

Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Bron 1 – Zeesluis IJmuiden

Het sluisencomplex IJmuiden is bestaat uit spuien, pompen, gemalen en een innovatieve manier om zoutwater terug naar zee te lozen. De werkzaamheden die de waterbouwers hebben verricht om het te bouwen, waren dan ook zeer divers, waarbij uiteenlopende expertises nodig waren.

In het Binnenspuikanaal, naast de zeesluis, is bijvoorbeeld 650.000 m³ specie gebaggerd met sleephopperzuigers en kraanschepen. Die schepen moeten bestuurd en bemand worden door de afdeling baggeraars.

Baggeraars gaan echter niet zomaar aan de slag. Collega's doen eerst grondig bodemonderzoek om de kwaliteit van de specie te beoordelen. In dit geval is vastgesteld dat zo'n 100.000 m³ specie vervuild was en dus veilig afgevoerd moest worden.

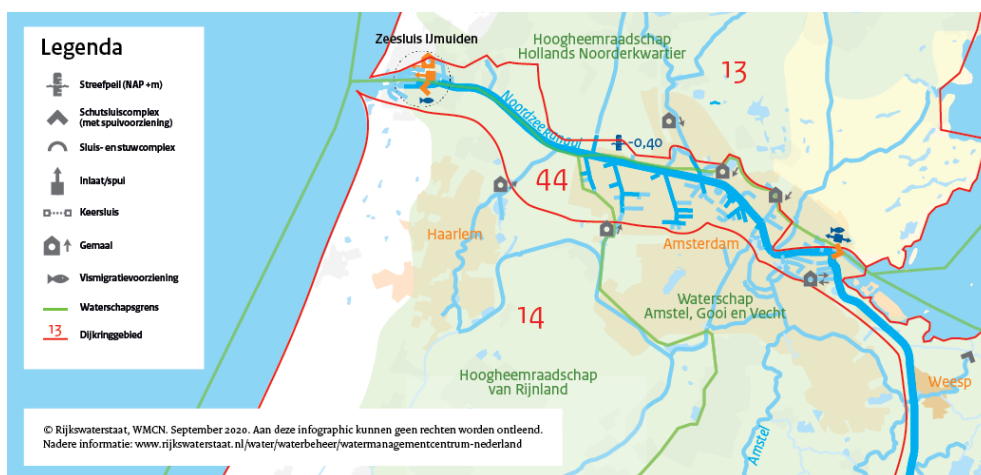
Weer andere collega's ontwerpen nieuwe bodem- en taludbescherming. Het talud is het schuine vlak aan de zijkant van bijvoorbeeld een dijk.

De bodem wordt beschermd met zinkstukken, waarop ongeveer 40.000 ton breuksteen komt te liggen. Een groot deel van dat steen, zo'n 6.500 ton komt uit de bestaande oevers en bodem. Een mooi voorbeeld van 'functioneel hergebruik', waarbij materiaal circulair gebruikt wordt én voorkomen wordt dat er extra, onnodige transporten nodig zijn.

Het waterbouwbedrijf heeft ook nog een speciale afdeling aan het werk gezet om de bodem te onderzoeken op explosieven uit de Tweede Wereldoorlog. Nadat de waterbouwers van de afdeling 'Explosieven Opsporing' deze veilig hadden gesteld, heeft de Explosieve Opruimingsdienst van Defensie maar liefst 188 objecten tot ontploffing gebracht.

Ieder project is weer uniek. Dat geldt zeker ook voor Zeesluis IJmuiden. Dit project was bijzonder vanwege werkzaamheden die op maar liefst 27 meter onder water moesten gebeuren, terwijl de ruimte qua oppervlakte zeer beperkt was.

Kaart 1 – Noordzeekanaalgebied



Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Bron 2 – Waterbouwers

Tallose waterbouwberoepen en expertises zijn ingezet tijdens de bouw. Hieronder zie je enkele portretten:

Ontwerper Civiele Techniek

Je houdt je bezig met uittekenen en ontwerpen van duurzame oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken, zoals waterveiligheid in de grond- wegen en waterbouw.

Kraanmachinist

Je bent verantwoordelijk voor het laden en lossen van diverse soorten lading vanuit vrachtwagens op binnenvaartschepen, of andersom. Je weet wanneer een lading bijzonder is en of er speciale regels zijn bij het verplaatsen van bepaalde goederen.

