

Het vergelijken van historische zeekaarten in GIS

Vanaf de zestiende eeuw hebben Nederlandse kaartmakers het Waddengebied in kaart gebracht. Hoewel deze kaarten niet zo gedetailleerd zijn als die met moderne dieptemetingen geven ze wel een schat aan informatie over de zeebodem. Met moderne technieken kunnen de historische gegevens vergeleken worden met die op de huidige kaarten. Dit geeft niet alleen inzicht in de ontwikkeling van het gebied, maar geeft ook informatie voor erfgoedbeheer. De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed is binnen het programma Maritiem bezig om op deze manier voorspellingskaarten voor onderwaterarcheologie te maken.

Wandelende platen

Weinig landschappen zijn zo dynamisch als die van de Waddenzee. Zandbanken, geulen en zelfs de hele kustlijn kan dramatisch veranderen in één nacht. Zelfs de 'vaste' punten, zoals eilanden zijn constant aan de wandel. Deze veranderingen kunnen een bedreiging vormen voor zeevarenden; waar eerst een veilige vaargeul lag, kan nu een ondiepte zijn. Deze dreiging wordt tegenwoordig tegengegaan door in elk geval de kustlijn vast te leggen; zware dijken rondom de eilanden en de Fries-Groningse kust en zandsuppleties langs de stranden moeten het land beschermen. Maar onder water gaan de veranderingen door. Bij elk getij komen grote hoeveelheden water en zand het gebied binnen. Door de sterke stroming worden geulen uitgediept en tijdens doortijd wordt veel zand afgezet. Sinds de aanleg van de Afsluitdijk zijn deze getijdenstromen ook behoorlijk veranderd. Het gebied is nog steeds bezig zich, na deze grote ingreep, te stabiliseren. Om de scheepvaart veilig door het gebied te laten varen, moet het gehele onderwaterlandschap regelmatig in kaart gebracht worden. Met de modernste technieken worden hoge-resolutie dieptekaarten gemaakt. Hierop staan niet alleen de zandbanken en vaargeulen, maar ook de bakens en betonning die het de schepen mogelijk maken veilig door het gebied te komen (figuur 1).



Figuur 1 - Moderne bathymetrische kaart van het westelijke Waddengebied volgens de lodinggegevens van 2008.

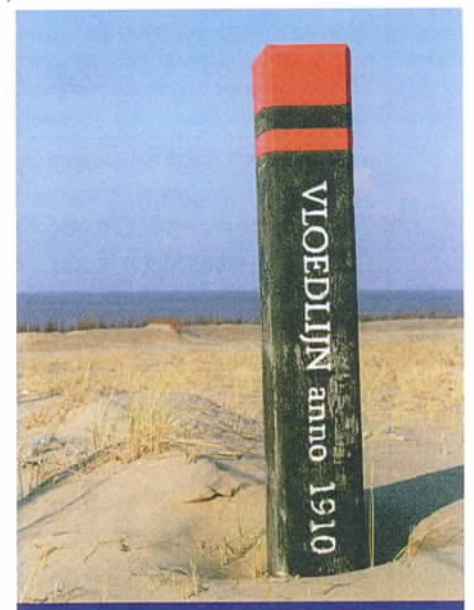
Ook vroeger hadden zeevarenden behoefte aan duidelijke kaarten om een veilige doorvaart te hebben. Vanaf de zestiende eeuw hebben Nederlandse kaartmakers het gebied in kaart

Wandelende eilanden en zwerfende platen

gebracht (Walsmit, 2009). Deze kaarten waren in hun tijd beroemd om hun accuratesse en detailniveau. Ze waren dan ook zeer gewild bij zeevarenden, zowel in Nederland zelf als bij de andere zeevarende naties uit die tijd. Door de vele details die op deze oude zeekaarten staan,

zijn de kaarten tegenwoordig nog altijd gewild bij verzamelaars en cartofielen. Maar ze geven ook een goed inzicht over de morfologische ontwikkeling van het gebied. En omdat het vaak primair navigatiekaarten waren geven ze ook een goed beeld van de routes; ook toen al waren er tonnen en bakens die de veiligheid van de geulen aangaven.

Een probleem met deze kaarten is wel dat ze vaak niet in een voor ons herkenbare projectie staan. Dat maakt dat ze in onze ogen vervormd, en daardoor onnauwkeurig lijken. Om ze te kunnen gebruiken als bron voor landschappelijk onderzoek





Figuur 2 - De vermaerde stroom, Tvlie ende Tmaersdiep, opstreckende inde Zuider Zee voorbij Enchuijsen tot Amstelredam, met alle sanden plaeten en ondiepten opde selve stroomen geleghen. Zeekaart van Lucas Jansz. Waghenaeer uit 1584.

moeten we ze op de één of andere manier omzetten naar een modern beeld (figuur 2).

