
significante golfperiode	T_s	5,94 [s]	T_s	4,45 [s]	T_s	5,58 [s]
gemiddelde golfperiode	T_m	5,17 [s]	T_m	3,87 [s]	T_m	4,86 [s]
golflengte	L	36,98 [m]	L	23,39 [m]	L_0	36,78 [m]
voorwaarde	$h/L < 0,05$		$0,05 < h/L < 0,50$		$h/L > 0,50$	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 0,83$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H_s	1,07
significante golfperiode	T_s	4,45
gemiddelde golfperiode	T_m	3,87
golflengte	L	23,39

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	21,8	[m/s]
waterdiepte	h =	5,86	[m]
strijklengte (fetch)	F =	25950	[m]

INVOER

Windrichting	198
Frequentie	10
Inslag hoek β	29
Deelgebied	Deelgebied 5
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,49 [m]	H _s	1,37 [m]	H _s	2,38 [m]
significante golfperiode	T _s	6,04 [s]	T _s	4,67 [s]	T _s	5,94 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	5,25 [s]	T _m	4,06 [s]	T _m	5,16 [s]
golflengte	L	39,82 [m]	L	25,70 [m]	L ₀	41,59 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 1,00$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,37
significante golfperiode	T _s	4,67
gemiddelde golfperiode	T _m	4,06
golflengte	L	25,70

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	18,9	[m/s]
waterdiepte	h =	5,57	[m]
strijklengte (fetch)	F =	22840	[m]

INVOER

Windrichting	179
Frequentie	10
Inslag hoek β	10
Deelgebied	Deelgebied 5
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,33 [m]	H _s	1,19 [m]	H _s	1,90 [m]
significante golfperiode	T _s	5,67 [s]	T _s	4,29 [s]	T _s	5,34 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,93 [s]	T _m	3,73 [s]	T _m	4,64 [s]
golflengte	L	36,44 [m]	L	21,68 [m]	L ₀	33,59 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 1,00$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,19
significante golfperiode	T _s	4,29
gemiddelde golfperiode	T _m	3,73
golflengte	L	21,68

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	21,8	[m/s]
waterdiepte	h =	5,86	[m]
strijklengte (fetch)	F =	25950	[m]

INVOER

Windrichting	198
Frequentie	10
Inslag hoek β	69
Deelgebied	Deelgebied 6
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{(gd)}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,49 [m]	H _s	1,37 [m]	H _s	2,38 [m]
significante golfperiode	T _s	6,04 [s]	T _s	4,67 [s]	T _s	5,94 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	5,25 [s]	T _m	4,06 [s]	T _m	5,16 [s]
golflengte	L	39,82 [m]	L	25,70 [m]	L ₀	41,59 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 0,84$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,16
significante golfperiode	T _s	4,67
gemiddelde golfperiode	T _m	4,06
golflengte	L	25,70

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfgroei

Methode Brettschneider

Invoer

gravitatie constante	g =	9,81	[m/s ²]
windsnelheid (op 10 m hoogte)	u =	18,9	[m/s]
waterdiepte	h =	5,57	[m]
strijklengte (fetch)	F =	22840	[m]

INVOER

Windrichting	179
Frequentie	10
Inslag hoek β	50
Deelgebied	Deelgebied 6
Talud	1:3

Gebruikte formules

Voor diep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,0125 (gF/u^2)^{0,42})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,077 (gF/u^2)^{0,25})$$

$$L_0 = gT_m^2/2\pi$$

Voor ondiep water geldt:

$$H_{1/3} = 0,283 (u^2/g) \tanh (0,530 (gd/u^2)^{0,75})$$

$$T_{1/2} = 2,4\pi(u/g) \tanh (0,833 (gd/u^2)^{0,375})$$

$$L = T_m \sqrt{gd}$$

Uitvoer

	Ondiep water		Combinatie		Diep water	
significante golfhoogte	H _s	1,33 [m]	H _s	1,19 [m]	H _s	1,90 [m]
significante golfperiode	T _s	5,67 [s]	T _s	4,29 [s]	T _s	5,34 [s]
gemiddelde golfperiode	T _m	4,93 [s]	T _m	3,73 [s]	T _m	4,64 [s]
golflengte	L	36,44 [m]	L	21,68 [m]	L ₀	33,59 [m]
voorwaarde	h/L < 0,05		0,05 < h/L < 0,50		h/L > 0,50	
	Voldoet niet		Voldoet!		Voldoet niet	

Voldoen de formules voor diep en ondiep water beiden niet, dan geldt de combinatieformule

$$\gamma_\beta = 0,92$$

Zodoende is hier de volgende oplossing van toepassing:

	Combinatie	
significante golfhoogte	H _s	1,09
significante golfperiode	T _s	4,29
gemiddelde golfperiode	T _m	3,73
golflengte	L	21,68

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfkarakteristieken
Methode Brettschneider

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Bijlage 4

Berekening steensortering

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,07	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,69	[s]
golflengte	$L =$	21,25	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	256
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 1

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,49 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,29 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,40 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,29

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,21	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,96	[s]
golflengte	$L =$	24,45	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	287
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 1

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,50 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,33 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,46 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,33

controle h38,

Type breuksteen:

40-200 kg

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,12	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,80	[s]
golflengte	$L =$	22,59	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	316
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 1

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,50 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,31 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,42 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus 0,31

controle h38,

Type breuksteen: 40-200 kg

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,06	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,83	[s]
golflengte	$L =$	22,88	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	342
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 1

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,55 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,29 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,40 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,29

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,11	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,69	[s]
golflengte	$L =$	21,25	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	256
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 2

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,46 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,30 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,42 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,30

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,20	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,96	[s]
golflengte	$L =$	24,45	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	287
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 2

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,51 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,33 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,45 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,33

controle h38,

Type breuksteen:

40-200 kg

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	0,97	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,80	[s]
golflengte	$L =$	22,59	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	316
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 2

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,61 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,28 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,36 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,28

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Opsteller: V. Gommers

Par :

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,29	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,87	[s]
golflengte	$L =$	23,39	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	228
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 3

