

Matten van kunststof

De Cardium rolt een mat af.

Als ondergrond worden matten gebruikt, bestaande uit kunststof en verschillende soorten grind. Voor het maken van de matten wordt een aparte fabriek gebouwd. Het gaat om twee soorten: ondermatten van 200 meter lang, 42 meter breed, 36 centimeter dik en bovenmatten van 60 bij 31 meter. Van elke

soort zijn er 65 nodig. Als de matten kant en klaar uit de fabriek komen, worden ze om grote, drijvende cilinders gerold. Zo'n cilinder, met daarop een mat, gaat naar een speciaal ontworpen mattenlegvaartuig, de Cardium. Aan de voorkant ervan zit een enorme 'stofzuigermond', om de bodem vlak te maken. Meteen daarna wordt de mat afgerold.

Het lijkt eenvoudig. De matten moeten wel precies op de juiste



plaats worden neergelegd en dat is in een roerige zee arm minder simpel. Bovendien is de tijd voor het afzinken van de matten beperkt. Ze moeten tijdens de kentering tussen laag- en hoogwater worden neergelegd. Dat wil zeggen binnen een uur. Een nog niet geheel uitgerolde mat gaat onherroepelijk verloren als de getijdestroom er vat op krijgt. Maar dat gebeurt geen enkele keer. De mattenlegger Cardium wordt geassisteerd door de steen- en asfaltstortor Jan Heijmans. Dit vaartuig houdt het begin van de mat op zijn plaats en stort de voegen tussen matten vol met verschillende lagen steen. De pijlers komen op 45 meter afstand van elkaar te staan, zodat er tussen de 42 meter brede matten een voeg is van 3 meter. Het leggen van de matten is een spannende fase in de bouw van de stormvloedkering; het is bepalend voor de vlakheid van de bodem en de stevigheid van de kering.

Mattenfabriek op Neeltje Jans.



De matten fungeren als filterconstructie. Vandaar een opbouw van verschillende soorten zand en grind. Het zand van de bodem blijft daardoor op zijn plaats en er blijft voldoende drainage behouden. Het leggen van de matten verloopt vlot. Op enkele plaatsen wordt nog een tegelmat op de bovenmat gelegd, om oneffenheden weg te werken. Over de voegen komt weer een andere speciale mat, de grindwiepenmat. Die moet het wegspoelen van de stenen in de voeg tegengaan. Het resultaat mag er uiteindelijk zijn. De fundering ligt vlakker dan menig voetbalveld. Een strook zeebodem van 200 meter breed, dwars door de Oosterscheldemonding, is bedekt met een glad 'tapijt'. Daarop kunnen de pijlers worden geplaatst.

Pijlers als ruggegraat

De 65 kolossale pijlers vormen de ruggegraat van de kering. Ze worden gebouwd in drie grote, 15 meter diepe bouwdokken, voor het drooghouden waarvan 320 onderwaterpompen nodig zijn. Het gaat om machtige betonnen bouwwerken, met een hoogte van 30 tot 40 meter en een drooggewicht van maximaal 18.000 ton. De hoogte van de pijlers is afhankelijk van de plaats in de stroomgeulen. Een eigen betoncentrale levert in vier jaar 450.000 m³ beton. De pijlers zijn hol; na plaatsing worden ze gevuld met zand. Het zijn geen gladde betonconstructies; er zitten allerlei uitsparingen in, om de andere betonnen elementen van de kering en de stalen schuiven tussen de pijlers te kunnen bevestigen. De bouw van elke pijler duurt iets minder dan anderhalf jaar. Er is maar vier jaar beschikbaar. Seriebouw biedt uitkomst; om de twee weken wordt aan de bouw van een nieuwe pijler begonnen. Om het gewicht te kunnen beperken worden ze van voorgespannen beton gemaakt. Op het hoogtepunt zijn in de bouwdokken 30 pijlers tegelijk in aanbouw.

Pijlers in bouwdok



Seriebouw bij pijlerconstructie.