Zwalkende kaarten

Plaatsbepaling aan boord van schepen werd op twee manieren gedaan: door gegist bestek en door metingen. Daarnaast werden waarnemingen van bijvoorbeeld de kleur van het water, de aanwezigheid van bepaalde soorten vogels of vissen en herkenbare punten op of langs de kust meegenomen.

Gegist bestek was het uitzetten van een koerslijn vanaf een bekend punt waarbij de snelheid, de kompaskoers, de mate van afdrijven en de stroming werden meegenomen in de berekening. Daarnaast hadden schepen ook instrumenten aan boord waarmee de stand van hemellichamen kon worden gemeten. Hiermee kon, met behulp van tabellen, de breedtepositie worden berekend. Deze instrumenten waren echter nog erg primitief en lastig nauwkeurig af te lezen. Dat leverde vaak grote afwijkingen op, en dat alleen al voor de breedtepositie. Voor het bepalen van de lengtepositie waren er wel rekenmethoden om aan de hand van instrument-

gegevens een positie te berekenen, maar die waren weinig betrouwbaar en nog gevoeliger voor meet- en afleesfouten. Pas met de uitvinding van de chronometer in 1762 door John Harrison kon de lengtepositie goed worden bepaald. De betrouwbaarste manier van plaatsbepaling bleef lange tijd het meten van de hoek tussen twee of meer herkenbare

Oude kaarten gewild bij cartofielen

punten langs de kust. Hiervoor moest men wel dicht onder de kust blijven. Dit soort problemen bestonden niet alleen voor de zeelieden: ook de kaartenmakers hadden dit probleem, zeker bij zeekaarten. Daarbij moet ook worden aangegeven dat nauwkeurige hoekmeetinstrumenten als spiegelkwadranten pas in de achttiende eeuw zijn uitgevonden. Een kustgebied werd dan ook gekarteerd door verschillende, door middel van hoekmeting en doorzichten, getekende kustlijntjes te combineren. In veel gevallen werd ook informatie uit betrouwbaar

geachte, of betrouwbaar gebleken, bestaande kaarten gebruikt, vaak zelfs gekopieerd. Belangrijke 'vaste' punten op een historische zeekaart zijn dan ook de zichtpunten aan de wal. Posities van kerktorens of andere goed zichtbare punten staan goed ingetekend, omdat die het enige houvast voor de schippers waren om hun positie te bepalen. Omdat de meeste kaarten bestemd waren voor kustnavigatie, waren herkenningspunten belangrijker dan een kloppende projectie. De kaart gaf immers maar een relatief klein gebied weer en hoefde niet perfect aan te sluiten op andere bladen. Er waren ook navigatiekaarten die wel bedoeld waren om een groot gebied te bestrijken. Deze werden gebruikt om een koers over zee uit te zetten. Deze zogenaamde paskaarten of overzeilers hadden wel een vorm van projectie: ze waren met een hoekgelijkheid getekend. Dit hield in dat een schipper een koers op de kaart kon uitzetten en die dan op zijn kompas kon volgen. Deze weergave is geperfectioneerd door Gerard Mercator, en aangezien wij nu nog steeds vaak met een Mercatorprojectie