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,42 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,34 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,49 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,34

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,07	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,87	[s]
golflengte	$L =$	23,39	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	228
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 4

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,56 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,30 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,40 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,30

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,37	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	4,06	[s]
golflengte	$L =$	25,70	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	198
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 5

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,44 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,37 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,52 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,37

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,19	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,73	[s]
golflengte	$L =$	21,68	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	179
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 5

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,42 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,32 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,45 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,32

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,16	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	4,06	[s]
golflengte	$L =$	25,70	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	198
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 6

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,57 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,32 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,43 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,32

controle h38,

Type breuksteen:

40-200 kg

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Golfbelasting

Methode Van der Meer

Schiereck, *Intoduction to bed, bank and shore protection*, bladzijde 186

d'Angremond-van Roode, *Breakwaters & closure dams*, blz. 109

Invoer

significante golfhoogte	$H_s =$	1,09	[m]
gemiddelde golfperiode	$T_m =$	3,73	[s]
golflengte	$L =$	21,68	[m]
relatieve dichtheid	$\Delta =$	1,65	[-]
taludhelling	$1:$	3	[-]
doorlatendheid constructie	$P =$	0,1	[-]
schadegetal	$S =$	7	[-]
aantal golven	$N =$	3000	[-]

Invoer

Windrichting	179
Frequentie	10
Deelgebied	Deelgebied 6

Gebruikte formules

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{(H_s/L_0)}$$

Iribarren getal

$$\xi_{\text{transition}} = (6,2P^{0,31}\sqrt{\tan \alpha})^{(1/P+0,5)}$$

overgangsvergelijking

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 6,2P^{0,18}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi^{-0,5}$$

(plunging breakers)

$$H_{sc}/\Delta d_{n50} = 1,0P^{-0,13}(S/\sqrt{N})^{0,2}\xi_p\sqrt{\cot \alpha}$$

(surging breakers)

Uitvoer

hellingshoek	α	18,43 °	0,322 rad
brekertype	ξ	1,48 [-]	
overgangsvergelijking	$\xi_{\text{transition}}$	2,55 [s]	plunging breakers
plunging breakers	d_{n50}	0,30 [m]	Voldoet
surging breakers	d_{n50}	0,41 [m]	n.v.t

controle h37, klopt dus

0,30

controle h38,

Type breuksteen:	40-200 kg
------------------	-----------

@Grontmij

Afdeling :
Waterbouw
Ontwerp & advies

Werk: X X X
Onderdeel: Berekening golfbelasting
Methode Van der Meer

Opsteller: V. Gommers

Par :

Ordernummer:

xxxxxx

Blad : 1

Datum 25-aug-2014

Bijlage 3

Doelsoorten vissen

Species	
Diadrome	
Estuarine	
Zoet water	

Bijlage 4

Migratie-eisen vissen

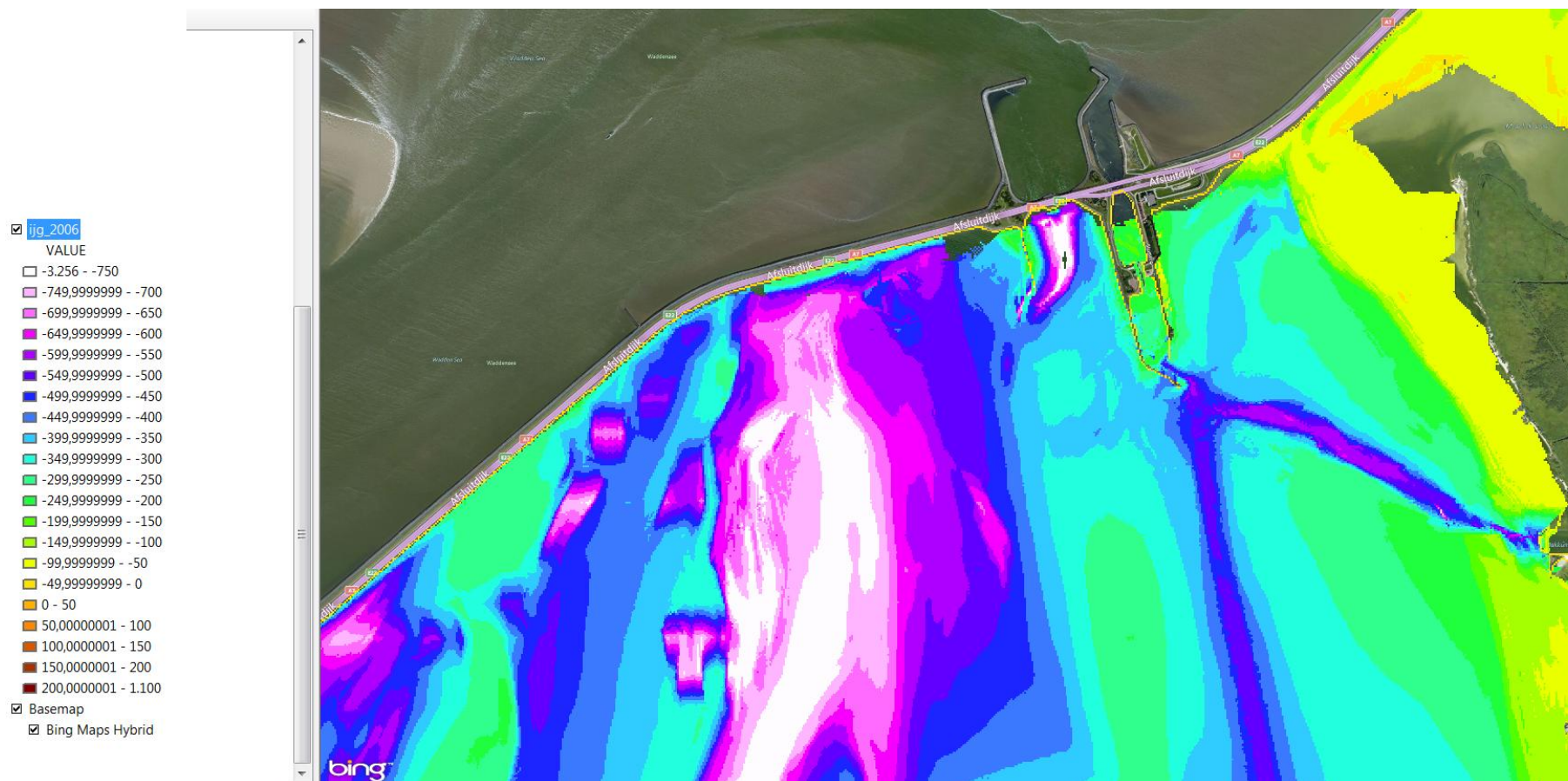
Nederlandse naam	maand	S	gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)			temperatuur intrek (°C)			periode			lengte periode (cm)			Berekende Sprintcapaciteit (m/s)		
			Fxy	x	y	min	max	gem	min	Max	gem	min	Max	gem	min	max	gem
atlantische steur	6-7	onbekend				12.1	23	17.6	145	300	223	Onbekend, maar > 1-2 m/s					
atlantische zalm	6-11	0.7	25	9	15	2	23	14.6	60	100	80	2.1	8.6	5.1			
bot	4-6	0.5	20	8	15	6	21	12.7	3	4	4	0.2	0.6	0.3			
driedoornige stekelbaars	3-4	0.5	25	9	15	1.5	11.5	6.8	4	9	7	0.2	0.9	0.5			
elft	5	0.7	20	8	15	9	20	12.8	50	70	60	2.6	5.8	3.5			
europese aal	3-5	0.5	15	7	15	1.5	20	8.8	7	8	8	0.2	0.8	0.4			
fint	4-5	0.7	20	8	15	6	20	10.7	40	55	48	1.9	5.7	2.8			
houting	11	0.7	20	8	15	2	10	6.9	40	61	51	1.5	2.9	2.2			
rivierprik	12	0.5	15	7	15	1.6	6	3.8	33	42	38	0.7	1.0	0.8			
spiering	3-4	0.7	20	8	15	1.5	11.5	6.8	15	25	20	0.7	2.2	1.3			
zeeforel	6-11	0.7	25	9	15	2	23	14.6	50	100	75	2.0	8.6	5.1			
zeeprik	4-5	0.5	15	7	15	6	20	10.7	80	100	90	1.2	2.9	1.6			