Buitenissige vaartuigen

Wanneer alle pijlers in één bouwdok klaar zijn, wordt dat onder water gezet en de dijk naar de Oosterschelde open gebaggerd. De pijlers zijn klaar voor vervoer naar één van de drie stroomgeulen in de Oosterscheldemonding. Opnieuw verschijnen buitenissige vaartuigen: het pijlerhefschip **Ostrea** en het afmeeropschoonponton **Macoma**. De **Ostrea** moet de pijlers uit de bouwdokken optillen, naar de stroomgeul vervoeren en vervolgens met grote nauwkeurigheid op de matten zetten. Voor het verankeren van het hefschip en het schoonmaken van het funderingsbed is de **Macoma** gemaakt. Het heel precies neerzetten van de pijlers gebeurt tijdens kentering en met inschakeling van ingewikkelde meetapparatuur. Het plaatsen van de pijlers neemt één jaar in beslag. Na de plaatsing is het werk aan de pijlers nog lang niet klaar. Ze moeten 'ondergrout' worden. Het houdt in dat de ruimte tussen de pijlervoet en de funderingsmatten gevuld wordt met grout, een mengsel van zand, cement, en water. Dat is nodig om een volledige aansluiting van de pijlers op de fundering te krijgen. Na het ondergrouten van de pijlers kan de stabiliteit vergroot worden door het vullen van het onderste deel met zand.



Om beschadiging van de pijlers te vermijden worden betonnen beschermelagen aangebracht. Steenasfaltzakken van 30 tot 40 ton beschermen de voeten van de pijlers. Dat is noodzakelijk omdat elke pijler ingepakt wordt in een drempel van stortsteen.

Hefschip *Ostrea* en afmeer- en opschoonponton *Macoma*.



Stenen van 10.000 kilo

Door de drempel wordt de stabiliteit van de pijlers vergroot. Ook sluiten de stenen de Oosterscheldemonding beter af, want het is de bedoeling dat uiteindelijk alleen het gedeelte open blijft dat door de schuiven afgesloten kan worden. Voor de drempel worden stenen van verschillende afmetingen gebruikt. Onderop lichtere stenen en bovenop grote brokken steen van wel 10.000 kilo. Ze zijn zo zwaar om de enorme stroomsnelheden te kunnen weerstaan die optreden wanneer één van de schuiven onverhoopt niet zou kunnen worden gesloten bij een zware storm. Die grote stenen kunnen niet los worden gestort, omdat dan de kans op beschadiging van de pijlers te groot is. Daarom is een toplaagstorter ontworpen, de



Trias. Op dit vaartuig staat een grote kraan, met een lange schuifarm waarmee de zware stenen nauwkeurig op hun plaats kunnen worden gelegd. De drempel wordt opgebouwd met totaal vijf miljoen ton natuursteen. In Nederland is die steen niet aanwezig, zodat vier jaar lang uit Duitsland, Finland, Zweden en België per schip steen is aangevoerd.

Met de fundering, de pijlers en de onderwaterdrempel is een groot deel van de stormvloedkering gereed. Maar de afbouw vergt nog heel wat activiteiten. In volgorde van montage gaat het om: verkeerskokers, opzetstukken van de pijlers, de schuiven, de dorpelbalken en de bovenbalken. Allemaal onmisbare onderdelen om de stormvloedkering goed te laten functioneren. De betonnen verkeerskokers, met een lengte van 45 meter, worden over de pijlers gelegd. Op de kokers komt de autoweg te lopen, vandaar: verkeerskokers. De kokers worden door de bok Taklift 4 ingehangen. Ze zijn hol. Binnenin wordt aandrijvings- en bedieningsapparatuur voor de schuiven opgesteld.

Taklift IV met verkeerskoker in de takels.

De toplaagstorter Trias in actie.

Steeds grotere stroomsnelheden

Het plaatsen van de schuiven is centimeterwerk.

