



Onderwaterparkeerplaats voor bomen

Eindrapport

Dewa Hommes
4359356

23-10-2017

Onder begeleiding van ir. H.J. Verhagen
Bachelor thesis

Voorwoord

Voor u ligt het rapport *Onderwaterparkeerplaats voor bomen*. Dit onderwerp komt voort uit het onderzoek dat Deltares/TU Delft op dit moment doet in opdracht van Rijkswaterstaat.

Dit rapport is geschreven in het kader van het bachelor thesis in de richting van de Civiele Techniek aan de TU Delft. Het rapport is gericht aan de opdrachtgever en elke geïnteresseerde lezer, met affiniteit voor en enige kennis van de civiele techniek, wordt uitgenodigd deze te lezen.

Graag wil ik de begeleider ir. H.J. Verhagen bedanken voor zijn ondersteuning en adviezen.

*Dewa Hommes
Delft, Oktober 2017*

Inhoud

1.Samenvatting.....	4
2.Inleiding	5
3.Programma van eisen	7
4.Varianten	8
5.Analyse.....	10
6.Boomstammen: plaatsen en bergen.....	12
7.Omheining.....	13
8.Kade ontwerp	16
9.Geometrisch ontwerp	18
Literatuur.....	22
Bijlage A	24
Bijlage B	25
Bijlage C	26
Bijlage D	40
Bijlage E.....	43
Bijlage F.....	44
Bijlage G	45
Bijlage H	46
Bijlage I.....	48
Bijlage J.....	48
Bijlage K	58
Bijlage L.....	61

1. Samenvatting

De wateren in het Haringvliet en Hollands Diep scoren niet goed volgens de Europese richtlijnen op het gebied van ecologie, de zogehete Kaderrichtlijn Water (KRW). Rijkswaterstaat is in dit kader op zoek naar de mogelijke oplossing van de plaatsing van afgezonken bomen in deze wateren. Uit eerdere pilots blijkt immers dat afgezonken bomen een impuls kunnen geven aan de biodiversiteit. Naast de ecologische aspecten van afgezonken bomen wil Rijkswaterstaat ook weten of deze bomen ontgrondingskuilen in de nabijgelegen wateren kunnen stabiliseren. Een onderdeel hierbinnen is het laten afzinken van bomen. Het hout zal helemaal verzadigd met water moeten zijn en dat kost tijd. Er zal dus een afgeschermd zone, ‘onderwaterparkeerplaats’, moeten komen waar deze bomen een bepaalde tijd kunnen drijven totdat ze afzinken. Hierna kunnen ze de ecologische kwaliteit verbeteren en eventuele ontgrondingskuilen stabiliseren.

Het einddoel binnen dit onderzoek is het ontwerpen van zo’n parkeerplaats. Om tot een oplossing te komen is in verschillende fasen gewerkt.

Allereerst zijn de eisen en randvoorwaarden in kaart gebracht. Deze zijn voortgekomen vanuit de KRW, vanuit Rijkswaterstaat en vanuit dit onderzoek.

Daarna zijn een aantal varianten (lees: locaties) uit de gegeven eisen en randvoorwaarden gekomen, die verschillen op thema’s zoals beschikbaar oppervlak, bereikbaarheid en scheepvaart/recreatievaart.

Halverwege het project is een keuze gevallen op een van de varianten. Deze is uitgewerkt om het technische ontwerp en de haalbaarheid hiervan te bekijken. Hierbij is er gelet op de volgende onderdelen: plaatsen/bergen van de boomstammen, de omheining, de kade en uiteindelijk is hieruit een geometrisch ontwerp voortgekomen.

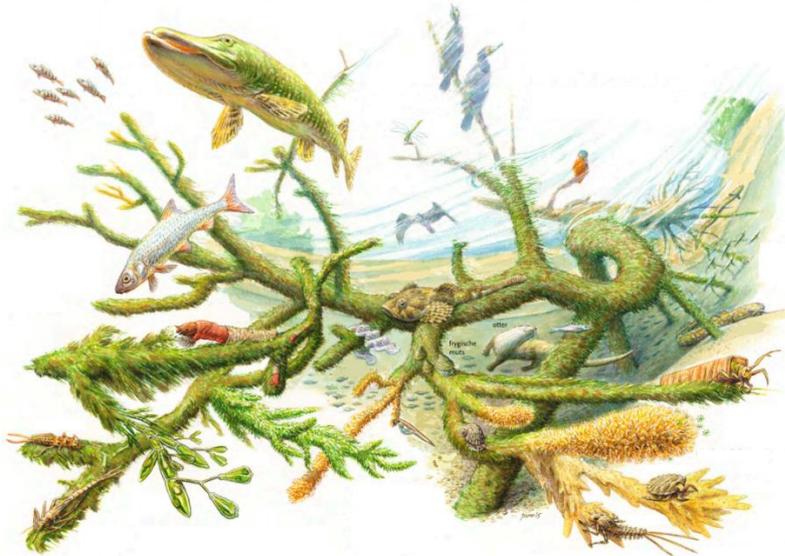
2. Inleiding

De afgelopen eeuwen is men bezig geweest de bevaarbaarheid en veiligheid van de Nederlandse binnenwateren te verbeteren. Rivieren zijn meer gestroomlijnd, oevers zijn kunstmatig met steen versterkt en alle objecten die voor enige hinder zouden kunnen zorgen in de vaarwegen zijn verwijderd. Deze zaken hebben bijgedragen aan het verdwijnen van plant- en diersoorten die leven op het hout in de rivier (Rijkswaterstaat, z.j.-a).

Sinds eind 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. Deze schrijft voor dat de waterkwaliteit van de Europese wateren aan bepaalde eisen moet voldoen. Rijkswaterstaat is voor de uitvoering van KRW-maatregelen in de Nederlandse hoofdwatersystemen verantwoordelijk en zal deze uitvoeren in de periode 2016-2021, de tweede tranche (Rijkswaterstaat, z.j.-b).

Het Haringvliet en Hollands Diep (zie figuur 2 voor de ligging) scoren slecht op macrofauna en vissen volgens de KRW. Er is al het plan om de gesloten Haringvlietssluis op een kier te zetten in 2018, het zogehete *kierbesluit*. Hierbij gaan de sluisen open als de waterstand in het Haringvliet lager is dan in zee. Hierdoor kunnen trekvisen terugkeren naar hun paaigebieden, die stroomopwaarts liggen. Ook zal door de instroom van zeewater het zoete water in het Haringvliet verzilten, waardoor bepaalde soorten die van nature in een dergelijk estuarium rondzwommen nu terugkeren (Rijkswaterstaat, z.j.-c).

Een ander plan waar Rijkswaterstaat mee bezig is om aan de KRW te voldoen betreft het afzinken van hout in het gebied Haringvliet/Hollands Diep. Dit gebied scoort immers slecht volgens maatstaven van de KRW (RWS Waterdienst, 2012). In de Nederrijn-Lek zijn al pilots uitgevoerd waaruit blijkt dat afgezonken hout een positief effect heeft op de KRW-score voor vis (Liefveld, 2015). Het afgezonken hout zal de biodiversiteit een impuls geven, waardoor de KRW-score in het gebied Haringvliet/Hollands Diep omhoog zal gaan.



Figuur 1. Rivierhout: de sleutelrol van dode bomen in de rivier.

Naast het feit dat afgezonken hout de ecologie in de Nederlandse wateren kan verbeteren, kan afgezonken hout ook bijdragen aan de stabilisering van ontgrondingskuilen. In het Spui, Dordtsche Kil en Oude Maas zijn deze kuilen aanwezig, waarbij afgezonken hout van Haringvliet/Hollands Diep hier een secundair doel hierin kan dienen. Als het verzonken hout na een bepaalde tijd de ecologische kwaliteit in het Haringvliet/Hollands Diep heeft bevorderd, dan kan het hout mogelijk als alternatieve bodembescherming gebruikt worden bij het afdekken van deze ontgrondingskuilen. Naar de technische haalbaarheid van dit secundaire doel wordt nu vanuit de TU Delft volop onderzoek gedaan.

De gedachte is nu in het Haringvliet of Hollands Diep een locatie te vinden waar gedurende een bepaalde periode boomstammen kunnen worden ‘geparkeerd’. De boomstammen zullen voor een langere tijd blijven drijven. Na verloop van tijd zullen deze verzadigd raken met het water en afzinken naar de bodem. Vanaf dat moment kunnen de afgezonken boomstammen de ecologische kwaliteit van het water verbeteren. Tevens kan een deel hiervan verplaatst worden naar een ontgrondingskuilen.

Om dit proces te verwezenlijken zal er een afgeschermd zone, ofwel ‘parkeerplaats voor bomen’, moeten worden ontworpen, wat het einddoel van dit onderzoek is. Daarvoor wordt eerst een aantal eisen en randvoorwaarden gebruikt (hoofdstuk 3). Daarna worden een aantal mogelijke varianten/locaties voor deze parkeerplaats gezocht in het gebied (hoofdstuk 4). Daarna wordt een van deze varianten verder uitgewerkt. Daartoe moet deze eerst beter geanalyseerd worden (hoofdstuk 5). Hierna kunnen verschillende belangrijke aspecten nader belicht worden (hoofdstuk 6 t/m 9).



Figuur 2. Gebied met in het rood de brakke zone.

3. Programma van eisen

Binnen de analyse van dit project moeten allereerst duidelijk de eisen worden gesteld die aan dit project verbonden zijn. Deze eisen bestaan uit de eisen van de Kaderrichtlijn Water (KRW), eisen vanuit Rijkswaterstaat (RWS) en aanvullende eisen die geformuleerd zijn vanuit dit onderzoek.

Eisen KRW

- verbetering van de biodiversiteit op de KRW locatie door plaatsing van hout op minimaal x ha rivierbodem
- gebruik bomen bij voorkeur met takken, zo mogelijk (maar niet noodzakelijk) met broekstuk
- plaatsing van hout: na afzinken grotendeels (meer dan 90%) onder water
- plaatsing van hout: in zones van 1 tot 3 m diepte
- plaatsing van hout: bij voorkeur op zandige bodem

Eisen RWS

- toegang vanaf het water met voldoende diepgang (effectieve afvoer)
- volume verzadigd hout dat overeenkomt met vulling van 300.000 à 400.000 m² (stortbehoefte van de ontgrondingskuilen)
- korte vaarafstand naar toekomstige stortplekken (effectieve afvoer)
- voldoende dichtheid van bomen binnen de afgeschermd zone (effectieve afvoer)
- stammen/takken van minimaal 0.2 m diameter en minimaal 5 m lengte (effectieve afvoer en stabiliteit na het storten)

Randvoorwaarden RWS

- plaatsing buiten stroomvoerend gebied en boven gemiddelde waterstand
- geen plaatsing in de vaargeul (scheepvaart mag niet gehinderd worden)
- duidelijke markering tbv gebruikers vaarwater (onbevoegden mogen de afgeschermd zone niet betreden)
- geen losdrijvend hout in het vaarwater (scheepvaart mag niet gehinderd worden)
- geen plaatsing ter plekke van kabels en leidingen
- geen plaatsing voor of op stortlokaties (nl. speciedepots in het Hollands Diep)

Aannames

- Palen van 10 m dienen vanwege stabiliteitsredenen voor minimaal 2/3 van de lengte in de grond gebracht te worden. Voor eventueel langere palen wordt deze 2/3 van de lengte aangehouden.
- De gemiddelde waterdieptes in het Haringvliet en Hollands Diep zullen in de periode 2007-2021 als onveranderlijk worden aangenomen. Hierbij is als ontwerplevensduur van de afgeschermd zone gekozen voor een periode van 10 jaar.

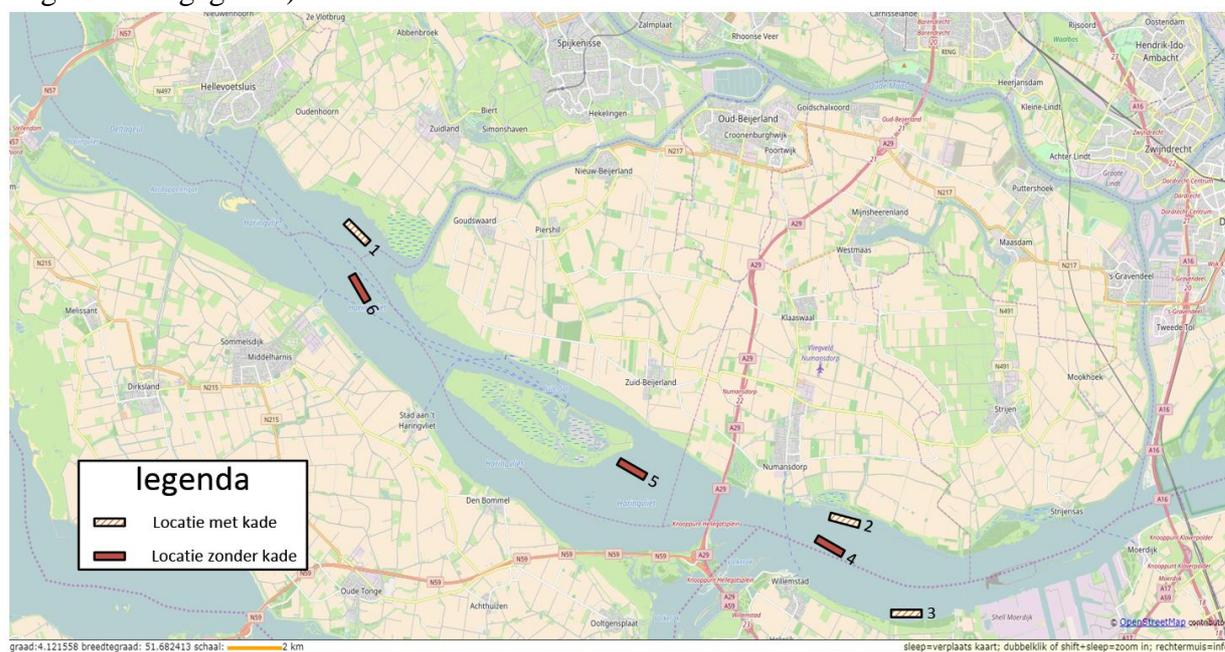
Voor de overige aanvullende eisen wordt verwezen naar bijlage A.

4. Varianten

Met de verkregen eisen en randvoorwaarden kan nu gekeken worden welke locaties het meest geschikt zijn voor de aanleg van de afgeschermd zone. De belangrijkste twee eisen waaraan voldaan moet worden zijn: de waterdiepte en het beschikbare bouwoppervlak. Er moeten hierbij locaties gekozen worden van dieptes tussen de 1.3 m en 3.0 m, waarbij een oppervlak van minstens 300.000 m² beschikbaar is.

Voor de waterdiepte is gebruikgemaakt van data van Navionics Webapp (<https://webapp.navionics.com>). Hierbij gaat het om de waterdiepte bij een uitzonderlijk lage waterstand, waarbij deze webapp dient als een tool voor schippers om altijd een absoluut minimum te weten voor de plaatselijke waterdiepte. Ook is gebruikgemaakt van meetgegevens van de bodemhoogte van Rijkswaterstaat (zie bijlage B), waarbij de metingen gedaan zijn ten opzicht van het referentieniveau Normaal Amsterdamse Peil (NAP).

In figuur 3 zijn de locaties, die aan de bovengenoemde criteria voldoen, aangegeven (in bijlage C staat deze figuur vergroot weergegeven).



Figuur 3. Locaties voor de parkeerplaats.

In de figuur is er onderscheid gemaakt met locaties die in direct contact van de oevers staan en waar dus een kade zou kunnen worden gerealiseerd (*locatie met kade*) en locaties die hier geen mogelijkheid tot hebben (*locatie zonder kade*). Het voordeel van een locatie met kade enerzijds is dat er mogelijkheden zijn van aan-en afvoer van bomen vanaf het land. Anderzijds kan een locatie zonder kade op meer afgelegen/onbruikbare plekken gerealiseerd worden, waardoor deze eventuele toekomstplannen niet in de weg zit.

In bijlage D zijn tevens alle locaties met het beschikbare oppervlak geïllustreerd. Hierin is telkens de bovenste afbeelding afkomstig van de Navionics Webapp en de onderste afbeelding afkomstig van de dataset van RWS.

Verder is het van belang per variant te kijken naar belangrijke criteria die van invloed kunnen zijn op de keuze. Er is gelet op de volgende criteria:

- *Beschikbaar oppervlak*: Volgens de eisen van Rijkswaterstaat moet er een oppervlak binnen het gebied beschikbaar zijn van 300.000 tot 400.000 m². Sommige locaties zitten aan de ondergrens, andere zitten ver boven de bovengrens.
- *Vorm oppervlak*: Is de vorm die het gebied toelaat voor de afgeschermd zone langwerpig, compact of complex/ingewikkeld.
- *Bereikbaarheid vanaf land*: Is het projectgebied en de kade goed bereikbaar vanaf land?
- *Bereikbaarheid vanaf water*: Kunnen transportschepen makkelijk bij de kade of afgeschermd zone komen?
- *Hinder scheepvaart*: Hindert de afgeschermd zone de scheepvaart?

- *Hinder recreatievaart*: Hindert de afgeschermd zone de recreatievaart?
- *Potentiële schade door paalwormen*: Is het mogelijk dat palen van de afgeschermd zone aangetast worden door paalwormen?
- *Bodemoppervlak*: Is het bodemoppervlak schuin of vlak?
- *Stroomrichting*: In welke richting loopt de stroming t.o.v. afgeschermd zone?
- *Stroomsnelheid*: Welke stroomsnelheden heersen in de verschillende locaties?
- *Golven*: Hoe aannemelijk is het dat er golven ten gevolge van de scheepvaart de afgeschermd zone bereiken?

In bijlage D is er toelichting gegeven op elke criteria per locatie. Hieruit is een beknopte *scorecard* voortgekomen, die in de onderstaande figuur staat weergegeven.

Locatie nr.	Met kade			Zonder kade		
	1	2	3	4	5	6
Beschikbaar oppervlak (in m²)	300.000	360.000	>400.000	300.000	>400.000	>400.000
Vorm oppervlak	langwerpig	ingewikkeld	rechthoekig	compact	vrije keuze	rechthoekig
Bereikbaarheid vanaf land	goed	matig	goed	nvt	nvt	nvt
Bereikbaarheid vanaf water	redelijk	redelijk	goed	goed	goed	goed
Hinder scheepvaart	geen hinder	geen hinder	geen hinder	mogelijke hinder	geen hinder	geen hinder
Hinder recreatievaart	nee	ja	gering	nee	nee	nee
Potentiële schade door paalwormen	ja	nee	nee	nee	nee	ja
Bodemoppervlak	schuin	flauwe helling	vlak	vlak	vlak	flauwe helling
Stroomrichting	in lengterichting	in lengterichting	in lengterichting	schuin op lengte- en breedterichting	in lengterichting	in lengterichting
Stroomsnelheid (in m/s)	0,2 tot 0,7	0,25 tot 0,47	0,25 tot 0,47	0,25 tot 0,47	0,2 tot 0,7	0,2 tot 0,7
Hinder golven	gering	gering	gering	groot	substantieel	groot

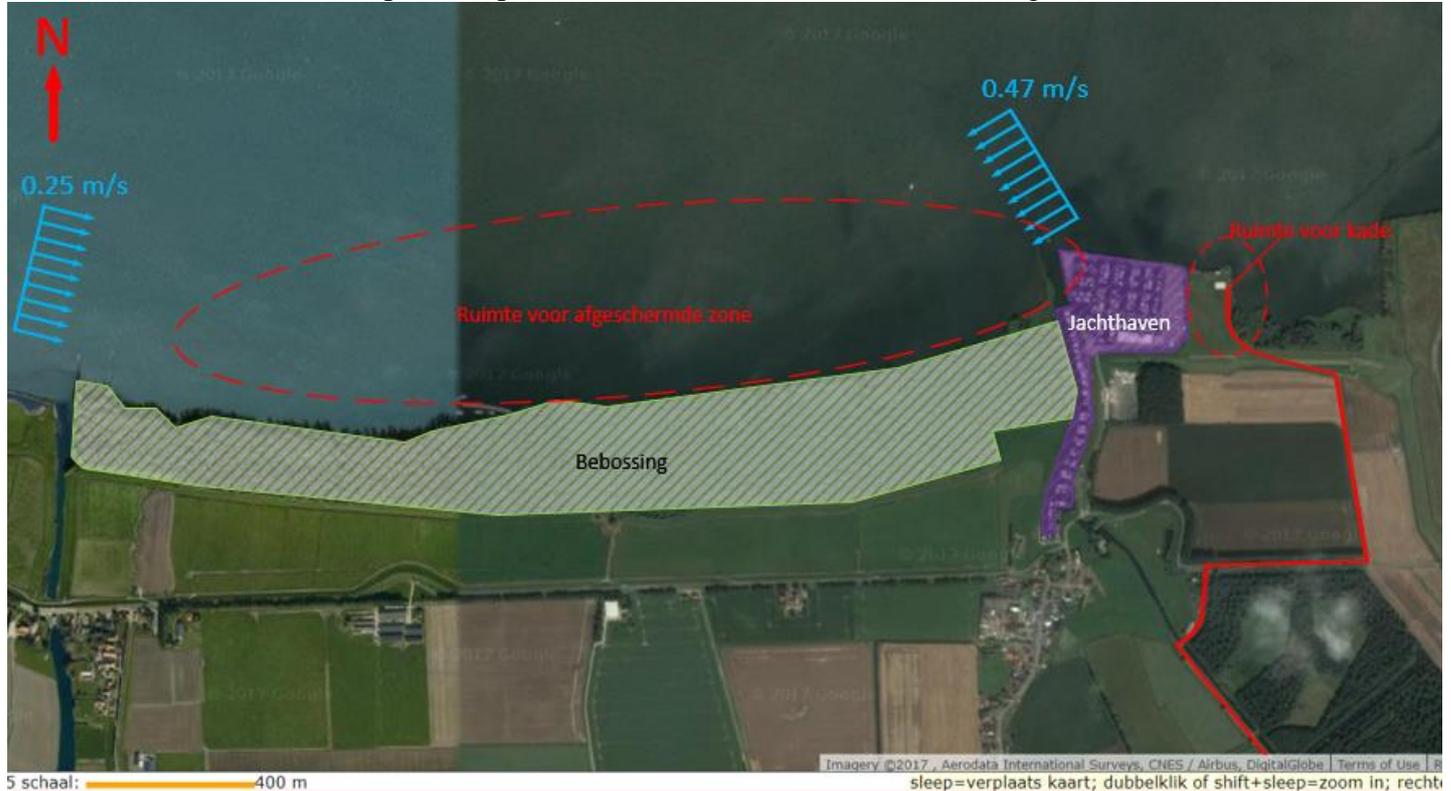
Figuur 4. Scorecard van de varianten

5. Analyse

Uit de scorecard van de vorige paragraaf is door de opdrachtgever (lees: de begeleider) gekozen om locatie 3 uit te gaan voeren.