Nederlandse naam	categorie	Motivatie
Atlantische steur	sterk	Intrek door subadulten en met name adulte steuren: sprintsnelheden > 2 m/s, duurswemvermogen U_{crit} verwante Acipenser soorten: 1.2-1.9 m/s.
Atlantische zalm	sterk	Intrek door volwassen zalm, sprintsnelheden 2-10 m/s, U_{crit} 0.6-0.9 m/s.
bot	zwak	Intrek met name via botlarven. Zeer beperkte zwemcapaciteit en grotendeels afhankelijk van selectief getijdetransport, U_{crit} 0-0.3 m/s.
driedoornige stekelbaars	zwak	Intrek als volwassen stekelbaars, door beperkte lengte lage sprintsnelheid tot ca. 0.7 m/s voor anadrome stekelbaars, U_{crit} ca. 0.2 m/s.
elft	sterk	Intrek als volwassen elft van 50-70 cm. Sprintcapaciteit minimaal 1.5-2.1m/s, mogelijk tot 5.8 m/s. U_{crit} ca. 0.5-0.7 m/s.
aal	zwak	Glasaal is deels afhankelijk van selectief getijdetranspor, kan geringe stroomsnelheden actief zwemmend passeren: sprint capaciteit 0.3-0.5 m/s, duurswemvermogen U_{crit} ca. 0.2 m/s.
fint	sterk	Intrek als volwassen fint van 40-55 cm. Sprintcapaciteit minimaal 1.2-1.7m/s, duurswemvermogen U_{crit} ca. 0.4-0.5 m/s.
houting	sterk	Intrek als volwassen houting van 40-61 cm. Sprintcapaciteit ca. 1.5-2.9 m/s, duurswemvermogen U_{crit} ca. 0.3-0.7 m/s.
rivierprik	matig/sterk	Intrek als volwassen rivierprik. Deze hebben geen borstvinnen en maakt hen gevoeliger voor turbulentie, echter is hun overall passeervermogen afhankelijk in hoeverre zij gebruik kunnen maken van substraat om met hun zuigbek toch efficiënt om barrières te passeren. Sprintcapaciteit 1.1-1.7 (2.1) m/s.
spiering	zwak/matig	Intrek als volwassen spiering 15-25 cm voor anadrome in. Jonge of uitgespoelde spiering veel kleine. Voor grote spiering bedraagt sprintzwemheid 0.7-2.2 m/s, duurswemvermogen U_{crit} ca. 0.3-0.5 m/s.
zeeforel	sterk	Intrek door volwassen zeeforel, sprintsnelheden 2-9 m/s, U_{crit} 0.4-1.5 m/s.
zeeprik	matig/sterk	Intrek als volwassen zeeprik. Deze hebben geen borstvinnen en maakt hen gevoeliger voor turbulentie, echter is hun overall passeervermogen afhankelijk in hoeverre zij gebruik kunnen maken van substraat om met hun zuigbek toch efficiënt om barrières te passeren. Sprintcapaciteit 1.2-2.9 m/s. U_{crit} ~0.8 m/s

