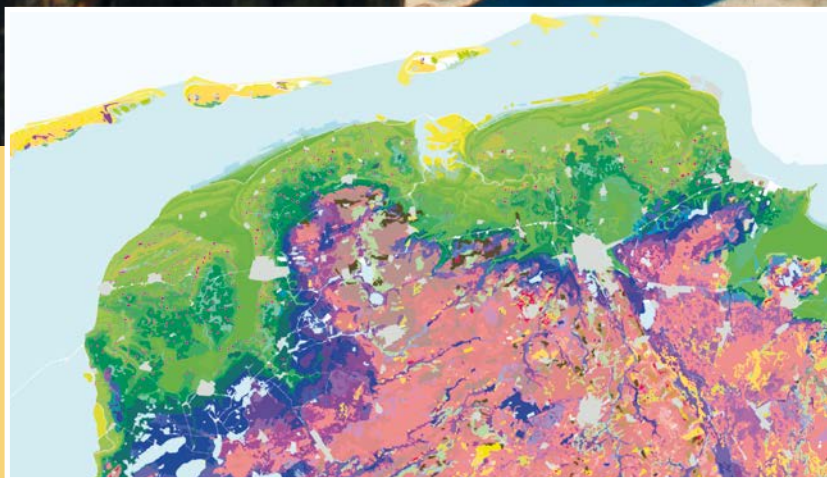




Strand Hollum, Ameland.
Bron: Pixabay.com

AFBEELDING 1. | Afzettingen van
zeeklei in Noord-Nederland (licht groen)
als opvulling van de inbraken en estuaria
voor de 13de eeuw.



Eilanden in beweging

JOOP MARQUENIE
JOOP.MARQUENIE@GMAIL.COM

JAAP DE VLAS
JAAPDEVLAS@GMAIL.COM

CEES LABAN
CEES.LABAN@GMAIL.COM

Vroeger werd het geleerd op school: de Waddeneilanden bewegen naar het oosten. Lang hebben we dat voor zoete koek aangenomen, maar het is gewoon onzin. De Waddeneilanden zaten gevangen tussen geulen die ontstonden door inbraken in het land en estuaria in de Vroege Middeleeuwen. Die inbraken zijn nu nog steeds te herkennen in de huidige bodemsamenstelling in de vorm van nadien afgezette zeeklei. De afzetting kan gezien worden als landschappelijk littekenweefsel van de voormalige Middellzee, delen van de Lauwerzee, het Hunze estuarium, de Fivel en delen van de Eems.





AFBEELDING 2. | Inbraken in het land in de vroege middeleeuwen. Links het Middelzee-Marnesysteem en rechts het gebied Lauwerszee tot Eems-Dollard. 1: Marne-Boorne estuarium, 2: Middelzee, 3: Paesens estuarium, 4: Lauwerszee, 5: Hunze estuarium, 6: Fivel estuarium, 7: Eems-Dollard.

Eilanden konden dus hoogstens een beetje kwispelen en van noord naar zuid bewegen door erosie van het strand met het stijgende zeewater. Toch is dit niet het hele verhaal moesten we concluderen uit onze speurtocht naar het ontstaan en verdwijnen van het dorpje Sier op Ameland. Klimaatverandering en zeespiegelstijging speelden hier een cruciale rol en resulteerden uiteindelijk in afslag aan de westkant en groei in het oosten van het eiland Ameland. We willen het verhaal graag met u delen, niet vanwege de archeologie, maar vanwege de geomorfologische processen die hier een rol speelden en een les kunnen vormen voor de toekomst.

Sier in zee

Ons verhaal begon bij de speurtocht naar het ontstaan en de teloorgang van het dorpje Sier dat ooit op Ameland lag. Aan het einde van de tweede wereldoorlog verschenen er met afslag van de westpunt van Ameland plots ronde patronen op het strand. Het bleken restanten van oude waterputten te zijn (Afb. 3). In totaal verschenen er 208 restanten van vroegmiddeleeuwse waterputten uit het duin. Door de voortgaande afslag ligt de positie nu circa een kilometer van Ameland

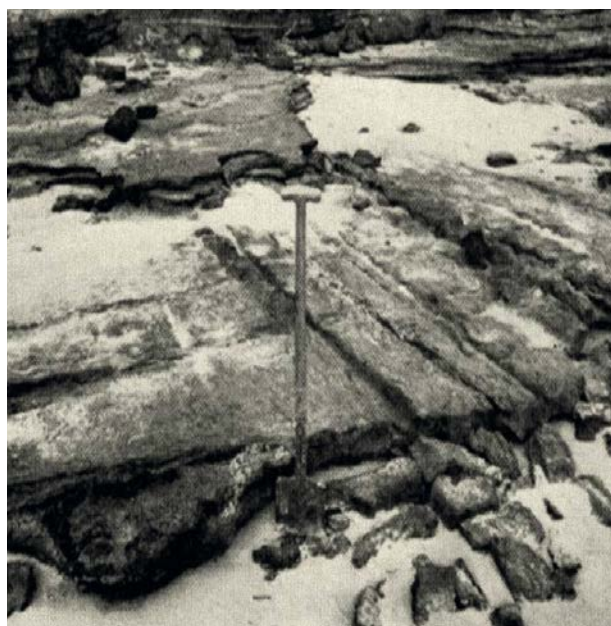
in het zeegat tussen Ameland en Terschelling. Het waren de overblijfselen van het mythische dorpje Sier. We hebben gezocht naar een antwoord op de vraag: “wanneer ontstaan en wanneer verdwenen?” en dat antwoord bleek te vinden in de geologische geschiedenis (Marquenie & De Vlas, 2020). Sier is ontstaan na de vorming van veenpakketten rond het jaar 1000. Dat was te herleiden uit het feit dat karrensporen over het veen liepen (Afb. 4) en sommige putten met veen en plaggen waren geconstrueerd. Het dorp werd verlaten en afgebroken omstreeks het einde van de 15de eeuw vanwege erosie van de westkust en daardoor oprukkende duinen. Wat achterbleef, was wat men niet kon meenemen en dat waren de waterputten.

Warme en koude perioden

Aan het eind van de laatste ijstijd was het huidige Noordzeegebied veranderd in een poolwoestijn; een droog gebied met stuivende zanden. De toendra's met grazende mammoeten waren hier dus al verdwenen. Ten noorden van ons reikte nog steeds het landijs in een dik pakket tot in Denemarken. Aan het eind van de laatste koude fase van de laatste ijstijd, de Jonge Dryas, circa 12.850 jaar geleden, begon de temperatuur te stijgen en kwam een eind aan de Weichselien-ijstijd. Het landijs begon te smelten en toen dat begon, ging het hard, want ook de zonnestraling werd niet langer gereflecteerd, maar



AFBEELDING 3. | De verschijning van middeleeuwse waterputten door duin- en strandafslag aan de westkust van Ameland.