Voor het ontwerp van de afgeschermd zone zijn een aantal aspecten erg belangrijk: de kade, de omheining, het plaatsen en bergen van de boomstammen en het geometrische ontwerp.

Al deze onderdelen moeten op ontwerp en haalbaarheid worden onderzocht en getoetst.



Figuur 5. Omgeving van locatie/variant 3

Omgeving

De gekozen locatie (nr. 3) ligt in het Hollands Diep. Ten zuiden van het projectgebied ligt de oever met een strook met daarop bebossing van meer dan 100 m breed. Ten noorden ligt een vaargeul waar zowel scheepvaart als recreatievaart van het westen naar het oosten langs het projectgebied vaart, deze vaargeul ligt op grote afstand (circa 400 m). Ten westen van dit gebied liggen voornamelijk weilanden langs de oever en Willemstad (op circa 4 km afstand). Ten oosten van de afgeschermd zone ligt de jachthaven Noordschans en daarnaast begint op 500 m afstand de haven van Moerdijk.

Infrastructuur

De enige functionele infrastructuur, die aanwezig is voor vrachtwagentransport over land van en naar de afgeschermd zone, is te vinden ter plaatse van jachthaven Noordschans, namelijk de weg Buitendijk Oost te Klundert. Ook verbindingen tussen het land en het water lijken hier het meest gemakkelijk, vanwege de relatief grote waterdiepte die hier al aanwezig is.

Grond

Voor de samenstelling van de grond is gekeken op DINOLOket. Hierbij zijn een vijftal relevante grondboringen vergeleken en de samenstellingen zijn hiervan weergegeven. De locaties van deze boorpunten en de grondsamenstelling per boorpunt zijn weergegeven in bijlage E.

Te zien is dat de grond voornamelijk bestaat uit afwisselend lagen met zand en lagen met klei.

Water

De rivierarm het Hollands Diep heeft een afwisselende richting van de stroming ten tijde van hoge en lage waterstanden.

Tijdens de vloedperiode (ten gevolge van het opkomende getij) treedt een vloedstroom op in oostelijke richting met stroomsnelheden tot maximaal 0.25 m/s. Tijdens de ebperiode beweegt de stroming zich in westelijke richting voort met snelheden tot 0.47 m/s. (Rijkswaterstaat, 2006)

De waterstanden die in dit projectgebied heersen worden hetzelfde aangenomen als de waterstanden ter plaatse van Moerdijk. Deze waterstanden hebben gemiddeldes van +0.27 m NAP bij laagwater en +0.78 m NAP bij hoogwater. De maximale waterstand die eens per 10 jaar gemeten is, blijkt gelijk te zijn aan +2.2 m NAP. De laagste waterstand die hierbij gemeten is, blijkt gelijk te zijn aan -0.4 m NAP. Er wordt aangenomen dat deze waterstanden gedurende de looptijd van dit project niet zullen veranderen.

6. Boomstammen: plaatsen en bergen

In bijlage F zijn berekeningen weergegeven met betrekking tot de keuze van het type binnenvaartschip, het type ponton en de aantallen hiervan.

Een belangrijk aspect van het ontwerp waar mee rekening moet worden gehouden is de wijze waarop de boomstammen geplaatst gaan worden in de afgeschermd zone (fase 1) en hoe ze in afgezonken toestand van de bodem van de afgeschermd zone geborgen gaan worden (fase 2).

Hierbij is de keuze gemaakt om de boomstammen te omheinen, maar niet om ze aan elkaar vast te binden of op enige manier te ketenen en dergelijke. Dit lijkt erg arbeidsintensief vanwege het grote aantal bomen en onnodig mits de omheining sterk en hoog genoeg is.

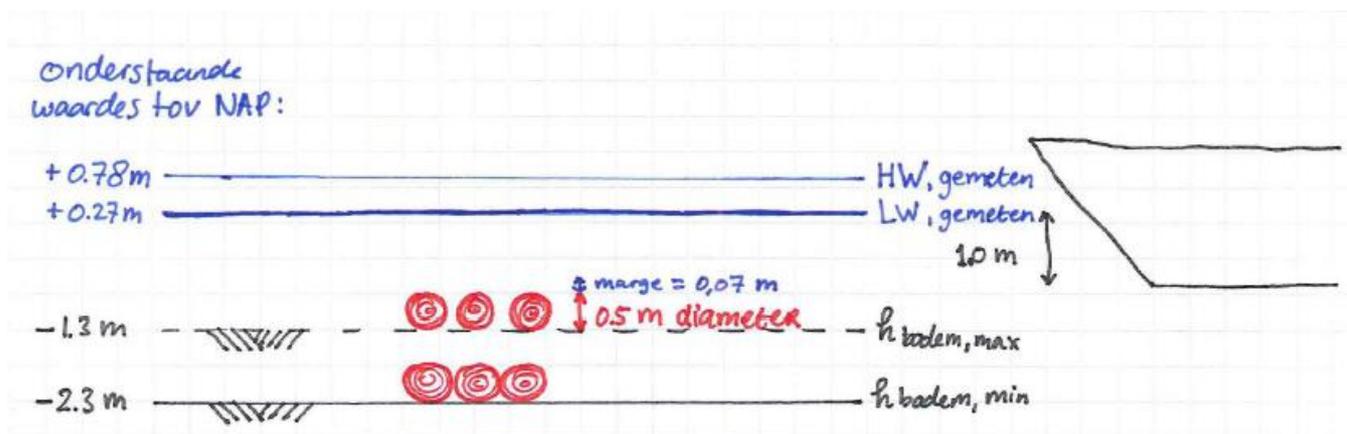
Fase 1: het plaatsen van de boomstammen

De boomstammen zullen, vanwege de aanvoer vanaf binnenvaartschepen, aan de noordzijde van de afgeschermd zone in de afgeschermd zone worden geplaatst, vanwege de grootte diepgang aan deze zijde. Hierbij meren de schepen aan tegen de afgeschermd zone, waarbij de graafmachines de boomstammen van schip over de omheining in de afgeschermd zone plaatsen.

Fase 2: bergen boomstammen

Uit het programma van eisen blijkt dat een deel van de afgezonken boomstammen moet worden verplaatst naar nabijgelegen ontgrondingskuilen. Hierbij moet gekeken worden hoe in deze tweede fase deze boomstammen het beste van de bodem van de afgeschermd zone kunnen worden gehaald.

Er zal gebruik moeten worden gemaakt van vaartuigen die ook binnen de omheining moeten kunnen komen. De normale binnenvaartschepen lukt dit niet, dus zal er gewerkt moeten worden met graafmachines op pontons. Hierbij is slechts een diepgang van 1.0 m binnen de afgeschermd zone aanwezig. Dit komt door de afgezonken boomstammen (met diameter van maximaal 0.5 m), fluctuaties van het getij (0.3 m) en een veiligheidsmarge (0.2 m).



Figuur 6. Waterstanden en bodemhoogtes ter plaatse van de afgeschermd zone

Als de afgezonken boomstammen qua gewicht aan het limiet zitten, dan moeten deze overgeheveld worden naar de binnenvaartsschepen. Deze schepen zullen zich, net als in de eerste fase, zich aan de noordzijde buiten de afgeschermd zone bevinden. Hierbij zal de graafmachine de bomen van ponton over de omheining naar het laadruim van het betreffende binnenvaartschip brengen.

In deze fase kunnen omwille van tijdsefficiëntie optimalisaties worden uitgevoerd om de capaciteit te vergroten door op handige wijze te werken met eventueel meerdere pontons of graafmachines.

Hierna zal het volgeladen binnenvaartschip naar de kade of naar locaties met ontgrondingskuilen kunnen doorvaren.

7. Omheining

De drijvende en afgezonken bomen dienen ten alle tijden binnen de afgeschermd zone te blijven. Hiertoe moet een passende omheining worden ontworpen. Hierbij is de keuze gemaakt houten palen op enige afstand van elkaar te plaatsen met daartussen een soort visnet.

De voordelen van deze combinatie zijn dat enerzijds de houten palen stabiliteit kunnen leveren voor het bevestigen van het visnet en dat werkzaamheden, die betrekking hebben met het plaatsen en bergen van de bomen, de omheining niet beschadigen.

Anderzijds zorgt de keuze van een visnet ervoor dat men het aantal palen kan minimaliseren, waardoor de hydraulische conditie van de rivier minimaal beïnvloed wordt. Ook kan het gebruik van een dergelijk net er beter voor zorgen dat de openingen kleiner blijven dan de minimale boomdiameter, waar dat met het gebruik van alleen palen op korte onderlinge afstand moeilijk te realiseren lijkt tijdens de bouw van de omheining.

Dimensies omheining

Het is belangrijk te weten hoe hoog de omheining moet worden gerealiseerd. Hierbij moet er gekeken worden wat de maximale waterstand is, wat de laagste bodemhoogte is en hoe groot de marge moet zijn om ervoor te zorgen dat de drijvende boomstammen nooit over de omheining kunnen komen. Er is gebleken dat de maximale waterstand die eens per 10 jaar voorkomt gelijk is aan +2.2 m NAP. De laagste bodemhoogte binnen de afgeschermd zone ligt hierbij op -2.3 m NAP. De diepte van het water is ten opzichte van de bodem dus maximaal 4.5 m. Bij het inbrengen van de paal voor 2/3 van de totale lengte moet de totale lengte van de paal dus 14 m bedragen. Hierdoor is er nog een marge van 0.16 m aanwezig boven de maximale waterstand. Het visnet zal, net als de palen, van de bodem omhoog ook 4.5 m bedragen.

Voor een schets zie bijlage G

Dimensionering visnet

Materiaal

De boomstammen hebben een minimale diameter van 0.2 m. Daarom moeten de gaten/openingen in het net kleiner zijn dan deze waarde.

Er is gekozen voor een materiaal van het visnet dat zo sterk mogelijk is, hierbij is uiteindelijk gekozen voor nylon als materiaal. Naast de hoge sterkte is dit materiaal erg durabel, dus hoeft niet vervangen te worden binnen de ontwerp levensduur. Daarbij is nylon ook bestendig tegen UV straling, chemicaliën, rot en erosie.

(US Netting, z.j.)

Vanwege de grote sterkte is gekozen voor een zeer sterk nylon visnet, namelijk *Thor braided nylon netting*.

(Garware-Wall Ropes Ltd, 2011)

Hierbij zijn de gaten/openingen in het net 0.15 m bij 0.15 m. Het proefstuk heeft een treksterkte van 1800 kg (=17.66 kN) onder natte omstandigheden bij dikte van 10 mm en afmetingen van 31.5 m bij 2.4 m. Er wordt vanuit gegaan dat bij kleinere overspanningen (< 31.5m) en iets grotere diepte (van 2.4 tot 4.5m) geen veranderingen in de maximale toelaatbare treksterkte (van 17.66 kN) zal zijn.

Belasting

Voor de volledige berekening wordt verwezen naar bijlage H

De belasting op het visnet wordt veroorzaakt door de boomstammen die tegen het net drijven. Hierdoor zullen deze uitrekken en zal in het net een normaalkracht (trekkracht) ontstaan. Zo heeft net van nylon een maximale rek bij breken van 40-50% en is de maximale aanvaardbare trekkracht in het net per type net verschillend. Hierbij is het dus nodig te berekenen welke maximale trekkracht bij de maximale rek aanvaardbaar is. Bij een gegeven type nylon net kan dan berekend worden wat, onder de gegeven belasting, de onderlinge afstand tussen de palen mag zijn opdat de trekkracht in het net niet wordt overschreden.

Het maatgevende belastingsgeval is bij drijvende boomstammen die bijna geheel verzadigd zijn met water (waardoor diens massa maximaal is) tegen het net aandrijven. De versnelling die een dergelijke boomstam krijgt wordt gegenereerd door veranderingen in de stroomsnelheid. Volgens de 2^e wet van Newton volgt een kracht uit de vermenigvuldiging van massa met versnelling. In dit geval gaat het om een rij met maatgevende bomen (met maximale diameter) die tegelijkertijd tegen het net met dezelfde versnelling stromen, waardoor deze belasting als een verdeelde belasting op het net kan worden geschematiseerd.

Door de belasting zal het relatief flexibele net gaan meebuigen en ook verlengen tot de maximale rek van 40-50% bereikt is. Er treedt een vervormde stand van het net met daarop een verdeelde belasting.

Voor de berekening van de trekkracht in het touw bij verschillende overspanningen is gebruikgemaakt van het softwareprogramma MatrixFrame, waarmee doorgaans bouwtechnische sterkteberekeningen kunnen worden uitgevoerd. Voor simpliciteit van de bepaling van de normaalkracht is hierbij de gebogen vorm vereenvoudigd tot een simpelere geknikte vorm.

Bij de schematisatie is meegenomen dat het net in de vervormde stand een rek kan hebben van 40% tot 60%, waarbij voor de beide uiterste gevallen de trekkracht is berekend. In de geschematiseerde vorm is daarbij de verplaatsing van het midden van de overspanning groter dan bij de werkelijke gebogen vorm. Daarom is deze geknikte vorm zelfs maatgevend.

Met het gegeven dat *Thor Braided Nylon Netting* een maximale capaciteit voor een trekkracht kan weerstaan van 17.66 kN is gebleken dat de overspanning van het net maximaal 5 m mag bedragen.

Poort in omheining

Uit het vorige hoofdstuk is gebleken dat alleen pontons binnen de omheining kunnen komen vanwege de beperkte waterdiepte. Daarom zal er een soort poort in de omheining moeten komen waardoor op sommige momenten het ponton de omheining kan betreden en verlaten.

Bij het ontwerp van zo'n poort zal de breedte hiervan in overeenstemming moeten zijn met de breedte van het te gebruiken ponton (in dit geval minimaal 8.8 m).

Bevestiging visnet aan palen

Een belangrijk punt waar opgelet moet worden is de bevestiging van het visnet aan de palen. Er moet op voldoende punten bevestigd worden opdat de trekkracht in het visnet zo veel mogelijk verdeeld wordt. Om een stevige verbinding in houten objecten te maken, zal er gedacht moeten worden aan het inslaan van metalen bevestigingen. Deze bevestigingen zijn in de vorm van een nietje en houden daarbij het visnet vast tegen de palen. Er moet bij de keuze van het materiaal hiervan gelet worden op eventuele vormen van roest en/of corrosie tegen gevolg van de aanwezigheid van water. Het aantal bevestigingselementen hangt hierbij af van de sterkte per bevestigingselement. Voor de schets zie bijlage I

Bevestiging aan bodem

Een belangrijk onderdeel van het visnet is de mate hoe goed het net tot de bodem afgesloten is. Het idee is om een soort ballast te hangen aan de onderzijde van het visnet om te zorgen dat deze ten alle tijden volledig tot de bodem aansluit. Hieronder is een afbeelding van een viskwekerij op zee met ballast aan de onderzijde, wat de inspiratie is om dit principe ook in dit project te gebruiken.



Figuur 7. Omheining met ballast
(Bewerkt overgenomen uit *Marine aquaculture – challenges and opportunities [PPT]*).

De ballastblokken zullen hierbij aan de netten moeten worden aangebracht voordat deze palen en netten in het water gebracht worden.

Bij de dimensionering van de ballast moet gelet worden om de hoeveel meter een ballastblok wordt geplaatst, welke afmetingen en massa deze moeten hebben en hoe ze bevestigd worden aan het net.

Risico's voor de omheining

Deze soort omheining kent een aantal risico's. Allereerst is het aan- en afmeren van de schepen gevaarlijk voor de integriteit van de omheining. Het visnet is niet gedimensioneerd op botsingen met schepen. Daarom is het belangrijk om te zorgen dat de aanmeerplaatsen hier wel tegen bestand zijn. Daarnaast kan recreatievaart een bedreiging vormen voor de omheining. Ook aangezien de overspanning slechts 5 m bedraagt kunnen vaartuigen hier vooral aan de noordzijde schade veroorzaken. Ook zijn de gaten in de omheining 0.15 m bij 0.15 m. Deze keuze is gemaakt om de bomen met minimale diameter van 0.2 m binnen te houden. Echter kunnen vissen groter dan 0.15 m diameter niet in en/of uit de omheining zwemmen. Als laatste punt is er geen rekening gehouden met aanwezigheid van zwerfvuil en het effect hiervan op de omheining.

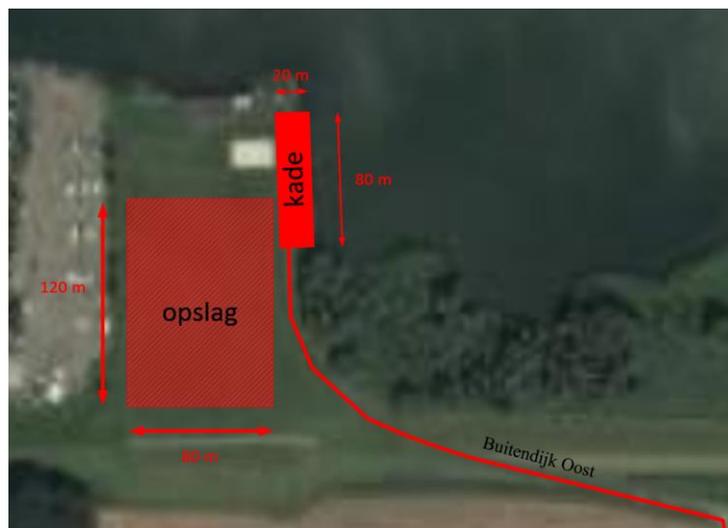
8. Kade ontwerp

Nut

Een belangrijk onderdeel van de afgeschermd zone is het ontwerp van een kade. De kade dient als verbinding tussen het vaste land en de afgeschermd zone. Deze verbinding is noodzakelijk tijdens de bouw van de afgeschermd zone. Hierin kunnen benodigde palen bij de kade worden opgeslagen en dan via water getransporteerd worden naar de locatie van de afgeschermd zone om daar ingetrild te worden. Daarbij kan de kade tijdens de in gebruikname van de afgeschermd zone dienen als opslag van de droge boomstammen om ze van daaruit naar de afgeschermd zone te transporteren. Andersom kunnen afgezonken bomen van de afgeschermd zone naar de kade worden getransporteerd. Naast materiaal kan ook materieel van land naar water en andersom via deze kade.

Dimensies

Vanuit de gebiedsstudie van locatie 3 lijkt de beste mogelijkheid deze te realiseren ten oosten van jachthaven Noordschans. Hier is enerzijds genoeg vrije ruimte voor verschillende soorten opslag, genoeg ruimte voor het aanmeren van verschillende type vaartuigen en kan, door een relatief grote waterdiepte, een redelijke diepgang worden gerealiseerd aan de kade. Daarbovenop ligt de kade in een soort inham van de Hollands Diep, waardoor het deels buiten het stroomvoerende gebied ligt.



Figuur 8. Kade en opslag

Dimensionering damwand

Voor de gehele berekening wordt verwezen naar bijlage J

Alvorens de damwand kan worden ontworpen zijn er een aantal zaken van belang. Allereerst moet de ondergrond worden bekeken. Aan de hand van de grondboringen van het DINOloket is te zien dat de ondergrond bestaat uit voornamelijk zandlagen en kleilagen. De belangrijkste gegevens van de grond zijn hierbij het droog volumiek gewicht (γ_{dry}) en het nat/verzadigd volumiek gewicht (γ_{sat}). De waarden van beide zijn bepaald aan de hand van de aanwezige grondlagen (zie bijlage J1).

Aan de hand van de gevonden grondparameters en verdeelde belasting, die nodig zijn voor het ontwerp van een damwand, is allereerst voor het gehele grondprofiel de verticale grondspanningen en waterspanningen berekend en grafisch weergegeven (bijlage J2).

Daarbij is de diepte t (embedded depth) de lengte tussen het momenten nulpunt D en het onderste punt van de bodem (in dit geval aan de linker zijde, namelijk ter plaatse van -0.6 m NAP).

Aan de hand van dit verticale spanningsdiagram kan door middel van vermenigvuldiging van de waarden met de parameters van de actieve zijde (K_a) en passieve zijde (K_p) een horizontaal spanningsdiagram worden verkregen (bijlage J3). Van deze horizontale spanningen kunnen horizontale krachten worden gevonden. Van deze horizontale krachten kunnen momenten ten opzichte van punt D worden verkregen (bijlage J4). Vanuit de theorie (Molenaar & Voorendt, 2017) wordt voorgeschreven dat de momenten in D evenwicht maken en hieruit volgt een analytische waarde van t . Hierna is ook gekeken of de gevonden waarde van t ook klopt met behulp van een momentencheck (bijlage J5).

Hierna zijn met behulp van het algebraïsche computerprogramma Maple (versie 18) het horizontale spanningsdiagram, de dwarskrachtenlijn en momentenlijn geplot. Hierbij is een maximum buigend moment gevonden in de damwand (bijlage J6).

Aan de hand van dit buigend moment is een type damwand gekozen die deze kan weerstaan. Uiteindelijk is gekozen voor een combiwand vanwege het relatief grote moment (bijlage J7).

9. Geometrisch ontwerp



Figuur 9. Indeling van de afgeschermdde zone

Bodemhoogtes

Er is gekozen om de maximale bodemhoogte op -1.3 m NAP te houden, dit is omwille van diepgang die voor pontons nodig is voor het bergen van de afgezonken bomen. Deze bodemhoogte zorgt ervoor dat de pontons het hele jaar door (dus ook bij lage waterstanden) de afgeschermdde zone kunnen bevaren. De maximale bodemhoogte van -1.3 m NAP is te vinden aan de zuidzijde (oeverzijde) van de afgeschermdde zone.