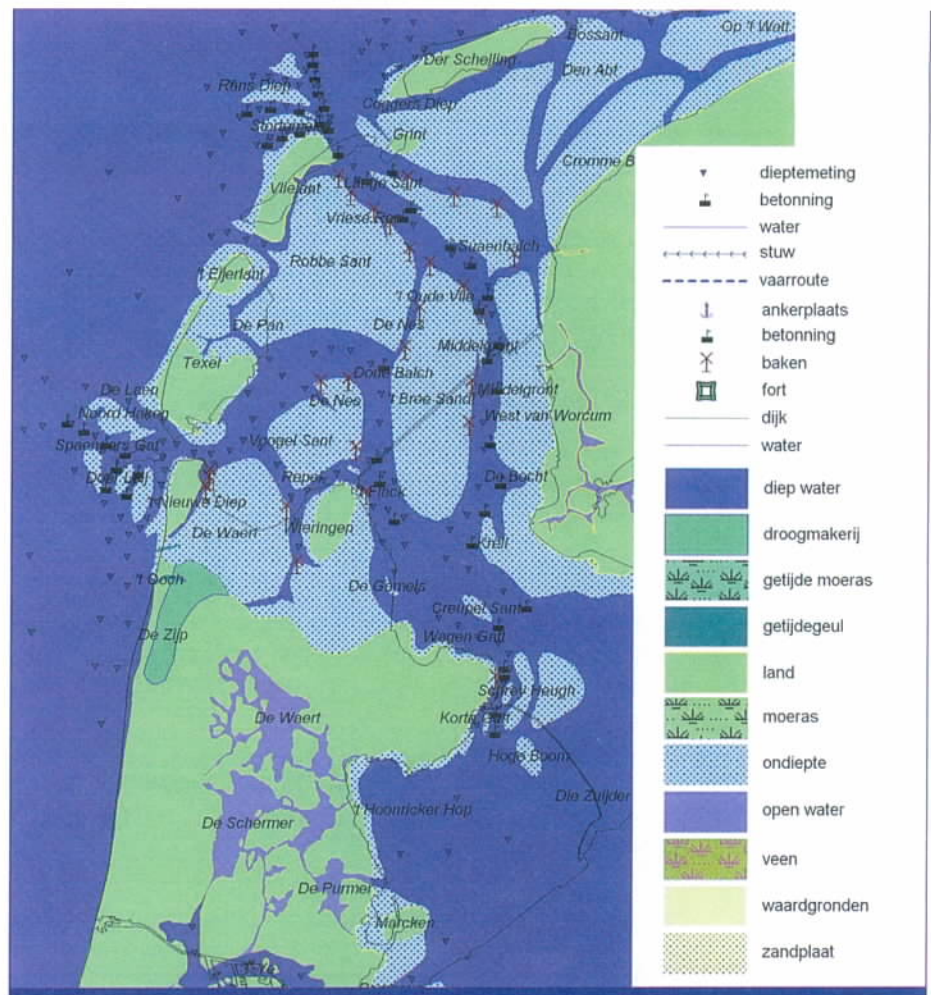
werken, lijken deze paskaarten ons minder vervormd, en dus betrouwbaarder te zijn.

Vastgezette onzekerheid

Om een historische kaart in een modern GIS te zetten, moeten we ons eerst de vraag stellen met welk doel, en dus met welke interne betrouwbaarheid, hij is gemaakt. Als voorbeeld neem ik de oudste navigatiekaart voor de Waddenzee, de kaart 'Tvlie ende Tmaersdiep' uit 'De Spieghel der Zeevaerdt' (Waghenaer, 1584). Dit werk was een uitbreiding van de traditionele zestiende-eeuwse zeemansgidsen, doordat er, behalve de tekstuele informatie, kaarten aan waren toegevoegd. Deze kaarten, 23 in totaal, geven de Europese kust weer van Texel tot aan Cadiz. Het tweede deel, dat een jaar later verscheen, bevat de kaarten van de kusten benoorden Texel tot in de Oostzee. Aangezien er nooit aanwijzingen gevonden zijn dat Waghenaer zijn kaarten (deels) uit bestaande bronnen zou hebben gekopieerd, wordt aangenomen dat hij deze kaarten heeft gemaakt aan de hand van zijn eigen waarnemingen en kennis over navigatie die hij als stuurman had opgedaan.

Het doel van deze kaart is duidelijk: het weergeven van de vaarroutes vanuit de grote handelssteden als Amsterdam en Enkhuizen naar zuidelijke streken. De belangrijkste routes door de Waddenzee voor deze bestemmingen waren de westelijke doorvaart door het Marsdiep en de noordelijke door de Vliestroom. Op de kaart zijn die ook het meest gedetailleerd. Friesland, zeker benoorden Harlingen, en de eilanden verder dan Terschelling zijn 'slechts' ter completering van het kaartbeeld opgenomen, en hebben niet het detailniveau of de mate van nauwkeurigheid als de gekarteerde vaarroutes.