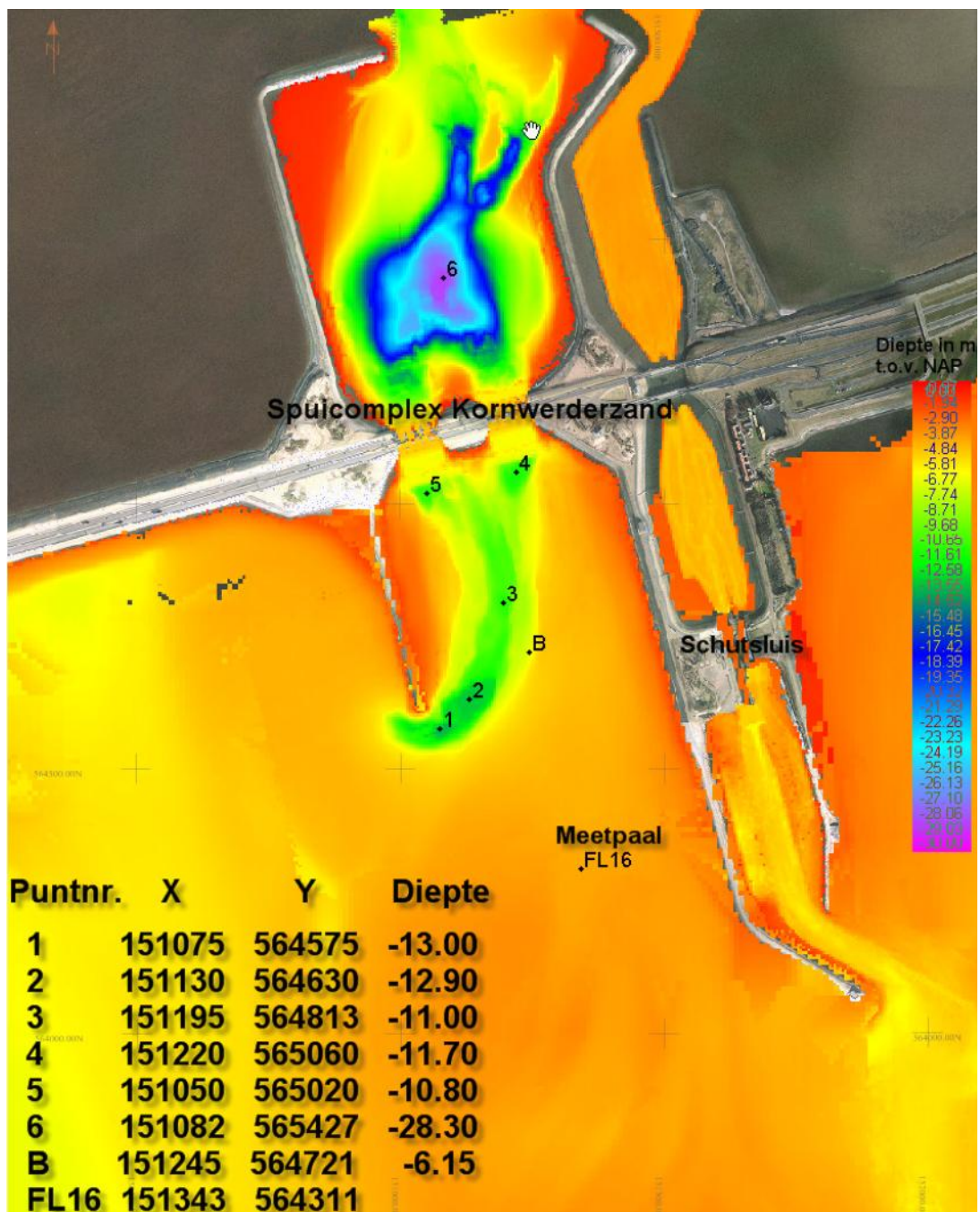
Bijlage 5

Dieptekaarten

Dieptekaart IJsselmeer ter plaatse van Kornwerderzand:



Dieptekaart spuikom Kornwerderzand:



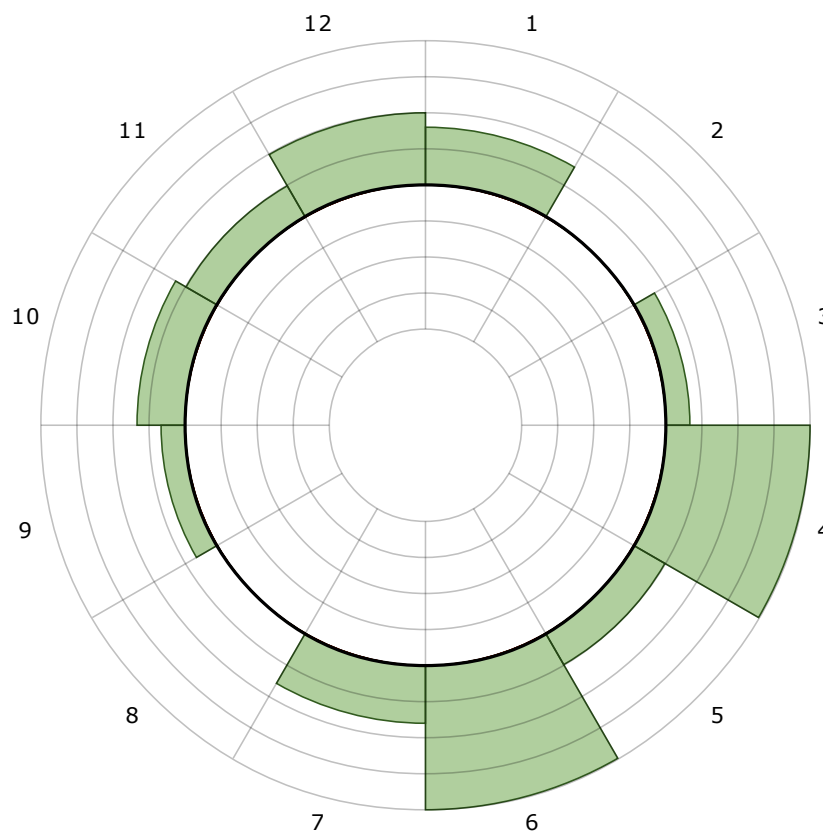
Bijlage 6

Omgevingswijzer



Omgevingswijzer

omgevingswijzer.org



Project: Naamloos (8968-1062-3614)