Op de pijlers komen opzetstukken van voorgespannen beton. Ze zijn ontworpen om de pijlers op de plaats van de ophanging van de schuiven te verhogen. De hoogte van 124 hamerstukken ligt tussen 4,3 en 10 meter; het gewicht varieert van 250 tot 450 ton. Betonnen dorpelbalken verbinden de pijlers onder water. De 62 holle kokers - 39 meter lang, 8 meter breed en 8 meter hoog - worden in een bouwdoek gemaakt. Na plaatsing tussen de pijlers, waarbij de stroomsnelheden steeds hoger worden, omdat de doorstroombopening steeds kleiner wordt, zijn de dorpelbalken gevuld met zand. Boven water worden de pijlers verbonden door de bovenbalken, eveneens van beton. Ze vormen de bovenste begrenzing van de opening in de kering.

Stalen schuiven moeten het Noordzeewater in geval van ongunstige weeromstandigheden tegen houden. Ze verschillen in hoogte, afhankelijk van de plaats in de kering, van 5,9 meter tot 11,9 meter. In het diepste sluitgat Roompot komt ook de grootste schuif, met een gewicht van 480 ton. De schuiven worden met de **Taklift 4** tussen de pijlers gehangen; ze kunnen op en neer glijden. Als de schuiven omhoog staan is de Oosterschelde open. Door de openingen stroomt dan voldoende water heen en weer om ter hoogte van Yerseke - het centrum van de schelpdiercultuur - een getijverschil van 3,20 meter te verzekeren. Dat is 75% procent van het oorspronkelijke getijverschil en voldoende om de bestaande natuur- en visserijwaarden te handhaven.

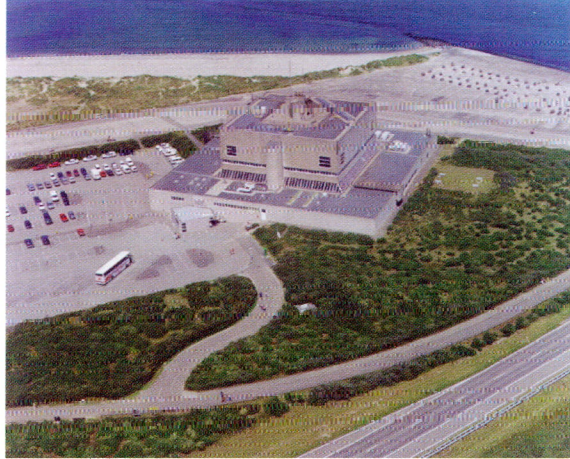


Schuiven dicht

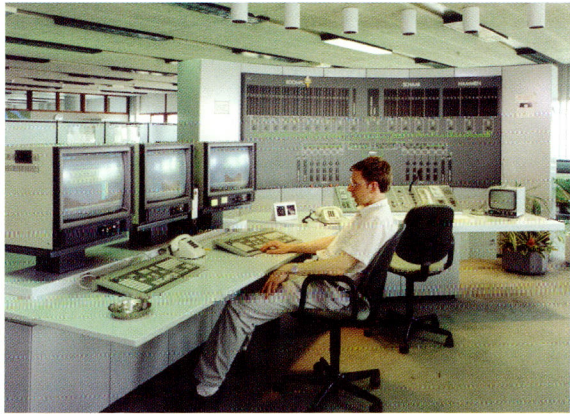
De schuiven bestaan uit een beplating en liggers van stalen buizen. De beplating komt aan de Oosterscheldezijde. Een dikte van slechts 10 millimeter is voldoende om de Oosterschelde af te grendelen. De schuiven zijn crop berekend om verschillen in waterstanden naar twee zijden te kunnen keren. Ze kunnen ook in snel stromend water; bij ongunstige weeromstandigheden op en neer. Voor het bewegen van de 62 schuiven zijn hydraulische cilinders gekozen. Bij elke schuif komen twee van deze cilinders, met een lengte tussen 7,2 en 13,2 meter. Het openen en sluiten van de schuiven gebeurt met een snelheid van 3 millimeter per seconde. Een operatie, die voor de grootste schuif één uur duurt.