Bodemkundig onderzoeker en saneerder

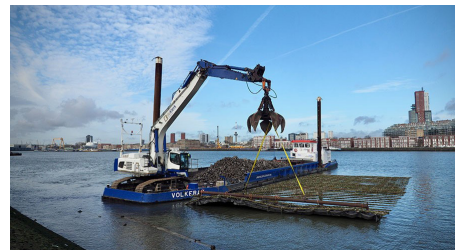
Je onderzoekt de bodem, bijvoorbeeld op mogelijke vervuiling of bodemerosie. Je neemt monsters, onderzoekt die en stelt een rapport op met de resultaten.

(Assistent) Uitvoerder

Je werk bestaat uit het opstellen van allerlei stukken en plannen, zoals de offerte, werkplannen en onderzoeken. Je werkt nauw samen met de projectleider en de werkvoorbereider. Je zorgt voor de planning en coördinatie van de werkzaamheden die door diverse experts uitgevoerd moeten worden.

Projectleider/manager

Uitvoerders en werkvoorbereiders kunnen doorgroeien naar projectleider/manager. Je bent verantwoordelijk voor het uitvoeren van een project binnen de afgesproken tijd en budgetten. Je zoekt naar de juiste mensen en materieel.



Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Maritiem Officier - technisch

Je werkt in de machinekamer van het schip en moet ervoor zorgen dat alles goed draait. Dus heb je te maken met reparaties van uiteenlopende aard. Dat kunnen scheepsmotoren zijn, maar ook baggerwerktuigen.

Hydrografisch Surveyor

De surveyor is de 'landmeter' op het water. Hij brengt de bodemsituatie voor de baggeraar in kaart en is verantwoordelijk voor de plaatsbepaling van het schip.

Projectengineer

Een projectengineer is een waterbouwer met een rekenknobbel. Kosten spelen een belangrijke rol bij het inschrijven op opdrachten. Het is de primaire taak van de afdeling research & engineering om ervoor te zorgen dat projecten procestechiek optimaal zijn.

Benieuwd naar hoe de bouw eruitzagt?
Bekijk video 1:

landbovenwater.nl/bb-zeesluis/nl-en-t/oefen-opgaven/videobronnen



Bron 3 – Waterafvoer

In Nederland regelen we het waterpeil en waterafvoer op veel plekken kunstmatig. Hiervoor bouwen waterbouwers zogenaamde kunstwerken zoals sluisen, stuwen en gemalen. Dit is nodig voor:

- bescherming tegen overstromingen
- scheepvaart
- watervoorziening voor o.a. drinkwater, landbouw en natuur

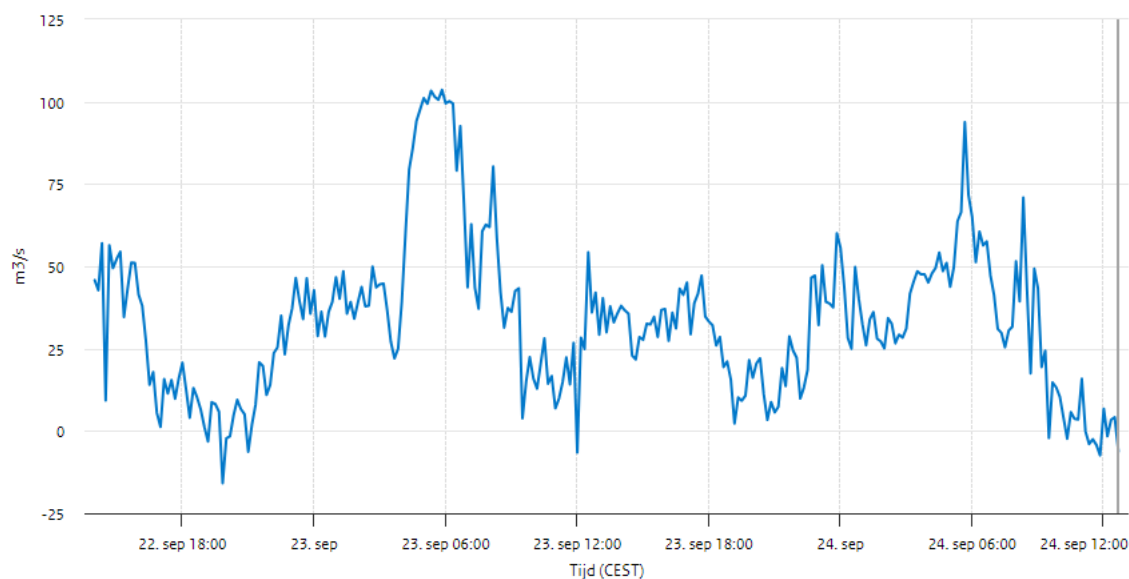
Bij grote neerslaghoeveelheden, grote rivierafvoeren en stormvloed worden de kunstwerken ingesteld op het afvoeren van water (rivierstuwen, spuisluisen, gemalen) of het tegenhouden van water (keersluisen, stormvloedkeringen). Dit om te voorkomen dat wateroverlast en overstromingen gaan optreden.

Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Om de waterafvoer onder controle te kunnen houden, wordt onder meer gerekend met de natuurkundige grootheid debiet: De hoeveelheid die per tijdseenheid passeert. In een rivier is dat dus water. In formule: $\text{Debiet} = \text{Volume} / \text{Tijd}$

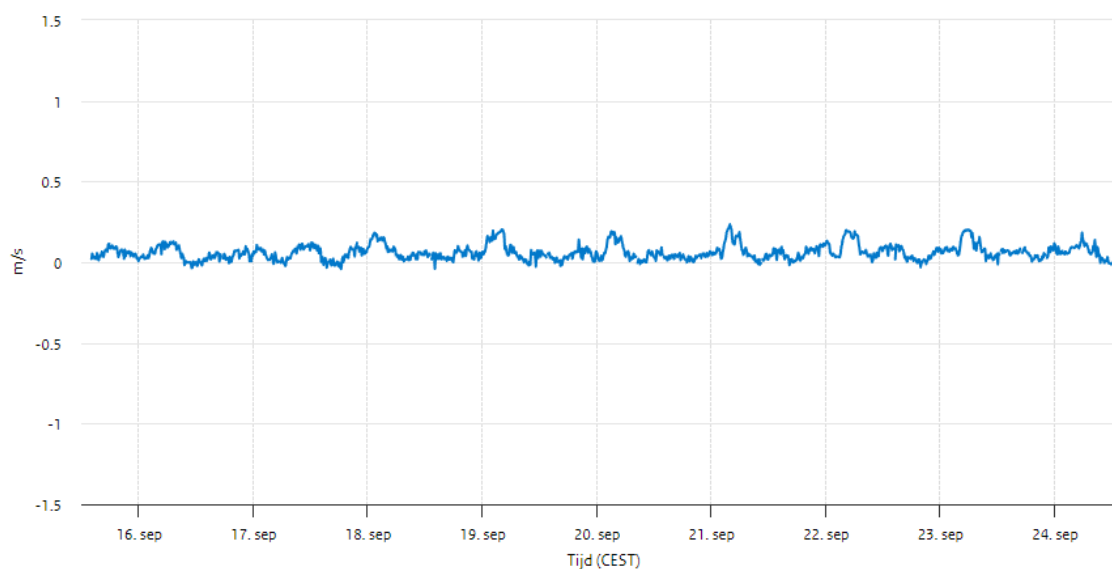
Grafiek 1 – Debiet in m³/s

📍 Weesp | Laatste meting: **-6,17 m³/s** op 24 sep. 2024



Grafiek 2 – Stroomsnelheid in m/s

📍 Weesp | Laatste meting: **-0,012 m/s** op 24 sep. 2024



Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

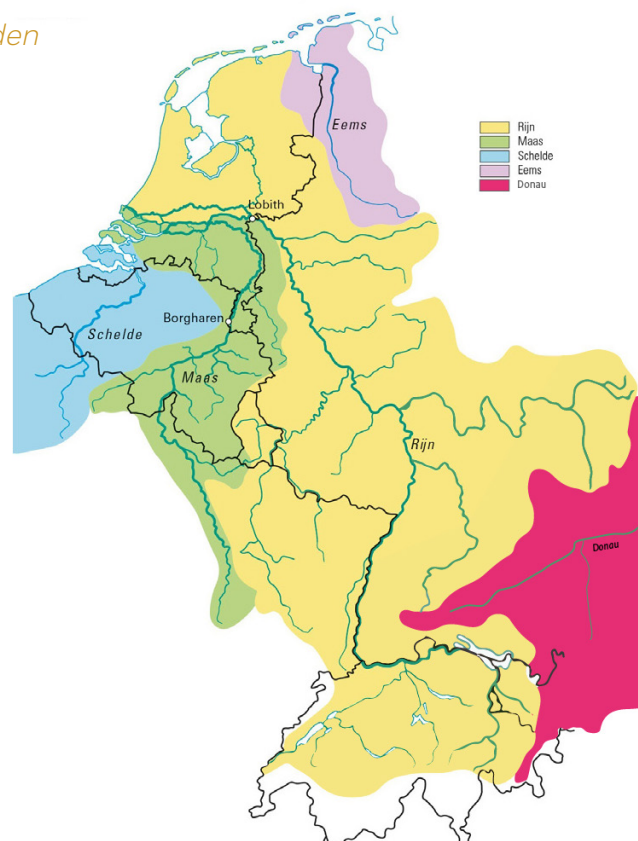
Bron 4 – Noodweer in Midden-Europa

In september 2024 viel er in Centraal-Europa extreem lang en uitzonderlijk veel regen. Storm Boris zorgde in onder meer Tsjechië, Polen, Duitsland en Oostenrijk voor een enorme hoeveelheid neerslag. Huizen zijn ondergelopen en er vielen dodelijke slachtoffers. Rivieren stroomden over en overal werden mensen geëvacueerd. In Polen stroomde zelfs een dam over. Dit soort overstromingen komen volgens het meteorologisch instituut ongeveer een keer per eeuw voor. Lokaal viel er 400 millimeter regen. Net zo veel als er onder normale omstandigheden in vier maanden valt. In de Alpen in Oostenrijk is boven de 1500 meter op veel plaatsen meer dan een meter sneeuw gevallen. Ook dat is zeldzaam.