De minimale bodemhoogte wordt gelimiteerd door de grootte van de palen enerzijds en de eis van de KRW dat de bomen in zones van 1 tot 3 m diepte liggen. Hierbij is de minimale bodemhoogte -2.3 m NAP en is te vinden aan de noordzijde van de afgeschermdde zone.

De belangrijkste onderdelen van de afgeschermdde zone zijn nu grotendeels in kaart gebracht. Nu moeten al deze zaken in kaart gebracht worden om tot een geïntegreerd eindontwerp te komen.

Betonning

Om schade te voorkomen is gekozen om aan de oost- en westzijde extra palenrijen en betonning te plaatsen. Deze zijdes staan immers loodrecht op de vaarroutes van de vaartuigen en zal hierdoor de meeste impact hebben. De extra palenrijen worden aan de westzijde over de gehele breedte van de afgeschermdde zone doorgetrokken. Aan de oostzijde is dit slechts het bovenste deel, aangezien de inham door de jachthaven een groot deel van de breedte afschermt. Aan beide kanten wordt voor de zekerheid een extra marge aan de bovenzijde gehanteerd, waardoor onbevoegde vaartuigen ook niet te dicht langs de noordzijde van de afgeschermdde zone komen, terwijl deze door bevoegde vaartuigen juist wel goed bereikbaar blijft.

De palen van deze palenrijen zullen op een onderlinge afstand van 2 m komen om ervoor te zorgen dat ook de kleinere recreatievaartuigen er niet doorheen kunnen. Daaromheen zal betonning moeten komen om tijdig schippers van recreatievaartuigen te waarschuwen voor het aanwezige obstakel (nl. de afgeschermdde zone).

Aanmeerplaatsen

Om het plaatsen en bergen van de boomstammen in de afgeschermdde zone te verbeteren moeten er aan weerskanten van de omheining verstevigingen komen voor het aanmeren van de vaartuigen. Deze aanmeerplaatsen kunnen het

makkelijkst vervaardigd worden door op kortere onderlinge afstand (veel kleiner dan de huidige overspanning van 5 m, bijvoorbeeld 2 m in dit geval) dubbele palenrijen te plaatsen. Dit zijn dus verdichte delen in de omheining, die extra stevigheid geven. Aan de binnenzijde van de afgeschermd zone kan het ponton zich vastmaken, terwijl een beunschip dit aan de buitenzijde doet. Hierbij is het overhevelen van de boomstammen gemakkelijker voor de vaartuigen en zijn de risico's voor de omheining kleiner.

Gebruiksprocessen

Voor de gebruiksprocessen wordt verwezen naar bijlage K

Proces 1: Plaatsen van bomen

Als de afgeschermd zone gerealiseerd wordt zullen beunschepen van allerlei plaatsen of via de kade naar de afgeschermd zone gaan. Hier zullen ze aanmeren op een van de aanmeerplaatsen en dan met behulp van een graafmachine de bomen in het betreffende houtvak van de afgeschermd zone te plaatsen. Hierbij herhaalt proces 1 zich tot de gehele afgeschermd zone gevuld is met drijvend hout.

Proces 2: Bergen van boomstammen

Na verloop van tijd zijn de boomstammen afgezonken. Op dit moment kunnen pontons door duwboten via de poorten de omheining betreden en afgezonken bomen bergen op de pontons door middel van graafmachines.

Proces 3: Overhevelen boomstammen

Als een ponton vol zit met geborgen verzadigde boomstammen dan vaart het ponton naar een aanmeerplaats (aan de binnenzijde van omheining). Gelijktijdig is een beunschip bij dezelfde aanmeerplaats aanwezig, maar dan aan de buitenzijde van de omheining. Nu kunnen de boomstammen van ponton worden overgeheveld naar beunschip door middel van graafmachines. Als het beunschip eenmaal gevuld is met boomstammen, dan kan deze ofwel lossen op de kade ofwel doorvaren naar andere bestemmingen (lees: locaties met ontgrondingskuilen).

Kosten

Categorie	Onderdeel	Aantallen/verrichtingen
Omheining	Palen	1000 palen van 14 m zijn nodig.
		Deze dienen ingebracht (ingetrild) te worden
	Visnet	Er is een hoeveelheid aan visnet nodig van met een 4.6 m hoogte en totale lengte van 4880 m.
	Bevestiging	De palen en het visnet moeten aan elkaar bevestigd worden. De hoeveelheid hiervan is het aantal palen (= 1000) * 'aantal bevestigingen per paal' (indicatie aantal bevestigingselementen = 10000-30000)
	Ballast	Minimaal aantal (per 5 m onderlinge afstand) = 1000 Maximaal aantal (per 1 m onderlinge afstand) = 5000
	Poort	5 poorten (waarvan het aantal palen al meegerekend is in de 1000 palen).
Kade	Betonvloer	0.8 m betonvloer (of ander type met capaciteit van het gewicht van 19 kN/m ²).
	Combiwand	Tussen de 40 en 80 m combiwand (met een weerstandsmoment boven de 6200 cm ³ /m)
	Aanmeerpunten	Een aantal tussen de 10 à 20 aanmeerpalen
	Opslag	Bouwklaar maken van de 9600 m ² aan opslag
Markeringen (over afstand van 2x200 m)	Waarschuwborden	Elke 50 m geeft 8 borden
	Betonning	Betonning is standaard per 300 m. Dus dat geeft 2 bakens/boeien (aan weerskanten één)
Materieel	Graafmachines	Voor het bouwen van de afgeschermd zone (omheining)
		Plaatsen bomen in de afgeschermd zone (geplaatst op binnenvaartschip)
		Bergen bomen van de afgeschermd zone (geplaatst op ponton)
		Laden/lossen van boomstammen op kade
	Binnenvaartschepen	Plaatsen boomstammen in de afgeschermd zone
		Afvoeren boomstammen van de afgeschermd zone
	Ponton met duwboot	Bergen van de boomstammen
	Landtransport	Vrachtwagens die bomen en/of graafmachines transporteren van en naar de kade

Figuur 10. Analyse van de kosten

Voor de capaciteiten van het materieel zie bijlage L.

Conclusie en aanbevelingen (vervolgonderzoek)

Uit deze studie is gebleken dat vanuit een eerste blik gesteld kan worden dat een dergelijke afgeschermd zone voor drijvend hout mogelijk is. De belangrijkste elementen hiervan zijn aan het licht gekomen en lijken geen bezwaar te vormen voor eventuele verdere uitwerkingen. Deze uitwerkingen zullen zich voltrekken in het beproeven en verder onderzoeken van de gemaakte keuzes in dit project. Zo zijn er veel aannames in deze studie gemaakt die uiteraard beter onderzocht dienen te worden. Hieronder volgen een aantal zaken die beter onderzocht/gekwantificeerd moeten worden:

- Tijdsduur van het afzinken van een boomstam (van bepaalde dichtheid en omvang)
- Wet en regelgeving omtrent dit project
- Dimensies en stabiliteit van de gebruikte palen (14 m)
- Dimensies van de ballast
- Dimensies van de bevestigingselementen
- Nader onderzoek naar het ontwerp van de kade
- Kostenindicatie (uit te voeren door RWS of aannemers)
- Tijdsduur van de bouw van het project en de gebruikprocessen
- Ontwerp van poorten in de afgeschermd zone
- Ontwerp van de aanmeerplaatsen in de afgeschermd zone

Bronnen

ANWB (2007). *Wateralmanak: Vaargegevens*. Geraadpleegd op 7 oktober 2017 van https://books.google.nl/books?id=vn4u0IBt_LYC&pg=PA368&lpg=PA368&dq=spui+stroomrichting&source=bl&ots=vf8WKC7H7A&sig=SDSPOX8YMOuHYir8bdnXTte3Y70&hl=nl&sa=X&ved=0ahUKEwiiq-XhmN7WAhWMLMAKHfGNBIMQ6AEIUDAI#v=onepage&q=haringvliet&f=false

EICB (z.j.). *Schepen*. Geraadpleegd op 17 september 2017 van <https://www.informatie.binnenvaart.nl/schepen>

Garware-Wall Ropes Ltd (2011) *Product Data Sheets Rope, Twine and Netting*. Geraadpleegd op 12 oktober 2017 van http://www.gwrlusa.com/pdf/GARWARE_BROCHURES.pdf en <http://www.garwareropes.com/thor.html>

Liefveld, W. (2015). *Handreiking rivierhout. Hoe, waar en waarom?* Geraadpleegd op 28 september 2017 van <http://edepot.wur.nl/368990>

Molenaar, W. & Voorendt, M. (2017) *Manual Hydraulic Structures*. Delft: TU Delft

Rijkswaterstaat (2006). *MIT Verkenning vaarwegsplitsing Dordtsche Kil – Hollandsch Diep*. Geraadpleegd op 5 oktober 2017 van <file:///D:/d/kst-31200-A-95-b3.pdf>

Rijkswaterstaat (2011). *Beschrijving huidige situatie Haringvliet*. Geraadpleegd op 7 oktober 2017 van https://staticresources.rijkswaterstaat.nl/binaries/Rapportage%20Haringvliet_tcm21-23697.pdf

Rijkswaterstaat (z.j.-a). *Herstel leefgebied*. Geraadpleegd op 21 september 2017 van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/herstel-leefgebied/index.aspx>

Rijkswaterstaat (z.j.-b). *Uitvoering Kaderrichtlijn Water*. Geraadpleegd op 21 september 2017 van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/wetten-regels-en-vergunningen/natuur-en-milieuwetten/kaderrichtlijn-water/index.aspx>

Rijkswaterstaat (z.j.-c). *Haringvliet: Haringvlietsluizen op een kier*. Geraadpleegd op 21 september 2017 van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/haringvliet-haringvlietsluizen-op-een-kier/index.aspx>

RWS Waterdienst (2012). *Brondocument waterlichaam Haringvliet-west*. Geraadpleegd op 28 september 2017 van <https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiZxM7axsfWAhUSEIAKHeB1DtIQFggsMAE&url=http%3A%2F%2Fpublicaties.minienm.nl%2Fdownload-bijlage%2F21939%2Fbrondocument-haringvliet-west-2012.pdf&usg=AFQjCNGY1Yagf8florP1AZjSHfuDmGfLA>

US Netting (z.j.) *Netting; An Intuitive Guide to Nets*. Geraadpleegd op 12 oktober 2017 van <https://www.usnetting.com/articles/2013/11/17/netting-guide.html#material>

Figuren

Voorpagina: Luchtfotoserie Zuid-Holland - Hollandsch Diep. (foto: <https://beeldbank.rws.nl/MediaObject/Details/390264?resultArea=51,87|4,465|51,5906|4,855|&resultType=Map&mapId=24> , Rijkswaterstaat / Joop van Houdt)

Figuur 1. Rivierhout: de sleutelrol van dode bomen in de rivier. Aangepast overgenomen uit "Rivierhout" van Rijkswaterstaat (<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/herstelveengebied/rivierhout/index.aspx#71138>). Copyright, J. Helmer / ARK Natuurontwikkeling.

Figuur 2. Eigen afbeelding (met behulp van Google Maps)

Figuur 3. Locaties voor de parkeerplaats. Aangepast overgenomen van www.edugis.nl. Copyright, Edugis

Figuur 4: Eigen afbeelding

Figuur 5: Eigen afbeelding

Figuur 6: Eigen afbeelding

Figuur 7: Fredheim, A. (2012) *Modern aquaculture Technology, Norway: Marine aquaculture – challenges and opportunitie [PPT]*. Bewerkt overgenomen uit <http://injan.no/marine/files/2012/03/Arne-Fredheim.pdf> (geraadpleegd op 22-10-2017)

Figuur 8: eigen afbeelding

Figuur 9: Eigen afbeelding

Figuur 10: Eigen afbeelding

Bijlage A

NB. De onderstaande tekst uit bijlage A is wel gebruikt om tot een variantenstudie te komen, maar in het vervolg daarvan is gebleken dat sommige aannames incorrect zijn en is hiervan afgeweken.

Paalwormen

Door het Kierbesluit 2018 kunnen mogelijk paalwormen uit de zoutwaterige Noordzee zich ook gaan vestigen in het Haringvliet. Deze kunnen schade veroorzaken aan de geplaatste palen. Hiermee moet rekening gehouden worden in dit onderzoek. Zie figuur 2 voor de ligging van de toekomstige brakke zone (rood)

Waterdiepte

De bomen moeten na afzinken grotendeels onder water blijven (meer dan 90% van de tijd). Dit houdt in dat de maximale boomdiameter dus gelijk moet zijn aan de minimale waterdiepte in de afgeschermd zone opdat de boomstam nooit droog komt te liggen. Voor KRW eisen geldt dat de zone minimaal 1 m diep moet zijn. De maximale boomdiameter is dus 1 m.

Het getij in Haringvliet/Hollands Diep fluctueert relatief weinig aangezien de afgesloten Haringvlietkering direct contact met de zee verhindert. Uit waterstandgegevens van RWS (getij.rws.nl) van Hellevoetsluis (gelegen aan Haringvliet) en Moerdijk (gelegen aan Hollands Diep) blijkt dat de verschillen in hoogwater en laagwaterstanden in dit gehele water ruim binnen 30 cm boven of beneden de gemiddelde waterstanden blijven liggen.

De minimale gemiddelde waterstand voor de afgeschermd zone is dus gelijk aan de maximale boomdiameter en de getij fluctuatie, dus moet de gemiddelde minimale waterstand 1.3 m zijn.

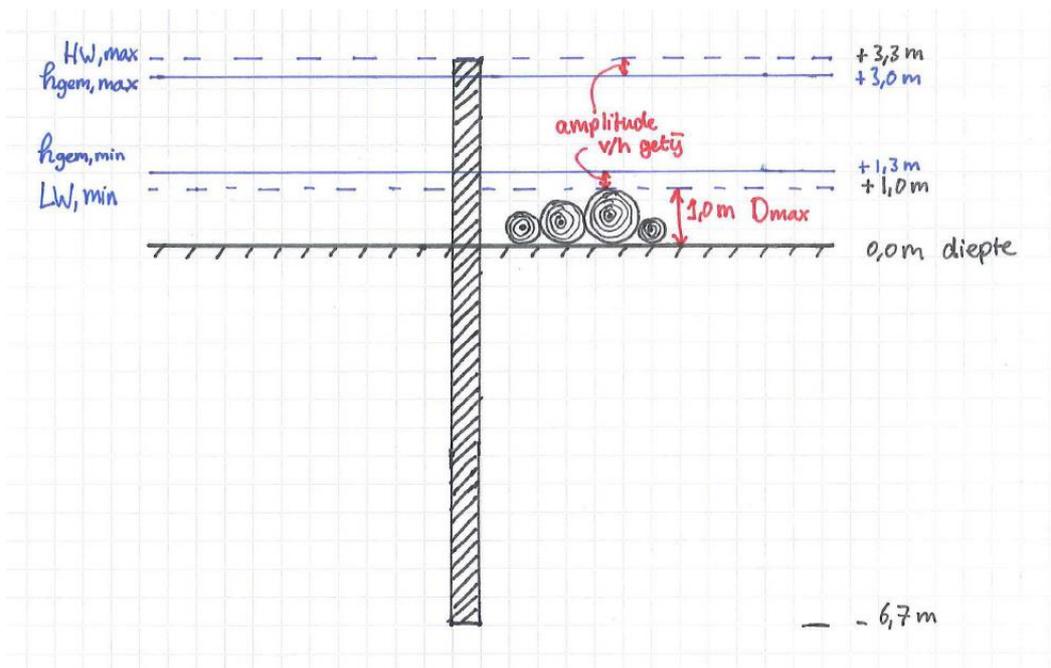
Voor het aan- en afleveren van de boomstammen bij de afgeschermd zone moet er rekening gehouden met voldoende diepgang voor beunschepen. De maximale diepgang bij een vol geladen spits, een type beunschip met een laadruim van 800 m^3 als uitgangspunt, bedraagt 2.5 m (EICB, z.j.). Aanmeerplaatsen en aan- en afvoerwegen voor deze schepen moeten hierdoor voldoende diep zijn. Met het in rekening houden van hoog- en laagwaterstandsverschillen resulteert dit in een gemiddelde minimale diepte van 2.8 m.

Vanwege stabiliteitsredenen dienen de palen, die de omheining van de afgeschermd zone, voor minimaal $2/3$ van de lengte in de grond getrild te worden. Met palen van 10 m, als uitgangspunt van RWS, zal een $1/3$ paallengte uit de bodem omhoog steken, wat gelijk is aan 3.3 m (zie figuur 3).

De maximale hoogwaterstand (HW,max) is dus gelijk aan 3.3m, dus zal de maximale gemiddelde waterstand (hgem,max) i.v.m. het getij 0.3 m onder zitten (op een hoogte van 3.0m).

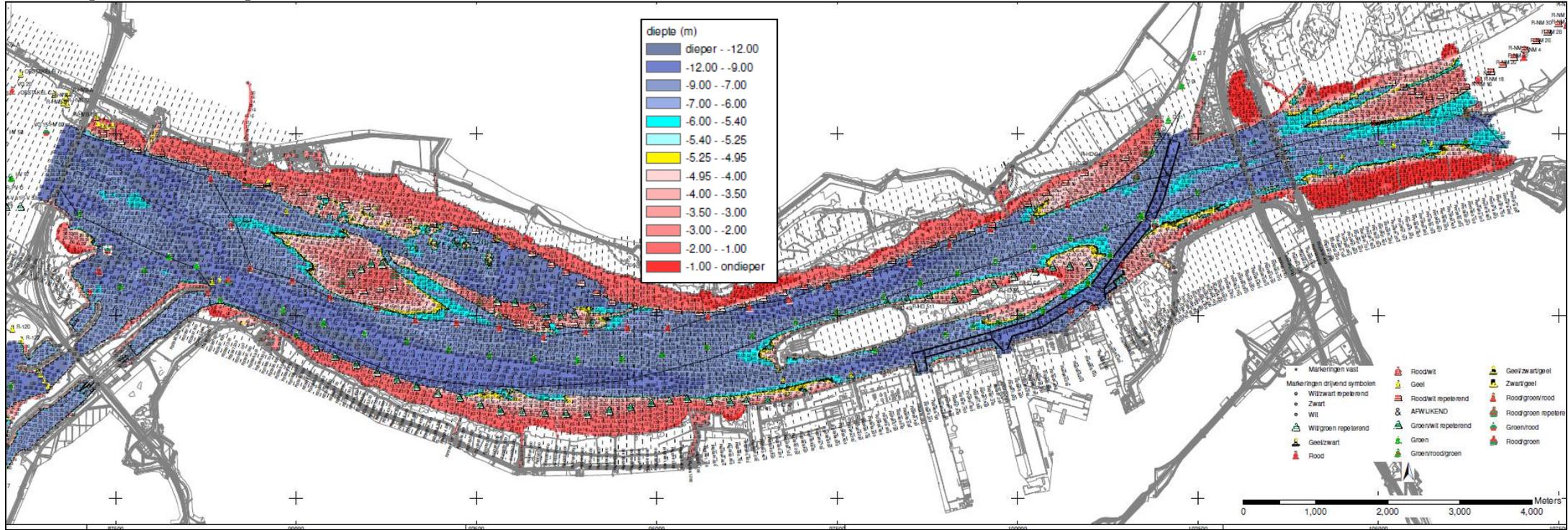
De minimale laagwaterstand (HW,min) is gelijk aan de maximale boomdiameter van 1.0 m. Door fluctuaties in het getij is daardoor de minimale gemiddelde waterstand (hgem, min) 1.3 m.

De afgeschermd zone zal binnen de 1.3 m en 3.0 m diepte moeten blijven.