1. Water

A.	Waterveiligheid	Verbetering van de waterveiligheid wordt gerealiseerd door middel van de 3-lagen-benadering: 1. Kans beperken, 2. Gevolgen beperken en 3. Herstel bevorderen (Helpdesk Water, Rijkswaterstaat, 2009).	Geen
B.	Wateroverlast	Wateroverlast wordt voorkomen door 1. Water vasthouden 2. Water bergen en 3. Water afvoeren (Helpdesk Water).	Geen
C.	Waterkwaliteit	De waterkwaliteit wordt verbeterd. Denk hierbij aan: 1. Schoon water schoon houden 2. Scheiden van vuil en schoon 3. Schoonmaken wat verontreinigd is en 4. Natuurlijke inrichting (rietkragen) (Helpdesk Water).	Positief
D.	Watertekort	Een mogelijk zoetwatertekort wordt tegengegaan door het realiseren van een regionale zelfvoorzienendheid en optimalisatie van de waterverdeling volgens de verdringsreeks (Helpdesk Water).	Geen
E.	Klimaatbestendigheid	De klimaatbestendigheid van het watersysteem in zijn omgeving wordt vergroot door aanpassing aan (adaptatie) en/of verzachting van (mitigatie) eventuele negatieve gevolgen van klimaatverandering.	Positief

2. Bodem

A.	Bodemkwaliteit	De bodemkwaliteit wordt verbeterd door het verbeteren van de vier functies van de bodem: Dragen, informeren, reguleren, produceren (Ministerie van I&M: www.ruimtexmilieu.nl).	Geen
B.	Bodemdiversiteit	De diversiteit aan bodemtypes wordt in stand gehouden en zeldzame bodemtypes worden behouden.	Geen
C.	Bodem biodiversiteit	De bodembiodiversiteit (de diversiteit van flora en fauna in de bodem) en grootte van ondergrondse populaties wordt vergroot.	Geen
D.	Archeologische waarden	De in de bodem aanwezige archeologische waardevolle objecten, structuren en patronen worden in situ bewaard en zo nodig beschermd (Rijksdienst voor het Cultureel erfgoed).	Geen
E.	Bodemdaling	Bodemdaling wordt voorkomen ten gunste van bijvoorbeeld de waterveiligheid en behoud van bouwwerken.	Geen

3. Energie en materialen

A.	Vermindering energiev...	Trias Energetica, stap 1: De grootte van de energievraag voor aanleg, gebruik en sloop wordt beperkt. Denk hierbij ook aan grondstof- en materiaalgebruik en het gebruik van passieve energie (DuboCalc, 2012).	Positief
B.	Gebruik duurzame ener...	Trias Energetica, stap 2: Er wordt gebruik gemaakt van duurzaam opgewekte energie, met in acht nemen van de draagkracht van het natuurlijk systeem.	Geen
C.	Gebruik fossiele brand...	Trias Energetica, stap 3: Bij toepassen van fossiele energiebronnen worden deze zo efficiënt mogelijk gebruikt.	Geen
D.	Gevolgen materiaalwin...	Materialen, waarvan ernstige negatieve gevolgen bekend zijn bij winning en/of productie worden zoveel mogelijk gemeden. Denk hier bijvoorbeeld aan uitputting, arbeidsomstandigheden, sociale omstandigheden en bodemvervuiling.	Geen
E.	Uitwisseling van energie	Mogelijkheden voor uitwisseling van energie en CO2 tussen functies tijdens de aanleg, gebruik en sloop worden optimaal benut, waardoor energieoverschotten kunnen worden gebruikt buiten de grenzen van het project (CO2 ladder, 2012).	Geen
F.	Robuust energiesysteem	De robuustheid van het energienetwerk wordt vergroot ter verbetering van het functioneren van het net, een grotere flexibiliteit in energielevering en reducering van de faalkans.	Geen

4. Ecologie en biodiversiteit

A.	Leefruimte planten en d...	De samenhang in de leefruimtes, broedplaatsen en beschermde gebieden van planten en dieren wordt versterkt en de versnippering van het landschap wordt tegengegaan.	Positief
B.	Biodiversiteit	De biodiversiteit van flora en fauna wordt vergroot door een heterogene opbouw van het landschap.	Positief
C.	Ecologische structuren	Groene ecologische structuren (land) worden versterkt voor flora en fauna om de volledige voedselketen te blijven faciliteren (van plankton tot aaseters). Blauwe ecologische structuren (water) worden versterkt voor flora en fauna om de volledige voedselketen te blijven faciliteren.	Positief Positief

5. Ruimtegebruik

A.	Aansluiting bebouwing...	Het project beantwoordt de regionale vraag naar programma en ruimte, rekening houdend met omringende initiatieven en huisvestingsontwikkelingen (Ladder duurzame verstedelijking, SVIR, 2012).	Geen
B.	Gebruik bestaand gebied	Mogelijkheden voor realisatie van de beoogde ontwikkelingen binnen bestaand stedelijk gebied worden optimaal benut dmv bijvoorbeeld opvulling, herbesteding of herstructureren (Ladder duurzame verstedelijking, SVIR, 2012).	Geen
C.	Uitbreiding	Bij uitbreiding buiten bestaand stedelijke gebied, worden mogelijkheden tot multimodale ontsluiting van de nieuwe locatie benut (Ladder duurzame verstedelijking, SVIR, 2012).	Geen
D.	Meervoudig ruimtegebr...	Mogelijkheden om bestaande of geplande ruimte meervoudig te gebruiken worden optimaal benut.	Positief

6. Ruimtelijke kwaliteit

A.	Belevingswaarde	De belevingswaarde van het gebied, of de mate waarin gebruikers het gebied als positief ervaren, wordt versterkt. Denk hierbij aan bouwkundige elementen met cultuurhistorische waarde, sfeer, aanwezige landschapstructuren, natuur en ruimtelijke samenhang.	Positief
B.	Gebruikswaarde	De gebruikswaarde van het gebied wordt versterkt. Denk hierbij aan vergroting van de kwaliteit van functies en de variatie in grootte en type functies.	Positief
C.	Toekomstwaarde	De toekomstwaarde van het gebied wordt vergroot. Denk hierbij aan flexibiliteit in het plan, een strategische aansluiting op zijn omgeving en anticipatie op toekomstige veranderingen.	Positief
D.	Integraal ontwerp	Bestaande en geplande functies en omringende openbare ruimte zijn in samenhang met elkaar en versterken elkaar door een ruimtelijk integraal ontwerp (Kader Ruimtelijke Kwaliteit en Vormgeving, 2012, Rijkswaterstaat).	Positief