Oorzaak van de storm was extreem warm zeewater in de Middellandse Zee. De warme, vochtige zeelucht uit het zuiden is in botsing gekomen met koude lucht uit het noorden. Daardoor is een heel groot neerslaggebied met veel energie ontstaan. Tegelijkertijd was er zowel boven het westen van Europa als boven Rusland een hogedrukgebied. Het lagedrukgebied boven Centraal-Europa lag ook nog eens ingeklemd tussen de bergen en kon geen kant op.

Uiteindelijk trok storm Boris langzaam weg via het zuiden, en kregen onder andere Italië en Kroatië te maken met wateroverlast.

Kaart 2 - Stroomgebieden



© Rijkswaterstaat, WMCN, September 2020.

Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Bron 5 – Verdringingsreeks bij watertekort

Wanneer waterbeheerders bijeenkomen, beslissen ze over de maatregelen die genomen moeten worden. Wanneer er sprake is van extreme droogte, worden beslissingen genomen op basis van de verdringingsreeks. Die beschrijft wat de meeste prioriteit heeft. Is er niet voldoende water om overal in te voorzien? Dan moet je kiezen. De verdringingsreeks laat zien wat voor gaat op wat.

Figuur 1: Verdringingsreeks



Bron 6 – Dubbel kerende sluisdeuren

Technisch ontwerpers zijn aan de slag gegaan met de ontwerptekeningen voor de sluis. Zeesluis IJmuiden is 500 meter lang, 70 meter breed en 18 meter diep. Er zijn natuurlijke talloze dingen waar ze rekening mee houden. De krachten die er op de sluisdeuren komen te staan bijvoorbeeld. Daar moet de constructie en het materiaal op berekend zijn. Zeewater is zwaarder dan zoetwater, en creëert dus een iets grotere druk. Gemiddeld zeewater heeft een dichtheid heeft van 1,026 kg/liter.