AFBEELDING 4. | Ingesleten karrensporen vanuit Sier in de onderliggende oude veenlaag.

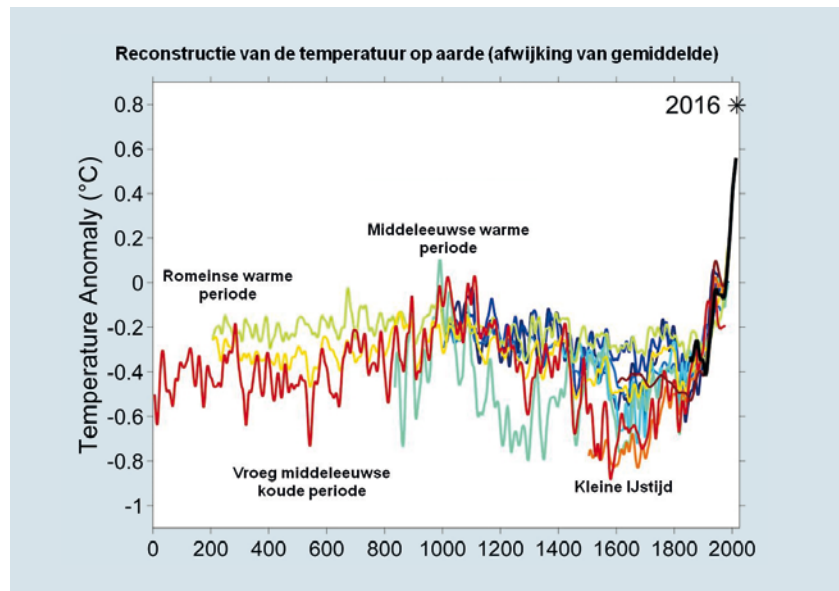


geabsorbeerd. Het smelten van landijs gaat daardoor immers veel sneller dan de opbouw van een ijskap door sneeuwval. Het werd niet alleen warmer, maar ook vochtiger en de grote vlaktes raakten begroeid en bevolkt. De vreugde was echter van korte duur, want het zeeniveau in de oceanen steeg snel en vulde de Noordzee. Ongeveer 7500 jaar geleden (5500 jaar voor Christus) was het meeste landijs verdwenen en de zeespiegel bijna 100 meter gestegen. Daarna ging de zeespiegelstijging steeds langzamer, waardoor de Waddenzee kon ontstaan. De kustlijn lag rond 5500 jaar voor Christus circa 10 km noordelijker dan tegenwoordig. Sinds het begin van onze jaartelling is de kustlijn bij Ameland en Terschelling echter ongeveer gelijk gebleven.

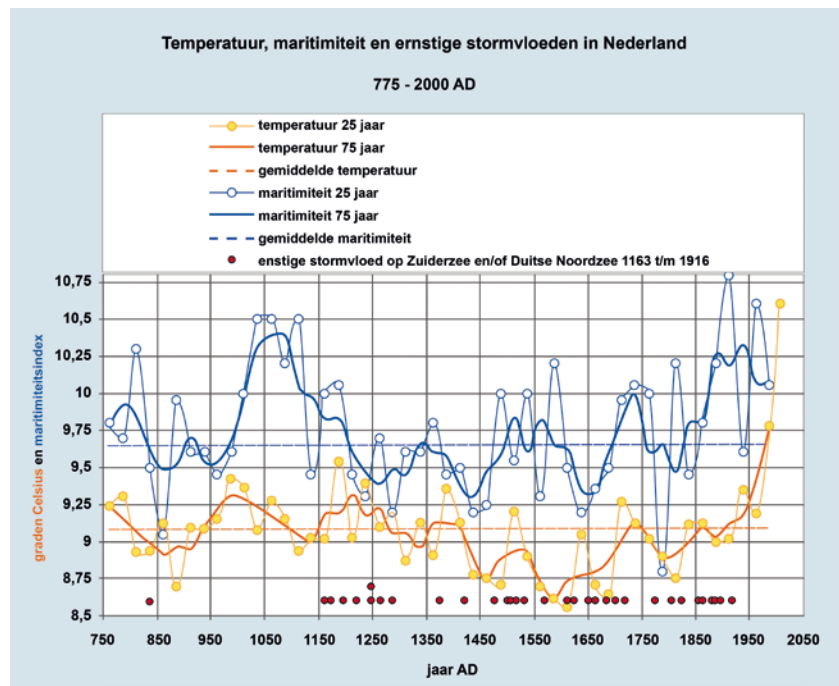
Het klimaat vertoonde de afgelopen 2000 jaar een afwisseling van koudere en warme perioden. Er is veel onderzoek gedaan naar die temperatuurwisselingen vanuit het perspectief van de huidige problematiek met broeikasgassen, maar ook vanuit cultuurhistorisch perspectief. Hierdoor heeft de vooral temperatuurvraag altijd veel aandacht gekregen. Afbeelding 5 geeft een overzicht van een veelheid aan reconstructies. De helderrode lijn geeft het breedste overzicht, is ook van recente datum en gaat over in de zwarte lijn op basis van actuele metingen. Na de relatief warme en vochtige Romeinse periode volgt na 200 een iets koudere periode. De periode van 800 tot 1200 was relatief zeer warm. In die tijd vestigden de Vikingen zich op Groenland (circa 980). Omstreeks het jaar 1000 begon de temperatuur weer te dalen. De reden van de omslag is niet exact bekend. Sommige wetenschappers wijzen op variaties in de zoninstraling, anderen op opvallend sterke, goed gedocumenteerde vulkaanuitbarstingen. Het begint met een uitbarsting omstreeks 934 op IJsland met de vorming van de *Eldgjá*breuk, gevolgd in 943 met de zogeheten millenniumuitbarsting in Mantsjoe-rijke. Het is bekend dat stof in de atmosfeer ten gevolge van zulke uitbarstingen kan leiden tot jarenlange afkoeling en dus nieuwe ijsvorming of creatie van sneeuwvelden met zonnereflectie waardoor de temperatuur op Aarde daalt. Hoe het ook zij, op allerlei plaatsen in de wereld

werden klimaatveranderingen merkbaar. Vier eeuwen later hielden de drie Vikingkolonies op Groenland op te bestaan door onder andere de uitbreiding van land- en zeeijs. Door droogte mislukten de oogsten van de Maya's met desastreuze gevolgen en verlieten de Anasazi Indianen in Utah noodgedwongen hun grotwoningen. Daarna wordt het ook koeler in de aanloop naar de Kleine IJstijd. Na circa 1800 wordt het weer warmer.