Om de kaart daadwerkelijk te georefereren is dezelfde techniek toegepast als die waarmee de oorspronkelijke kaart is gemaakt: kleine delen kustlijn intekenen aan de hand van hoekmeting en zichtlijnen. De verschillende deelgebieden worden dan later aan elkaar gepast. Voor dit kaartblad is begonnen met de omgeving van Enkhuizen. Als je dat deel van Waghenaers kaart bekijkt, blijkt dat hij behoorlijk goed is opgenomen; Enkhuizen, De Kreupel, Stavoren en Enkhuizen, Medemblik staan ten opzichte van elkaar in goede hoekverhoudingen afgebeeld, en de onderlinge afstanden kloppen meer dan



Figuur 3 - De kaart De vermaerde stromen van Waghenaer in een GIS gezet.

redelijk. Door dit deel te vectoriseren, en de namen, dieptes en andere gegevens op de weergegeven locatie in een database te zetten, kon dat deel in een moderne projectie worden omgezet. Vervolgens werd hetzelfde gedaan voor het gebied Den Helder, Texel, Den Oever. Op die manier is de gehele kaart omgezet naar een GIS, waarbij Friesland en de noordelijke eilanden vergelijkbaar aan het origineel 'schetsmatig' zijn gedi-

Vanaf 1850 nam detaillering toe

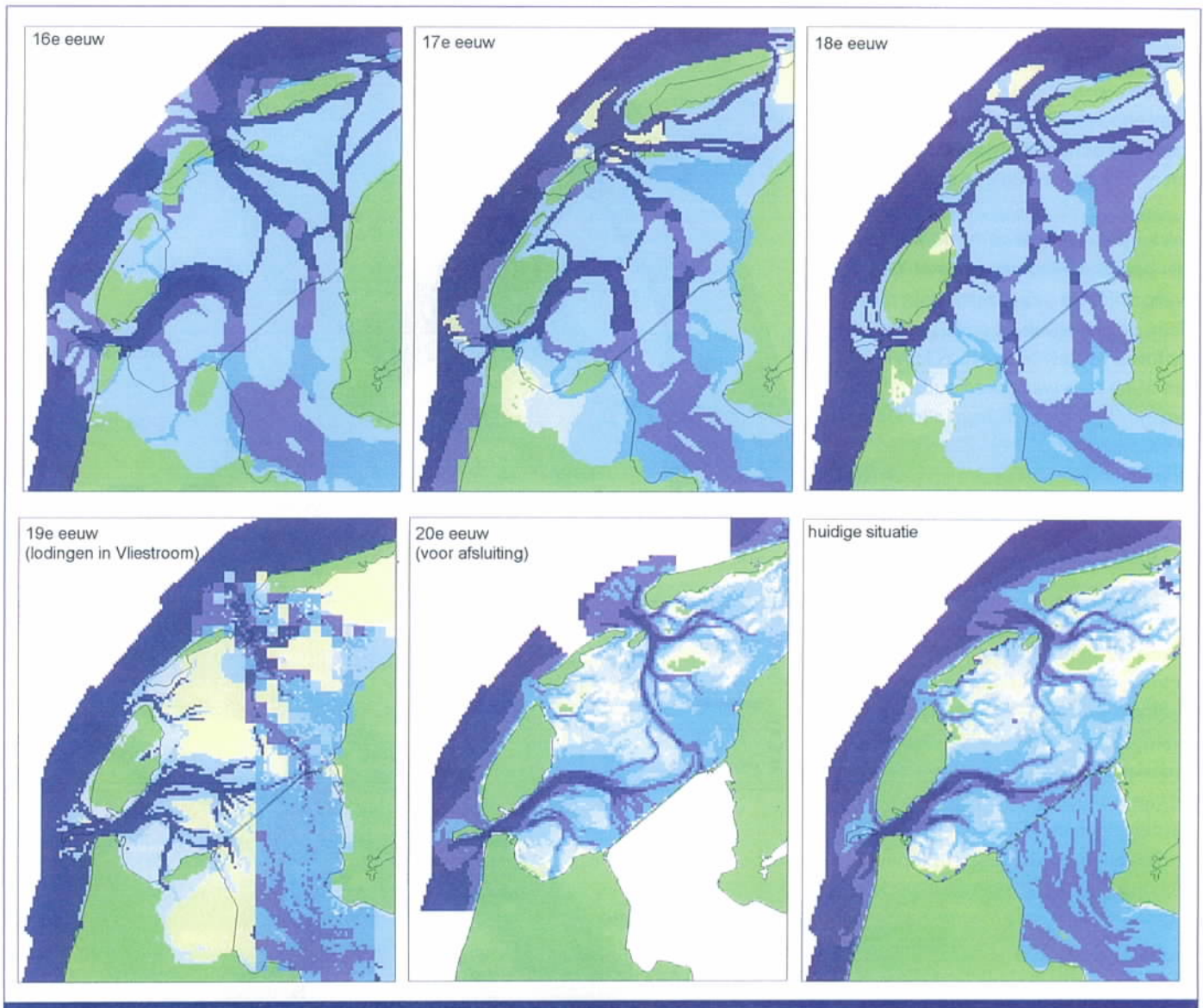
gitaliseerd. Nadat de verschillende delen waren samengevoegd, zijn de afstanden tussen enkele controlepunten, zoals het Breezand, Texel, Harlingen, Stavoren en Enkhuizen, op beide kaarten (de nieuwe GIS-kaart en de kaart van Waghenaer) vergeleken, en waar nodig gecorrigeerd. Dat leverde uiteindelijk een kaart op, in de moderne projectie, waarbij alle gegevens van de zeekaart uit 1584 vergeleken konden worden met de moderne gegevens (figuur 3).