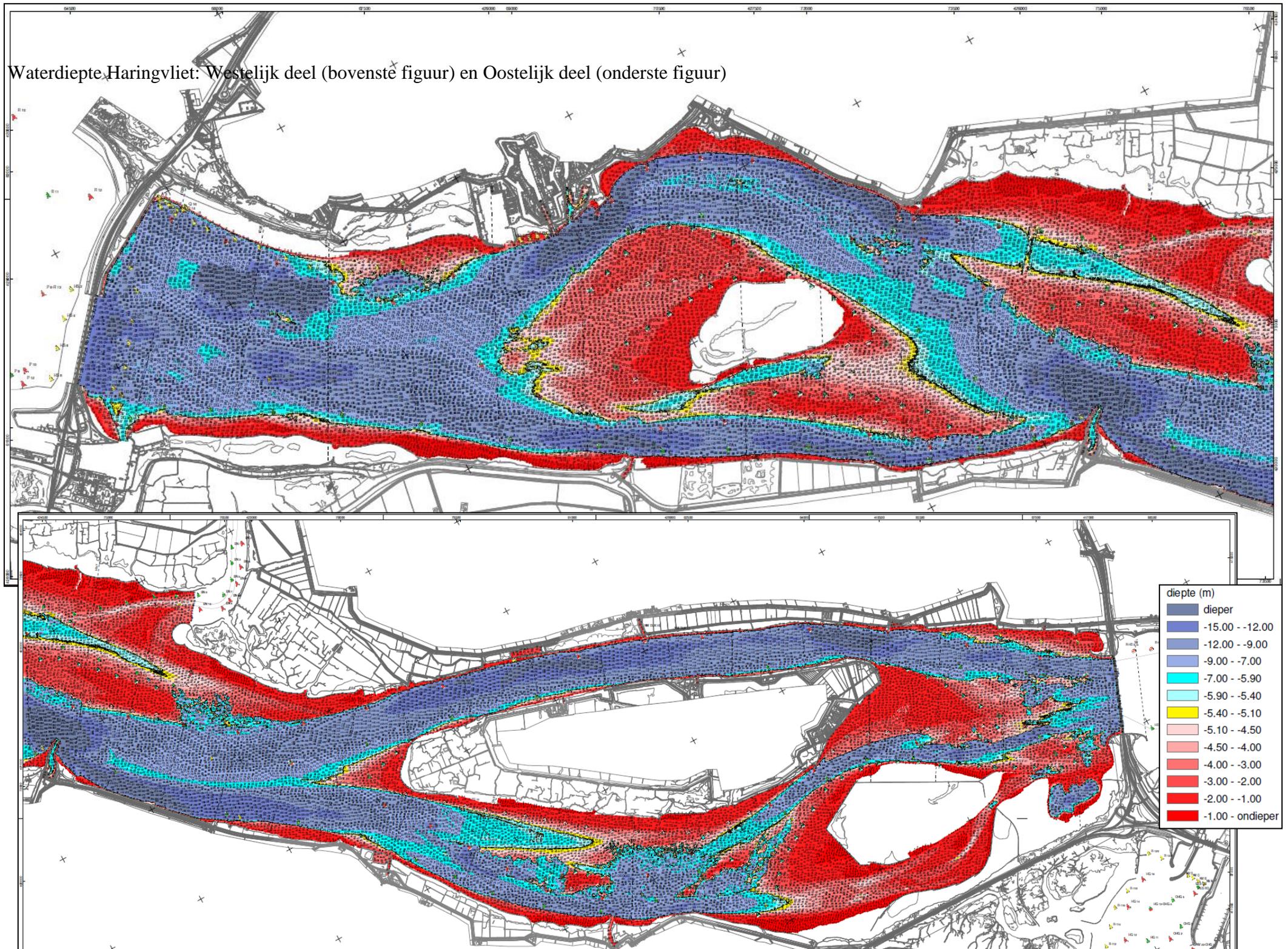


Bijlage B

Waterdiepte Hollands Diep

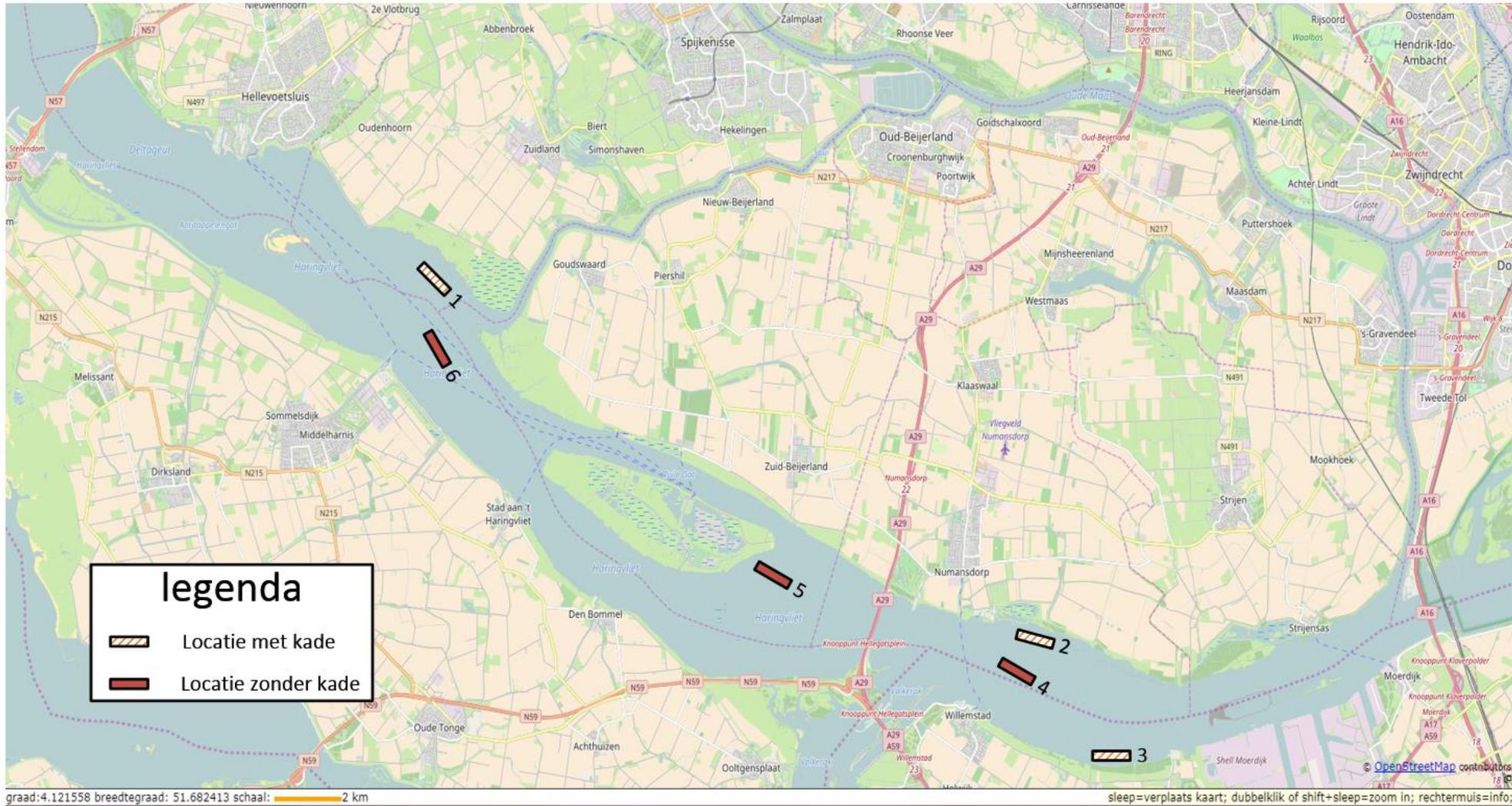


Waterdiepte Haringvliet: Westelijk deel (bovenste figuur) en Oostelijk deel (onderste figuur)

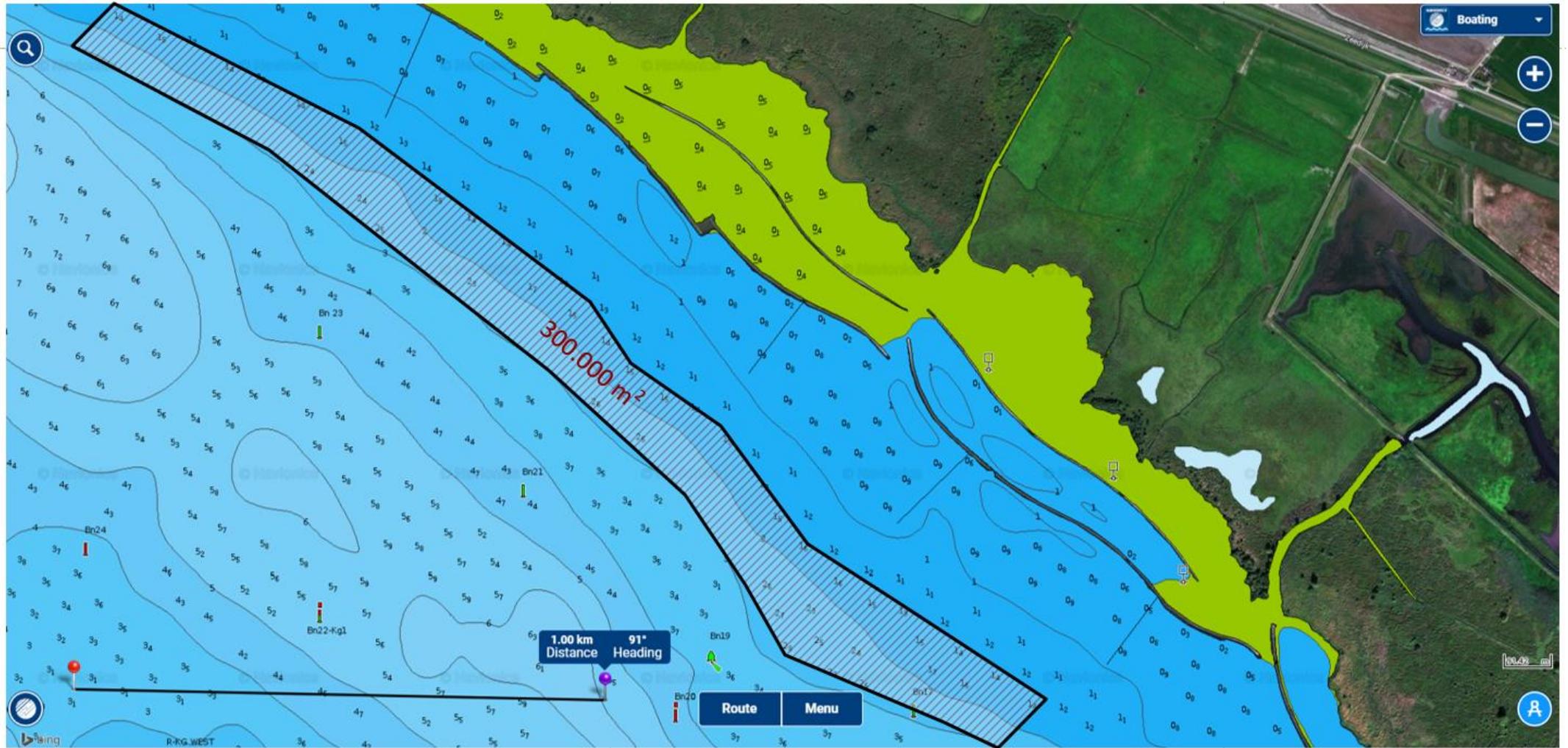


Bijlage C

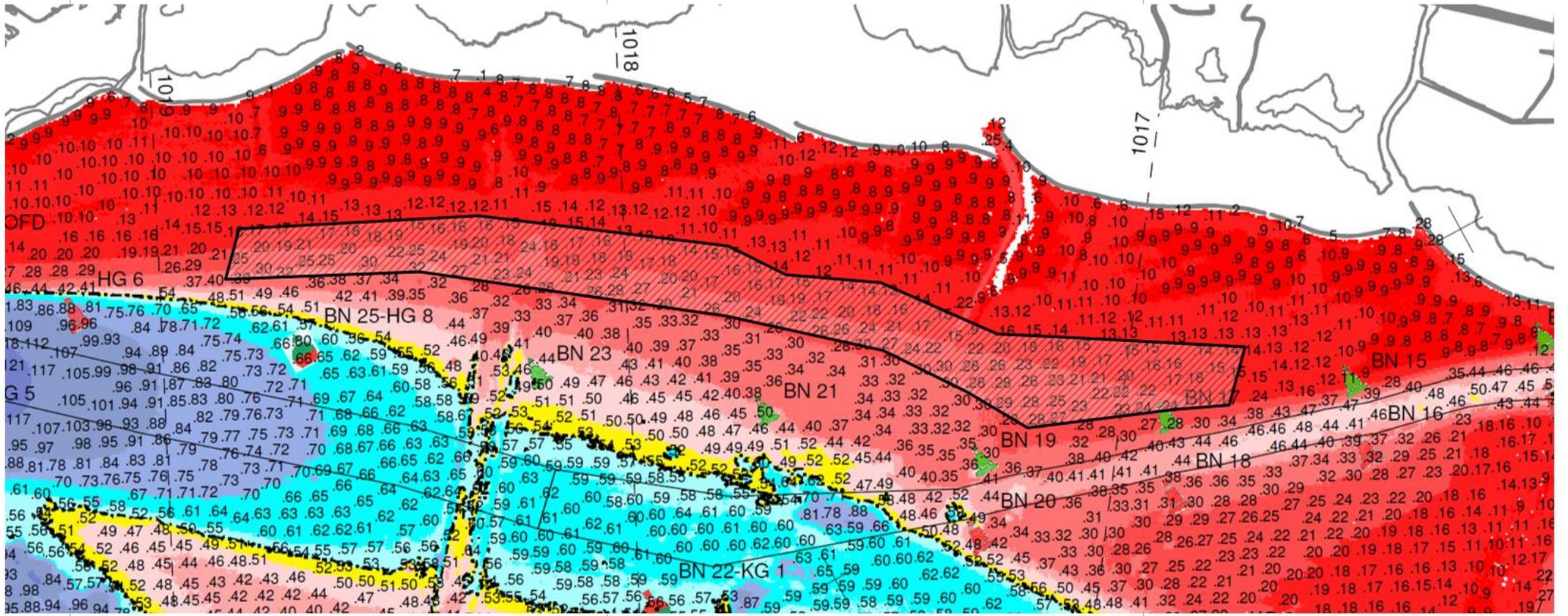
Overzichtskaart (eigen tekening mbv www.edugis.nl)



Locatie 1 (Navionics)



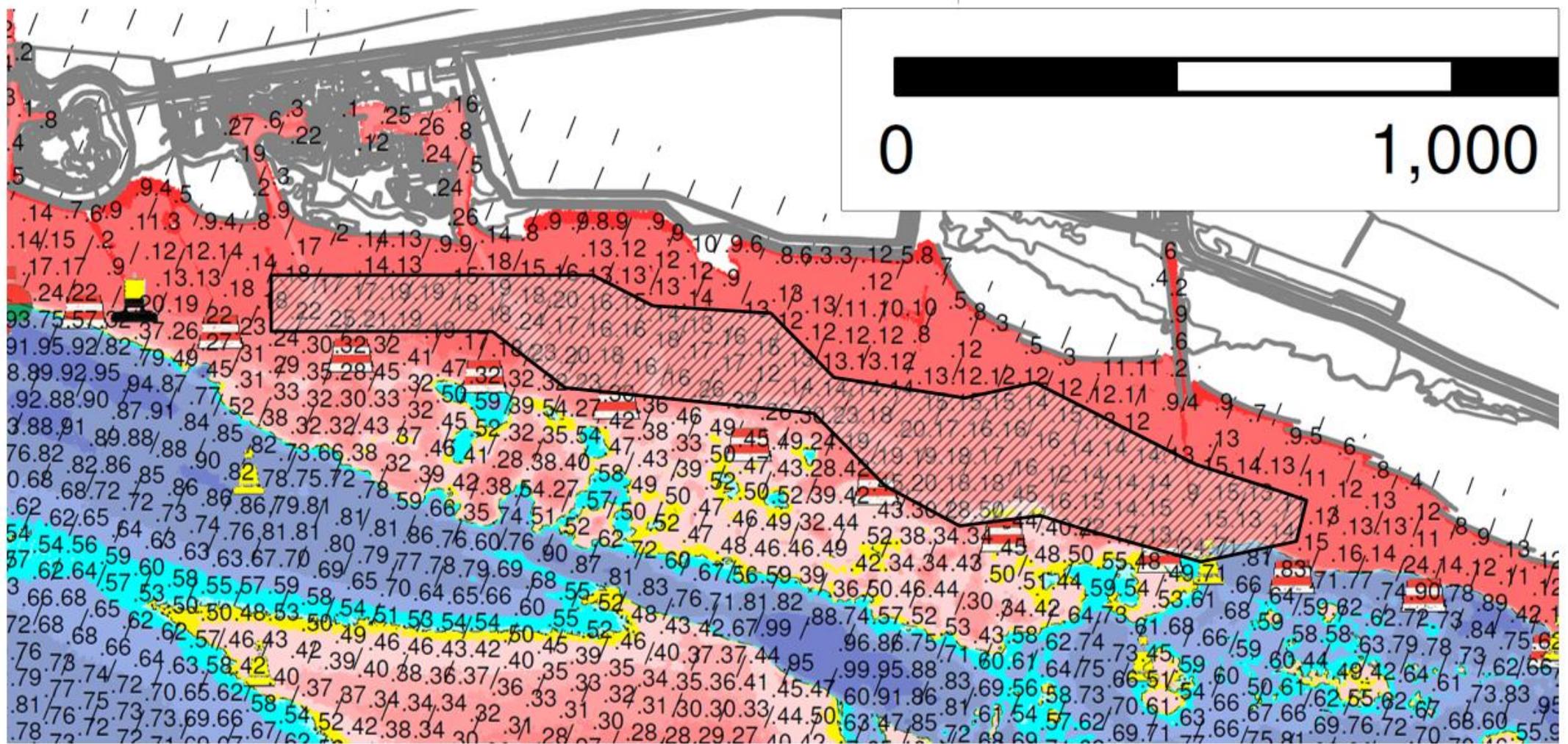
Locatie 1 (RWS)



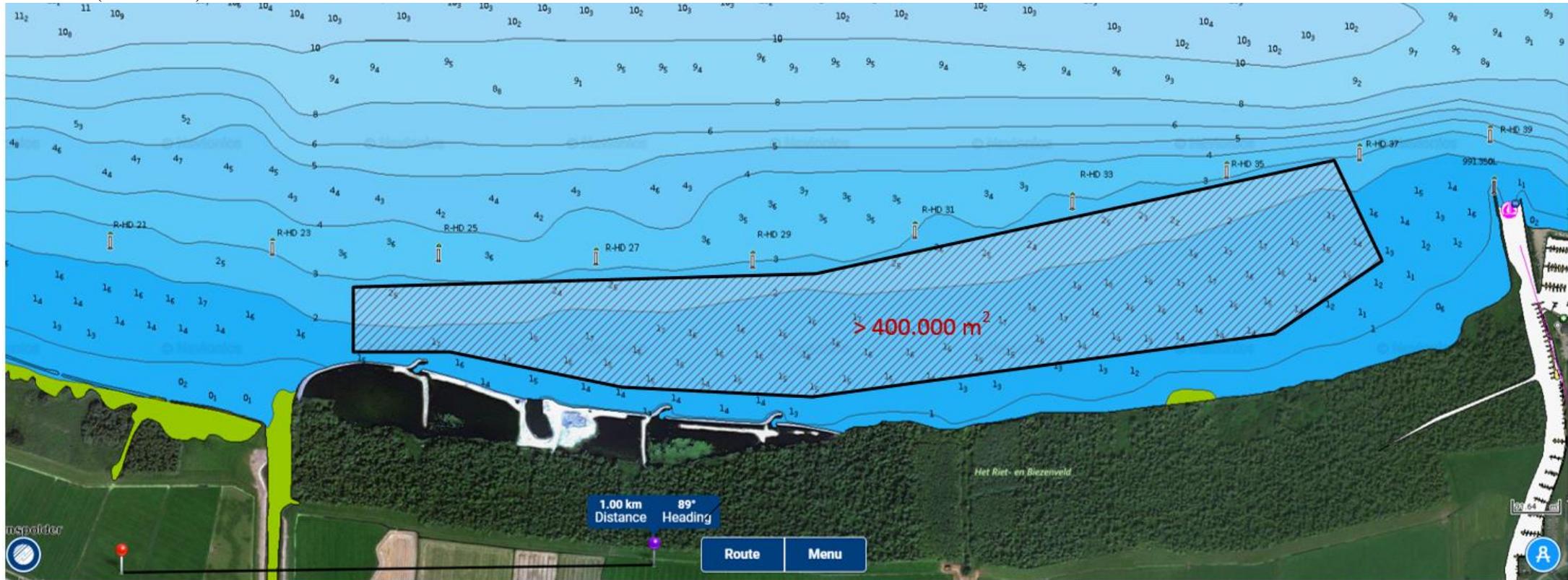
Locatie 2 (Navionics)



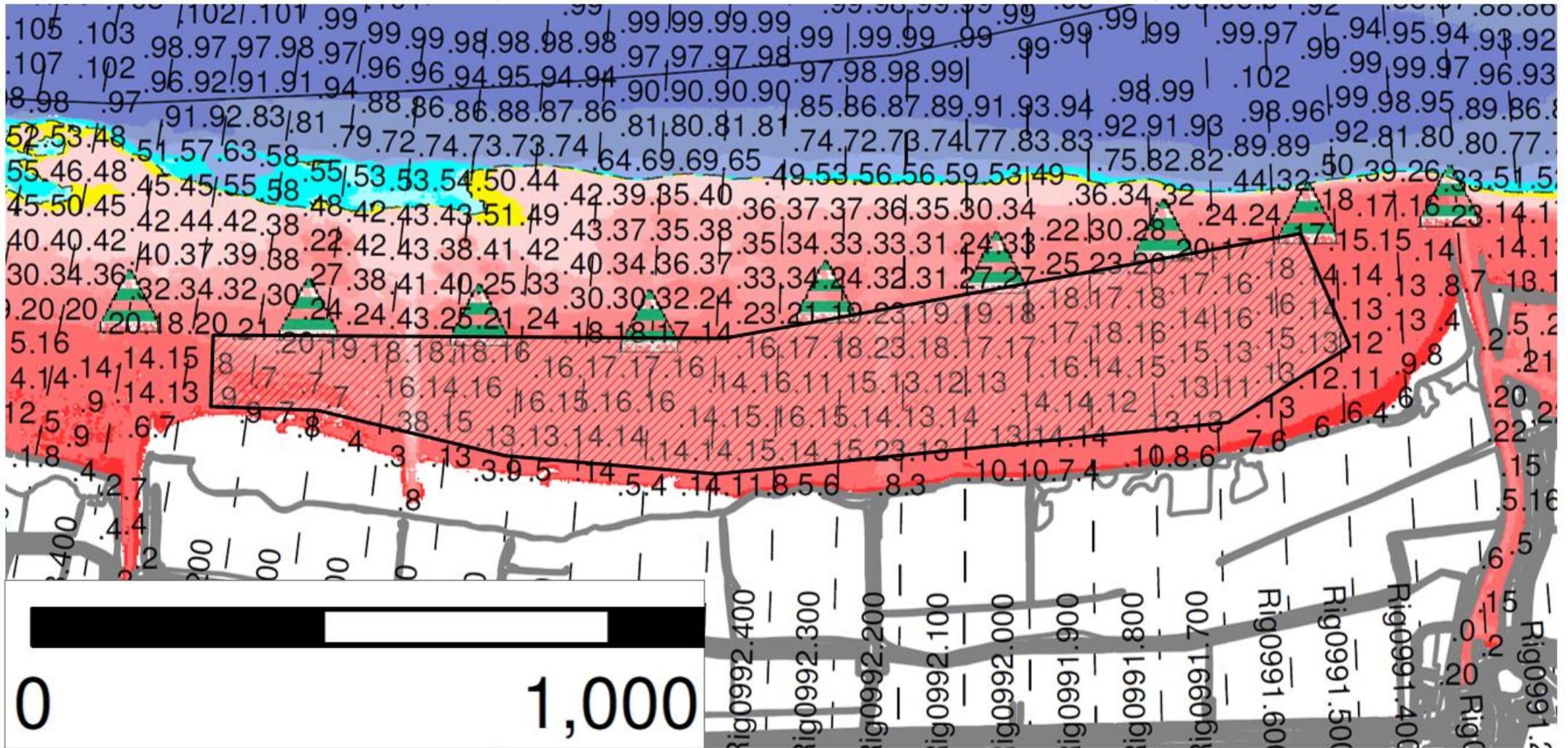
Locatie 2 (RWS)



