

EROSIE AAN DE BELGISCHE KUST

G. De Moor (*)

SUMMARY – EROSION AT THE BELGIAN COAST

Intense residual erosion attacks several sections of the Belgian coast. During the last decades this coast has been hit over several kilometers at Knokke, at Bredene – De Haan, at Lombardzijde, at Koksijde and at De Panne. A sequence of beach budgets shows the phenomenon and its importance and proves that different morphodynamic sections follow one another all along the rectilinear coast.

The author ascribes every erosive section to an erosive megaprotuberans attacking the coast over a more or less long distance during a more or less long time span. He proves that such megaprotuberans develops gradually, that it is part of a cyclic macroprocess of coastal evolution that lasts several decades, sweeps the coast and whose aggressive phase is followed up by a phase of restoring as far as no dune breaching occurs. The interpretation rests upon the evolution of the daily mean beach budget over observation periods of increasing duration and upon geological information. Normal beach processes and their sedimentological and morphological effects are considered as active parts within the morphodynamic megaprocess. The aggressive phase of an erosive megaprotuberans develops due to the local activation of the erosive intervals of the normal beach processes. Storm surges seem to play an act in the activation. The phenomenon might be due to changes in the near shore topography allowing more energetic wave trains to reach temporarily certain beach sections or coastal currents to change their angle of incidence.

The author treats several coastal defense systems used along the Belgian coast and their effects. He puts forward the usefulness of a mean of predicting the evolution stage of an erosive megaprotuberans hitting the coast and draws attention to the possibilities given by the daily mean beach budget diagram. The author stresses the need for elaboration of a concerted program of beach and nearshore research in Belgium.

Elk strand is onderhevig aan een aantal normale strandprocessen waarvan de werking zich op iedere plaats uit in een opeenvolging van min of meer belangrijke en min of meer frequente fasen van erosie en van afzetting.

Residuele erosie is erosie die zich over langere tijd ontwikkelt als resulterende van talrijke opeenvolgende fasen van afzetting en van erosie, waarbij het effect van de erosieve fasen dat van de afzettingsfasen domineert. Om die redenen is het meten van het zandtransport zelf een zeer omslachtige weg om de residuele erosie te bestuderen.

In de laatste decennia zijn verschillende sectoren van de Belgische kust getroffen door een meer of min intense residuele erosie die zich geleidelijk over een lengte van enkele kilometers ging uitstrekken. Deze erosieve megaprotuberansen (G. De Moor, 1979a) zijn niet ter zelfder tijd begonnen werken. De gegevens waarover we nu beschikken laten toe te besluiten dat ze ook een min of meer beperkte duur en uitbreiding hebben, dat ze zich kunnen herhalen en zich daarbij op eenzelfde plaats opnieuw kunnen voordoen. Erosieve megaprotuberansen komen dus voor gedurende de agressieve fase van een natuurlijk cyclisch verschijnsel waarbij zandige kustsectoren eerst afgeslagen en daarna, voor zo ver er zich geen duindoornbraken ontwikkelen, terug hersteld worden.

Die erosievorm heeft in de laatste jaren vooral een vijftal kustsectoren aangetast : de sector ten

(*) Laboratorium voor Fysische Aardrijkskunde, R.U.Gent.

oosten van Heist (sinds 1935), de zone ten westen van De Panne (vooral sinds 1970), het strand vóór Koksijde (in de periode 1960-1970), dat vóór Lombardzijde (vooral sinds 1976) en de stranden tussen Bredene en De Haan.

In deze laatste sector is het verschijnsel begonnen vanaf 1955 vóór Bredene. De erosie heeft er zich sindsdien geleidelijk oostwaarts uitgebreid en aan intensiteit gewonnen. Vanaf 1976 heeft hevige residuele erosie de sector rond Vosseslag (Klemskerke) aangetast, meer bepaald over een lengte van een drietal kilometer tussen de kustpalen KP 36 en KP 39. Bij de storm van 24 december 1976 werd het hoogstrand vóór De Haan zelf ongeveer 2 m verlaagd. Sindsdien heeft het natuurlijk strand zich daar niet meer volledig hersteld. Veel dramatischer is de situatie echter verder westwaarts. Ter hoogte van KP 38 is de duinvoet in de periode 1970-1979 over ongeveer 40 m teruggeweken. Vóór 1975 werden eerst lage voorduinen opgeruimd, maar sinds de storm van 1 januari 1976 is een versneld terugschrijden van de zeezijde van de eigenlijke zeereep opgetreden. Als kwantitatieve maat voor de strandverlaging kan gebruik gemaakt worden van het totale strandbudget.

Het totale strandbudget geeft de totale volumeverandering weer die zich over een bepaalde periode voorgedaan heeft langsheen een transversale profiellijn. Dit volume wordt bepaald voor een eenheidslengte van 1 m en voor een strandbreedte die best begrensd wordt door twee dynamische grenzen. Bij het normaal totaal strandbudget worden hiertoe de gemiddelde springtij-hoogwaterlijn en de gemiddelde dootij-laagwaterlijn genomen. Deze twee grenzen kunnen immers ten allen tijde betreden worden. Het verlengde strandbudget wordt berekend voor een strandbreedte begrensd door de hoogste springtij-hoogwaterlijn en door de laagste springtij-laagwaterlijn. Het is vanzelfsprekend dat dit laatste budget niet alleen beïnvloed is door golf- en getijdeprocessen van zandtransport, maar ook door eolische werking en eventueel door andere morfologische processen op het hoogstrand en langs de duinvoet.

Deze strandbudgetten zijn berekend op basis van zeer nauwkeurige waterpassingen die met een vaste stationsafstand van 3 m langs eenzelfde lijn herhaald worden.