Nu is dit niet het hele verhaal want een belangrijke component als windkracht en windrichting wordt hierin niet meegenomen. Over het klimaat vanaf 800



AFBEELDING 5. | Het wereldwijde temperatuurverloop over de laatste 2000 jaar https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2000_Year_Temperature_Comparison.png. Reconstructies van verschillende auteurs. De helderrode lijn is van recent onderzoek (2005) en gaat over in actuele metingen (zwarte lijn).



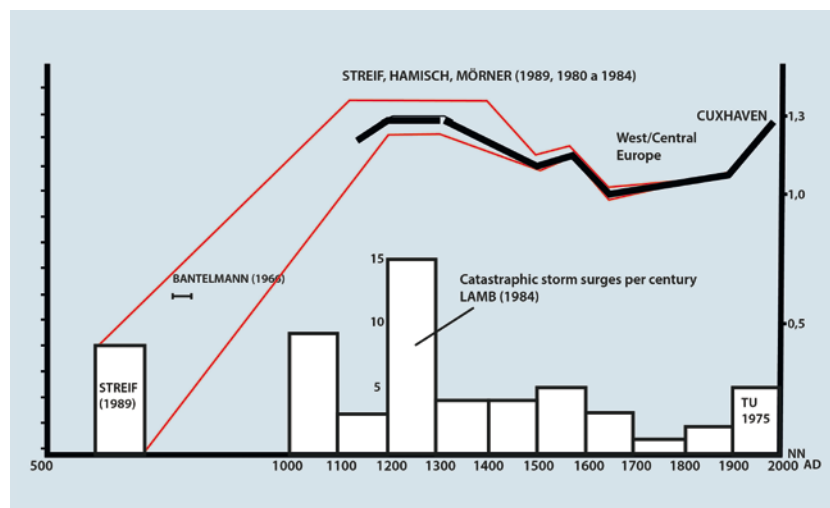
AFBEELDING 6. | Het verloop van de maritieme index (een maat voor de overheersing van zeewind) en het temperatuurverloop van 775 tot 2000 op basis van de weerkronieken van J. Buisman en overgenomen van de website Schokland door de eeuwen heen.



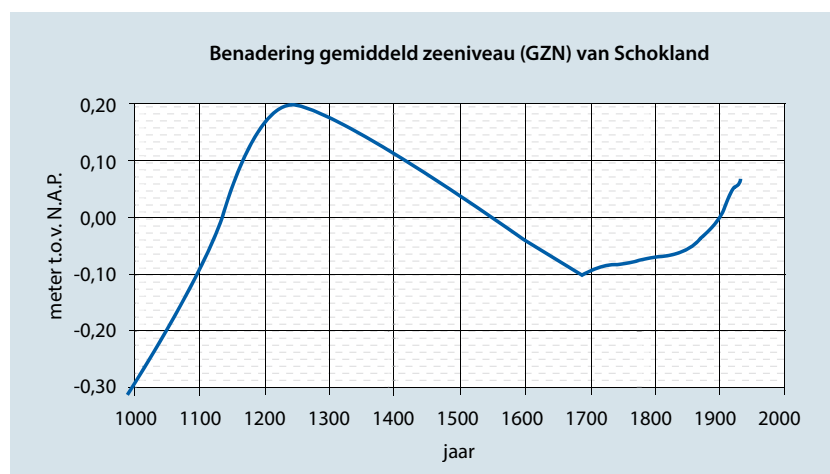
blijkt redelijk goede informatie voorhanden uit de klimaatkronieken van Jan Buisman (J. Buisman, 2000). Dankzij het minutieus speurwerk van deze historisch geograaf in oude verslagen weten we bijna van dag tot dag het verloop van het weer over een periode van ruim 1000 jaar! Belangrijk is zijn berekening van de maritieme index over de eeuwen waarin de overheersende windrichting is vormgegeven (Afb. 6). Tezamen met temperatuur geeft dit een verhelderend beeld. Na 950 komt de wind vooral uit zee en dat betekent vochtig en relatief warm weer. Na 1250 tot circa 1850 waait de wind vooral uit oostelijke richting. Wij associëren dat nu met helder, droog weer met koude winters. Die periode heet dan ook Kleine IJstijd. De windrichting is ook van belang voor de windopzet van het zeewater. Westenwinden geven extra verhoging en oostenwinden geven extra verlaging en dat is een belangrijk gegeven als we willen snappen wat er met de zeespiegel gebeurt gedurende de afgelopen 1500 jaar. Westenwinden brengen echter ook vaak regen en ook dat is een belangrijk gegeven.

De zeespiegel

Het (lokale) klimaat is een belangrijke drijfveer voor geomorfologische processen, maar hoe zat het dan met de zeespiegel? De lokale ontwikkeling van het zeeniveau in de afgelopen 2000 bleek iets lastiger te traceren. Bijzonder relevante informatie vonden we in 2 publicaties van Jacobus Hofstede, een



AFBEELDING 7. | De gestippelde en getrokken lijnen vormen de reconstructie van het verloop van de zeespiegel voor de Waddenzee (Cuxhaven) van 500 tot 2000. De staafdiagrammen geven het aantal catastrofale overstromingen weer per eeuw voor zover bekend geworden. Naar Hofstede, 1991b.



AFBEELDING 8. | Inschatting van het gemiddeld zeeniveau rond Schokland van 1000 tot 1930. Overgenomen van de website Schokland door de eeuwen heen.

Nederlandse watermanager en wetenschappelijk directeur bij het milieu-ministerie van Sleeswijk-Holstein. Zijn analyse komt tot 4 fasen (Afb. 7): een snelle zeespiegelstijging tot circa het jaar 1000, gevolgd door een stabilisatie waarbij het zeeniveau ongeveer is als vandaag de dag, dan een lichte daling van 1300 tot 1700 en tenslotte een aanvankelijk lichte stijging overgaand in steeds sneller. Globaal komt dit overeen met het temperatuurverloop en de verandering van windrichting van achtereenvolgens de vroegmiddeleeuwse warme periode, de omslag naar de Kleine IJstijd en het daaropvolgend herstel.

Nu is er niets zo moeilijk als het reconstrueren van het zeespiegelverloop. Hofstede (1991a en b) maakt dan ook gebruik van verschillende bronnen en gegevens. De reden dat we vrijwel zeker weten wat het zeeniveau was rond 800 hebben we bijvoorbeeld te danken aan de Duitse onderzoeker Streif (1989) die schelpjes van de Platte slijkgaper (*Scrobicularia plana*) had verzameld op de eilanden Wangeroog en Juist en daarvan de exacte vindplaats en ouderdom had vastgesteld. Een vergelijkbaar patroon als voor de Waddenzee is bovendien gevonden voor de Zuiderzee aan de kust van Schokland (Afb. 8).