Het gebruik van de stormvloedkering wordt geregeld in het **ir J.W.Topshuis**, het centrale bedieningsgebouw. Dat staat hoog boven de Noordzee op enige afstand van de kering. De kering moet gemiddeld twee keer per jaar wegens extreem hoge waterstanden dicht. In het **Topshuis** is ook de **Delta Expo** ondergebracht, een permanente voorlichtingsexpositie over 2000 jaar waterbouwkunde. Door de aanleg van de stormvloedkering is vrije scheepvaart door de monding van de Oosterschelde onmogelijk geworden. Daarom is in het zuidelijke deel van het werkeiland Neeltje Jans de Roompotsluis aangelegd. De autoweg over de kering gaat er met een hoog viaduct overheen.

Op 4 oktober 1986 verricht koningin Beatrix de officiële ingebruikname van de Oosterscheldekering.



Het **ir J.W.Topshuis**, het dienstgebouw stormvloedkering.



Nieuwe randmeren ontstaan

Op de grens van Zeeland en Noord-Brabant komen de compartimenteringswerken tot stand. Door de aanleg van de Oesterdam en Philipsdam ontstaan zoete randmeren: van noord naar zuid *Krammer/Volkerak*, *Zoommeer* en *Markiezaatsmeer*. Een ingewikkeld zout/zoet scheidingssysteem in de *Krammersluizen* voorkomt vermenging van het zoete water in de meren met het zoute Oosterscheldewater. Het water uit het *Zoommeer* kan door het *Bathsespuikanaal* worden afgevoerd naar de Westerschelde. Daardoor wordt het zoete water uit de randmeren op peil gehouden. De dammen worden met zand gesloten. Het zijn de grootste zandsluitingen ooit ter wereld in stromend water verricht.

Philipsdam

1987

Tussen Sint-Philipsland en de Grevelingendam ligt de Philipsdam. Middenin is op een werkeiland een groot sluizencomplex gebouwd: de *Krammersluizen*. De twee sluizen voor de beroepsvaart zijn geschikt voor vierbaks duwvaarten. Voor pleziervaartuigen is een aparte schutsluis gebouwd. Om te voorkomen dat tijdens het schutten grote hoeveelheden zout water uit de Oosterschelde op het zoete *Krammer/Volkerak* terecht komen - en omgekeerd teveel zoet water op de Oosterschelde komt - is het sluizencomplex uitgerust met een zout/zoetscheidingssysteem. Het is gebaseerd op het feit dat zout water zwaarder is dan zoet. Tijdens het schutten van de schepen wordt het zoete water vervangen door zout water uit de Oosterschelde, en omgekeerd. Het systeem wordt ook in de *Kreekraksluizen* toegepast om te voorkomen dat brak en vervuild water uit het Antwerpse industriegebied in het *Zoommeer* belandt.



Philipsdam.

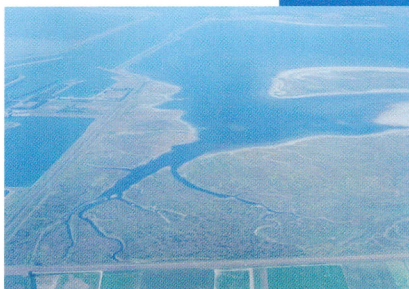


Markiezaatskade 1983

Om te voorkomen dat tijdens de bouw van de Oesterdam door stromingen problemen ontstaan voor scheepvaart en oeververdedigingen, is eerst een speciale kade gemaakt. Door deze kade wordt het verdrongen land van het Markiezaat van Bergen op Zoom begrensd, vandaar de naam Markiezaatskade. De aanleg van de 5 kilometer lange kade tussen de Kreekraksluizen en de Molenplaat bij Bergen op Zoom levert een grote tegenvaller op. In 1982 is de kade vrijwel klaar; alleen de afwerking rest nog. Een stormvloed met een waterhoogte van 3.70 meter +NAP slaat een gat in de kade. Een jaar later is de kade klaar. Achter de Markiezaatskade ontstaat een zoet meer. Het overgrote deel ervan blijft natuurgebied.



Markiezaatskade.