Onderstaande tabel geeft de evolutie van het strandbudget in de zone Bredene-De Haan

| Waarnemingsstation KP 38 nabij Vosseslag (Klemskerke) | | |
|---|--|--------|
| Data | Normaal totaal strandbudget (m ³ per l.m. strandlengte) | |
| Refer. | 24-1-76 | ----- |
| Op : | 8-1-77 | - 25,5 |
| | 15-1-78 | - 79,0 |
| | 15-1-79 | -109,1 |
| | 29-3-79 | -124,0 |
| | 15-1-80 | -110,2 |
| | 5-8-80 | -118,0 |
| - = Verlies | | |
| Budgetten bepaald tussen 39 m landwaarts en 198 m zeewaarts van de plaatselijke referentiepaal, kustpaal KP 38. | | |

Het is zonder meer duidelijk dat gezien de grote mobiliteit van de strandzanden dergelijke waarden alleen betekenis hebben wanneer er tevens voldoende opnamen vóór en na deze referentiedata gebeurd zijn, teneinde hun representativiteit te testen. De verschillende meetstations langs de profielen kunnen bij elk van de opeenvolgende opnamen best op dezelfde plaats liggen. Met mobiliteit van het zand op een zandsector wordt hier bedoeld de totale hoeveelheid zand die zowel in verlies als in winst binnen een bepaalde periode residueel in beweging geweest is op de strandsector. Een strand dat, spijs en een grote mobiliteit van het zand, toch een residueel nulbudget vertoont, is in residueel evenwicht over die periode. Dit evenwicht wordt mede gekarakteriseerd door een gemiddelde transversale en longitudinale helling die mede door de korrelgrootte bepaald

zijn. Het grote overwicht van de transversale hellingcomponent wijst op de dominantie van de transversale residuele zandbewegingen. Een statisch evenwicht treedt op indien er geen residuele uitwisselingsoverschotten zijn tussen het strand enerzijds en de duinen, de voorstrandzone en de aangrenzende kustsecties anderzijds. Een strand is in dynamisch evenwicht indien er wel dergelijke uitwisselingsoverschotten bestaan. Het kan dan zelfs prograderen en regraderen.

Een andere techniek die gebruikt wordt om de teruggang van de duinvoet te volgen en om de evolutie van de kunstafslag te evalueren is, op geregelde tijdstippen de afstand te bepalen vanaf de duinvoet (of vanaf de hoogwaterlijn) tot een vast merkpunt op het strand, zoals een vaste kustpaal. Ook de hoogte van het strandoppervlak tot aan het referentiemerk op de vaste kustpaal kan hiervoor gebruikt worden. Het is duidelijk dat de nauwkeurigheid van deze benaderingswijze afhankelijk is van de subjectieve appreciatie van het begrip duinvoet terwijl anderzijds het oppervlak rond een kustpaal door hinderniseffect toevallig tot 50 cm lager kan liggen dan het omgevend strand.

De kusterosie te Vosseslag wordt niettemin duidelijk geïllustreerd door de hierna vermelde gegevens die bereidwillig ter beschikking gesteld zijn door Ir. BLOMME, Dienst der Kust, M.O.W., te Oostende.

| | A(m) | H(m.O.P.) | | A(m) | H(m.O.P.) |
|---|------|-----------|-------------------|-------|-----------|
| 3-12-51 | -11 | | 13-3-67 | -49 | |
| na 1- 1-53 | -16 | | 9-1-68 | -54 | |
| 20-10-61 | -24 | +5,405 | gemiddeld 1971-72 | -54,3 | |
| december 1963 | -34 | +3,705 | 19-8-78 | -60 | +3,815 |
| 5-12-66 | -48 | | | | |
| | -46 | | | | |
| A = afstand van de kustpaal KP 37 tot de duinvoet, negatief gerekend naar het land toe. H = peil (O.P.) van het strandoppervlak aan de voet van kustpaal | | | | | |

Tussen deze sectoren met kustafslag liggen er andere, waar dynamische stabiliteit bestaat of waar zelfs enige zandaanwinst geboekt wordt. Vanzelfsprekend gaat het hier eveneens om residuele effecten van een lange reeks opeenvolgende kortstondige erosie – en afzettingsfasen van diverse intensiteit en niet over de ogenblikkelijke weerslag van een enkele storm of van een fase met constructieve golven.

Er blijken dus duidelijk langs onze kust strandsectoren voor te komen die een verschillend morfodynamisch type vertonen of die zich in een andere fase van evolutief bevinden.

| Datum | Referentiedatum | Normaal totaal strandbudget (m ³ /l.m.) te | |
|-----------|-----------------|---|-----------------|
| | | Klemskerke KP 38 | Vlissegem KP 42 |
| | | 26-8-78 | 28-8-78 |
| 29- 9-78 | | - 23,0 | + 9,1 |
| 23-12-78 | | + 6,3 | + 18,5 |
| 26- 9-79 | | + 3,9 | + 68,8 |
| 13-12-79 | | - 13,6 | + 81,0 |
| 19- 3-80 | | - 19,0 | + 88,7 |
| 26- 9-80 | | zandsuppletie | + 40,4 |
| 28-10-80 | | . | + 74,4 |
| + = winst | | | |

Thans beschouwt de Dienst der Kust de toestand in de strandsectoren vóór Lombardzijde, tussen Bredene en De Haan en ten Oosten van Knokke als kritiek. Afgezien van wat bij de reuzestorm van 1 februari 1953 ten oosten van Heist afgeslagen is, hebben zich bij de stormen van 1976 ook doorbraken van de zeereep voorgedaan te Bredene en ten westen van De Panne. Hierbij zijn weliswaar geen doorbraken van de duingordel gebeurd, maar toch belangrijke pannen overstroemd. Het is duidelijk dat zonder ingrijpende maatregelen dergelijke doorbraken snel aan diepe geluving zouden kunnen aanleiding geven.