Maar daalde de zeespiegel daarna ook echt met het weer kouder worden in de opmaat naar de Kleine IJstijd? Nu blijkt dat onderzoekers aan de oostkust van de Verenigde Staten ook een reconstructie van de zeespiegel voor de waddenkust van Noord-Carolina hadden gemaakt (Kemp *et al.*, 2013). Die uitkomst was onafhankelijk en vrijwel vergelijkbaar met het verloop zoals door Hofstede bepaald. Daarom denken we dat dit klopt: het werd warmer en de zeespiegel steeg, het werd kouder en de zeespiegel daalde. Maar in Nederland draaide ook de wind van overwegend westelijk naar oostelijk en na 1800 weer terug naar westelijk als mogelijk additioneel effect.

Veenvorming op de eilanden

Dankzij de speurzin van Nederlandse geologen en het excursieverslag van de RGD weten we nu niet alleen iets over het ontstaan moment van de veenlagen op de verschillende

Waddeneilanden, maar ook over het grondwaterniveau omdat ook de hoogte van de veenlaag was ingemeten (Tabel 1). Bovendien treedt veenvorming alleen op in zoetwaterplassen en moerassen. Er was dus in de periode van 600 tot 1200 blijkbaar een overschot aan zoet water in deze duingebieden. Dat kan een gevolg zijn van een stijgende zeespiegel waarbij grondwater omhoog gedrukt wordt en valleien vernatten of door overvloedige regenval. Het was door de overwegend westelijke winden in ieder geval relatief warm en vochtig in die periode en dat is belangrijk voor de noodzakelijke uitbundige plantengroei voor de vorming van veen. Zoet water is niet alleen belangrijk voor plantengroei, maar ook voor mensen. Zonder een permanente zoetwaterbron is geen permanente bewoning mogelijk. Op deze wijze kun je inschatten wanneer perma-

nente bewoning begonnen kan zijn. Op Ameland was dat rond het jaar 1000 (zie ook Afbeelding 4), op Vlieland en Terschelling kan dat eerder geweest zijn en op Schiermonnikoog later. De onderzochte veenlagen waren allen discreet aanwezig en overdekt door zand. Dat maakt de vraag naar het ontstaan van de veenlagen even interessant als de vraag waarom dat gestopt is. Na 1200 daalt de zeespiegel enigszins en neemt de maritieme windinvloed af. Het is niet uit te sluiten dat duinvallen dan verdrogen, de veenvorming stopt en het stuiven van zanden steeds meer gaat overheersen.

Het effect op de kust van zeespiegelstijging en -daling

Het komt erop neer dat het tot 800-1000 warmer wordt en tevens de zeespiegel redelijk snel stijgt. Dat ging gepaard met diverse inbraken in het vaste land van Noord-Nederland zoals eerder aangegeven in Afbeelding 2. Door de afslag van veen werden estuaria gevormd die breder werden en verdiepten naarmate de waterverplaatsing toenam. Zo ontstonden diepe estuaria die van groot bang waren voor onze latere geschiedenis. In het Noorden ging het om de Lauwerszee, met een vaarverbinding tot aan Groningen. Voor Friesland waren de Middelzee en het Marne van groot belang. Die gaven Leeuwarden, Sneek en Bolsward toegang tot de Waddenzee en de Zuiderzee. Ver in het Zuiden vormde het Zwin een kustzee met Brugge en Damme aan haar oever als belangrijke handelssteden. Bij dergelijke doorbraken ontstaan er sterke getijdestromen, want plots stromen met elk getijde grote volumina water door de geulen heen en weer. Het uitgespoelde zand vormde min of meer tijdelijke zandplaten in de vorm van eilandjes halfweg: Griend (nu kunst-

Monsterplaats per eiland	Diepte in m (onderkant veenpakket)	Samenstelling monster	C ¹⁴ datering; aantal jaren voor 1977	Huidige jaartelling
1. VLIELAND				
I	0,07-0,08 -NAP	zandig veen	2785+/-55	geen opgave
IV	0,11-0,12 -NAP	venig, weinig zand	2370+/-70	geen opgave
III	0,04-0,08 -NAP	zandig veen	1500+/-30	540-600
2. TERSCHELLING				
Rijsplak I	0,07-0,15 -NAP	veen van riet, kleiig	1620+/-50	360-530
Rijsplak II 1	2,67-2,64 +NAP	veen, licht zandig	1000+/-30	990-1030
Rijsplak II 2	0,90-0,86 +NAP	zandig veen	1555+/-50	410-560
Kooibosjes 1	1,50-1,44 +NAP	veen, licht zandig	755+/-45	1220-1290
Kooibosjes 3	0,74-0,71 +NAP	veen, licht zandig	875+/-60	1040-1260
Kooibosjes 4	0,04-0,09 -NAP	kleiig veen	1405+/-35	600-660
Kooibosjes 5	0,23-0,27 -NAP	veen, licht kleiig	1490+/-50	530-640
Hee	0,09-0,15 -NAP	veen	655+/-45	1280-1390
3. AMELAND				
Hollum strand I	0,44-0,42 +NAP	veen, licht zandig	1015+/-35	980-1020
Hollum strand II	0,86-0,83 +NAP	zandig veen	1125+/-55	780-980
Hollumberbosch II/I	1,02-0,90 +NAP	veen, zeer zandig	980+/-80	980-1160
Hollumberbosch II/II	1,24-1,21 +NAP	zandig veen	920+/-230	880-1290
Hollumberbosch I/I	2,04-2,01 +NAP	humusrijk zand	820+/-110	1040-1290
Hollumberbosch I/II	1,93-1,92 +NAP	veen, zeer zandig	930+/-100	990-1220
Hollumberbosch I/III	0,94-0,92 +NAP	veen, licht zandig	1260+/-50	670-850
Hollumberbosch I/IV	0,69-0,66 +NAP	veen, humusrijk	1250+/-35	680-850
Hollumerduinen	3,03-2,98 +NAP	veen, zeer zandig	140+/-60	van na 1660
Hollermieden	0,60-0,56 +NAP	humusrijk zand	560+/-60	1300-1420
Nesserbosch	1,97-1,94 +NAP	zandig veen	625+/-50	1290-1390
4. SCHIERMONNIKOOG				
Schiermonnikoog	0,18-0,13 +NAP	zandig veen	430+/-45	1430-1480

TABEL 1. | Gegevens betreffende de datering van bodemonsters van de verschillende Waddeneilanden. Plaatsbepaling verwijst naar oorspronkelijke aanduiding in het geologisch excursieverslag (uit Van Staalduinen, 1977).



matig in stand gehouden), Heffezand en Bant en voor de kust een omvangrijke buitendelta.