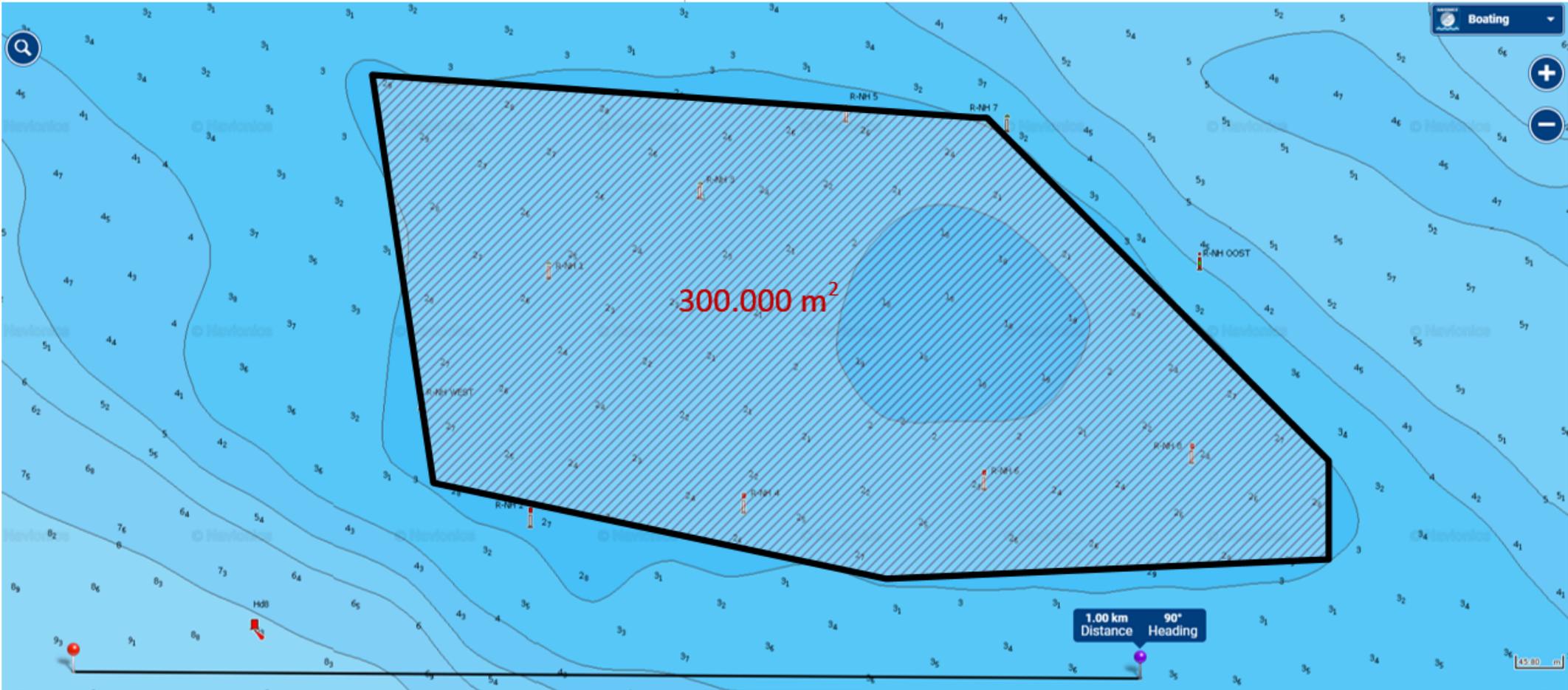
Locatie 3 (Navionics)



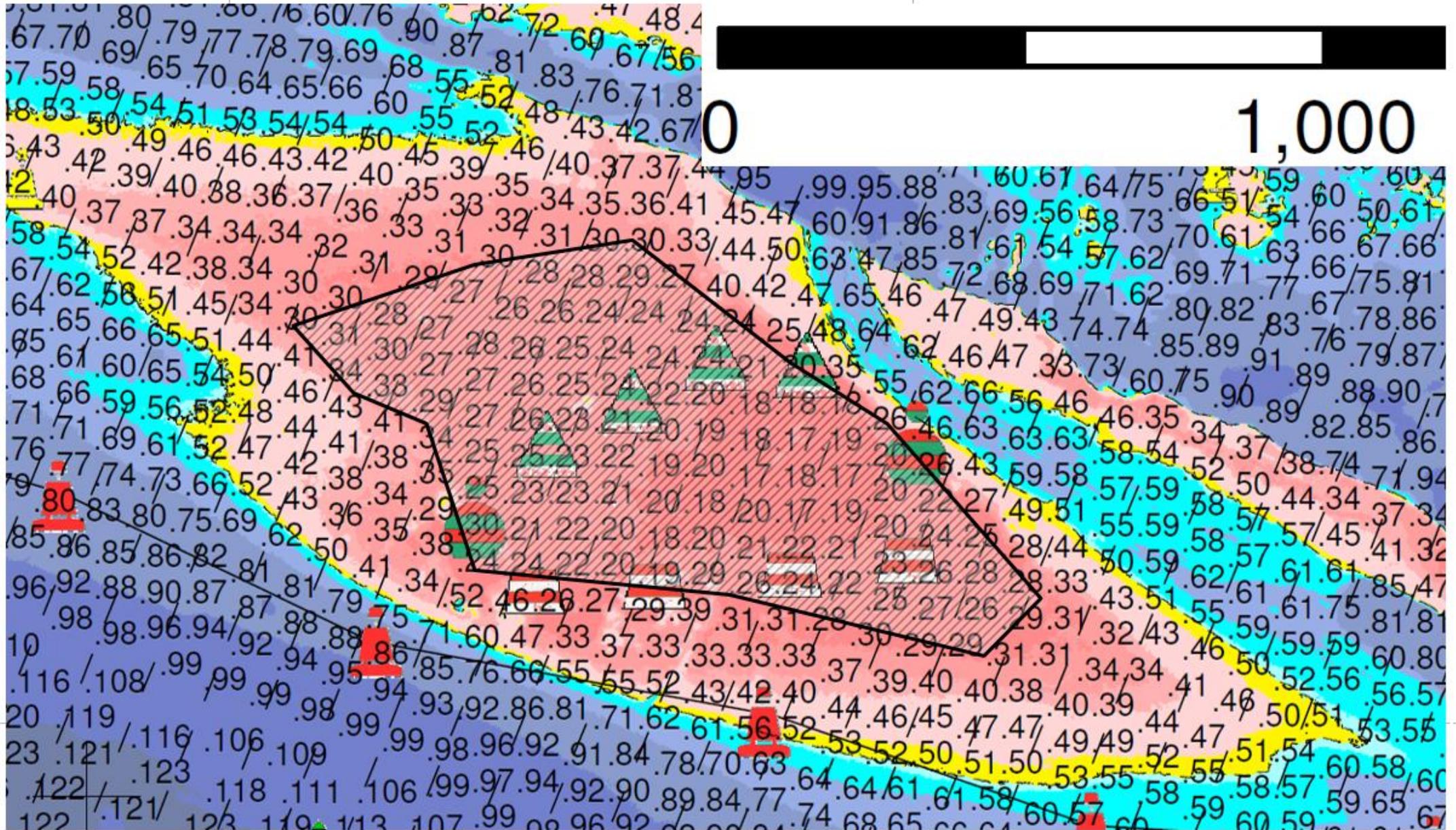
Locatie 3 (RWS)



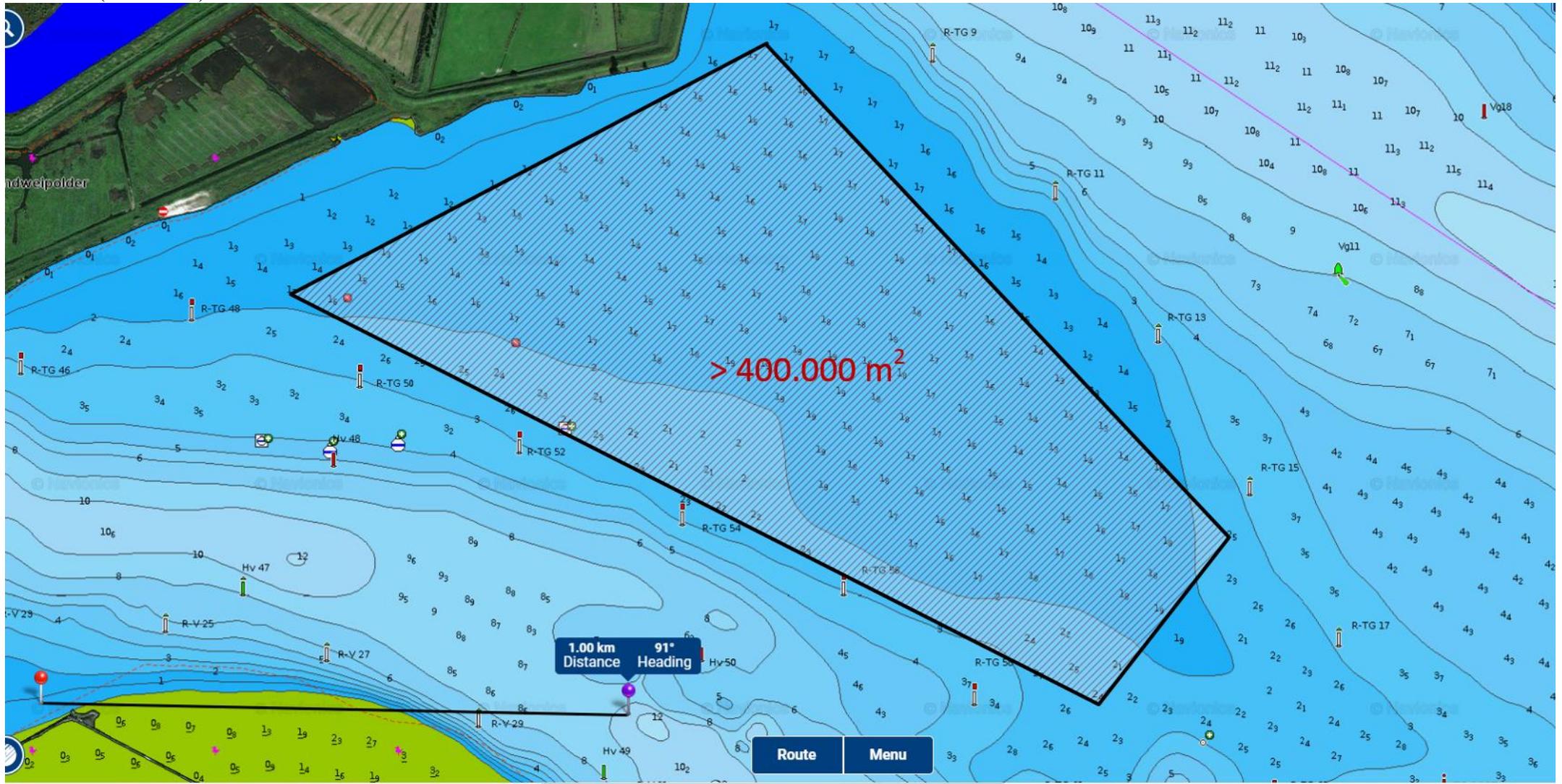
Locatie 4 (Navionics)



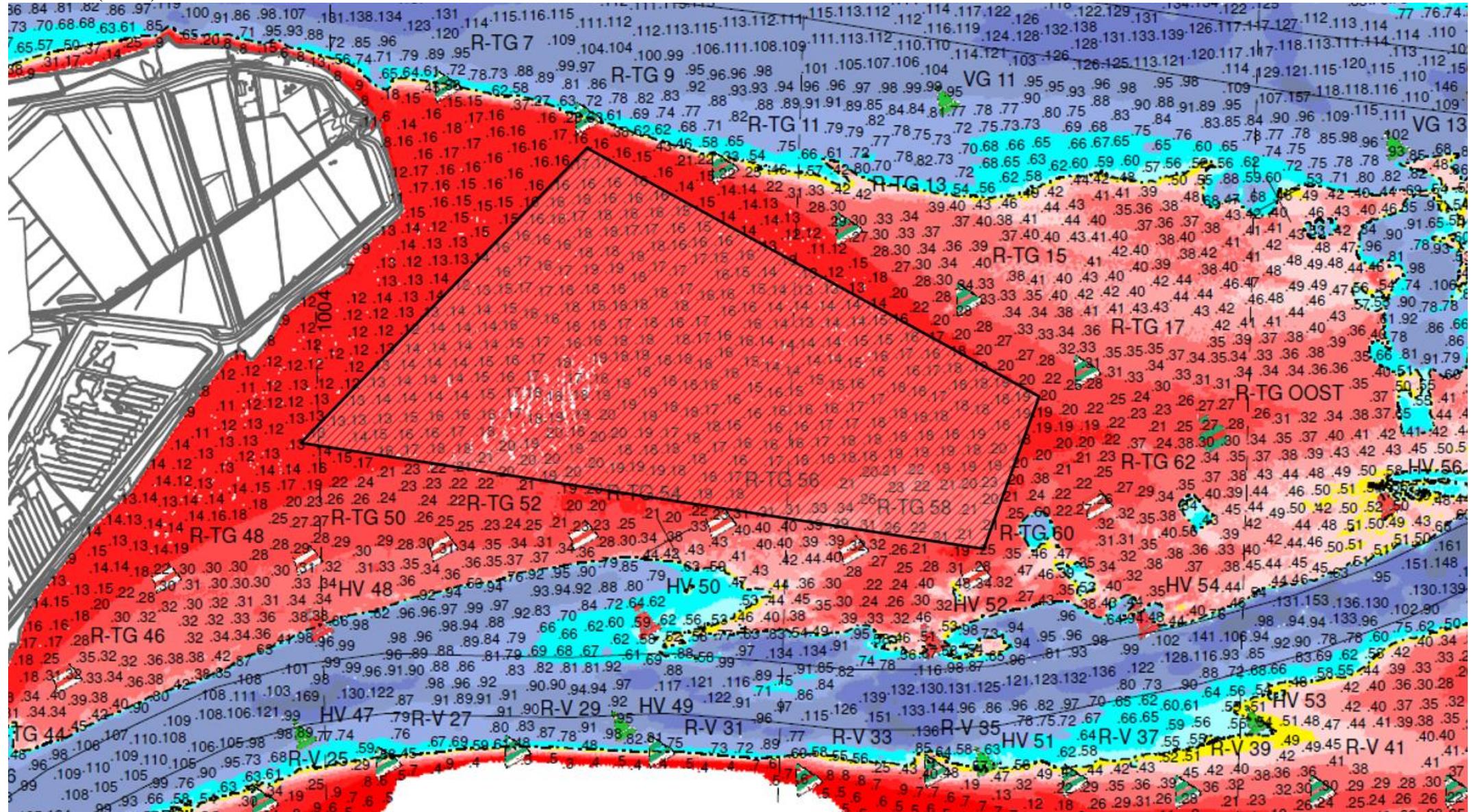
Locatie 4 (RWS)



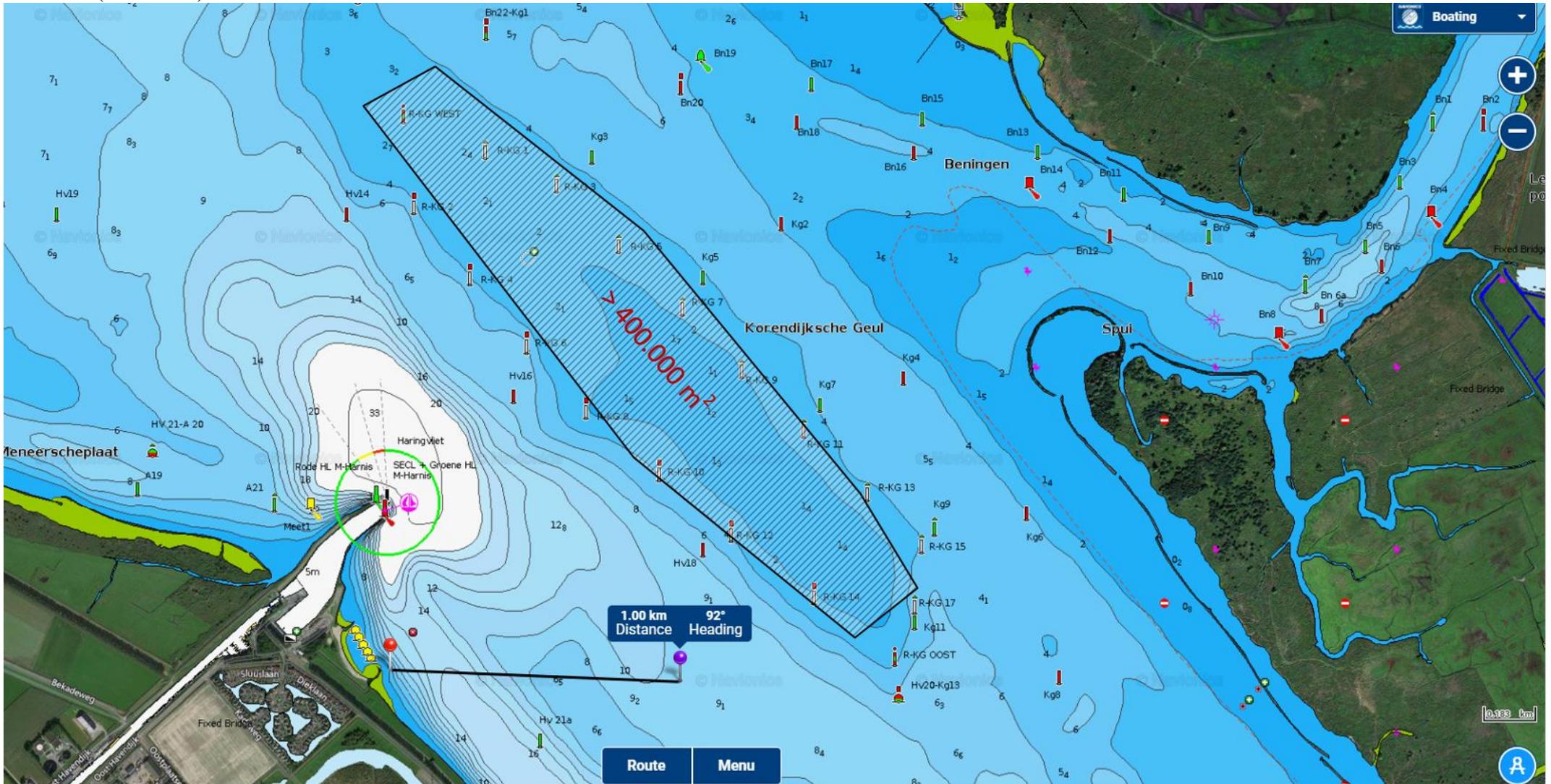
Locatie 5 (Navionics)



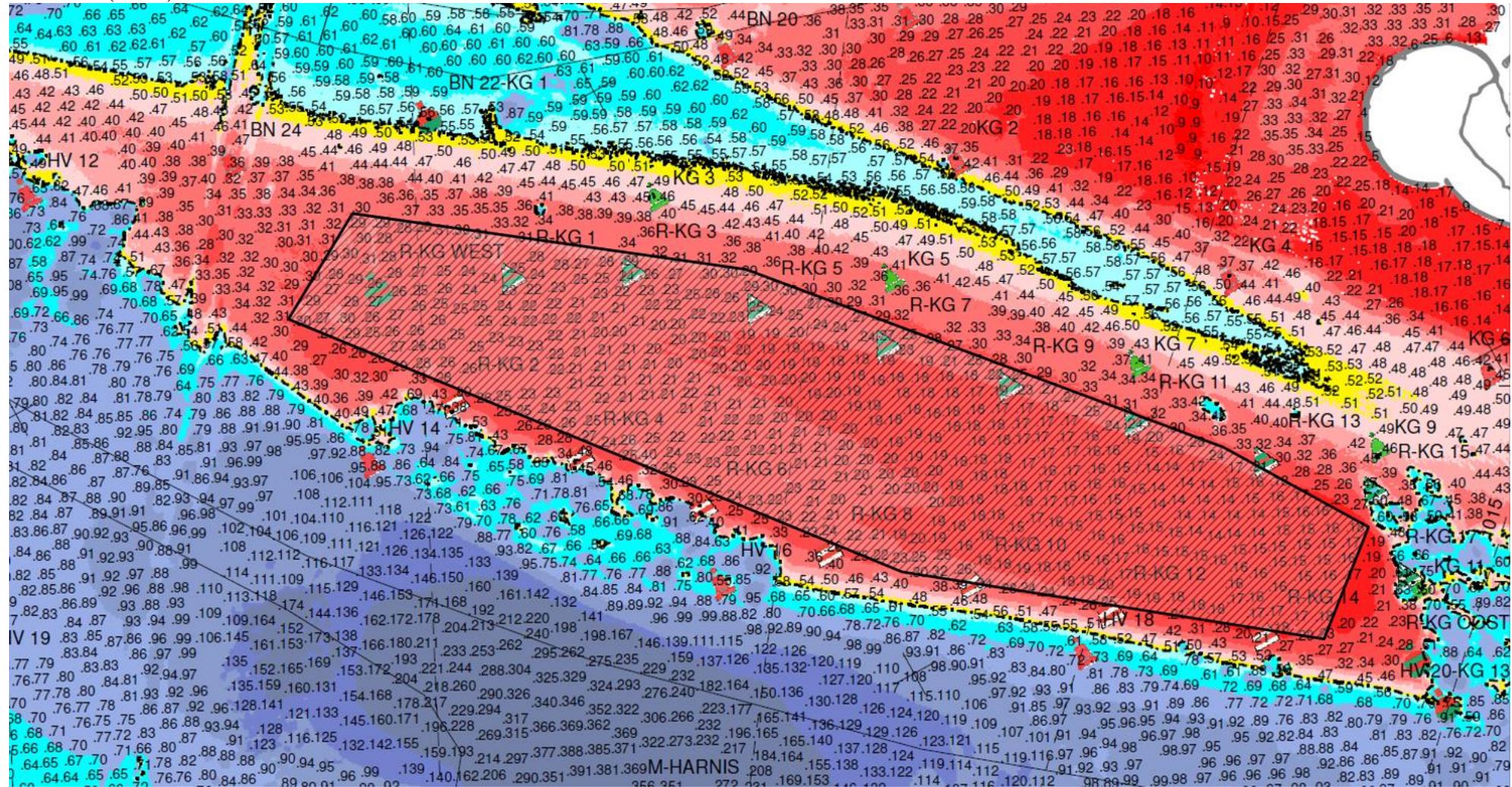
Locatie 5 (RWS)



Locatie 6 (Navionics)



Locatie 6 (RWS)



Bijlage D

Locatie 1

Beschikbaar oppervlak: Het beschikbare oppervlak is gering (slechts 300.000 m²). Dit is te verwijten aan de kleine breedte (parallel aan de oevers minder dan 150 m) die voldoet aan de eisen van de afgeschermd zone.