Dit verschijnsel van de erosieve megaprotuberansen omvat strandverlaging met behoud van de typische rug- en zwin-mikromorfologie, verder ook terugwijken van de duinvoet en afbraak van zeezijde van de zeereep.

Op die zeezijde ontwikkelen zich afschuivingen van grote pakketten duinzand. Dit gebeurt er vooral gedurende hoogwaterstanden bij ruwe zee omdat de duinvoet dan afgeslagen en de zeereep ondermijnd worden door de golfslag. Dit verschijnsel is helemaal verschillend van de schade die de duinbezoekers op de zijden van de zeereep aanbrengen en die ook met een neerwaartse verplaatsing van zand gepaard gaat.

Strandhoofden, golfbrekers of zeedijken die zich in dergelijke erosieve kustsectoren bevinden worden ook aangetast. Het landeinde van strandhoofden (dit zijn golfbrekers die niet op een zeedijk maar op een duinvoet aansluiten) wordt door het terugwijken van de duinvoet losgemaakt van de zeereep. De voet van de zeedijk, maar ook die van golfbrekers en strandhoofden, wordt door de strandverlaging geleidelijk verder blootgelegd. Door het terugschrijden van de zeereep schuiven resten van verdedigingswerken op het strand om daar door de golfslag (of door de mens) verbrokkeld te worden. Wegens de grote beweeglijkheid van het strandzand en wegens de geleidelijke verlaging van de veegzone in de erosieve sectoren, zakken ze langzaam onder het residuele oppervlak. Ondertussen worden de kleinere verbrokkelingsresten door heen en weer transport geleidelijk afgerond, afgesleten en verkleind.

Het mechanisme van de strandverlaging zelf bestaat uit een lokale intensificatie van de erosieve tussenfasen waardoor deze het residueel effect van de strandprocessen, over langere tijd beschouwd, gaan domineren. Waarom en hoe dit gebeurt is echter een andere zaak. Het is helemaal onwaarschijnlijk dat de erosiegevoeligheid van het strandzand zou veranderd zijn. Over de mogelijkheid van een geringere longitudinale of vooral transversale zandinput in het stranddynamisme kan men alleen maar gissen bij gebrek aan gegevens over wat in de voorstrandzone gebeurt.

Tot de normale strandprocessen, die hier van belang zijn, behoren golfwerking, getijdewerking en de activiteit van stromingen in de strandzone en in de voorstrandzone. Allen omvatten ze opname en afzetting van zand bij heen en weergaande zandverplaatsingen in transversale of in longitudinale richting. Meestal zijn die het gevolg van het domineren van transversale of longitudinale componenten van de waterbeweging op het strand. Dit wordt duidelijk aangetoond door de oriëntatie van sedimentaire oppervlaktestructuren zoals stroomribbels, golfribbels en ook erosieribbels. Zand in bodemtransport kan immers tijdelijk achterblijven en sedimentaire oppervlaktestructuren vormen.

Het valt onmiddellijk op dat door de verschillen in duur die de onderscheiden stranddelen bij elk getij onder water staan, de inwerking van die processen zelf zal wisselen. Het dynamisch type en de inwerking van de golven zijn geconditioneerd door de hoogte van de golven t.o.v. de lokale waterdiepte en ook door hun invalshoek. De golfhoogte hangt zelf grotendeels af van de golfenergie. Op stranden met grote getijdeamplitudo, met een duidelijke zwin- en strandrugmorfologie en met een steilere flexuurzone (zoals het strand aan de Belgische kust) is de golfwerking korter maar intenser op de ondiepe delen. Het is ook daar dat zich oploop, terugloop en zelfs overloop van golfwater kunnen manifesteren, wat aangegeven wordt door de typische terugloopribbels, ruitribbels of ook stroomribbels.

Getijdestromingen en lokale, door de wind aangedreven stromingen vertonen gewoonlijk een over-

wegend longitudinale component. Ze werken het sterkst in waar het strand het langst onder water staat, d.i. in zwinnen en op het laagstrand.

Strandrifft, brandingsdrift, zeewaartse of landwaartse grondstroming (undertow) in horizontale wervelingen, en scheurstromen in vertikale wervelingen, zijn vooral afhankelijk van de invalrichting en de intensiteit van de waterverplaatsing door de golven of ook van peilveranderingen van het water in de kuststrook door aanlandige of aflandige winden. Zij volgen als een randzone de waterlijn die gedurende elk tij langs het strand op- en neer gaat. Zwinstromen zijn longitudinale waterstromingen die zich ontwikkelen in de zwinnen als het zeepeil en het waterpeil in het zwin ongelijk zijn, d.i. hetzij bij eb door uitstromen langs muilen, hetzij bij vloed door instromen langs muilen of langs strandrugzadels. Zwinstromen worden ook geactiveerd door longitudinale winden die echter tegengesteld aan de stroomrichting door andere oorzaken kunnen blazen. De megaribbels, stroomribbels en lingoidribbels die zich dan in de zwinnen ontwikkelen zijn een morfologisch effect van het longitudinaal zandtransport. Dergelijke zandtransport gaat echter nooit ver. Evenals alle andere verplaatsingsagentia vertoont ook dit transportmechanisme een sterk wisselende verplaatsingsrichting en dus heen- en weergaande beweging. Dit is een gevolg van de frekwente richtingsveranderingen van de wind. Toch vertoont de wind voor onze kust zekere richtingsintensiteitsdominanties die tot residueel longitudinaal transport kunnen leiden. Longitudinaal residueel transport kan ook optreden als getijdestromen, waarvan de kenmerken na elke tijkentering niet helemaal symmetrisch evolueren, toch een residueel transporteffect overhouden. Dit gebeurt o.a. wegens verschil in duur tussen de eb- en vloedstroom, wegens verschil in snelheid, of ook omdat de richtingen niet juist tegengesteld zijn of er windaandrijving van een van de getijdestromen gebeurt. Dit zijn invloeden die wel degelijk vóór de Belgische kust optreden.