7. Sociale relevantie

A.	Sociaal welzijn	Het project draagt bij aan het sociaal welzijn van zijn gebruikers, omwonenden en andere betrokken partijen en individuen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de harmonie onder de bevolking en het vermijden van sociale barrièrewerking.	Positief
B.	Demografische samens...	Er worden oplossingen geboden voor de ruimtelijke gevolgen en eisen van de huidige aanwezige demografische groepen. Denk hierbij aan programmeuze en vormgeving van de openbare ruimte. Er worden oplossingen geboden voor de ruimtelijke gevolgen en eisen van relevante demografische ontwikkelingen (zoals vergrijzing of krimp). Denk hierbij bijvoorbeeld aan flexibiliteit en aanpasbaarheid van programma.	Geen Geen
C.	Sociaal draagvlak	Er is sociaal draagvlak aanwezig voor het project onder toekomstige gebruikers, omwoners en andere betrokken partijen en individuen.	Positief
D.	Lokale expertise	Lokale expertise en specifieke kennis wordt verzameld en toegepast, om relevante behoeftes van de gemeenschap te identificeren en potentiële conflicten voor te zijn.	Geen

8. Welzijn

A.	Gezondheid	De te realiseren functies hebben een positieve bijdrage aan de gezondheid van de bewoners en bezoekers en nodigen uit tot een gezonde levensstijl. Mogelijkheden om gezondheidsrisico's te minimaliseren of verwijderen worden benut. Denk hierbij bijvoorbeeld aan geluidshinder en luchtkwaliteit.	Geen Geen
B.	Veiligheid	De fysieke veiligheid (lichaam) van de gebruikers en omwonenden van het gebied blijft tijdens de bouw, gebruik en sloop gewaarborgd. Denk hierbij aan bijvoorbeeld verkeersveiligheid. De sociale veiligheid (geest) van de gebruikers en omwonenden van het gebied blijft tijdens de bouw, gebruik en sloop gewaarborgd. Denk hierbij bijvoorbeeld aan vermijden van gevoelens van dreiging, agressie of geweld.	Geen Geen
C.	Hinder	Hinder door externe invloeden wordt voorkomen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan trillingshinder, uitstoot van schadelijke stoffen, lichtvervuiling of zichthinder.	Geen

9. Bereikbaarheid

A. Robuust transportsysteem	De mobiliteitsmogelijkheden binnen verschillende verkeersmodaliteiten en overstapmogelijkheden hiertussen worden vergroot (Visie op Knooppunten, 2000). De betrouwbaarheid van de reismogelijkheden en de voorspelbaarheid van de reistijd wordt vergroot. Denk hierbij aan de reis van deur tot deur (SVIR, Bereikbaarheidsindicatoren).	Geen Geen
B. Efficiënt gebruik infrast...	De positionering van programma en functies draagt bij aan de verkleining van de mobiliteitsvraag. Denk hierbij bijvoorbeeld aan dichtheid en functioneel ontwerp. Mogelijkheden om de bestaande infrastructuur zo efficiënt mogelijk te gebruiken worden benut, voorafgaand aan eventuele ruimtelijke ingrepen. Denk hierbij aan openbaar vervoer, mobiliteitsmanagement en benutting (Ladder van Verdaas, 2004).	Geen Geen
C. Bereikbaarheid functies	De bereikbaarheid en connectiviteit van de belangrijkste functies en voorzieningen worden behouden of vergroot.	Positief
D. Adaptief mobiliteitsbeleid	Het project draagt bij aan een adaptief mobiliteitsbeleid en een flexibel infrastructuurnetwerk dat gewenste ontwikkelingen in de toekomst niet uitsluit.	Geen

10. Investeringsen

A. Evenredige kosten en b...	Kansen om projectkosten en resulterende baten te delen met andere mogelijk betrokken partijen worden benut (Meerwaardescan, 2011).	Geen
B. Gebiedskwaliteiten	Aanwezige kwaliteiten van het gebied worden ingezet ter realisatie van financiële baten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan ruimtelijke kwaliteit of vestigingsklimaat.	Positief
C. Aanwending van inkom...	Waardestijging van grond en vastgoed wordt direct of indirect besteed ten gunste van het project, zijn gebruikers en/of andere betrokkenen.	Geen

11. Vestigingsklimaat voor de bedrijvigheid

A. Vestigingsklimaat	De bereikbaarheid, aantrekkelijkheid en de ruimtelijke kwaliteit van het gebied wordt vergroot voor zowel bestaande als mogelijke nieuwe bedrijven. De aansluiting van de beroepsbevolking qua grootte, scholing en ervaring op de regionale arbeidsmarkt wordt verbeterd.	Positief Geen
B. Economisch beleid	Er wordt invulling gegeven aan het economisch beleid op het voor het project relevante schaalniveau (nationaal, regionaal, lokaal).	Geen
C. Innovatie- en aanpassi...	Er wordt bijgedragen aan het gewenste innovatie- en aanpassingsvermogen van de gebiedseconomie op lange termijn.	Geen

12. Vestigingsklimaat voor de bevolking

A. Werkgelegenheid	Er wordt een positieve bijdrage geleverd aan de werkgelegenheid op lange termijn, die past bij de ontwikkeling en vaardigheden van de regionale beroepsbevolking.	Positief
B. Bereikbaarheid arbeids...	De bereikbaarheid en transparantie van de arbeidsmarkt en hierbij benodigde voorzieningen worden vergroot. Denk hierbij bijvoorbeeld aan informatievoorziening over de arbeidsmarkt, reistijd en -kosten.	Geen
C. Ontwikkeling beroepsb...	Er wordt bijgedragen aan de ontwikkeling van de beroepsbevolking voor de lokale en regionale arbeidsmarkt. Denk hierbij aan het realiseren en verbeteren scholing en toegankelijker maken van kennis en ervaring.	Geen
D. Voorzieningenaanbod	Er wordt bijgedragen aan verbetering van het voorzieningenaanbod voor de bevolking. Denk hierbij bijvoorbeeld aan diversiteit, kwaliteit, bereikbaarheid en kosten van voorzieningen.	Positief