Dit was uiteraard niet beperkt tot Noord-Nederland, maar trad ook op aan de huidige Belgische kust van Zeeuws-Vlaanderen zoals prachtig geïllustreerd in de schematische reconstructie van het door zeespiegelstijging ontstane wadden-gebied (Afb. 9).

In feite verloopt de ontwikkeling van stadjes als Diksmuide en Brugge parallel aan die van Groningen, Dokkum, Leeuwarden en Bolsward. De inbraken in het land vormden een veilige toegangsweg tot de zee en op de zandwallen ontstond de eerste bewoning in de Romeinse tijd. Naarmate de zeespiegel verder steeg en het water dieper werd, nam ook het handelsbelang toe en groeiden de steden tot in de 8ste eeuw – in de aanloop naar de Kleine IJstijd – het zeewater minder snel steeg (Afb. 10) en sedimentatie de overhand kreeg. Dat was fijn voor de veiligheid van de kustbewoners, maar slecht voor de handel door het dicht-slibben van de vaarwegen. Het is opmerkelijk hoe goed klimaat, zeespiegel en bewoningspatronen in elkaar passen als stukjes van dezelfde puzzel.

Aan het einde van de 11de eeuw is niet alleen het wadden-gebied van Zeeuws-Vlaanderen dichtgeslibd, maar ook de Middelzee. De bedijking van de Middelzee loopt hierop uiteraard achter op de opslibbing. In feite markeert iedere bedijking de nieuwe hoogwaterlijn en dat is uiteraard de resultante van hoogteligging en zeespiegelniveau op dat moment (Afb. 11).

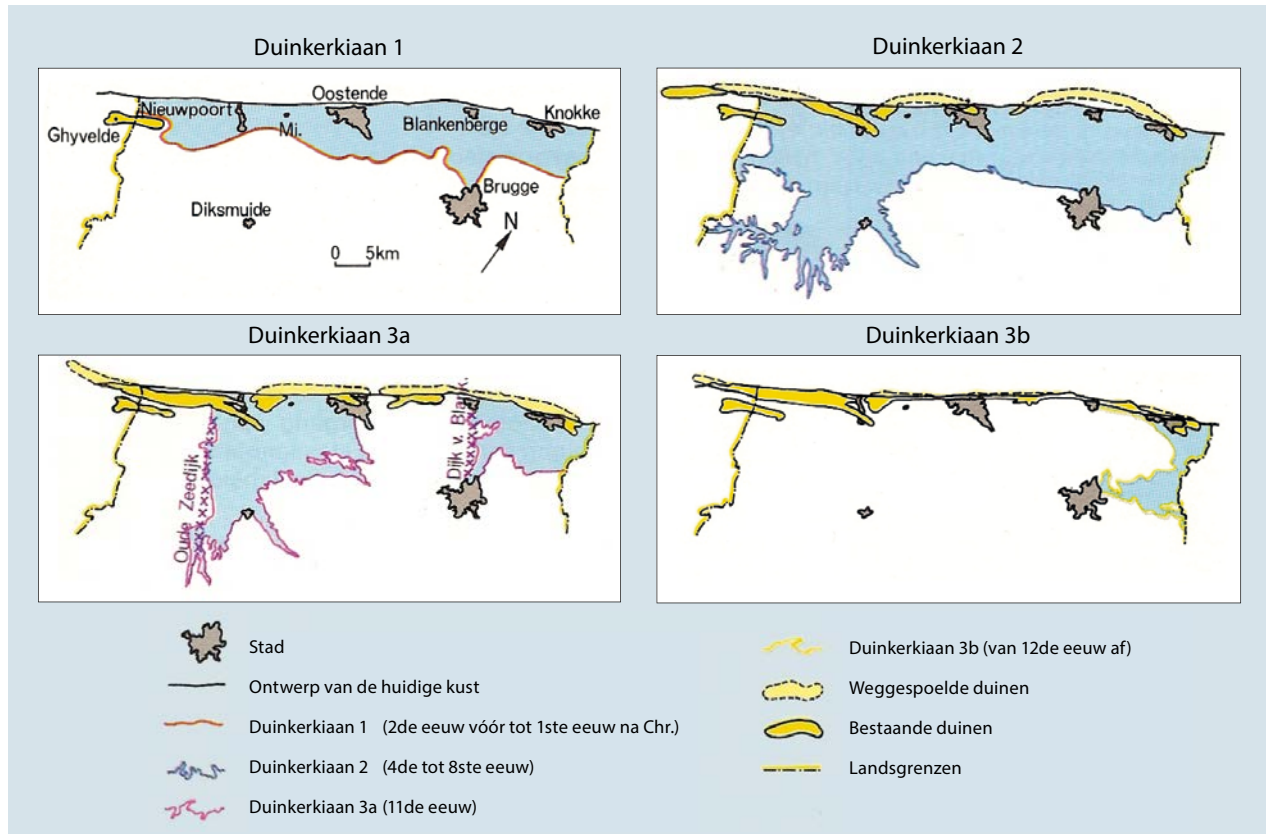
Er wordt veelal naar gerefereerd als de strijd tegen het water, maar aanvankelijk was het een proces van meegroeien met de dalende zeespiegel en het vastleggen van wat van nature kwam droog te liggen. De enige spelbederver waren de stormvloeden die zo nu en dan zorgden voor overstroming van de aanvankelijk nog lage dijken en voor dijkdoorbraken. Met name de 16de eeuw werd berucht vanwege de stormvloeden. De meest ingrijpende was de Allerheiligenvloed van



AFBEELDING 9. | Reconstructie van de inbraken aan de Zeeuwse kust in de Romeinse en vroegmiddeleeuwse tijd waarbij een op de Waddenzee gelijkende kust ontstaat (Thoen, 1978).

1 en 2 november 1570 toen het zeewater de poorten van Groningen bereikte met 3000 doden tot gevolg in Friesland en Groningen. De poorten van Groningen liggen op een hoogte van circa +2,5 m NAP en het zeewater kwam in Scheveningen tot een hoogte van +4,15 m NAP. Friesland en Groningen stonden dus blank evenals andere delen van het huidige Nederland.

Stormvloeden zijn meestal een kwestie van één of twee getijden en de



AFBEELDING 10. | De transgressiefasen die vormgaven aan de kustontwikkeling van Zeeuws-Vlaanderen: Duinkerkiaan 1 (200 BC -100 AD), Duinkerkiaan 2 (300-700 AD), Duinkerkiaan 3a (1000 AD) en Duinkerkiaan 3b (1100 AD): Marian & Frank, 2010.