Er kan niet ontkend worden dat in sommige zones over min of meer lange tijd zwakke residuele longitudinale verplaatsingen optreden, onafhankelijk van de wisselende windrichtingen. Dit wordt o.a. aangetoond door de verplaatsing van veenkeien die plaatselijk door zandsuppletie op het strand aangevoerd zijn. Ook de laterale verschuiving van muilen wijst in die richting, alhoewel hierbij longitudinaal transport door de wind op het droogliggend strand een belangrijke rol kan spelen. In de centrale kuststrook tussen Bredene en Wenduine bleek bij waarnemingen in de zomers van 1979 en 1980 een zwak residueel transport naar het oosten te bestaan op het lager gedeelte van het strand. Verder oostwaarts van De Haan worden in toenemende mate eocene zandsteenfragmenten en zelfs losgeslagen veenplaten vanuit de zee op het strand geworpen wat toch moeilijk aan iets anders dan aan transversale aanvoer kan toegeschreven worden. Deze elementen blijven er onafhankelijk van andere transportmechanismen achter en gaan geleidelijk een onderdeel uitmaken van de basis van de veegzone, vanwaaruit ze regelmatig opnieuw herwerkt worden, althans in een strook waar residuele afslag optreedt. Het is waarschijnlijk dat vroegere vermelding van Paniseliaan-ontsluiting op het strand nabij Wenduine (Delvaux, E. 1886) daaraan toe te schrijven is, vermits het kwartair dek op die plaatsen tientallen meter dik blijkt te zijn (De Breuck en De Moor, 1967).

Overigens vertonen de zwinnen zadels waardoor ze gecompartmenteerd geraken en de zwinstroming in tegengestelde richtingen naar de muilen verloopt. Het materiaal dat aldus in de zwinnen verplaatst wordt, wordt grotendeels lokaal gerecycleerd omdat het langs muilen in voorliggende zwinnen of gulen terecht komt, er mui-waaiers (ten dele mui-delta's) opbouwt, en vandaaruit opnieuw longitudinaal verspreid en eventueel door de constructieve golfwerking terug in een transversale beweging opgenomen wordt.

Doordat de muilen van opeenvolgende zwinnen dikwijls zó geplaatst zijn dat de stromingen in twee opeenvolgende zwingedeelten in tegengestelde richting verlopen, heeft dat hele zwintransport een lokale redistributie en weinig residueel longitudinaal noch transversaal transport ten gevolge. Waar opeenvolgende zwinnen wel in dezelfde richting stromen kan wel een zekere vorm van longitudinaal transport optreden dat trouwens gepaard gaat met een transversaal zeewaartse verplaatsing. Hetzelfde kan gebeuren wanneer strandrugzadels in opeenvolgende ruggen op één transversale komen te liggen. Dergelijke strandrugvensters zijn ook zeer belangrijk voor de golfwerking, omdat de golven dan met veel grotere energie op de waterlijn aankomen. Bij een geschikt golfklimaat kunnen destructieve golven dan uitzonderlijke afslag en planconcaviteiten op

de hoogwaterlijn doen ontstaan. Het omgekeerde doet zich voor met constructieve golven. Op de terrassenzone kunnen dan plaatselijk echte bermen ontstaan. Op korte termijn kan de invloed van een strandrugvenster positief zijn; op lange termijn heeft een stabiel strandrugvenster toch een erosief residueel effect.

Erosie op het laagstrand en transversale verplaatsingen worden eveneens aangetoond door sedimentaire oppervlaktestructuren, maar ook door de accumulatie van schelpen (vooral *Cardium*) die vanaf het laagstrand door de golfbeweging opgeworpen zijn naar de flexuurlijn. Omdat meeuwen soms grote hoeveelheden levende kokkels voor consumptie loswoelen op het laagstrand en er aan het oppervlak achterlaten is het voorkomen van uitgeruimde *Cardium*-schelpen toch geen onomstootbaar bewijs van stranderosie. *Pectinaria*- en *Lanice* kokers kunnen in grote hopen voorkomen op het laagstrand en soms tot aan de flexuurlijn opgeworpen zijn. Wegens hun broosheid en woondiepte op het laagstrand wijzen dergelijke *Thanatocoenosen* wel op belangrijke en snelle afslag op het laagstrand en desgevallend ook op snel transversaal transport naar het hoogstrand toe. Naast deze beschrijvende inventarisatie blijft de hele problematiek bestaan van de verklaring van de normale strandprocessen en van hun sedimentologische en morfologische effecten. Het factorencomplex dat er op inwerkt is zeer groot, zeer wisselend en wegens interrelaties ook zeer ingewikkeld. In de eerste plaats zou men de gelijktijdigheid moeten nagaan tussen het voorkomen en de evolutie van bepaalde sediment-structurele patronen en morfologische vormen op het strand enerzijds en van bepaalde kenmerken van factoren zoals golven, stromingen, getijdebeweging, wind en strandmorfologie zelf anderzijds.