Vorm oppervlak: De afgeschermd zone is erg langwerpig van vorm en is daardoor niet erg economisch vanwege de grote hoeveelheid palen die nodig is voor de afgeschermd zone.

Bereikbaarheid vanaf land: Via land is deze locatie erg goed te integreren met de huidige infrastructuur, toch zal voor een goede aansluiting

Bereikbaarheid vanaf water: Vanaf water een kade met voldoende diepgang gerealiseerd moeten worden. Dit is een uitdaging aangezien er ter plaatse veel ondiepe oevers zijn, de kade zal meer bovenstrooms moeten worden uitgevoerd (in Spui bijvoorbeeld).

Hinder scheepvaart: De afgeschermd zone ligt buiten vaargeulen, dus zal geen hinder vormen voor scheepvaart.

Hinder recreatievaart: Er zijn geen jachthavens in de buurt.

Potentiële schade door paalwormen: De afgeschermd zone ligt binnen het gebied dat, volgens het Kierbesluit vanaf 2018, mogelijk gaat verzilten. Hierdoor moet rekening gehouden worden met aantasting van de houten palen door paalwormen, die zich door het zoute water in de palen kunnen gaan vestigen.

Bodemoppervlak: In de breedte verloopt het oppervlak van 1.3m tot 3m, waardoor het bodemoppervlak schuin ligt.

Stroomrichting: Onder normale condities gaat de stroming van het noordwesten naar het zuidoosten (zie zwarte pijlen in Bijlage C, locatie 1 (navionics)). Als de Haringvlietsluizen geopend zijn dan gaat de stroming andersom ((zie rode pijlen in Bijlage C, locatie 1 (navionics)). De stroomrichting blijft onder beide condities in dezelfde richting als de richting van de lengte van de afgeschermd zone.

Stroomsnelheid: De stroomsnelheid in het Haringvliet ligt in de range van 0,2 tot 0,7 m/s (Rijkswaterstaat, 2011).

Golven: De mate van golven ten gevolge van de scheepvaart is gering. Er is een vaargeul langs de zijde van de afgeschermd zone, maar de afstand tussen beide is gemiddeld 100 m.

Locatie 2

Beschikbaar oppervlak: Er is genoeg beschikbare ruimte in het gebied (360.000 m²).

Vorm oppervlak: De sterk wisselende diepte maakt het echter lastig om een eenvoudige ontwerpvorm aan te houden, waardoor de vorm van de afgeschermd zone erg ingewikkeld is.

Bereikbaarheid vanaf land: De bereikbaarheid vanaf land is hier water minder goed, maar de aanleg van nieuwe infrastructuur is wel degelijk mogelijk.

Bereikbaarheid vanaf water: De aanleg van een kade is moeilijk, aangezien de waterdiepte aan de oevers zeer gering is.

Hinder scheepvaart: Het gebied ligt buiten vaargeulen, dus hindert geen scheepvaart.

Hinder recreatievaart: Er moet rekening gehouden worden met de jachthaven Strijen (in het noord-westen), waarbij recreatievaart een probleem kan vormen.

Potentiële schade door paalwormen: Niet van toepassing (ligt buiten brakwaterzone)

Bodemoppervlak: Ligt in de breedte grotendeels onder een hele flauwe helling

Stroomrichting: Van het zuidwesten naar het noordoosten, dus gaat de stroming evenwijdig aan de richting van de lengte van de afgeschermd zone.

Stroomsnelheid: De stroomsnelheid in het Hollands Diep bedraagt 0,25 tot 0,47 m/s (ANWB, 2007)

Golven: De mate van golven ten gevolge van de scheepvaart is gering. Er is een vaargeul langs de zijde van de afgeschermd zone, maar de afstand tussen beide is gemiddeld 20 m.

Locatie 3

Beschikbaar oppervlak: Het gebied heeft een groot beschikbaar oppervlak (>400.000 m²).

Vorm oppervlak: Er kan ook voor een eenvoudige rechthoekige vorm gekozen worden van de afgeschermd zone.

Bereikbaarheid vanaf land: De grote hoeveelheid bomen van Het Riet-en Biezenveld maakt een kade op die specifieke locatie lastig. Daarom zal een kade op enige afstand moeten worden gerealiseerd (nabij jachthaven Noordschans).

Bereikbaarheid vanaf water: Vanaf water is de afgeschermd zone goed bereikbaar als een kade gerealiseerd kan worden nabij jachthaven Noordschans.

Hinder scheepvaart: Scheepvaart wordt niet gehinderd, aangezien dit gebied buiten vaargeulen ligt.

Hinder recreatievaart: Er moet echter wel rekening gehouden worden met jachthaven Noordschans (in het oosten) bij het transport van kade naar afgeschermd zone en andersom.

Potentiële schade door paalwormen: Niet van toepassing

Bodemoppervlak: De bodem is erg vlak.

Stroomrichting: Van het noordoosten naar het westen, dus gaat de stroming evenwijdig aan de richting van de lengte van de afgeschermd zone.

Stroomsnelheid: De stroomsnelheid in het Hollands Diep bedraagt 0,25 tot 0,47 m/s

Golven: De mate van golven ten gevolge van de scheepvaart is gering. Er is een vaargeul langs de zijde van de afgeschermd zone, maar de afstand tussen beide is gemiddeld 20 m.

Locatie 4

Beschikbaar oppervlak: Het beschikbare oppervlak voldoet net aan de minimale eisen (300.000 m²).

Vorm oppervlak: Het oppervlak is economisch vanwege de compacte vorm (lengte niet heel veel groter dan de breedte).

Bereikbaarheid vanaf land: niet van toepassing (geen kade)

Bereikbaarheid vanaf water: De bereikbaarheid vanaf water is prima, vanwege de ligging tussen twee vaargeulen.

Hinder scheepvaart: Door de ligging tussen twee vaargeulen worden schepen niet gehinderd, maar is de kans op verhindering wel groter van schepen/recreatievaart die zich hier niet aan houden. Daarbij begeeft dit gebied zich op een druk punt waar het Haringvliet, het Hollands Diep en het Volkerak samen komen.

Hinder recreatievaart: hiervoor geldt hetzelfde als voor de scheepvaart.

Potentiële schade door paalwormen: niet van toepassing

Bodemoppervlak: De bodem is erg vlak.

Stroomrichting: Van het zuidoosten naar het noordwesten, de richting staat schuin op de breedte- en lengterichting van de afgeschermd zone.

Stroomsnelheid: De stroomsnelheid in het Hollands Diep bedraagt 0,25 tot 0,47 m/s

Golven: De mate van golven ten gevolge van de scheepvaart is hoog. De afgeschermd zone ligt tussen twee vaargeulen in, waarbij de afstand zo'n 10 m is.

Locatie 5

Beschikbaar oppervlak: Het beschikbare oppervlak is heel groot (>400.000 m²).

Vorm oppervlak: Door het grote beschikbare oppervlak kan men erg vrij zijn in de keuze van de vorm van de afgeschermd zone.

Bereikbaarheid vanaf land: niet van toepassing (geen kade)

Bereikbaarheid vanaf water: De bereikbaarheid vanaf water is prima, vanwege de ligging tussen twee vaargeulen.

Hinder scheepvaart: Nee, het oppervlak is erg afgelegen.

Hinder recreatievaart: Nee, het oppervlak is erg afgelegen.

Potentiële schade door paalwormen: niet van toepassing

Bodemoppervlak: De bodem is erg vlak.

Stroomrichting: Van het zuidoosten naar het noordwesten, ofwel in de lengterichting van de afgeschermd zone.

Stroomsnelheid: De stroomsnelheid in het Haringvliet ligt in de range van 0,2 tot 0,7 m/s.

Golven: De mate van golven ten gevolge van de scheepvaart is substantieel. De afgeschermd zone ligt op een punt waar een vaargeul in tweeën splitst met een afstand van vaargeul tot afgeschermd zone van zo'n 40 m.

Locatie 6

Beschikbaar oppervlak: Het beschikbare oppervlak is heel groot ($>400.000 \text{ m}^2$).

Vorm oppervlak: De vorm van het oppervlak is rechthoekig (met een breedte van circa 300 m)

Bereikbaarheid vanaf land: niet van toepassing (geen kade)

Bereikbaarheid vanaf water: De bereikbaarheid vanaf water is prima, vanwege de ligging tussen twee vaargeulen.

Hinder scheepvaart: Geen hinder, aangezien de zone zich buiten de vaargeulen bevindt.

Hinder recreatievaart: idem dito

Potentiële schade door paalwormen: Net als bij locatie 1 zal er moeten worden gelet op de negatieve effecten van paalwormen.

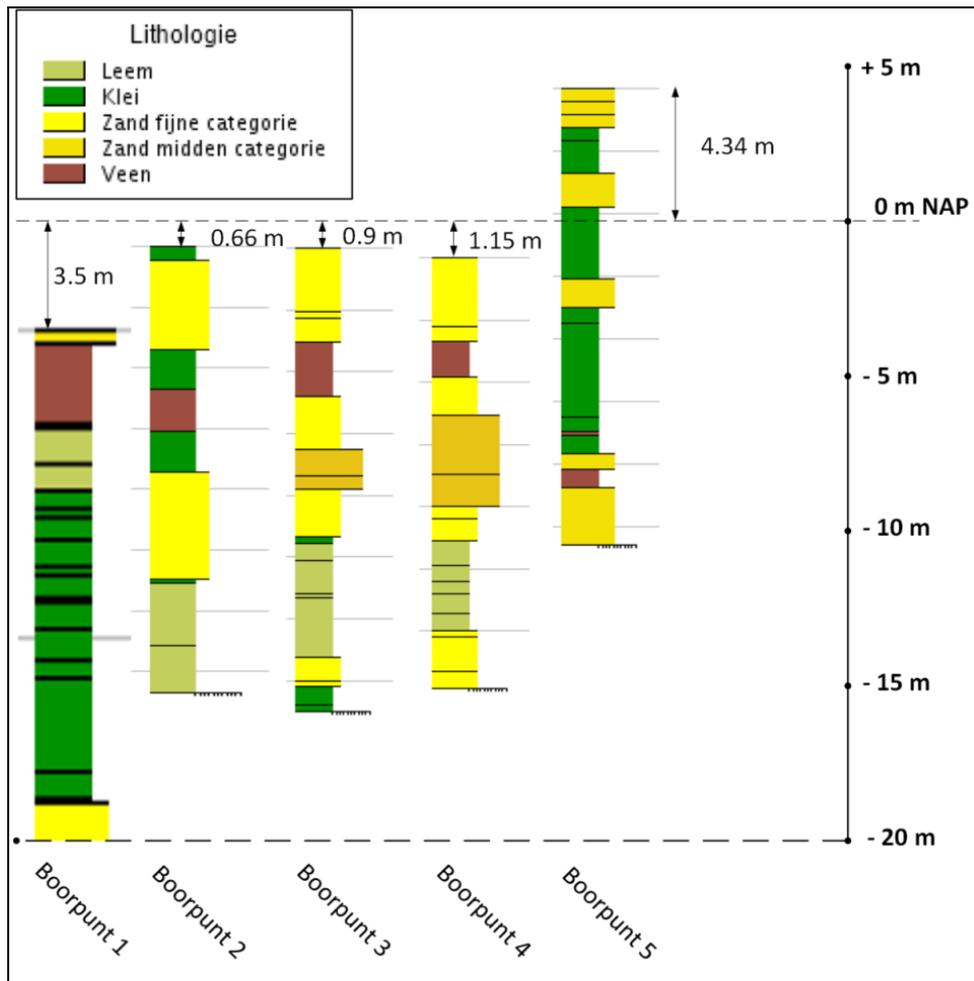
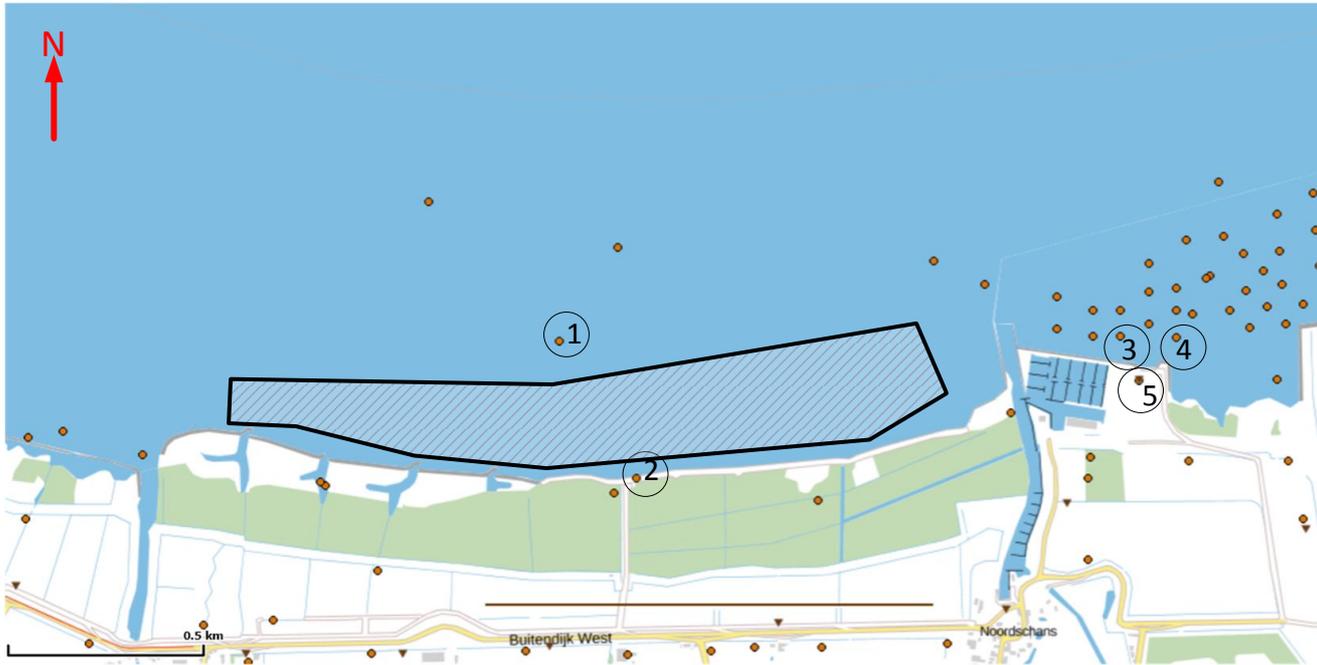
Bodemoppervlak: Een hele flauwe helling (met een kleinere diepte in het midden en een grotere diepte aan de randen)

Stroomrichting: Van het zuidoosten naar het noordwesten, ofwel in de lengterichting van de afgeschermdde zone.

Stroomsnelheid: De stroomsnelheid in het Haringvliet ligt in de range van 0,2 tot 0,7 m/s.

Golven: De mate van golven ten gevolge van de scheepvaart is groot. De afgeschermdde zone ligt op een punt waar twee vaargeulen zich in de langsrichting bevinden, onderlinge afstand 30 m.

Bijlage E



Bijlage F

Er moet een graafmachine gevonden worden met een reikwijdte van meer dan 3.0 m onder wielstel en een liftcapaciteit die groter is dan het gewicht van de maatgevende boomstam. Hierbij is er uitgekomen ter indicatie op de Hyundai R250LC-7. (<http://www.portergroup.co.nz/pdfs/Past%20Hyundai%20models/Excavators/R250LC-7.pdf>) Deze heeft een totaal gewicht van 15 ton en een liftcapaciteit van 2580 kg (voldoet).

Ook dient er een ponton gekozen te worden die een diepgang heeft van 1.0 m of minder. Hierbij is gekozen voor het ponton 'de Liesbeth'. Bij een diepgang van 1.0 m heeft deze een laadcapaciteit van 110 ton. Het ponton heeft een oppervlak van 397 m².

Als het oppervlak van het ponton voor $\frac{3}{4}$ gevuld is met boomstammen dan kunnen er maximaal

$$0.75 * 2 * (397 / (0.5 * 10)) = 120 \text{ bomen op ponton}$$

Dat komt overeen met

$$120 * 1963.5 = 236 \text{ ton aan bomen op ponton}$$

Deze hoeveelheid moet met beunschepen worden afgevoerd. Dit gaat prima met het scheepstype Spits met een laadvermogen van gemiddeld 364 ton en diepgang van 2.2 m. Maar ook grotere schepen kunnen gebruikt worden als gewerkt wordt met meerdere pontons of meerdere keren.

Het oppervlak van de afgeschermd zone bedraagt 385.000 m². Het oppervlak van een drijvende boomstam is 0.5*10 = 5 m². Er dienen dus bij een dekkingsgraad van 80% minimaal

$$0.80 * (385000 / 5) = 62\ 000 \text{ bomen geplaatst te worden}$$

Het totaal gewicht hiervan bedraagt

$$62000 * 1963.50 = 120\ 000 \text{ ton aan verzadigde bomen}$$

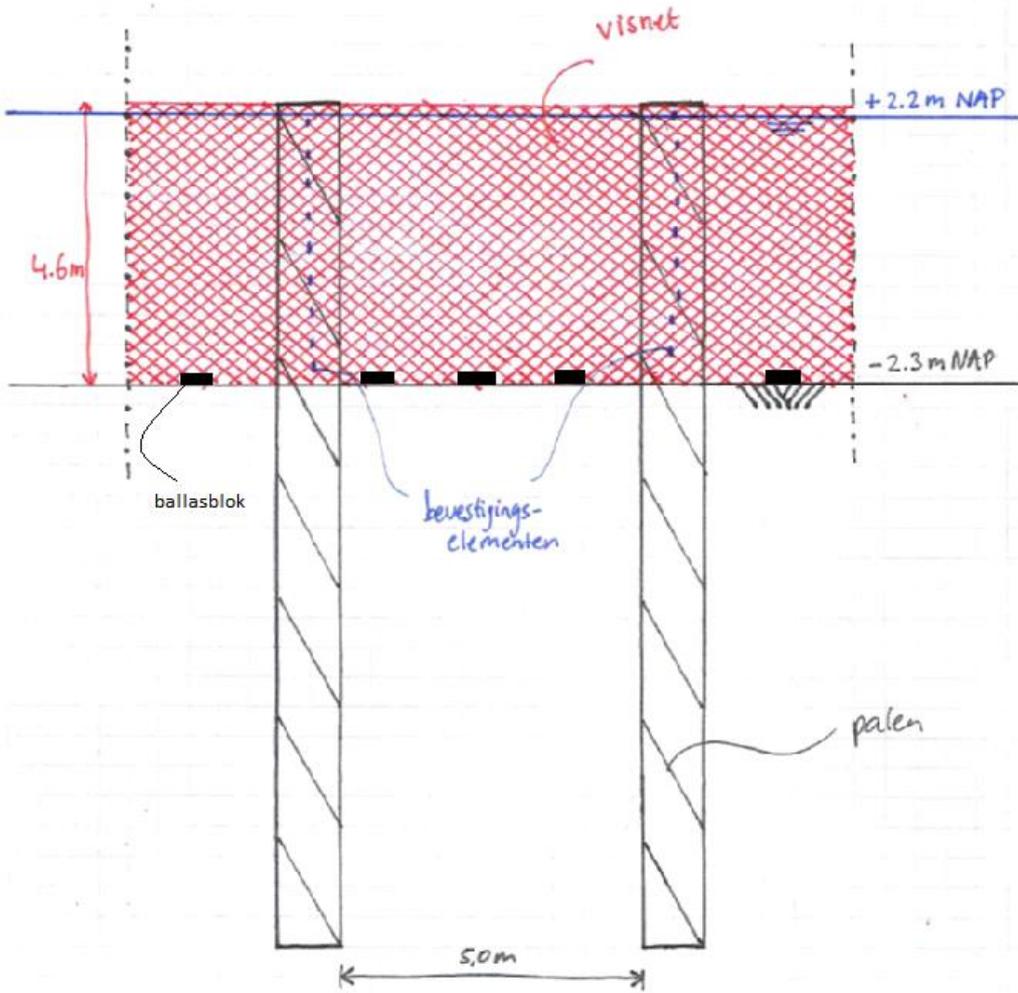
Een dergelijke afvoer van bomen neemt zo veel materiaal in beslag:

$$120\ 000 / 236 = 512 \text{ gevulde pontons}$$

$$120\ 000 / 364 = 332 \text{ gevulde beunschepen (type Spits) bij het afvoeren}$$

De aanvoer van bomen zal met een kleiner aantal dan 332 beunschepen kunnen worden gerealiseerd, dit hangt af van het gewicht van de droge boomstammen die een kleiner volumiek gewicht hebben dan de verzadigde boomstammen

Bijlage G



Bijlage H

Belasting

Voor de belasting die op het visnet staat moet gekeken worden naar de maatgevende massa van de boomstammen. Deze komt voor bij (bijna) volledige verzadiging van de boomstammen, waarbij het volumiek gewicht van de boomstammen hetzelfde is als dat van water. De boomdiameter is 0.5 m en de lengte is 10.0 m. Hierbij is de maatgevende massa:

$$m_{verz} = \rho * V = 1000 * (0.25 * \pi * 0.5^2) * 10.0 = 1963.50 \text{ kg}$$

De versnelling die de boomstammen ondervinden wordt veroorzaakt door veranderingen in de stroomsnelheid. Gezien de lage stroomsnelheden wordt aangenomen dat de maatgevende versnelling 1.0 m/s^2 is (BRON). Per 0.5 m wordt er dus een belasting geleverd van:

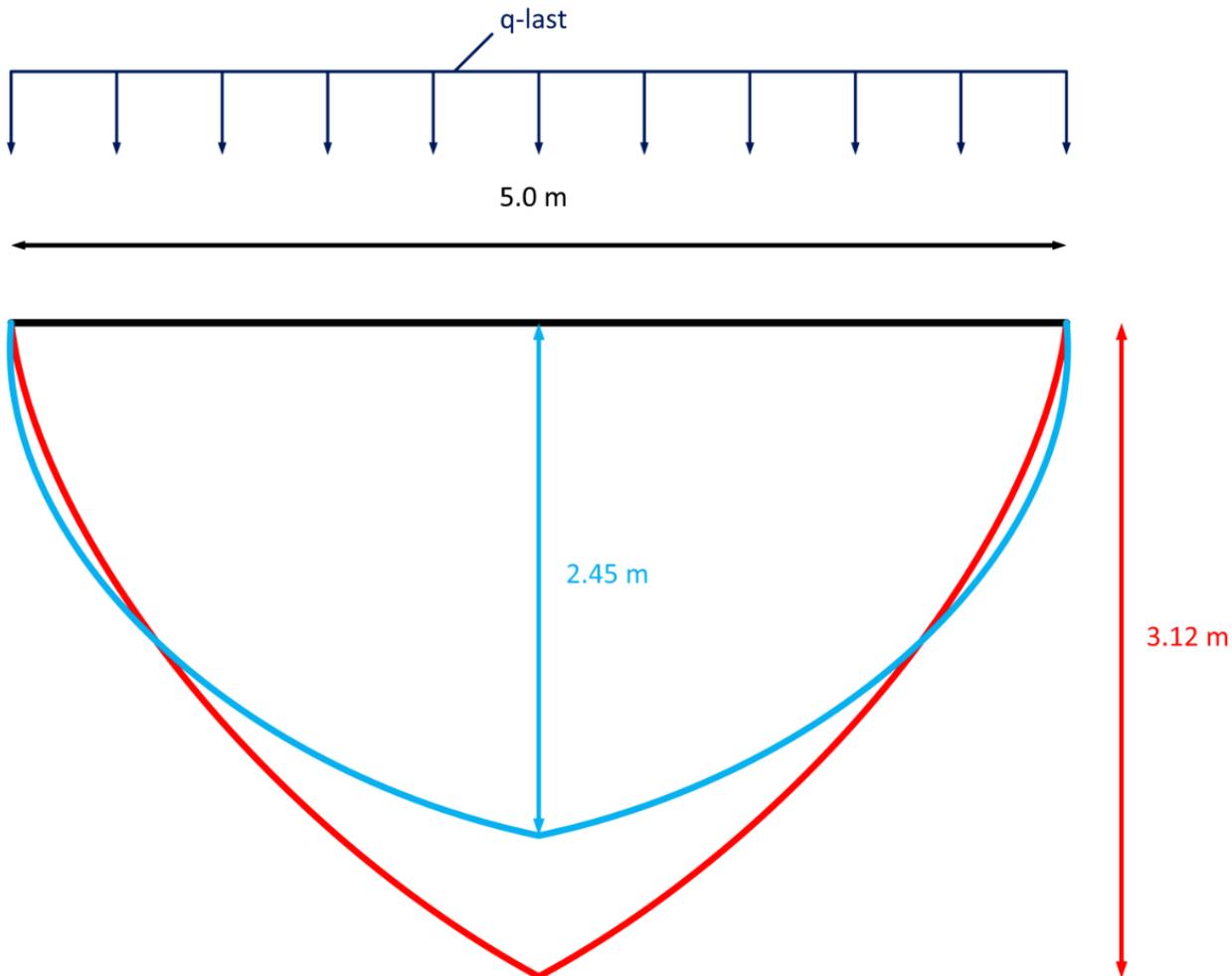
$$q_{0.5} = m_{verz} * a_{stroming} = 1963.50 * 1.0 = 1963.5 \text{ N}/0.5\text{m} = 1.96 \text{ kN}/0.5$$

Per 1.0 m is dat dus:

$$q = 2 * q_{0.5} = 2 * 1.96 = \pm 4 \text{ kN}/\text{m}$$

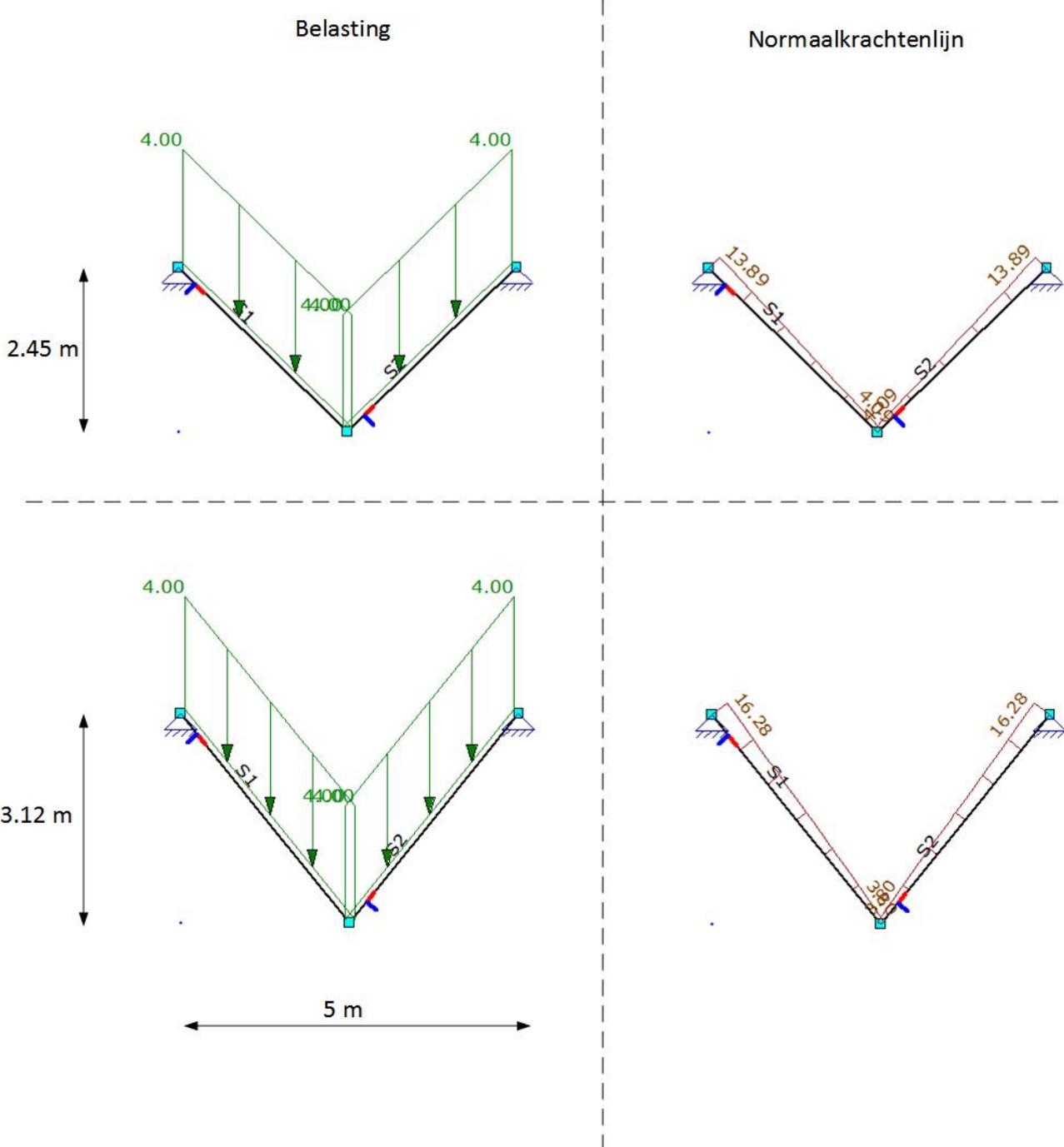
Schematisatie

De doorbuiging van het visnet zal er in werkelijk uitzien als in de onderstaande figuur.



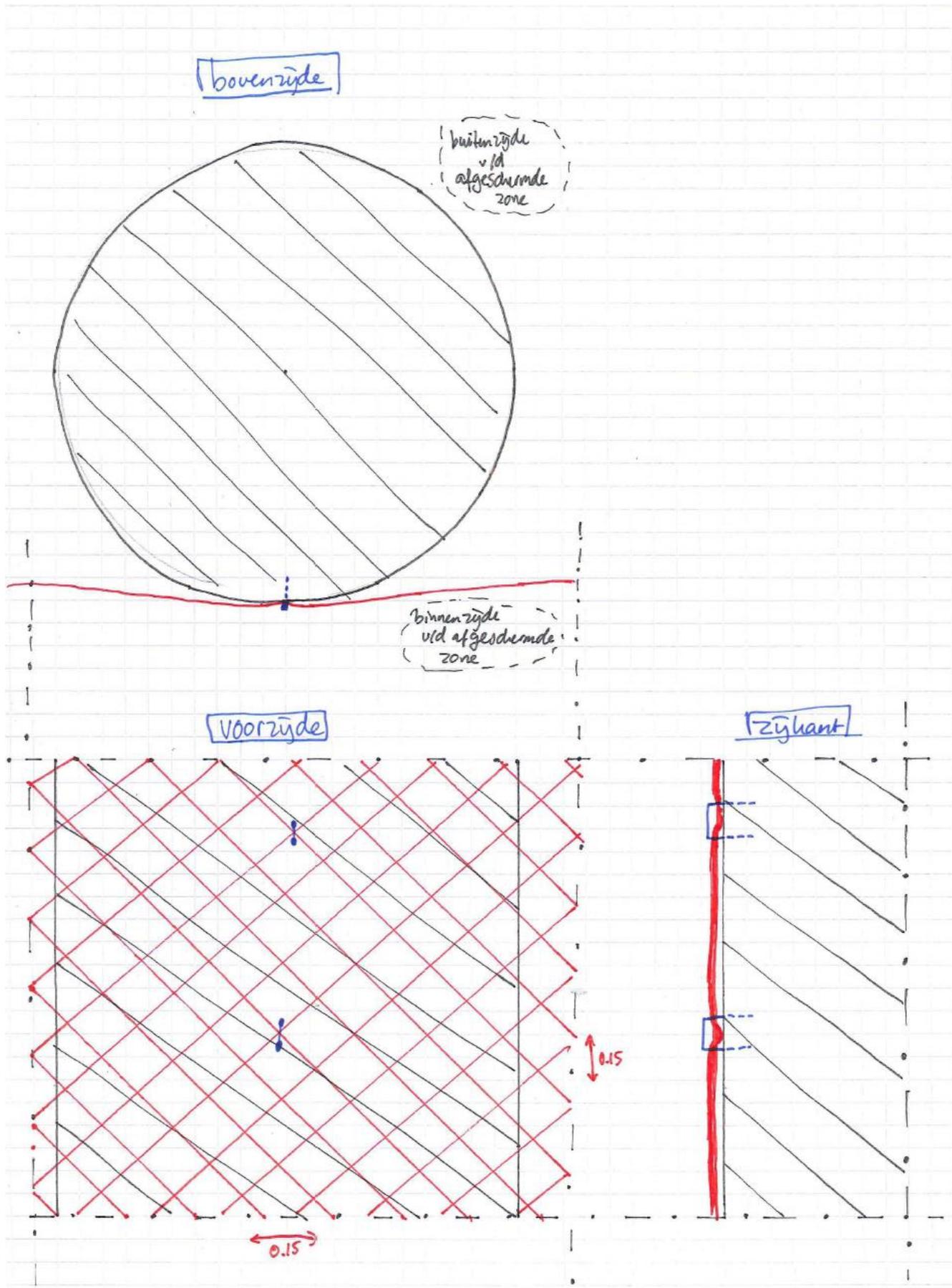
In rust is de doorbuiging van het net nul, dus is de lengte van het net 5.0 m (zwart in de figuur). Door de belasting gaat deze rekken tot falen. Bij een rek van 40% van de oorspronkelijke lengte groeit deze uit tot een lengte van 7.0 m (blauw in de figuur). De bijbehorende verplaatsing van het midden is dan 2.45 m. Bij een rek van 60% groeit deze uit tot een booglengte van 8 m (rood in de figuur). De middenverplaatsing is dan 3.12 m.

Vanwege de grote rekken en vereenvoudiging is de boog als een rechte knik beschouwd. Voor beide uiterste rekken zijn vervolgens de normaalkrachtenlijnen berekend met behulp van MatrixFrame. In onderstaande figuur zijn links de beide belastingssituaties weergegeven en rechts de bijbehorende normaalkrachtenlijnen.



Te zien is dat de maximale normaalkracht +16.28 kN is, dit is vanwege de positieve waarde een trekkracht.

Bijlage I



Bijlage J

Bijlage J1

Typical Values of Unit Weight for Soils

Type of soil	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
Gravel	20 - 22	15 - 17
Sand	18 - 20	13 - 16
Silt	18 - 20	14 - 18
Clay	16 - 22	14 - 21

<https://www.mathalino.com/reviewer/geotechnical-engineering/unit-weights-and-densities-soil>

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{dry, clay}} &= 14 - 21 \text{ kN/m}^3 && \xrightarrow{\text{gem.}} && \gamma_{\text{dry, clay}} = 17.5 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{\text{dry, sand}} &= 13 - 16 \text{ kN/m}^3 && \xrightarrow{\text{gem.}} && \gamma_{\text{dry, sand}} = 14.5 \text{ kN/m}^3 \\ &&& && \hline &&& && \gamma_{\text{dry}} = \frac{17.5 + 14.5}{2} = 16 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat, clay}} &= 16 - 22 \text{ kN/m}^3 && \xrightarrow{\text{gem.}} && \gamma_{\text{sat, clay}} = 19 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{\text{sat, sand}} &= 18 - 20 \text{ kN/m}^3 && \xrightarrow{\text{gem.}} && \gamma_{\text{sat, sand}} = 19 \text{ kN/m}^3 \\ &&& && \hline &&& && \gamma_{\text{sat}} = \frac{19 + 19}{2} = 19 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Verder zijn er de volgende parameters aangenomen:

- $\gamma_{\text{water}} = 10 \text{ kN/m}^3$
- angle of friction soil = 30°
- Cohesion of the soil = 0 kN/m^2
- wall friction for a smooth wall (δ) = 0°
- active soil coefficient (K_a) = $1/3$
- passive soil coefficient (K_p) = 3.0

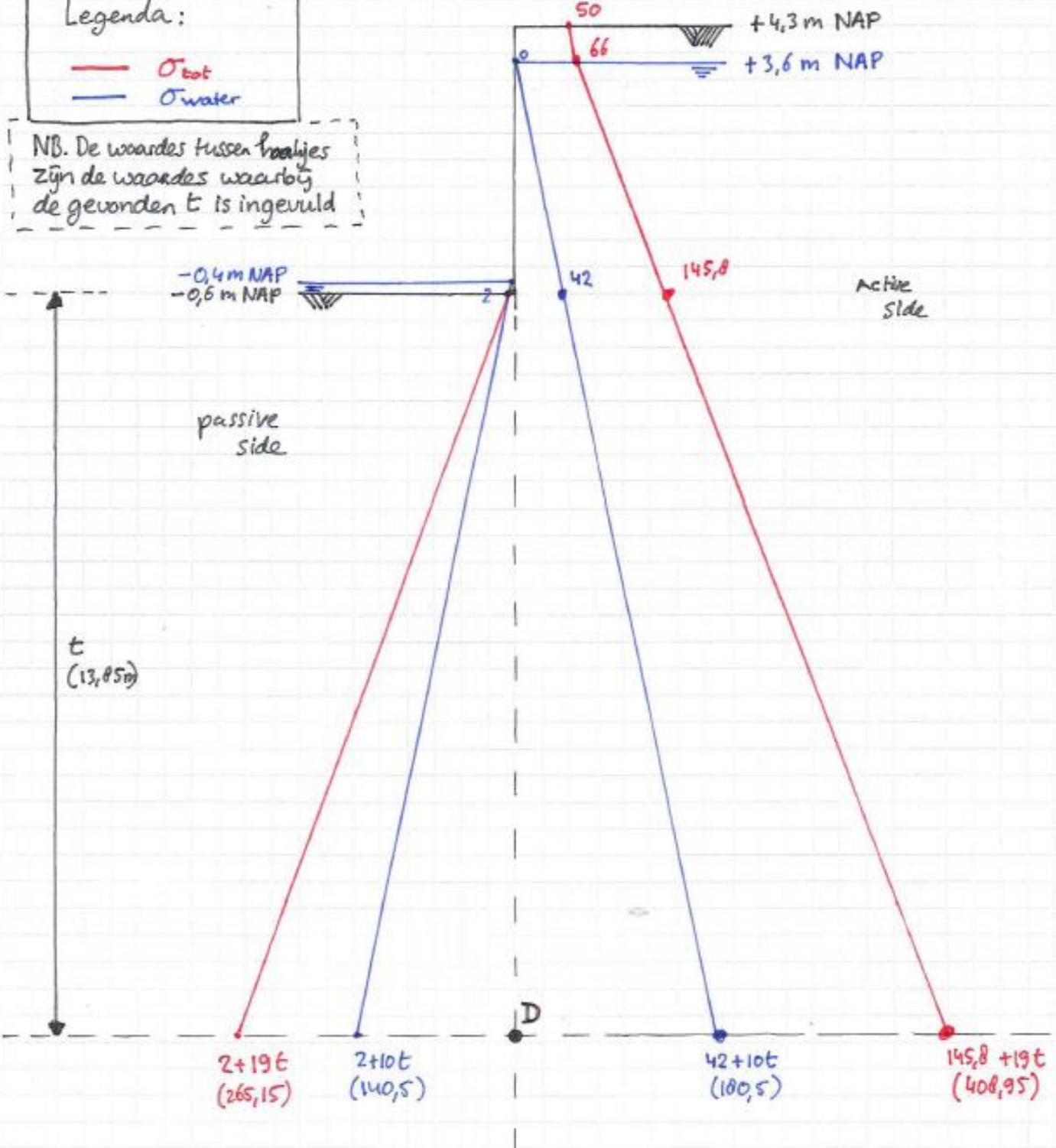
VERTICAL STRESS DIAGRAM

Legenda:

- σ_{tot}
- σ_{water}

NB. De waarden tussen haakjes zijn de waarden waarbij de gevonden t is ingevuld

$q = 50 \text{ kN/m}^2$



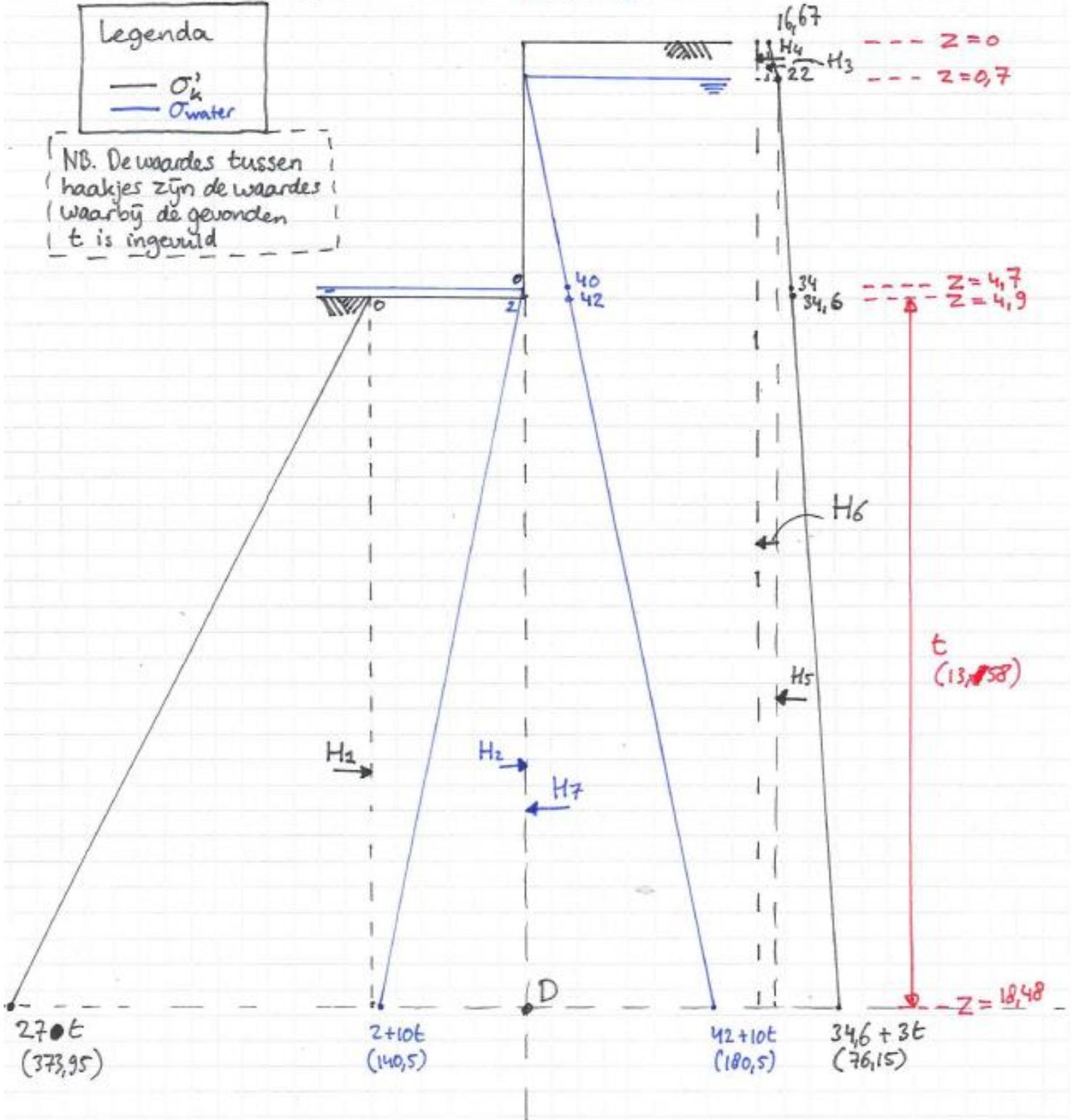
HORIZONTAL STRESS DIAGRAM

Legenda

- σ'_h (black line)
- σ_{water} (blue line)