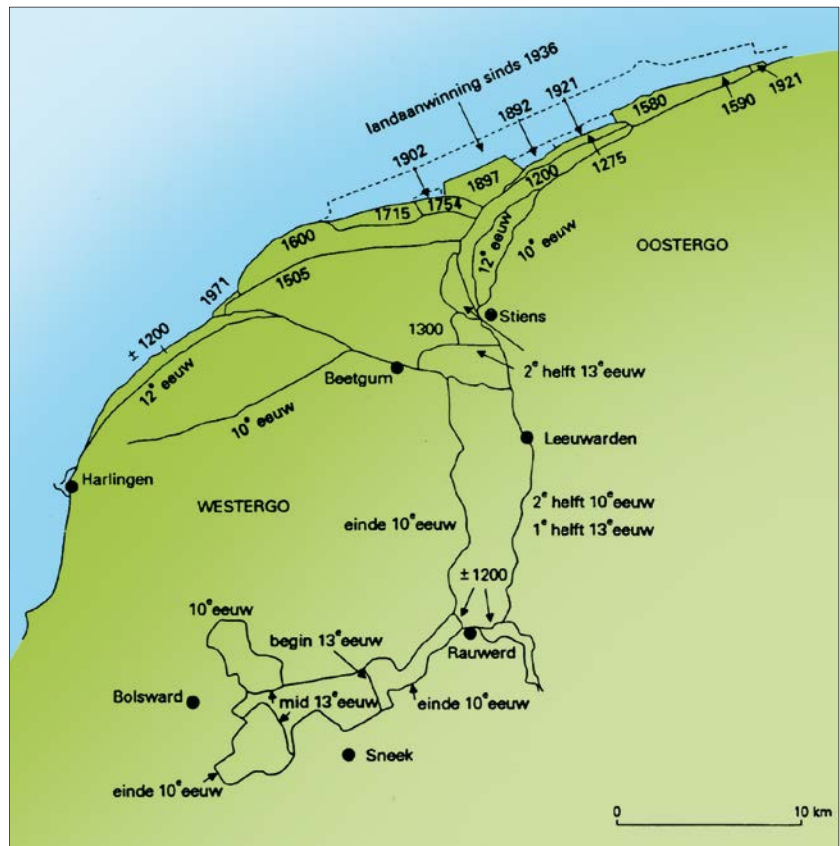


overstroming van gehele gebieden was dan een kwestie van uren. Dijken waren laag en overstroonden in hun geheel. Het leeglopen van het ondergelopen gebied was echter een geheel ander proces want dat water moet een uitweg vinden door een beperkt aantal prielen en gaten in de dijk met een langdurig verwoestende uitwerking op stroomafwaarts gelegen structuren en eilanden. Is dit een onwaarschijnlijk scenario? Nee, in 2006 (Wouters & Hoffman, 2006) werd een studie gedaan naar potentiële dijkbreuken in Noord-Nederland en het onderlopen van Friesland en Groningen. Het duurt inderdaad enkele dagen voor er evenwicht is met het instromen door een enkel dijkgat. Dan is het omgekeerde ook waar: als een groot gebied over lage dijken is ondergelopen kan dat op het uitstroompunt een dagenlange woeste rivier tot gevolg hebben. Het is belangrijk dit onder ogen te zien om te begrijpen hoe eilanden in de middeleeuwen werden bedreigd en werden vormgegeven door stormvloed en niet alleen de stormvloed kon gevolgen hebben, maar ook de uitstroom vanuit het ondergelopen land.

Dichtslibben van estuaria en de groei van eilanden

Tussen 1000 en 1600 werd het kouder en vooral ook droger in de aanloop naar de Kleine IJstijd. De zeespiegel daalde geleidelijk met 30-40 cm. Daardoor kreeg sedimentatie de overhand en ondiepten vielen droog. Dat was mooi, want het bood kansen voor veiligheid en landwinning. Het dichtslibben van estuaria en doorbraken en het verzanden van geulen had echter nog een geheel ander effect. De dagelijkse waterverplaatsing onder invloed van het getijde werd ook kleiner. Hierdoor namen niet alleen de stroomsnelheden af, maar ook het verschil tussen de hoog- en de laagwaterstand, de zogeheten getijdeamplitude of gewoon: het getijverschil.

Het is een belangrijk feit dat rond 800-1000 de Middelzee nog geheel open was en het ankerpunt vormde voor de positie van het zeegat tussen Terschelling en Ameland. Dat zeegat was dus rechtstreeks verbonden met de monding van de Middelzee. De Middelzee vormde in die tijd een estuarium zoals de Eems-Dollard met dus ook een groot getijverschil. Op



AFBEELDING 11. | Bedijking van de Middelzee vanaf 1000 tot 1754. Na 1300 was het waterbergend vermogen verloren gegaan en resteerde een kwelder die rond 1500 werd bedijkt (naar Beets et al., 1994).

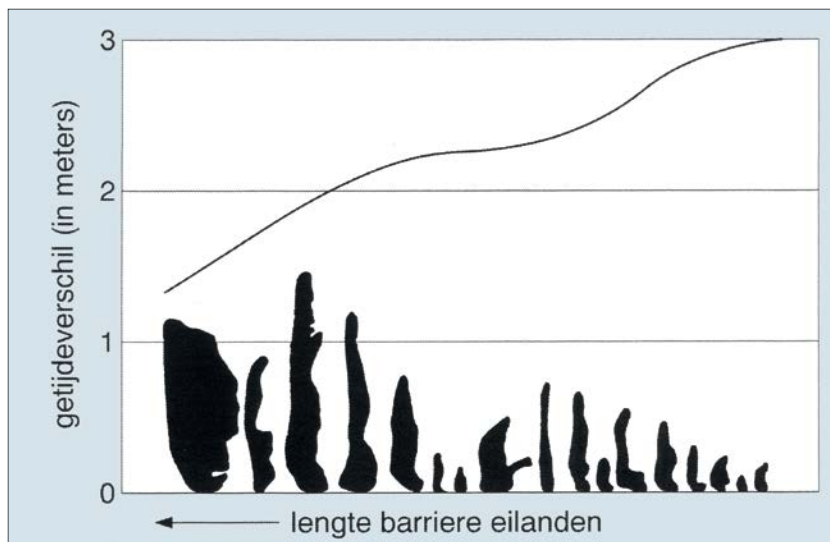
dezelfde wijze vormde de Vliestroom als uitstroom van de Zuiderzee het ankerpunt voor Vlieland en Terschelling en de Lauwerszee het ankerpunt voor het zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog. Veranderde nu het gewicht van de ankerpunten met het dichtslibben of afdammen van de estuaria?