Bij erosieve megaprotuberansen verloopt de strandafslag niet gelijkmatig langsheen het hele strandprofiel.

Door vergelijken van transversale strandprofielen opgenomen over een duur van een drietal jaren in de erosieve sector te Vosseslag (KP 37, KP 38) kan men tenminste één fase uit het verloop van zo'n proces van kusterosie benaderen (De Moor, 1979a).

Eerst wordt een onderste deel van het strand verlaagd en vervlakt. Geleidelijk schuift die verlaging en vervlakking landinwaarts op waardoor de helling op het bovenste deel van het strand toeneemt. Naarmate de strandverlaging daar vordert, stabiliseert het laagste deel van het strand zich meer en meer. Tegelijk worden ook het bovenste deel van het strand, de terrassenzone en het hoogstrand aangetast. Door de afslag van de terrassenzone, van het hoogstrand, en van de duinvoet worden echter grote hoeveelheden zand vanaf de duinen in de getijdezone geïnjecteerd. Hierdoor wordt tijdelijk de verlaging van het strand wat afgeremd of kan daar zelfs tijdelijke aanwinst voorkomen (De Moor, 1979b).

Gedurende periodes van hevige duinafslag kan het bovenste permanent zwin zelfs grotendeels toegeslempd geraken door zand dat transversaal zeewaarts migreert. Deze migratie wordt duidelijk aangetoond door de typische transversale terugstroomribbels die zich dan tussen de duinvoetklif en het bovenste zwin ontwikkelen. Het feit dat achteraf het bovenste zwin terug uitgediept wordt illustreert dat het zand niet in rechte lijn transversaal van de duinvoet maar de laagwaterlijn migreert of omgekeerd, maar dat er zich een complex proces van transversale maar ook van longitudinale zandverplaatsingen voordoet.

Kwalitatieve waarneming van de evolutie van de strandmorfologie gedurende een erosieve megaprotuberans laat toe te besluiten dat deze, althans in de agressieve fase, uit een opeenvolging van dergelijke strandverlagingsfasen bestaat. Ze worden blijkbaar aangezet door stormen die zich onder bepaalde condities voordoen.

Opvallend is ook dat gedurende het hele proces van strandverlaging het normale strandruggenpatroon min of meer blijft bestaan. Het mechanisme van transversale zandaanvoer over de zwakker hellende zeewaartse rugzijde heen met afzetting op de steile landwaartse zijde, zoals geconditioneerd door de transversale componenten van golf- en stromingsacties, blijft doorwerken. Hierdoor schuiven de strandruggen gedurende min of meer korte periodes met een geschikt golfklimaat

landwaarts op tot wanneer longitudinaal transport in het bovenliggende zwin de landzijde van de strandrug terug aansnijdt en doet terugwijken. Dit gebeurt vooral wanneer zich sterke zwinstromen ontwikkelen, wat natuurlijk in eerste instantie een verschijnsel met een relatieve longitudinale beperking is, zoals het kraalvormig karakter van sommige zwinnen overigens aangeeft. Op de laagwaterberm en aan de bovenkant van de strandflexuur blijft zich bij gunstig golfklimaat, d.i. bij normaal invallende zwakke golven, ook een lijn met grote boogribbels ontwikkelen. Deze zijn totaal verschillend van strandhorens die een erosieverschijnsel zijn en die ontstaan als een effect van schuin invallende golven. Boogribbels daarentegen blijken een gevolg te zijn van het feit dat het energiefront van normaal invallende diep-watergolven (vandaar de noodzaak van normale kalme deining) zich volgens een golvende lijn verplaatst. Opnamen van de uitgesproken linguïdale stuwstructuren van drijvende ijspelletjes in beide zones, waar de waterlijn langer dan elders stilstaat, bevestigen dit (opnamen 5 januari 1979). Ten allen tijde blijft de complexiteit van waterbewegingen die hetzij hydrodynamisch, hetzij naar invalshoek verschillen maar interfereren of elkaar met een zeer kort interval opvolgen duidelijk gemerkt in de interferentie van golfribbels en stroomribbels en ook door de laddervormige ribbels.

Wat nu de vraag betreft of de residuele effecten van de erosieve megaprotuberans door longitudinale dan wel door transversale verplaatsingen gedomineerd worden, kan vooralsnog geen exclusief antwoord gegeven worden. De volumetrische waarnemingstechniek die met behulp van transversale strandprofielen toegepast wordt om een eerste benadering van het verschijnsel van de erosieve megaprotuberans te bereiken laat in feite niet toe iets meer waar te nemen dan transversale residuele effecten van alle mogelijke zandverplaatsingen.

Meer bepaald is het niet duidelijk of de initiële afslag op het laagstrand aan longitudinale erosie dan wel aan transversale afvoer moet toegeschreven worden. Om dit te weten zouden gelijktijdige opnamen van de profielveranderingen in de strandzone en in de vóórstrandzone moeten uitgevoerd worden. Zelfs wanneer zich een afgevlakt stormprofiel ontwikkelt ten koste van een duidelijk mooi-weer profiel met uitgesproken strandruggen en zwinnen kan men niet uit het morfologisch effect alleen afleiden of algemene longitudinale ablatie dan wel transversale erosie gedomineerd heeft. De oriëntatie van de erosieve sedimentaire oppervlaktestructuren suggereert evenwel dat beiden zich kunnen voordoen in functie van de windrichting en van de invalshoek van de golven.