De volgende stap in de analyse was het uniformeren van de gegevens van de

historische met de moderne navigatiekaarten. Als de kaarten dezelfde classificatie van dieptemetingen en zandplaten hebben, zijn ze onderling vergelijkbaar (Os, 2011).

Vergelijkingen door de tijd

Op dezelfde manier zijn verschillende historische kaarten van de Waddenzee in een GIS gezet. Door een interval van ongeveer een eeuw te kiezen kan de ontwikkeling van de morfologie van de Waddenzee in beeld worden gebracht. Meer kaarten digitaliseren zou mogelijk een gedetailleerder beeld opleveren, maar de extra informatie is te klein in verhouding tot de tijdsinvestering. Omdat elke kaart op dezelfde manier is geclassificeerd, zijn ze onderling te vergelijken. Ook kan van elke kaart een nauwkeurigheidfactor worden gegeven. Deze is te herleiden uit de afwijkingen ten opzichte van een huidige positie bij het digitaliseren. Hierdoor kan de kaart naar een statistisch betrouwbaar grid vertaald worden: hoe betrouwbaarder de kaart, des te kleiner de gridcel. De historische reeks is op deze manier vergrid met celgroottes tussen de 150 en 250 meter (figuur 4).



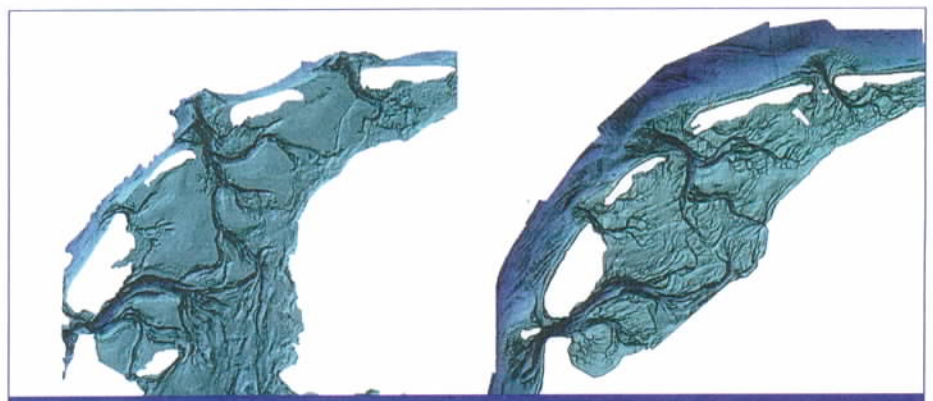
Figuur 4 - Historisch vergelijkingsmodel van de morfologische ontwikkeling van de westelijke Waddenzee.

Vanaf 1850 neemt de detaillering exponentieel toe. De eerste uitgebreide en betrouwbare dieptekaart van het westelijk Waddengebied betreft de 'Kaart van de Zuider Zee' van Hulst van Keulen uit 1852. De dieptewaarden zijn uitgedrukt in 'Amsterdamsche voeten bij gewoon laag water' en zijn verkregen door middel van systematische handmatige diepteloodmetingen. De gehele kaart bevat meer dan 7000 metingen in het westelijk Waddengebied en het huidige IJsselmeergebied. Deze hoge resolutie maakt het mogelijk de lodingen direct te vergriden naar een dieptemodel met een gridcelgrootte van 50 meter. In de twintigste eeuw wordt het loding-grid fijner en fijner. Waar aan het begin van de eeuw nog met mechanische middelen werd gelood, komen na de oorlog echo-lodingen en tegenwoordig de side-scan sonar met hoge resolutie op. Vanaf de

tachtiger jaren wordt er gebruik gemaakt van een dekkend systeem, en beperken de lodingen zich niet meer alleen tot de (vaar)geulen. Om vergelijkingen te kunnen maken, zonder dat de hoge meetresolutie een te grote afwijking krijgt met de historische metingen, is gekozen om de

moderne grids (vanaf 1925) vast te zetten op 20 meter (figuur 5).