Duurzaamheid speelt bij het ontwerp een belangrijke rol bij. Het mooie is dat beperken van materiaal niet alleen goed is vanwege zuinig grondstofgebruik, het is ook nog eens kostenbesparend. Normaal gesproken heeft een sluis twee verschillende deuren. Als er een deur kapotgaat, of er moet een deur in onderhoud, dan wil je niet wachten tot er een nieuwe in elkaar gezet en geleverd is. De deuren voor Zeesluis IJmuiden zijn gemaakt in Zuid-Korea. Er moeten dus reservedeuren zijn. Normaal gesproken twee verschillende, want de deur aan de binnenzijde (in dit geval de kant van het Noordzeekanaal) mag aan andere eisen voldoen.

Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

In dit geval hebben de ontwerpers ervoor gezorgd dat de deuren 'dubbel kerend' zijn en dus zowel aan de zeezijde als aan de kanaalzijde voldoen aan alle eisen. Dan heb je maar één reservedeur nodig. Alle drie de deuren hebben dus hetzelfde formaat: 72 meter lang, 11 meter breed en 24 meter hoog. De deur is dus hoger dan er gerekend wordt voor de diepte van de sluis, want dat is 18 meter. Ter vergelijking de watertoren in IJmuiden is 'slechts' 42 meter hoog.



Sluisdeur
Zeesluis



Watertoren
IJmuiden



Deze reservedeur staat in een dok nabij de sluis. In de deuren zitten zestien schuiven en openingen voor het nivelleren van het waterpeil tijdens het schutten. Dat is een ruimte-, kosten- én tijdbesparende maatregel, omdat bij sluizen vaak gebruik gemaakt wordt van omloopriolen, die nu niet nodig zijn. Omloopriolen zijn afsluitbare tunnels in het sluishoofd waarbij het water om de deuren wordt heengevoerd.

Niet alleen voor het ontwerp, maar ook tijdens het vervoer en plaatsen is veel technisch denkwerk nodig. De 'deurkassen' waar de sluisdeuren in geplaatst zijn, zijn op een bijzondere manier neergezet. Vaak worden diepe zware bouwkuipen gebruikt waar heiwerk voor nodig is, omdat er funderingspalen voor nodig zijn. Heien veroorzaakt trillingen en geluidsoverlast. Daarom is er in dit geval gekozen voor de 'caissonmethode'. Dat wil zeggen dat je een constructie gecontroleerd laat zakken door de grond onder de constructie weg te halen. In dit geval door waterstralen op het zand te richten en het zand en water door buizen af te voeren.

Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Bron 7 – Duurzaam en innovatief

Voor een gigantisch project zoals de aanleg van een zeesluis, schrijft de opdrachtgever (Rijkswaterstaat) een vraag uit. Daarin staat onder meer een programma van eisen. Diverse aannemers (vaak in samenwerkingsverband) gaan met de uitvraag aan de slag en dienen een voorstel in. De opdrachtgever moet dan beslissen wat het beste voorstel is. Er wordt natuurlijk op de prijs gelet, maar er zijn veel meer zaken die de keuze beïnvloeden. Rijkswaterstaat stelt onder meer strenge eisen aan de veiligheid, overlast en duurzaamheid. Grote aannemers besteden tijd, geld en aandacht aan innovatie. Bijvoorbeeld op zoek naar efficiëntere, betere en duurzame bouwmethodes en -materialen. Dat levert vaak wat op, maar is niet zonder risico. En dat zorgt voor de nodige dilemma's.

Gebruik je voor een constructie bijvoorbeeld staal, waarvan je weet hoe sterk het is en hoe lang het meegaat? Maar ook dat er veel energie voor nodig is en dat het duurzamer kan? Een nieuw materiaal, zoals een innovatieve vorm van composiet, zou een duurzamer en misschien zelfs goedkoper alternatief kunnen zijn, maar omdat het zichzelf nog niet bewezen heeft, is het risico dat het toch niet goed functioneert ook aanwezig. Een latere aanpassing of herstelwerkzaamheden maken je project natuurlijk juist duurder.

Je kunt als aannemer alsnog kiezen voor een innovatief materiaal en afspreken dat het voor eigen risico is als het verkeerd uitpakt. Zoals bij ieder risico kan het ook in je voordeel uitpakken. Wanneer je succesvol een nieuw, beter, goedkoper en/of duurzamer materiaal of methode inzet, heb je gelijk een voorsprong op je concurrenten bij volgende opdrachten. De opdrachtgever kan zelf ook eisen dat er voor duurzame innovatieve oplossingen gekozen wordt. En daarbij afspraken maken over de risico's en die (deels) dragen.