Om de vraag ten volle te beantwoorden zouden naast voorstrandopnamen, vooral tweedimensionele volumetrische bepalingen over grotere strandlengte moeten uitgevoerd worden, hetzij met behulp van waterpastechnieken, hetzij met gespecialiseerde luchtfotografische analysetechnieken. Om uit hoogtevergelijkingen in dit geval zinnige besluiten te kunnen trekken mogen de meetstations ten hoogste een drietal meter uit elkaar liggen, moeten de stations bij voorkeur in opeenvolgende opnamen op dezelfde plaats liggen en moeten hoogten met een minimale nauwkeurigheid van 1 cm kunnen bepaald worden. Kwalitatieve analyse van luchtfoto's kan ongetwijfeld ook helpen, maar dan zijn reeksen van opnamen met zeer klein tijdsinterval noodzakelijk. Het komt ons evenmin voor dat afzonderlijke, lokale en sporadische metingen van de sedimentverplaatsingen zelf — wat reeds enorme technische problemen stelt — veel kunnen bijdragen om het proces van de residuele erosie te benaderen.

Naast de hele problematiek van de normale strandverschijnselen, van de fundamentele wetten van het zandtransport en van het aandeel van de transversale en van de longitudinale componenten van de zandverplaatsingen, rijzen tal van andere vragen op die meer bepaald betrekking hebben op de erosieve megaprotuberans als globaal verschijnsel, Welk is de duur van zo'n erosieve fase; welk is de oorzaak van haar ontstaan — wat natuurlijk terugwijst naar de vraag waarom en hoe de erosieve tussenfasen het residueel effect van de normale strandprocessen gaan domineren; hoe evolueert de erosieve megaprotuberans en waarom; waarom en hoe gebeurt de morfodynamische omkering; wat bepaalt de lokalisatie van de erosieve megaprotuberans; zijn dergelijke ver-

schijnselen ook reeds vroeger opgetreden; welk is dan de frekwentie waarmee het verschijnsel zich herhaalt; in hoever gebeurt dit op dezelfde plaats; in hoever hebben erosieve megaprotuberansen een rol gespeeld bij de evolutie van de kustvlakte, en meer bepaald in hoever zijn sommige holocene overstromingsfasen niet eerder aan lokale verstoringen van het dynamisch evenwicht op de strandlijn van een schoorwal toe te schrijven dan wel aan eustatische en geologische oorzaken, enz.? Heel belangrijk is de vraag over de rol die veranderingen in de bodemtopografie van de voorstrandzone spelen om het ontstaan, de lokalisatie en de herhaling van erosieve megaprotuberansen te verklaren (De Moor, 1979a).

Om aan deze vragen een begin van antwoord te kunnen geven en eventueel tot prognoses over het verloop van een actieve erosieve megaprotuberans te kunnen overgaan, moet men het verschijnsel over voldoende lange waarnemingstijd kunnen volgen (minstens over verschillende decennia), tegelijk een hele kustsector superviseren zowel in haar strand- als in haar voorstrandzone, en ondertussen het hele complex van normale strandprocessen en van factoren waarnemen. Een dergelijke taak kan onmogelijk het werk zijn van een enkeling!

Door het gemiddeld transversale strandbudget te bepalen over toenemende tijdsintervallen vanaf een vaste begindatum is het evenwel mogelijk de algemene trend van de residuele effecten van de stranddynamiek op een bepaalde plaats te benaderen. Dan moet nog nagegaan worden in hoever dit type representatief is voor de hele sector, wat ten dele door kwalitatieve studie van de residuele effecten kan gebeuren. Het gemiddelde transversale strandbudget is het transversale strandbudget berekend t.o.v. een vaste referentiedatum en gedeeld door het aantal dagen dat het interval telt. Het eigenlijke strandbudget is nagenoeg niet bruikbaar wegens de zeer grote wisselingen die het zelfs op korte tijd vertoont.

Het diagram dat het gemiddeld strandbudget t.o.v. de intervalduur voorstelt, laat toe het morfodynamische type van elke strandsector te karakteriseren en ook prognoses over de evolutie van een erosieve megaprotuberans naar voor te brengen (De Moor, 1979a). In zo'n diagram worden budgetten met winst en andere met verlies afzonderlijk voorgesteld. De omhullenden van beide puntenwolken zijn hyperbolen en geven de residuele effecten van de negatieve en van de positieve strandbudgetten weer, waaruit dan de trend van de volledige dynamiek kan afgeleid worden. Dergelijke omhullenden kunnen mathematisch behandeld worden.

Aan de andere kant zijn er ook historische gegevens die toelaten specifieke kenmerken van erosieve megaprotuberansen te achterhalen en de theoretische bevindingen te controleren.

Zeer interessante gegevens zijn aan de dag gekomen in verband met de erosieve megaprotuberans te Klemskerke-Vosseslag.

Vanaf 1976 is daar op ongeveer 250 m ten oosten van de strandpaal KP 38 geleidelijk aan een oude zeedijk vanonder de zee te voorschijn getreden ingevolge terugwijken van de duinvoet. Deze dijk heeft een hoogte van 5 à 6 m en kwam over een lengte van ongeveer 100 m bloot. Het westelijk einde werd helemaal vrijgemaakt. Vanaf 1978 is verder oostwaarts tot nabij KP 39 ook nog een heel patroon van korte strandkribben vrijgemaakt waarvan de voet zich op het peil van het thans afgeslagen strand bevindt.

Een oudere inwoner uit de omgeving herinnerde zich nog vaag dat die dijk reeds bestond vóór de eerste wereldoorlog. Deze dijk is sinds ten laatste 1930 niet meer gezien geweest. Hij bestaat uit beton, wat dus een maximale ouderdom laat vooropstellen, vermits de eerste massieve toepassing van beton maar rond 1890 gestart zijn.