Door het vergriden van de gegevens kunnen de kaarten niet meer alleen onderling vergeleken worden, het is ook mogelijk berekeningen uit te voeren naar



Figuur 5 - 3D-modellen van de lodinggegevens van 1852 (links) en van 2008 (rechts).

waterdieptes op een locatie door de tijd. Hiermee kunnen nieuwe kaarten gemaakt worden van de 'mobiele laag' van de Waddenzeebodem. Dit geeft informatie over hoeveel sediment er maximaal is verdwenen of bijgekomen op een plek (figuur 6).

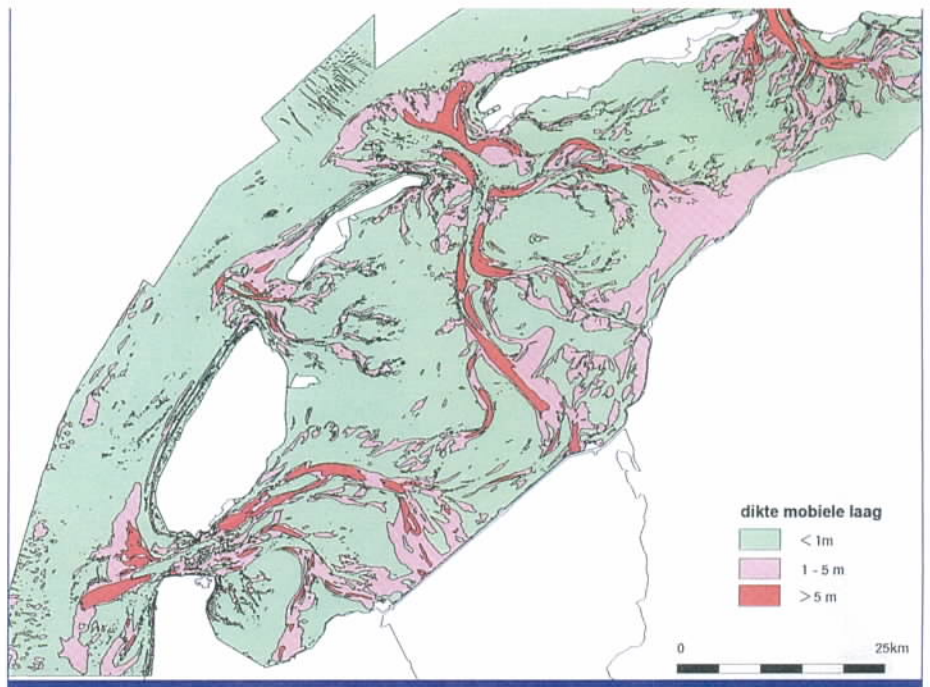
Ook kunnen kaarten gemaakt worden over het verschil tussen periode X en de huidige tijd. Op deze kaarten zijn niet alleen de plaats van de oude geulen (de hoofdvaarroutes) te zien, ook kun je erop zien of, en zo ja waar, deze oude geulen verzand, of juist geërodeerd zijn. Dit geeft niet alleen een inzicht in waar in het verleden mogelijk schepen zijn vergaan, maar ook of de wrakken uit die periode nu volledig afgedekt zijn, of juist vrij spoelen of zelfs al verdwenen zijn (figuur 7).

Modelleren naar de toekomst

Binnen de archeologische wereld wordt al geruime tijd gewerkt met een 'Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden', de zogenaamde IKAW. Dit is een model van Nederland waarin de kans op het aantreffen van archeologie in de bodem kan worden afgelezen. Dit model bestaat uit een 50-meter-grid met een oplopende waardeschaal. Hoe hoger de waarde, des te groter de kans op archeologie (figuur 8).

De waterbodems in Nederland zijn voor de kustwateren en het IJsselmeer meegenomen in de modellering. Het probleem hierbij is alleen dat de archeologische waardering voor water alleen is gedaan op basis van vondstmeldingen en expert judgement, niet op daadwerkelijke modellering van de bodem door de tijd heen. Het nadeel is dus dat alleen die wrakken zijn meegenomen in de modellering die bloot gespoeld zijn, en dus bedreigd worden door erosie.