Vaak kiest men voor een middenweg. Duurzaam beton kan bijvoorbeeld op minder kritieke punten. Bijvoorbeeld de bovenkant van vispassages. Dan heb je wel gelijk een mooie testlocatie. Kortom, in de praktijk zie je vaak "innovatie waar het kan".

Bron 8 – Bouwen met het landschap en de omgeving

Het westen en noorden van Nederland hebben te maken met verzilting. Verzilting is het gevolg van indringend zeewater (externe verzilting) of zout kwelwater dat aan de oppervlakte komt (interne verzilting). Waardoor het oppervlaktewater, vooral in laaggelegen gebieden, verzilt.

Via de sluisen bij IJmuiden komt zout zeewater in het Noordzeekanaal. Om te voorkomen dat zoutwater binnendringt in het Amsterdam-Rijnkanaal, en daarmee de daaraan verbonden gevoelige natuurgebieden, is continu een zoetwater aanvoer nodig vanuit het zuiden. Deze zoetwater aanvoer biedt tegendruk aan het zoute water. De mate waarin de beschikbare hoeveelheid water afneemt, verschilt per regio. Verzilting leidt tot nadelige effecten op verschillende van water afhankelijke functies zoals de drinkwaterwinning. Verzilting heeft ook gevolgen voor het ruimtegebruik, door de landbouw en daarmee ook voor het landschap. Dit heeft gevolgen voor de gevoelige teelten, zoals de bomen- en de bollenteelt.

Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Bloembollen en snijbloemen het gevoeligst voor verzilting. Je kunt dat uitdrukken met een zoutshadedrempel. Dat is het chloridegehalte waar vanaf gewasschade kan optreden. Zoutshadedrempels zijn met veel onzekerheden omgeven en kunnen daarom niet als absoluut gebruikt worden, maar het geeft natuurlijk wel een goede indicatie.

Tabel 1: zoutshadedrempels in mg Cl/liter

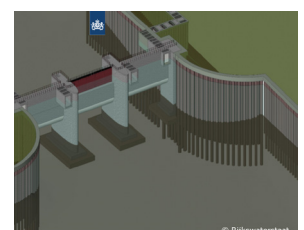
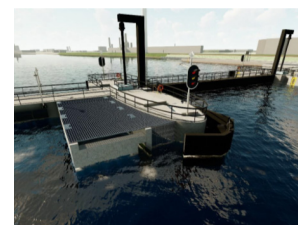
Bloembollen en snijbloemen	200
Glastuinbouw, vollegrondsgroente-, fruit- en boomteelt	400 – 600
Aardappelen en maïs	700 – 800
Grassen	3600
Granen en suikerbieten	4850
Koolzaad	8700

Rijkswaterstaat probeert als beheerder van het Noordzeekanaal, de zoutconcentratie te beheersen en de schade als gevolg van verzilting aan zowel zoetwaterfuncties als aan de economie zoveel mogelijk te beperken door tijdig bij te sturen.

De gemiddelde meetwaarde in het Noordzeekanaal ligt rond de 3.400 mg Cl/l. Als de meetwaarde duidelijk boven dat gemiddelde uitkomt, worden alle betrokken partijen (scheepvaart en naburige waterbeheerders) in kennis gesteld van de situatie. Wanneer de meetwaarde oploopt tot boven 4.000 mg Cl/l, dan worden maatregelen genomen om de zoutconcentratie weer te verlagen. Blijft de zoutconcentratie toch verder stijgen, tot boven 4.500 mg Cl/l komt, dan worden aanvullende maatregelen genomen. Bijvoorbeeld meer zoetwater aanvoeren vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal. Of de instroom van het zout beperken door tijdelijk minder schuttingen per dag uit te voeren in de Zeesluis. Maar dat zorgt voor langere wachttijden voor schepen en dus voor economische schade. Daarom heeft Rijkswaterstaat over de hoogte van de interventiewaarde en de maatregelen die daaraan zijn verbonden, afspraken gemaakt met Haven Amsterdam.