Het antwoord is ja, want er blijkt een verband te bestaan tussen de lengte van uit zand gevormde eilanden voor de kust en de getijdeamplitude. Dit is voor het eerst ontdekt door een Amerikaanse onderzoeker (Hayes, 1979) aan de oostkust van de Verenigde Staten en later grafisch vormgegeven door FitzGerald (1988). De vraag of dit nu ook zou gelden voor de Europese Waddeneilanden is beantwoord door één van Nederlands grootste voormalige wadonderzoekers, prof. dr. Wim Wolff. De conclusie was vergelijkbaar met die van de Amerikaanse onderzoekers. De relatie kan namelijk eenvoudig beschreven worden: bij een klein getijverschil zijn de eilanden groot (lang) en bij een groot getijverschil horen kleine eilanden. Bij een getijverschil van meer dan 4 meter zijn eilanden niet mogelijk. Wolff heeft de relatie tussen getijverschil en eilandlengte grafisch weergegeven (Afb. 12)

Omdat de Middelzee bij het ontstaan een groot getijverschil genereerde moeten Terschelling en Ameland in die tijd bestaan hebben uit een groep van verschillende kleine eilanden en zandplaten. Na 1000-1200 stabiliseerde de zeespiegel en daalde zelfs enige tientallen centimeters en is de Middelzee geleidelijk dichtgeslibd en omstreeks 1500 geheel ingepolderd. Hierdoor nam natuurlijk ook het getijverschil geleidelijk af tot globaal de huidige waarden waardoor de eilandjes en platen konden versmelten tot de huidige twee eilanden. De scheiding tussen Terschelling en Ameland was hiermee echter ook haar ankerpunt kwijt.

De staart van Terschelling kon vanaf 1200 meegroeien met de afname van het getijverschil ten koste van West-Ameland. Dit wordt onder andere geïllustreerd





AFBEELDING 12. | De relatie tussen de lengte van de Waddeneilanden en het getijdeverschil. Geheel links het eiland Texel, gevolgd door Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog, enz. en eindigend met Fano nabij Esbjerg (naar Wolff, 1986).

door het opschuiven van het wantij onder Terschelling na 1300 in oostelijke richting (Van der Spek, 1994; Oost *et al.*, 2000). De kust van West- Ameland erodeerde en de duinenrij schoof naar het oosten. Het werd bovendien kouder, droger en onstuimiger en het zand stooft steeds makkelijker. Zo begon de afslag aan de westkant van Ameland en de verstuiwing van de westelijke duinen die Sier bedreigden.

De meer oostelijk gelegen delen van Ameland daarentegen hebben waarschijnlijk juist geprofiteerd van het dichtslibben van de Middellzee. Want daardoor werd ook de geul in het zeegat tussen Terschelling en Ameland kleiner, met als gevolg een zandoverschot in de buitendelta tussen Ameland en Terschelling. Dat zand heeft zich daarna verplaatst langs de noordkust van Ameland. Daardoor kon onder meer de binding met het oostelijk gelegen Oerd versterkt worden en kon het Oerderduin ontstaan.

Van 1927 tot 1932 werd gewerkt aan de bouw van de Afsluitdijk. Dit had grote gevolgen voor de getijden in de Waddenzee. Het ankerpunt voor de grens Terschelling-Ameland (Middellzee) was al lang verdwenen en Terschelling kon wederom groeien door de geringere getij-amplitude met nieuwe afslag van westelijk Ameland tot gevolg. Vandaar dat de waterputten uit het duin spoelden en het eiland honderden meters oostwaarts is afgeslagen. Ook Ameland kon echter groeien aan de oostkant en zo ontstond na 1900 De Hon (Afb. 13).

Is dit allemaal maar fantasie? Nee, er is zelfs een recent voorbeeld waarin hetzelfde is gebeurd. In 1967 werd de Lauwerzee afgesloten. De getijdeamplitude in de Zoutkamperlaag, het zeegat ten westen van Schiermonnikoog nam daardoor af en ook de hoeveelheid water die bij eb en vloed heen en weer stroomde. De geul van de Zoutkamperlaag is in de daaropvolgende jaren opgevuld met zand van Engelsmanplaat. De buitendelta bevatte nu een overschot aan zand dat zich verplaatste naar de noordkust van Schiermonnikoog. Daar werd het strand breder en het eiland groeide plotseling in de lengte. Op Schiermonnikoog waren tot op heden dan ook geen zandsuppleties nodig. Wat zich hier, met een plotseling afsluiting in enkele tientallen jaren voltrok, ging in de Middellzee veel geleidelijker en strekte zich uit over eeuwen.

Maar hoe zat het dan met Texel en Vlieland, groeiden die ook? Nou nee, voor Texel en Vlieland geldt een omgekeerd verhaal. Het ontstaan en de vergroting van de Zuiderzee leidde tot sterke stromingen en een groot getijverschil. Er was geen sprake van verzanding en dichtslibben zoals in geval de van de Middellzee.

Het gevolg was dan ook dat het Texel-Vlieland complex (het oorspronkelijk eiland Texla) uiteenviel in 3 afzonderlijke eilanden: Texel, Eierland en Vlieland, waarvan Texel en Eierland later versmolten en Vlieland haar dorp West Vlieland in zee verloor.

Eilandmorphologie in een notendop

Het is opvallend hoe goed geologie, klimaatontwikkeling, zeespiegelbeweging en sociaal-culturele ontwikkelingen op elkaar aansluiten, als verschillende puzzelstukjes die vrijwel naadloos passen en samen een coherent beeld vormen van de geomorfologische ontwikkeling van onze kust.

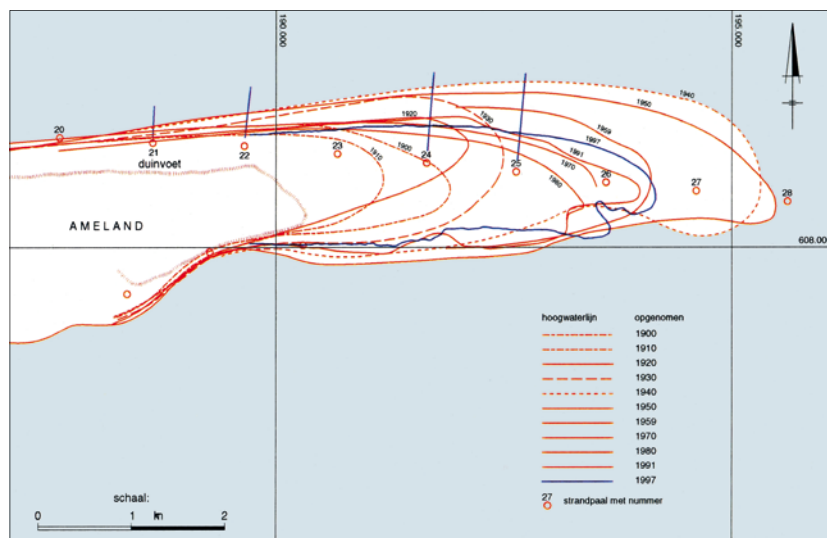
De vroegmiddeleeuwse warme periode die samen gaat met een relatief sterke zeespiegelstijging, westelijke winden en het ontstaan van inbraken en diepe rivier estuaria. De aanloop naar de kleine IJstijd, de stagnerende en licht dalende zeespiegel en meer oostelijke winden gaat vervolgens gepaard met het dichtslibben van de ontstane estuaria en inbraken. De socioculturele ontwikkelingen in die tijd waarbij handelssteden aan het water zoals bijvoorbeeld Brugge en Bolsward dat contact verliezen en dijken gebouwd worden al naar de opslibbing met vruchtbare klei en het dalende water volgend. Ook op de eilanden is de ontwikkeling van het klimaat te volgen. In de warme en vochtige perioden wordt veen gevormd en zoetwater vastgelegd. In de koudere en drogere perioden vindt verstuiwing plaats. Maar wat kunnen we nu concluderen over eilandbeweging?