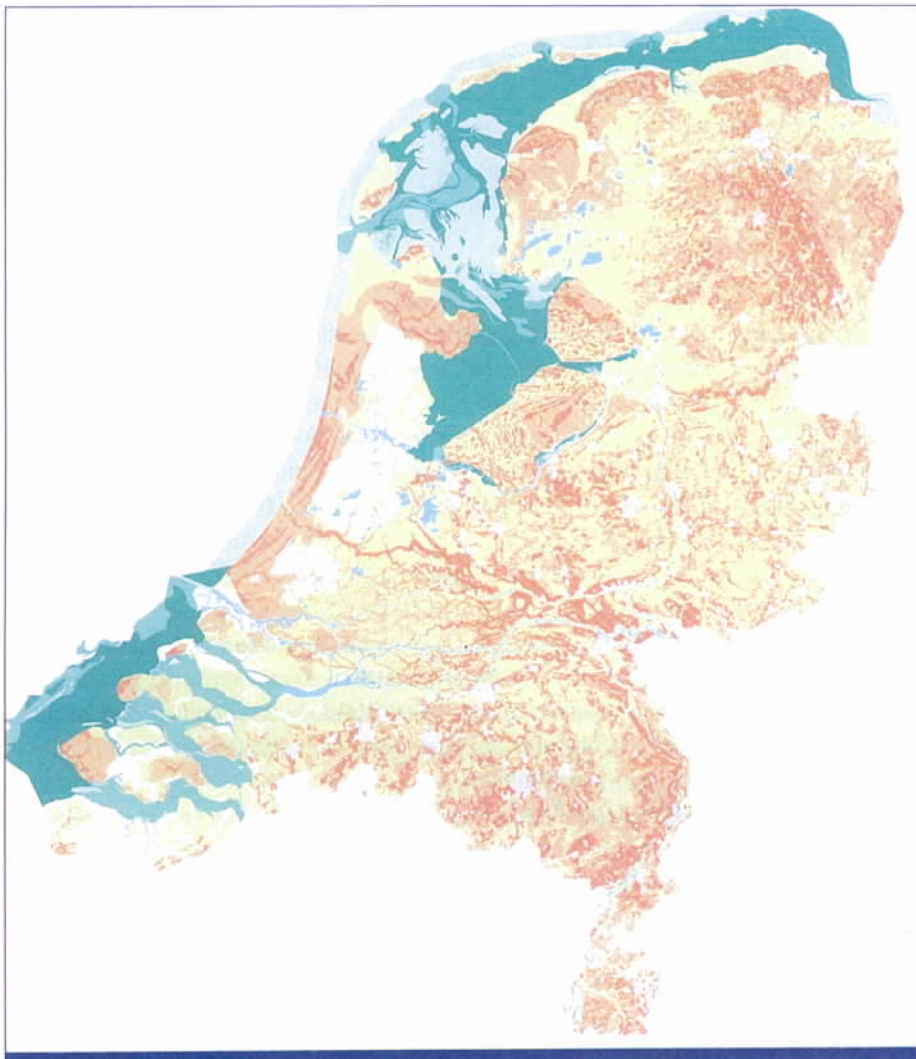
De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed wil nu met haar Programma Maritiem een nieuwe IKAW waterbodem maken, die meer gebaseerd is op de (veranderende) morfologie van de zeebodem. De westelijke Waddenzee is binnen dit programma gekozen als eerste pilot. Om te komen tot een dergelijke indicatieve kaart worden er twee wegen bewandeld; ten eerste wordt er gekeken of er door het maken van kaarten per periode een voorspelling kan worden gedaan waar schepen zouden kunnen zijn vergaan. Dat is uiteraard op die plaatsen waar gevaren kon worden



Figuur 6 - Dikte van de mobiele laag, de laag bijgekomen of verdwenen, sediment gemodelleerd vanuit de verschillende historische (lading)gegevens.



Figuur 7 - Vergelijkingsmodel van de zeventiende-eeuwse geulen met de huidige bathymetrie. Dit model geeft een inzicht in waar sedimentatie en erosie ten opzichte van de zeventiende-eeuwse situatie is opgetreden. Dit wil zeggen dat wrakken in het donkergroene gebied begraven liggen onder sediment, terwijl wrakken in het donkerrode gebied waarschijnlijk zijn bloot gespoeld en aan erosie onderhevig zijn.



Figuur 8 - De Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden, versie 3. De kleurschakering geeft de kans op aantreffen van archeologische resten weer. Hoe donkerder de kleur, des te hoger de kans op archeologie in de bodem. Merk op dat de kartering in zee aanmerkelijk grover is dan die op land.