NB. De waarden tussen haakjes zijn de waarden waarbij de gevonden t is ingevuld

$q = 50 \text{ kN/m}^2$



Bijlage J4

KRACHT [kN/m]		+ naar links positief		ARM [m]	MOMENT [kNm/m]				+ linkson positief
$H_1 =$	$\frac{1}{2} \cdot 27t \cdot t =$			$-13,5t^2$	$\frac{1}{3}t$				$-4,5t^3$
$H_2 =$	$\frac{1}{2} \cdot (2+10t) \cdot (0,2+t) =$	$-0,2$	$-2t$	$-5t^2$	$\frac{1}{3}(t+0,2)$	$-0,013$	$-0,2t$	$-t^2$	$-1,67t^3$
$H_3 =$	$\frac{1}{2} \cdot (22-16,67) \cdot (4,3-3,6) =$	$+1,87$			$4,43+t$	$+8,29$	$+1,87t$		
$H_4 =$	$16,67 \cdot (4,3-3,6)$	$+11,67$			$4,55+t$	$+53,09$	$+11,67t$		
$H_5 =$	$\frac{1}{2} \cdot (34,6+3t-22) \cdot (t+4,2) =$	$+26,46$	$+12,6t$	$+1,5t^2$	$\frac{1}{3}(t+4,2)$	$+37,04$	$+26,46t$	$+6,3t^2$	$+0,5t^3$
$H_6 =$	$\frac{1}{2} \cdot 22 \cdot (t+4,2) =$	$+92,4$	$+22t$		$\frac{1}{2}(t+4,2)$	$+194,04$	$+92,4t$	$+11t^2$	
$H_7 =$	$\frac{1}{2} \cdot (42+10t) \cdot (t+4,2) =$	$+88,2$	$+42t$	$+5t^2$	$\frac{1}{3}(t+4,2)$	$+123,48$	$+88,2t$	$+21t^2$	$+1,67t^3$
$\Sigma H-Q =$		$+220,40 + 74,6t - 12t^2$		$\Sigma M_0 =$	$+415,93 + 220,40t + 37,3t^2 - 4t^3$				

$$\sum M_D = 0: 415,93 + 220,80t + 37,3t^2 - 4t^3 \stackrel{eis}{=} 0$$

$$\rightarrow t = 13,85 \text{ m}$$

momentencheck:

$$M_1 = -4,5 \cdot (13,85)^3 = -11955,34 \text{ kNm}$$

$$M_2 = -0,013 - 0,2 \cdot 13,85 - (13,85)^2 - 1,67 \cdot (13,85)^3 = -4631,36 \text{ kNm}$$

$$M_3 = 8,29 + 1,87 \cdot 13,85 = +34,19 \text{ kNm}$$

$$M_4 = 53,09 + 11,67 \cdot 13,85 = +214,71 \text{ kNm}$$

$$M_5 = 37,04 + 26,46 \cdot 13,85 + 6,3 \cdot (13,85)^2 + 0,5 \cdot (13,85)^3 = +2940,37 \text{ kNm}$$

$$M_6 = 194,04 + 92,4 \cdot 13,85 + 11 \cdot (13,85)^2 = +3583,83 \text{ kNm}$$

$$M_7 = 123,48 + 88,2 \cdot 13,85 + 21 \cdot (13,85)^2 + 1,67 \cdot (13,85)^3 = +9810,08 \text{ kNm}$$

$$\rightarrow \sum M = -218,23 \text{ kNm}$$

↳ Deze waarde is relatief klein en komt

voort uit afrondingsonnauwkeurigheden.

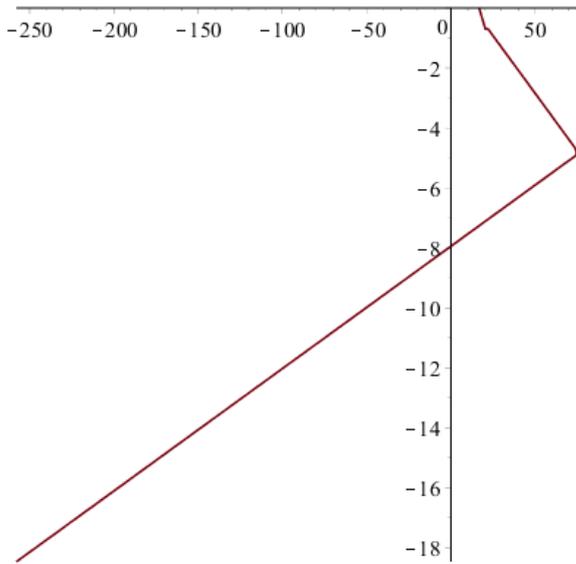
→ check OK!

Bijlage J6

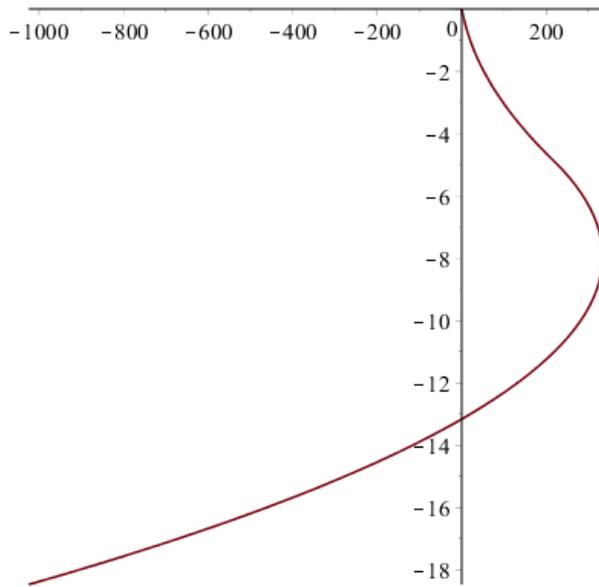
Maple sheet:

```
> restart;
> sigma1 := 16.67+5.33*z;
> sigma2 := 22+13*(z-.7);
> sigma3 := 74+3*(z-4.7);
> sigma4 := 74.6-24.48*(z-4.9);
> z := 'z'; sigma := piecewise(0 <= z and z <= .7, sigma1, .7 <= z and z <= 4.7, sigma2, 4.7 <= z and z <= 4.9, sigma3, 4.9 <= z and z <= 18.48, sigma4); plot(-sigma, z = 0 .. 18.48);
> P1 := plot(-sigma, z = 0 .. 18.48); plottools[reflect](P1, [[0, 0], [-1, 1]]);
> S1 := 2.665*z*z+16.67*z;
> S2 := 6.5*z*z+12.9*z+.75985;
> S3 := 1.5*z*z+59.9*z-109.69015;
> S4 := -12.24*z*z+194.552*z-439.58755;
> z := 'z'; S := piecewise(0 <= z and z <= .7, S1, .7 <= z and z <= 4.7, S2, 4.7 <= z and z <= 4.9, S3, 4.9 <= z and z <= 18.48, S4); plot(S, z = 0 .. 18.48);
> P2 := plot(-S, z = 0 .. 18.48); plottools[reflect](P2, [[0, 0], [-1, 1]]);
> M1 := (.888333*z*z)*z+8.335*z*z;
> M2 := (2.1666666666666666*z*z)*z+6.45*z*z+.75985*z+7.338076552;
> M3 := (.5*z*z)*z+29.95*z*z-109.69*z+180.3757049;
> M4 := -(4.08*z*z)*z+97.276*z*z-439.588*z+719.2110649;
> z := 'z'; M := piecewise(0 <= z and z <= .7, M1, .7 <= z and z <= 4.7, M2, 4.7 <= z and z <= 4.9, M3, 4.9 <= z and z <= 18.48, M4); plot(M, z = 0 .. 18.48);
> P3 := plot(-M, z = 0 .. 18.50); plottools[reflect](P3, [[0, 0], [-1, 1]]);
> evalf(maximize(M));
```

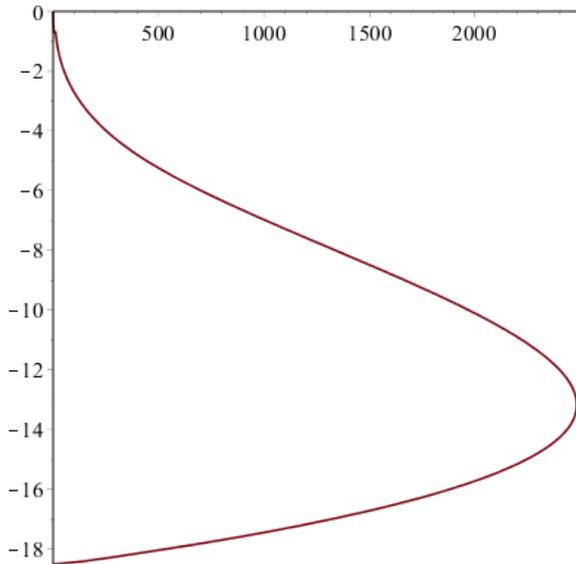
Horizontale spanningsdiagram (horizontale as: kN/m^2 , verticale as: diepte in m)



Dwarskrachtenlijn (horizontale as: kN/m , verticale as: diepte in m)



Momentenlijn (horizontale as: kNm/m , verticale as: diepte in m)



Bijlage J7

Vanuit de Maple sheet volgt een buigend moment van maximaal 2482.22 kNm in de damwand.

Er is gekozen voor een hoge staalkwaliteit, namelijk S460AP (www.stalen-damwand.nl, z.j.). De minimale vloeisterkte ($f_{y,d}$) van deze staalsoort bedraagt 460 N/mm²

Hierdoor wordt het maximale weerstandsmoment in de damwand:

$$W_{eff,y} = \frac{M_{max}}{f_{y,d}} = \frac{2482.22 \cdot 10^6}{460} = 5396.13 \cdot 10^3 \text{ mm}^3/\text{m} \\ = 5396.13 \text{ cm}^3/\text{m}$$

Deze waarde van $W_{eff,y}$ is te groot voor een standaard stalen damwand, daarom is gekozen naar combiwanden.

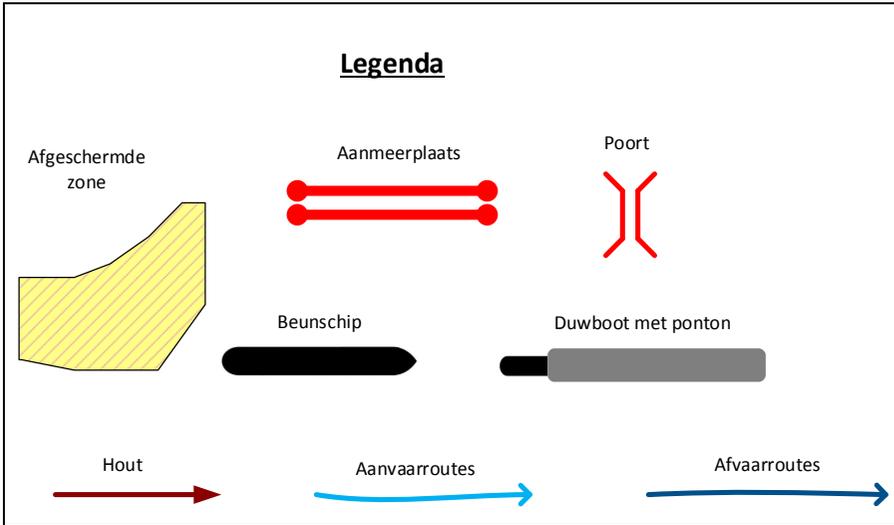
In de onderstaande tabel zijn de verschillende maten weergegeven. Er is gekozen voor de combiwand met het weerstandsmoment van 6216 cm³/m.

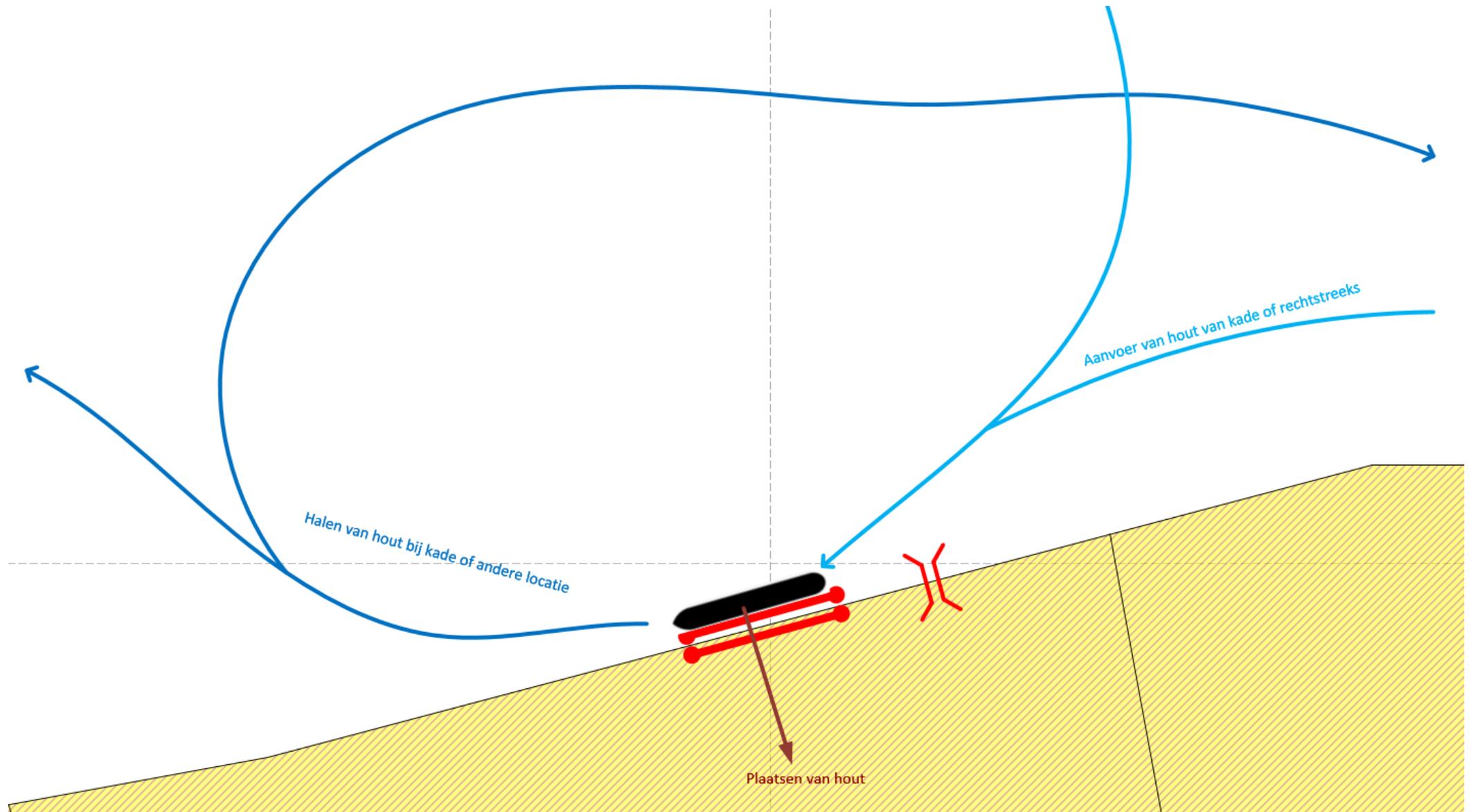
$$\text{unity check : } u.c. = \frac{5396.13}{6216} = 0.87 \rightarrow \text{ok!}$$

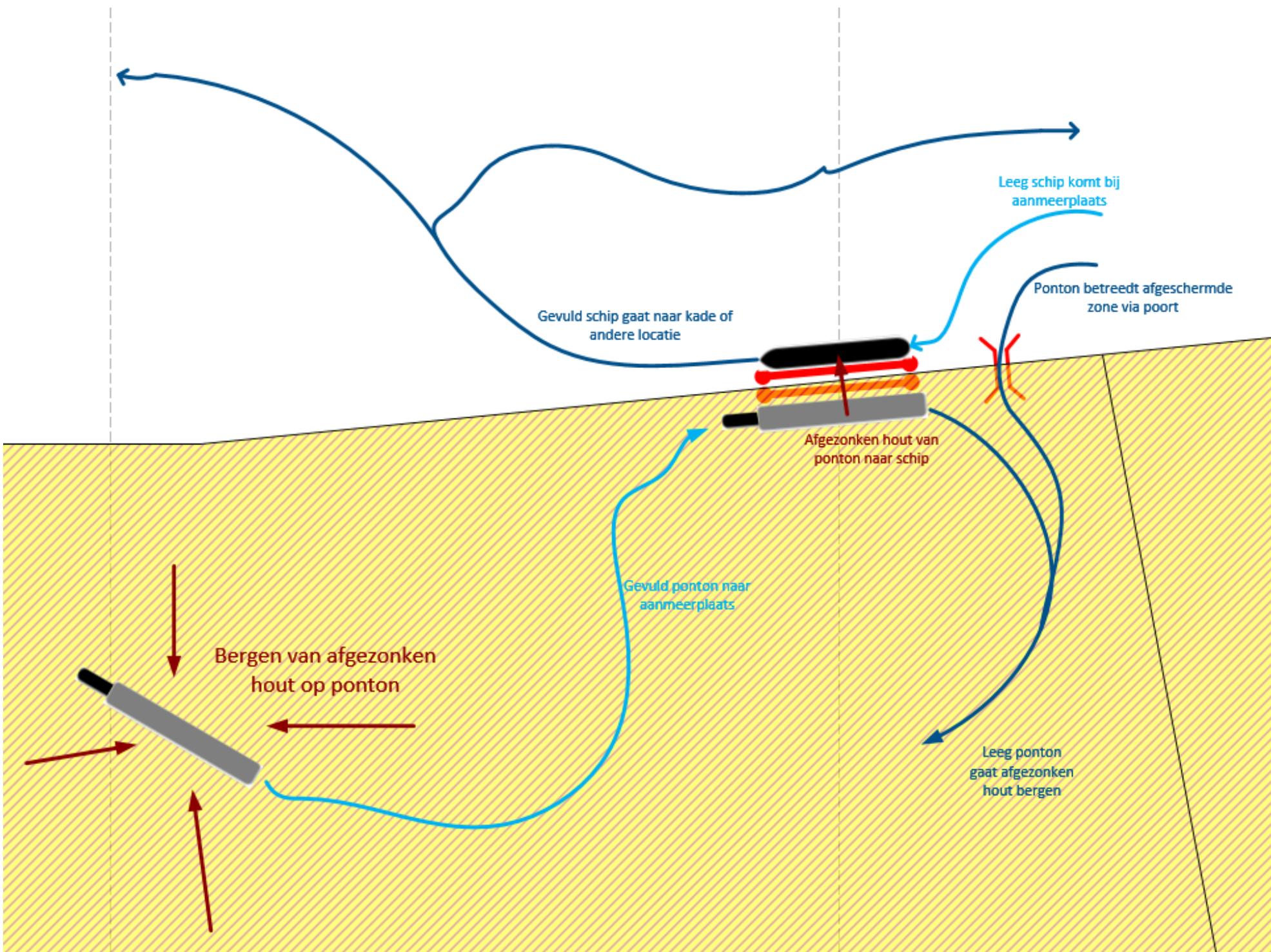


Buis afmetingen		Tussentijdse stapels=Double AZ18-700				Tussentijdse stapels=Triple PU18			
Diameter	Dikte	Breedte	M100%	I	W	Breedte	M100%	I	W
mm	mm	mm	kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m	mm	kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m
711	10	2171	150	86698	2439	2571	157	77612	2183
	12	2171	166	98531	2772	2571	170	87604	2464
	14	2171	181	110159	3099	2571	183	97423	2740
813	10	2273	154	112751	2774	2673	160	100114	2463
	12	2273	172	129852	3194	2673	175	114656	2821
	14	2273	189	146695	3609	2673	190	128978	3173
914	10	2374	158	144510	3162	2774	164	127753	2795
	12	2374	177	167991	3676	2774	176	134848	3235
	14	2374	195	191157	4183	2774	195	167673	3669
1016	12	2476	182	214016	4213	2876	184	188187	3704
	14	2476	202	244795	4819	2876	201	214684	4226
	16	2476	221	275202	5417	2876	217	240862	4741
1219	14	2679	212	378870	6216	3079	210	333326	5469
	16	2679	234	428149	7025	3079	229	376204	6172
	18	2679	256	476933	7825	3079	248	418650	6869
1600	18	3060	279	932011	11650	3460	270	827536	10344
	20	3060	305	1029827	12873	3460	292	914044	11426
	22	3060	330	1126894	14086	3460	314	999889	12499
1800	18	3260	290	1243339	13815	3660	279	1110548	12339
	20	3260	316	1375132	15279	3660	303	1227937	13644
	22	3260	343	1506029	16734	3660	327	1344528	12499
2000	20	3460	326	1777489	17775	3860	313	1596226	15962
	22	3460	354	1947882	19479	3860	338	1748961	17490
	24	3460	382	2117233	21172	3860	363	1900763	19008

Bijlage K







Bijlage L

Capaciteiten materieel:

De aantallen van het materieel zijn direct afhankelijk van de keuzes hoe snel men de handelingen omtrent de aan- en afvoer van bomen wil realiseren. Hieronder is een indicatie gegeven wat ongeveer de minimale en maximale aantallen zijn. Deze maximale aantallen zijn maatgevend bij de berging van de boomstammen.

Gegevens bomen:

- 62000 bomen
- 120000 ton (verzadigd)

Gegevens ponton:

- 120 bomen per ponton
- 236 ton per ponton

Minimale gebruikscapaciteit	Maximale gebruikscapaciteit
1 ponton met duwboot	10 pontons met duwboten
1 binnenvaartschip (type Spits: 360 ton)	5 binnenvaartschepen (type Kempenaar: 600 ton)
1 graafmachine	10 graafmachines
Geeft 512 maal een vulling van één ponton en 332 maal een vulling van één Spits.	Geeft 51 maal een vulling van één ponton en 40 maal een vulling van één Kempenaar