Bijlage 7

DuboCalc berekeningen

Notitie

Referentienummer

Datum
13 augustus 2014

Kenmerk

Betreft

DuboCalc-berekening Vismigratierivier Adsluitdijk

1 Variantenstudie Technisch deel

1.1 Algemeen

In het technisch deel van de Vismigratierivier worden drie verschillende materialen met elkaar vergeleken om te bepalen welk type de meeste gunstige MKI-score heeft. Hieronder staan de uitgangspunten, resultaten en de conclusie beschreven.

De varianten worden per strekkende meter vergeleken. Per strekkende meter is de hoeveelheid materiaal bepaald. In DuboCalc zijn de hoeveelheden van de damwanden in tonnages opgenomen en hout in kubieke meters.

1.2 Stalen damwand

Voor de variant stalen damwand is een type AZ 13 aangenomen met een gewicht van 107 kg/m². De planken zijn 10 meter lang. Dit geeft een gewicht van 1,07 ton/m¹.

Er wordt uitgegaan van een levensduur van 25 jaar wat betekent dat het damwandscherm over de levensduur van 100 jaar 3-maal vervangen moet worden. De vrijkomende materialen worden daarbij ook in beschouwing genomen. Hiervoor is apart de MKI berekend. Hetgeen voor een gunstiger resultaat zal zorgen.

Door de stijging van de zeespiegel wordt er iedere 25 jaar een langere damwand toegepast. De lengte zal met 25 cm toenemen per tijdvak. Er wordt geen conservering op de damwanden toegepast.

1.3 Kunststof damwand

Een kunststof damwand heeft een langere levensduur, namelijk 100 jaar. De damwand hoeft slechts eenmaal aangebracht te worden. Voor de berekening is het type GG75 met een gewicht van 32,5 kg/m² genomen. Ook voor de kunststof damwand nemen we een lengte van 10 meter. Dit geeft een hoeveelheid van 0,325 ton/m¹.

1.4 Houten palenrij

De derde variant omvat een houten palenrij van gezaagd tropisch hardhout. De palen hebben een diameter van 30 cm en een lengte van 10 meter. De hoeveelheid van 3 meter palenrij, bestaande uit 10 palen, bedraagt:

$$10 \cdot 10 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,30^2) = 7,1 \text{ m}^3$$

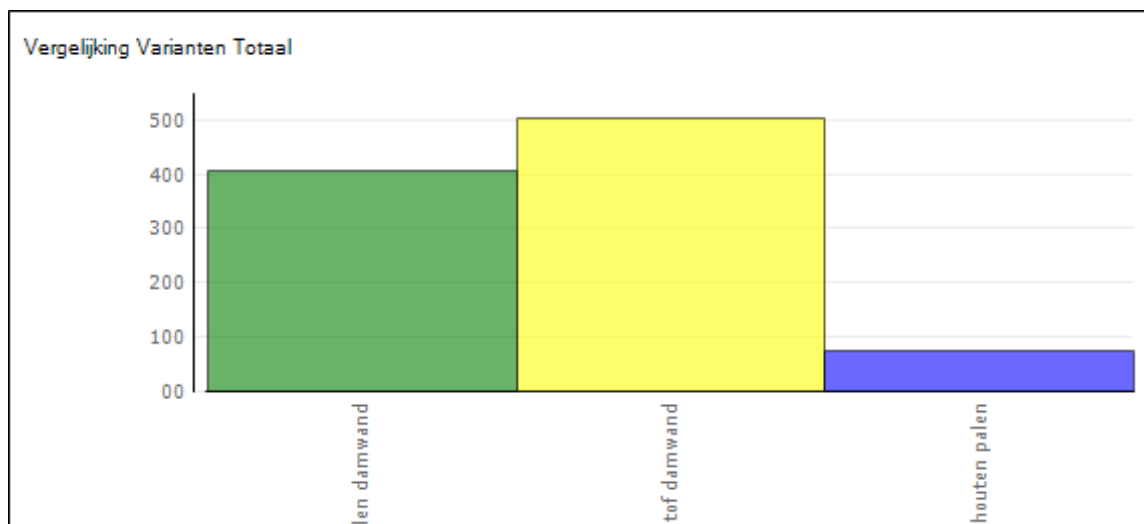
Per strekkende meter wordt dit:

$$7,1 / 3 = \underline{2,36 \text{ m}^3/\text{m}^1}$$

1.5 Resultaten

Na invoering van de gegevens geeft DuboCalc de volgende MKI-waarden:

Milieueffecten	Stalen damwand	Kunststof damwand	Tropisch hardhouten palen
MKI	409,05	503,36	73,55



1.6 Conclusie

Uit bovenstaande staafdiagram komt duidelijk naar voren dat het toepassen van houten palen veruit de beste MKI-score heeft. Dit wordt mede bepaald door het feit dat voor houten palen nauwelijks productiewerkzaamheden verricht hoeven te worden en er dus minder CO₂-uitstoot is.

2 Variantenstudie stortsteen

2.1 Hergebruikte steen

Bij onderhoudswerkzaamheden aan de Afsluitdijk komt stortsteen vrij die mogelijk in de strekdammen toegepast kan worden. Gemiddelde vervoersafstand over water bedraagt 15 kilometer.