(geulen) en op de rand van (gevaarlijke) zandbanken. Door de veranderende ligging van de geulen door de tijd heen verleggen de vaarroutes zich ook. Ten tweede wordt er gekeken of die locatie door de tijd veranderd is in het diepteprofiel; is er sinds periode X zand overheen gekomen, en zo ja hoeveel, of is het gebied sterk geërodeerd? De opbouw van de 'mobile laag' van de zeebodem kan op die manier ook inzicht geven of er een verwachting is dat een bepaald gebied in de nabije toekomst wellicht erodeert, waardoor mogelijk begraven wrakken blootspoelen (figuur 9).

Dit model kan niet alleen door archeologen gebruikt worden, maar dient vooral ook voor erfgoedbeheer in zee. Met dit model kan bijvoorbeeld ook bijgehouden worden wat moderne antropogene verstoringen, zoals baggerwerken, kabel- en leidinggoten of schelpenwinning voor

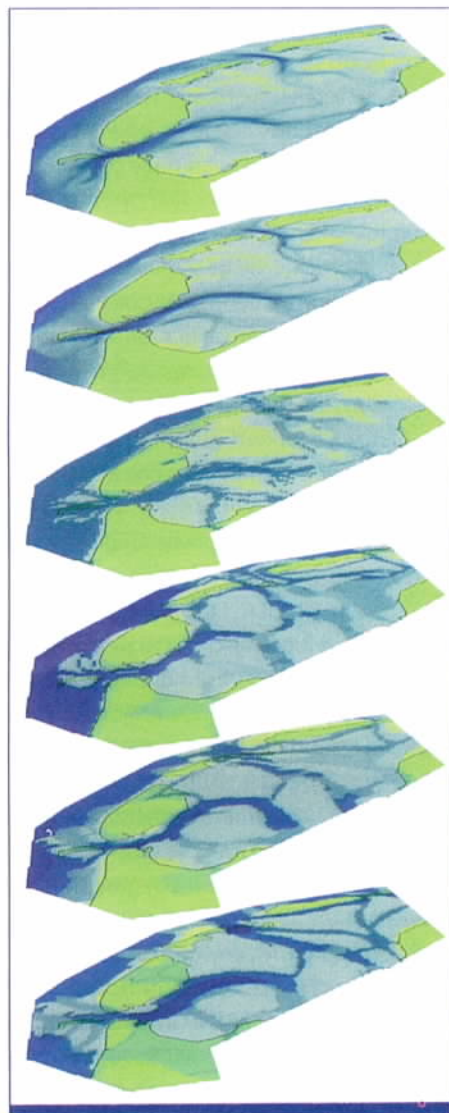
effect hebben op het culturele erfgoed onder water. Het kan ook inzicht geven tot op welke diepte dergelijke ingrepen kunnen worden uitgevoerd zonder erfgoedschade. Dergelijke gegevens zijn in ons intensief gebruikte landje van onschatbare waarde. ♡

Literatuur

- Os, 2011: Os, B.J.H. van & Kosian, M.C., *Sluipende degradatie van het archeologisch erfgoed*. In: Lauwerier, R.C.G.M., Groot, T. de, Os, B.J.H. van & Theunissen, L. (red.) *Vragen over Malta. Onderzoek naar de effectiviteit van de onderzoeksketen, sluipende degradatie en de effecten van vrijstellingen*. Amersfoort 2011. 41-84.
- Waghenaer, 1584: *De vermaerde stroemen, Tvlie ende Tmaersdiep, opstreckende inde Zuider Zee voorbij Enchuijsen tot Amstelredam, met alle sanden plaeten en ondiepten opde selve stroemen geleghen*. In: Lucas

Janszoon Waghenaer, *Spiegel der zeevaerd, van de navigatie der Westersche zee, innehoudende alle de custen van Vranckrijck, Spaingen ende 't principaelste deel van Engelandt, in diversche zee caerten begrepen*. Amsterdam 1584.

- Walsmit, 2009: Walsmit, E., Kloosterboer, H., Persson, N. & Ostermann, R., *Spiegel van de Zuiderzee. Geschiedenis en Cartobibliografie van de Zuiderzee en het Hollands Waddengebied*. Houten 2009.



Figuur 9 - Sedimentatie- en erosie-ontwikkelingsmodel van de westelijke Waddenzee vanaf de zestiende eeuw (onder) tot de eenentwintigste (boven).



Dr. Menne Kosian

Onderzoeker Ruimtelijke Analyse binnen de afdeling Landschap van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed in Amersfoort (m.kosian@cultureelerfgoed.nl)