Uit dit alles blijkt dat bij het begin van de 20^o eeuw het strand tussen KP 38 en De Haan getroffen werd door een verschijnsel van intense kusterosie, helemaal analoog aan de erosieve megaprotuberans die ten huidige dage tussen De Haan en Bredene optreedt. Die vroegere erosieve megaprotuberans heeft rond 1910 een erosief paroxisme gekend. Niet vóór 1912 (zie verder) heeft men ter hoogte van het clubhuis van het golfterrein van De Haan een dijk gebouwd over een lengte van 500 m in de richting van KP 39. Op dat ogenblik was de duinvoet toch nog een tiental meter minder ver teruggedrongen dan dit nu het geval is. Daarna is nog vóór 1930 een ommekeer in het residueel effect van het stranddynamisme opgetreden. Deze ommekeer werd merkbaar in een toenemende aanzanding en in een progradatie van de duinvoet over verschillende tientallen meter zodat de dijk en de voorliggende kribben verdwenen onder een dik zandpakket van de

zeereep. Vanaf 1960 is er eerst langzaam, maar geleidelijk meer agressief, een nieuwe erosieve fase begonnen waardoor in 1978 de duinvoet reeds verder teruggeslagen was dan bij het vroegere paroxisme van 1912.

Deze vroegere erosiefase trof de kust hier wel iets meer oostwaarts dan de huidige en ze schijnt ook minder uitgestrekt geweest te zijn. Inderdaad, in de zone tussen KP 38 en KP 37 werd de duingordel die het achterliggende wad (of poldergebied) beschermt pas nu, voor 't eerst sedert de Duinkerken I overstroming, zo ver teruggeslagen.

Dit wordt aangetoond door het feit dat vanaf KP 38 tot aan Vosseslag reeds van in 1970, bij het begin van het terugwijken van de duinvoet, op ongeveer 1 m hoogte boven het strandoppervlak, een oud, grotendeels ontkalkt en duidelijk gepodzoliseerd bodemoppervlak in ouder duinzand ontsloten werd in de duinklif. Het gaat blijkbaar om het oppervlak van de Middeloude Duinen die hier tot ver achter de huidige zeereep bewaard gebleven zijn (R. Tavernier e.a., 1970). Een ander argument daarvoor is ook dat vanaf 1977 nabij KP 38 op het hoogstrand geleidelijk een venigkleiige laag (tot 0,5 m dik) vrijgemaakt is waarin talrijke broze zoetwaterschelpen (*Limnea* sp.) voorkomen. Deze laag kan met een pannebodem uit een vroegere duinfase gekorreleerd worden. De Middeloude Duinen van Klemskerke-Vosseslag blijken dus bewaard gebleven omdat daar tot op heden geen belangrijke erosieve megaprotuberans met doorbraak van de duinen opgetreden is. Toch weten we dat verder westwaarts, te Bredene zelf, een belangrijke Duinkerken II doorbraakgeul bestaan heeft (R. Tavernier, 1970).

Deze gegevens over de erosieve fase van 1910 worden verder nog bevestigd en chronologisch beter gesitueerd aan de hand van historische documenten die over de erosie en over de beschermingsmaatregelen getuigenis afleggen.

Het Archief van de Dienst der Kust te Oostende bevat een "Plan général de la Côte" daterend van 1912 (*).

Op dit plan staat duidelijk een "verdedigingssteenglooïing" van 500 m lengte aangegeven, met aan de zeezijde een rij korte kribben. Het geeft ook een "dwarsdoorsnede van een steenglooïing in gewapend beton tussen de kilometrische palen 38 en 39". Volgens ingenieur BLOMME (Dienst de Kust, Ministerie van Openbare Werken) kan op grond van dit document de bouw van de oude dijk rond 1910 gesitueerd worden (1).

Een andere aanwijzing over de intensiteit van de toenmalige kusterosie geven ons een aantal brieven.

Op 16 maart 1911 richtte ingenieur Gustave Defosse uit Brussel een schrijven aan de toenmalige Minister van Landbouw en Openbare Werken om er hem op te wijzen dat "depuis une assez longue période la mer ronge nos côtes et si l'on n'y prend garde, si l'on n'y porte remède, par l'une ou l'autre des tempêtes, de plus en plus fréquentes, la mer entrera dans les Flandres." (2). De ingenieur maakte gebruik van de gelegenheid om een eigen verdedigingssysteem voor te stellen en aan te bevelen. We kunnen er uit afleiden dat er toen wel ergens sprake moest zijn van het aanbesteden van verdedigingswerken.

De Administratie zag de zaak in 1911 echter helemaal anders en vooral minder gunstig voor de initiatiefrijke ingenieur. De Ingenieur van Bruggen en Wegen belast met het beheer van de kust, maar wiens naam op het document ongelukkig niet leesbaar is, liet bij schrijven n^o 30.706 van 4 mei 1911 vanuit Nieuwpoort aan zijn hiërarchische overste, daaromtrent blijkbaar aangeschreven door het kabinet, weten dat "Dans toute l'étendue de mon service il est bien constaté que la mer ne ronge pas la côte; la nécessité d'établir des épis ou brise-lames ne s'est jamais fait sentir. Je vous prie donc de me dispenser de faire un examen approfondi des théories fantaisistes qu'expose Mr Defosse." (2).