Oesterdam 1986

Tussen Tholen en Zuid-Beveland is de Oesterdam aangelegd. De Oesterdam is de langste van alle deltadammen: bijna 11 kilometer. De Schelde-Rijnverbinding wordt door de dam afgesloten van de Oosterschelde, zodat een getijvrije doorvaart ontstaat. Het tracé van de Oesterdam ligt dicht tegen het Schelde-Rijnkanaal aan. Daardoor blijft het overgrote deel van

de kom van de Oosterschelde onder werking van eb en vloed. Onder de oever van Tholen ligt in de Oesterdam een sluis voor de kleine scheepvaart tussen Zoommeer en Oosterschelde. Deze Bergse-diepsluis is vooral bestemd voor de recreatievaart en visserij. De dam loopt door een gebied waar in het verleden mens en zee strijd hebben geleverd. De samenstelling van de bodem is erg grillig. Op veel plaatsen in het tracé is grondverbetering noodzakelijk.



Oesterdam.

Een simpel principe

Monding kanaal door
Zuid-Beverland bij
Hansweert.



In de Grevelingendijk is even ten zuiden van de aansluiting met de Philipsdam een doorlaatmiddel aangelegd, bestaande uit betonnen kokers. Het berust op een simpel principe: een hevel. Er zijn geen dure afsluitvoorzieningen nodig. Door de hevel kan een stroming tussen Grevelingenmeer en Oosterschelde worden bewerkstelligd. De hevel zorgt in combinatie met de doorlaatsluis in de Brouwersdam voor een verversing van het Grevelingenmeer; waardoor vooral het zoutgehalte op peil gehouden wordt.

Op de randmeren achter de compartimenteringsdammen wordt het omringende land af. De meren doen dienst als boezemwater. Het waterpeil en de waterkwaliteit moeten geregeld kunnen worden. In de Volkerakdam zijn inlaatsluizen gemaakt. Daardoor kan via het Hollandsch Diep water uit de grote rivieren op de randmeren worden ingelaten. Omdat het rivierwater vaak giftige stoffen bevat, gebeurt dat zo weinig mogelijk. Zo kan worden voorkomen dat de bodems van

Krammer/Volkerak en Zoommeer met een laag sterk vervuild slib worden bedekt.

Bathse spuisluis 1987

Het rivier- en polderwater moet zonnodig worden afgevoerd. Daarvoor is door de hals van Zuid-Beveland het 8 kilometer lange Bathse-spuikanaal gegraven. Het loopt langs de Schelde-Rijnverbinding en er kan 8,5 miljoen m³ water per dag worden afgevoerd. Aan het einde van het kanaal bij de Westerschelde ligt een spuisluis, bestaande uit betonnen kokers. De sluis is onderdeel van de zeewering. De sluisdeuren zijn zodanig gemaakt, dat hoge waterstanden op de Westerschelde tegen worden gehouden zonder dat zout water binnendringt. Bij de compartimenteringswerken hoort ook de verbetering van het kanaal door Zuid-Beveland; nieuwe sluizen bij Hansweert, verbreding van het kanaal en een sluisloze uitmonding bij Wemeldinge.

De Deltawerken voltooid

De grote waterbouwkundige werken in het deltagebied - afdammingen, stormvloedkering, compartimenteringswerken - brengen voor mensen, dieren, planten en land enorme veranderingen met zich mee. De bouw van dammen, de aanleg van sluizen en wegen, het maken van nieuwe bekkens, het ontstaan van woon- en recreatiegebieden. In het eeuwenoude ritme van eb en vloed wordt drastisch ingegrepen. Het milieu verandert op talloze plaatsen en vele manieren. Naast veiligheid en economisch voordeel zijn bij de uitvoering van het Deltaplan in toenemende mate ook de ecologische gevolgen betrokken. Juist ook, omdat een delta een zeer rijk en gevarieerd systeem van planten- en dierengemeenschappen herbergt. Een ecosysteem - trouwens met een grote economische waarde - dat erg gevoelig is voor (menselijke) ingrepen.