Het ontstaan van eilanden wordt dus bepaald door de mate van zeespiegelstijging en getijverschil. Dit was een belangrijk uitgangspunt bij de verlening van de winningsvergunning van aardgas onder de Waddenzee. Bij een zeespiegelstijging van meer dan 40-60 cm per eeuw kunnen wadplaten de stijging en/of bodemdaling niet bijhouden. Zonder of met geringe zeespiegelstijging treedt verlanding op, te beginnen met het dichtslibben van estuaria. Dat is uiteraard mede afhankelijk van het slibaanbod. Zo ontstaan er gradaties tussen meer en minder zeespiegelstijging en meer en minder aanbod van slib.

Verder zijn eilanden begrensd door geulen, die verankerd zaten aan het vaste land en gevormd door inbraken en riviermondingen. De eilanden werden hierdoor gefixeerd en de eilandbeweging bestond uit kwispelen met de oostelijke eilandpunt. Diezelfde inbraken en estuaria waren eveneens medebepalend voor het getijverschil. Bij een getijverschil van 4 meter of meer kunnen eilanden niet bestaan. Naarmate het getijverschil afneemt kunnen eilanden in lengte toenemen. Het dichtslibben of afsluiten van estuaria leidt niet alleen tot een kleiner getijverschil, maar ook het loslaten van het ankerpunt en vormt daardoor een belangrijke factor in de beweging van eilanden.

Hierdoor kon Terschelling in grootte toenemen en vond een herverdeling plaats van de ruimte ten koste van westelijk Ameland. Ook Ameland kon echter in grootte toenemen weliswaar ten koste van het meest westelijke dorp, maar met winst in het

oosten. Tot slot kon door de afsluiting van de Lauwerzee, Schiermonnikoog groeien naar het oosten. Maar bewegen eilanden dus toch naar het oosten? De eilanden zitten momenteel door de diverse afsluitingen gevangen tussen Marsdiep en Eems-Dollard. Binnen die ruimte vindt een herschikking plaats van de eilanden conform de heersende getij- en golfenergie en resulterend in eilandbewegingen door een continue herverdeling van beschikbare zanden.



AFBEELDING 13. | Ontwikkeling van het oostpunt van Ameland van 1900 tot 1997 (rapportage bodemdaling Ameland 1995).

LITERATUUR

- Beets D.J., Spek van der A.J.F., Valk van der L., 1995. *Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust*. RGD rapport 40.016. 53 pp exclusief diverse bijlagen.
- Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2000. *Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost*. Evaluatie na 13 jaar gaswinning. Download <https://www.waddenzee.nl/themas/bodemdaling-ameland>
- FitzGerald M.D., 1988. *Shoreline erosional-depositional processes associated with tidal inlets*. In Aubrey, D.G. & Weishar, L. (eds), *Hydrodynamics and sediment dynamics of tidal inlets*. Lecture notes on estuarine studies, vol 29: p. 186-225. Springer-Verlag, New York.
- Hayes, M.O., 1979. *Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime*. In Leatherman, S.P., (ed.) *Barrier islands: From the Gulf of St Lawrence to the Gulf of Mexico*. Academic Press, New York, p. 1-22.
- Hofstede, J., 1991a. *Hydro- und Morphodynamik im Tidebereich der Deutschen Bucht*. Berliner Geographische Studien Band 31. Institut für Geographie der Technischen Universität Berlin.
- Hofstede, J., 1991b. *Sea level rise in the inner German Bight (Germany) since AD 600 and its implications upon tidal flats geomorphology*. In H. Bruckner and U. Radtke: *Von der Nordsee bis zum Indischen Ozean*. Franz Steiner Verlag, Stuttgart.
- Kemp, A.C., Horton, B.P., Vane, C.H., Bernhardt, C.E., Corbett, D.R., Engelhart, S.E., Anisfeld, S.C., Parnell, A.C. & Cahill, N., 2013. *Sea-level change during the last 2500 years in New Jersey, USA*. *Quaternary Science Reviews* 81 (2013): 90-104.
- Marquenie, J en J. de Vlas, 2020. *Pollepraat*, jrg 33, nr. 90.
- Oost, A.P., Israël, C.G. & Dunsbergen, D.W., 2000. *Kusterosie van noordwest Ameland: ontwikkelingen op verschillende tijdschalen*. Rapport RIKZ/2000.057
- Spek, A.J.F., van der, 1994. *Large-scale evolution of Holocene tidal basins in the Netherlands*, Proefschrift Universiteit Utrecht, 1-191.
- Staalduinen, C.J. van, (red.), 1977: *Geologisch onderzoek van het Nederlandse Waddengebied*, Haarlem: Rijks Geologische Dienst.
- Streif, H., 1989. *Barrier islands, tidal flats, and coastal marshes resulting from a relative rise of sea level in East Frisia on the German North Sea coast*. *Proc. KNMG Symp. "Coastal Lowlands"*, Geol. And Geotechn., 1987, 213-223.
- Thoen, H., 1978. *De Belgische Kustvlakte in de Romeinse tijd*. Bijdrage tot de studie van de landelijke bewoningsgeschiedenis. (Verhandelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België - Klasse der Letteren, Jaargang XL, Nr. 88), Brussel, 1978.
- Wolff, W.J., 1986. *De Waddenzee: eigenschappen van een dynamisch kustgebied*. *Flevobericht* 252, p. 11-22. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
- Wouters, C.A.H. & Hoffman, T.J., 2006. *Overstromingsmodel dijkkring 6*. Modelbouw en scenarioberekeningen. HKV Lijn in Water. Via www.wetterskipfryslan.nl.

Geraadpleegde informatie
 Webside Ameland beeldmateriaal: <https://beeldbank.amelanders.com/>.
 Website Schokland: <http://schokland-doordeeeuwenheer.nl/stormen-1.htm>
 Website Basisregistratie Ondergrond van Nederland: <https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen>.