Bron 9 – Zoutdam

Bekijk video 2 en 3: landbovenwater.nl/bb-zeesluis/nl-en-t/oefenopgaven/videobronnen. Sinds de sluis operationeel is, stroomt er bij elke opening enorm veel zoutwater het Noordzeekanaal in. De nieuwe zoutdam moet verzilting tegengaan. De dam werkt volgens het principe dat zout water zwaarder is dan zoet water; het zoute water zakt naar de bodem en wordt via een opening weer naar zee gepompt. Aan de pijlers zitten stalen, gekromde wanden, de spoilers. Die zorgen voor de optimale stroming van het zoute water onder de zoutdam door. Zo stroomt het zoute water via een opening onderin de zoutdam via het Spui- en Gemaalcomplex terug naar zee. Het zoete water wordt door de zoutdam tegengehouden en blijft in het Noordzeekanaal.



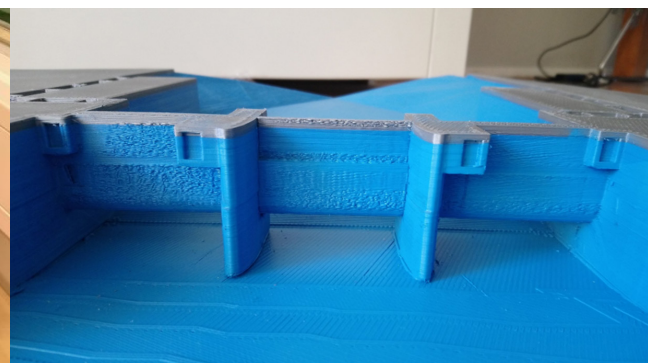
Zeesluis IJmuiden - Natuur, leven en technologie - Bronnen

Bron 10 – Experimenten en simulaties

De zoutdam is uniek in de wereld. Tijdens het ontwerpproces wordt van alles berekend, gesimuleerd en door middel van experimenten in kaart gebracht.

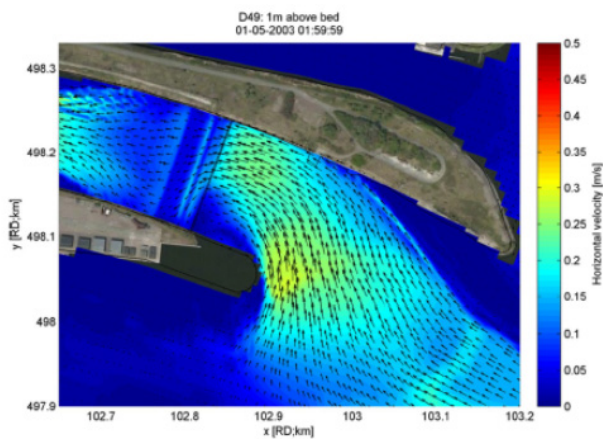
Afbeelding 1 – gekleurde ballen

Afbeelding 2 - golfgoot

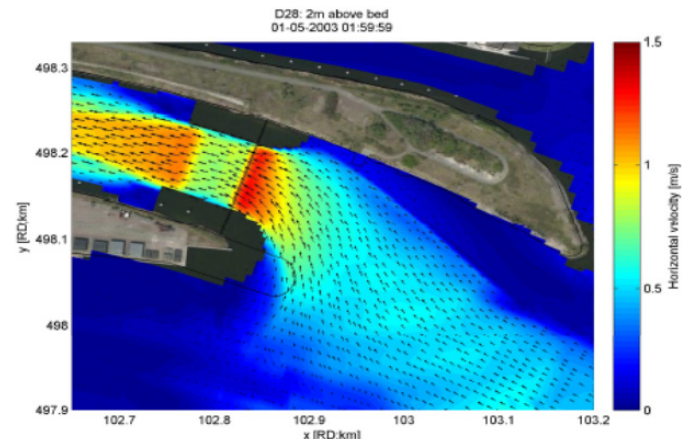


Afbeelding 3 – Bovenaanzicht zoutdam

Afbeelding 4 - Bovenaanzicht zoutdam



Figuur 6.5 Variant 1: stroompatroon op 1 m boven bodem. Afvoerdebiet = 100 m³/s



Figuur 6.9 Variant 3, horizontaal stroompatroon op 2m boven de bodem bij Q = 700 m³/s.