De Nederlandse samenleving heeft veel geld voor de Deltawerken over gehad. Voor 12 miljard gulden heeft Zuidwest-Nederland nu veiligheid, zijn de verbindingen ingrijpend verbeterd, kan het schaarse zoete water beter worden

verdeeld en is een bijzonder ecosysteem gespaard. De Oosterscheldewerken hebben van dat bedrag het grootste deel gevegd: 8 miljard.

Bij de officiële ingebruikstelling van de stormvloedkering heeft koningin Beatrix de Deltawerken voor voltooid verklaard. Het werk in Zuidwest-Nederland mag dan achter de rug zijn, in waterbouwkundig opzicht valt toch nog heel wat te doen. Vóór de dammen en de koppen van de eilanden ontwikkelt zich een wadachtig gebied met platen die langzaam hoger worden en geulen. Deze voordelta kan nieuwe mogelijkheden bieden op het gebied van milieu en visserij. Daarom worden in aansluiting op het Deltaplan lijnen uitgezet voor de toekomst van dit gebied. Ook de gestage zeespiegelrijzing maakt duidelijk dat de beveiliging van Nederland tegen het water een zaak van voortdurende zorg is. En tenslotte vinden de Nederlandse waterbouwers dat ze de kennis en ervaring die ze in dertig jaar Deltawerken hebben opgebouwd, ook ten goede moeten laten komen aan het buitenland.

De stormvloedkering voltooid.



De Maeslantkering



De Maeslantkering

1997

Het oorspronkelijke Deltaplan gaat uit van verhoging van de dijken rond de Nieuwe Waterweg. Op die manier blijft de scheepvaartverbinding mogelijk met Rotterdam. In de jaren '70 protesteert de bevolking. De historische bebouwing, zoals dijk-huisjes, zou op tal van plaatsen verdwijnen. Bovendien blijkt dijk-verhoging een kostbare zaak. In de jaren '80 wijst studie uit dat een beweegbare stormvloedkering technisch en financieel haalbaar is. Deze oplossing schaadt de scheepvaart niet. De weg is vrij voor de komst van de Maeslantkering.

De Maeslantkering verrijst in de Nieuwe Waterweg bij Hoek van Holland. De bouw duurt van 1991 tot 1997. Ruim een miljoen mensen in Rotterdam en omgeving zijn hierdoor beschermd tegen overstromingen.

Nooit eerder is een stormvloedkering gebouwd met zulke grote beweegbare delen. Beide deuren hebben een bolscharnier met een doorsnede van 10 meter en een gewicht van 680 ton.

Dit scharnier ligt in een kolossaal fundatieblok van beton met een gewicht van 52.000 ton. De vakwerkarmen hebben een lengte van 237 meter en bestaan uit drie grote, onderling verbonden, metalen buizen. De waterkerende deuren zijn 22 meter hoog en elk 210 meter lang. Elke deur, inclusief scharnier, is bijna even groot als de 300 meter hoge Eiffeltoren.

De werking

Bij normale zeewaterstanden bevinden de deuren zich in droge dokken in de oever van de Nieuwe Waterweg. De scheepvaart passeert dan ongehinderd. Bij dreigende stormvloed worden de dokken volgelaten met water waardoor de deuren gaan drijven. Door een zogenaamd locomobiel worden de deuren naar het midden van de Nieuwe Waterweg bewogen. Als de deuren elkaar genaderd zijn, lopen de holle ruimten vol en zinken ze tot op de bodem. Zo sluiten de deuren de 360 meter brede Nieuwe Waterweg af.

Dit sluiten vindt plaats als bij Rotterdam een zeewaterstand verwacht wordt van 3,00 meter boven NAP. Deze waterstand komt gemiddeld eens per vijf jaar voor.



Het is een voortdurende strijd om het hoofd boven water te houden. Nederland, de naam zegt het al. Grote delen van het land liggen onder de zeespiegel. Steeds sterkere dijken, dammen en duinen zijn nodig om de zee tegen te houden en ervoor te zorgen dat het dichtbevolkte land bewoonbaar blijft. Zonder verdedigingslinie en zonder voorzieningen om het grond- en regenwater uit de laag gelegen polders weg te pompen, zou de helft van Nederland overspoelen. Zo is het eeuwenlang geweest.