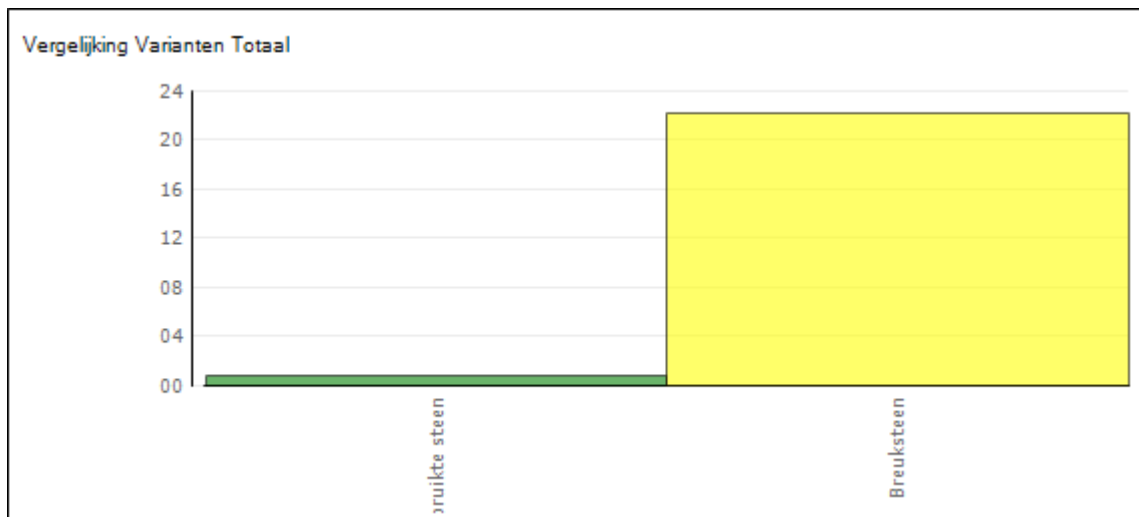
2.2 Breuksteen

Past men breuksteen toe, dan zal dit geleverd moeten worden. Er is gerekend met een vervoersafstand van 1500 kilometer en transport vindt over water plaats.

2.3 Resultaten

In onderstaande tabel en staafdiagram is de MKI gegeven per aangebrachte tonnage materiaal.

Milieueffecten	Hergebruikte steen	Breuksteen
MKI	0,78	22,13



2.4 Conclusie

Het hergebruiken van steen dat dicht bij het werk vrijkomt heeft een veel gunstigere MKI-waarde dan wanneer deze van ver aangevoerd moet worden. Dit wordt voor het grootste deel bepaald door de brandstofkosten die gemoeid zijn bij het transport.

3 Varianten aanbrengen zand

3.1 Algemeen

In het werk zullen grote hoeveelheden zand verwerkt moeten worden. Er is daarvoor gekeken naar verschillende varianten van aanvoeren van zand en het verwerven van zand. Daarbij is onderscheid gemaakt in transport en het al dan niet uitvoeren van baggerwerkzaamheden.

3.2 Zand uit baggerwerk inclusief baggerwerkzaamheden

In de nabijheid van het te maken werk kan vanaf de bodem zand gewonnen en vervoerd worden. Dit zal middels baggeren gebeuren. Er kan op twee verschillende plaatsen gebaggerd worden:

- in de nabijheid van het werk, vervoersafstand ca. 3km.
- verderop in de Noordzee, vervoersafstand ca. 25 km;

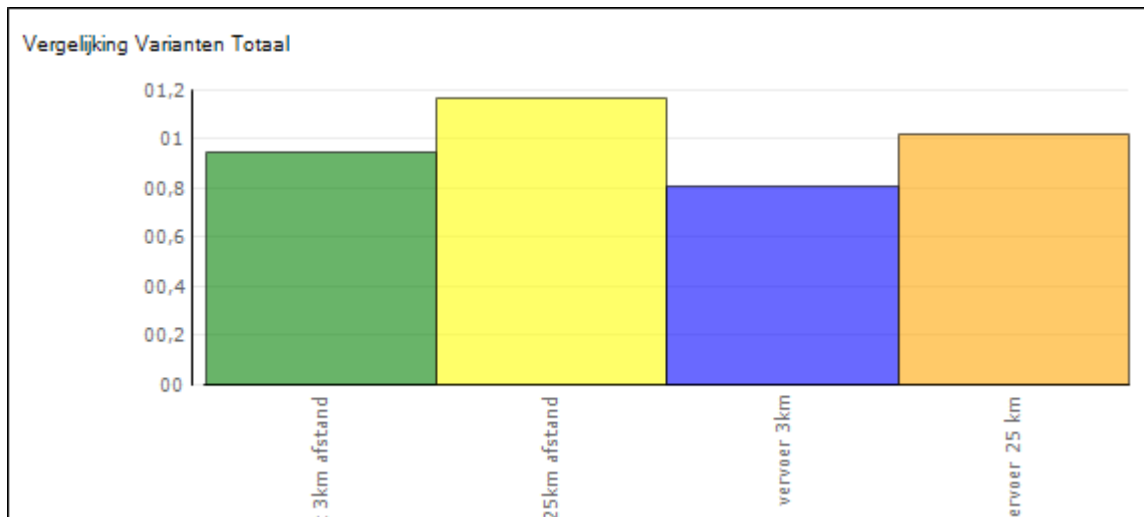
3.3 Zand uit baggerwerk slechts vervoer

In deze variant beschouwen we alleen het vervoeren en het verwerken van zand op het werk en gaan we ervan uit dat de baggerwerkzaamheden al hebben plaats gevonden.

3.4 Resultaten

Gegeven MKI is per aangebracht kubieke meter zand. Het verschil in MKI wordt verklaard door het feit dat bij het winnen van zand door baggerwerkzaamheden extra brandstof verbruikt wordt bij de inzet van een baggerwerktuig. Het verschil in vervoersafstand is gering en dus niet van invloed.

Milieueffecten	Zand uit baggerwerk 3km afstand	Zand uit baggerwerk 25km afstand	Zand uit baggerwerk, slechts vervoer 3km	Zand uit baggerwerk, slechts vervoer 25 km
MKI	0,95	1,17	0,81	1,02



3.5 Conclusie

Op basis van de resultaten uit DuboCalc kan geconcludeerd worden dat het leveren van zand dat reeds is verworven door baggeren de voorkeur verdient boven baggeren nabij het werk.