Men heeft slechts de recente lokale, regionale en zelfs nationale pers te consulteren om te zien in hoever "l'histoire se répète". Op 18 januari 1979, d.i. dus ongeveer 4 maand na de belangrijke en dure zandsuppletie ter plaatse, blokletterde "Vooruit": "Strand spoelt weg tussen Bredene en

(*) "Plan général de la Côte" — Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics. Administration des Ponts et Chaussées. Service Spécial de la côte. — Bruges, 20 mai 1912 — Ostende (sign. ill.), Bruges (sign. ill.), Nieuwpoort (sign. Allaert).

(1) Mondelinge mededeling.

(2) Archief Bruggen en Wegen : Dienst der Kust, Oostende. Bundel 37C.

Klemskerke". Op 12 september 1980 schreef "La Libre Belgique": "Chaque fois que les éléments se déchainent, c'est aux dunes du Littoral que l'on doit d'empêcher la mer de se répandre dans les Polders. Le malheur veut que ses dunes aient perdu des tonnes de sable ces dernières années..., à tel point que les pouvoirs publics s'en sont inquiétés."

Deze keer schijnen er blijkbaar geen grote twistpunten te bestaan over het feit dat de zee inderdaad op sommige plaatsen de kust aantast, en dat er iets moet gedaan worden. De administratie is er dan ook in geslaagd in de laatste jaren iets te doen, zelfs veel te doen, uit het oogpunt van milieubeheer, van bescherming van natuurlijke sites — die in Vlaanderen toch al zo zeldzaam zijn — en van behoud van de aantrekkelijkheid van onze kust, misschien zelfs te veel te doen.

Inderdaad, om de risico's van duindoornbraken of van totale strandontzading te ondervangen en deels ook om aan de noden van het kusttoerisme en van de bescherming van het nationaal en privé patrimonium tegemoet te komen, heeft de administratie in de jongste jaren verschillende belangrijke verdedigingswerken laten uitvoeren, waarvan een aantal hierna vermeld worden.

In de periode 1955-57 werd het strand tussen Heist en Knokke-Zoute over een lengte van 7,2 km verhoogd met 0,7 tot 1,7 m door een zandsuppletie van 1.000.000 m³. In 1970 was er daar nog maar weinig van overgebleven en na een fase van uitbouw van golfbrekers en zeedijken werd in 1978-79 een nieuwe zandsuppletie van 8.400.000 m³ uitgevoerd tot ten oosten van KP 64.

Vóór het reservaat van de Westhoek werd in 1976 een lage zeedijk aangelegd tegen de duinvoet vanaf De Panne tot aan de Franse grens. Deze dijk werd gedeeltelijk stukgeslagen bij de storm van 26 december 1976, maar hersteld in 1978. Sindsdien is de duinvoet afdoende beschermd gebleken.

In 1980 is te Lombardzijde een zandsuppletie op het strand uitgevoerd voor een totaal bedrag van 72 miljoen fr.

In de zone tussen Bredene en Vosseslag zijn van in de periode 1950-60 vanaf het westen strandhoofden gebouwd die later, ook vanaf het westen, geleidelijk zeewaarts verlengd werden om in het westelijk gedeelte van deze kuststrook zelfs tot 300 m beneden de duinvoet te reiken. Einde 1977 was de toestand er spijs alles zó kritiek geworden dat in 1978 van Bredene tot aan de Vosseslag een zandsuppletie van 500.000 m³ werd uitgevoerd volgens het Deense Longard systeem. Hierbij wordt de ophoging voorzien van een inwendige bewapening van geplastificeerde buiszakken van 1 tot 2 m diameter, opgevuld met ingespoten zand. Het zand werd door baggerschepen aangevoerd naar Oostende en vandaar met een persleiding naar de werkzone gebracht. Eerst werd zand vanaf de Stroombank gewonnen, later, wegens protest vanwege de vissers, werd zand vanaf de Kwintebank ingetrokken. In 1980 is dezelfde operatie verder oostwaarts doorgevoerd vanaf Vosseslag tot aan de westkant van het strand van De Haan over een lengte van ongeveer 2 km. Deze werken waren beëindigd in september 1980.

Ondertussen zijn op verschillende nieuwe plaatsen transversale golfbrekers uitgebouwd (o.a. Middelkerke, 1978; Nieuwpoort, 1980). Op andere plaatsen zijn kleine zandsuppleties uitgevoerd op het hoogstrand bij de aanvang van het toeristisch seizoen (o.a. te De Haan, 1980; te Wenduine-West, 1980). De bedoeling hierbij was het opstellen van strandcabines boven de hoogwaterlijn te beveiligen.

Op talrijke plaatsen werden ook pogingen gedaan om met windschermen (houten latsystemen), rijshouthagen, plastic matten en helmbeplantingen het eolisch verplaatste zand op het hoogstrand en op de zeezijde van de zeereep te fixeren. Vermits er hierbij echter maar zeer weinig input van nieuw zand plaatsgrijpt en de kusterosie blijkbaar niet door winderosie gebeurt, kan men hiervan toch maar weinig heil verwachten. Elke winter opnieuw worden dergelijke matten opgesteld op het hoogstrand van verschillende badplaatsen (o.a. sinds jaren in De Haan). Systematisch is ook het kunstmatig hoogstrand in de suppletiezones met rijshout beplant geweest. De aftakeling van de zeereep wordt in de zomer ook sterk bespoedigd door duinbezoekers. In enkele zones, zoals tussen Wenduine en De Haan en ook in de omgeving van Bredene zijn de toegang tot de duinen en de doorgang naar het strand beperkt geworden door stevige draadafsluitingen. Voor de bescherming van de duinfauna en -flora is dit natuurlijk een weldaad geweest. Ook deze maatregelen kunnen maar weinig verhelpen aan de mariene kustafbraak; wel kunnen ze in zekere mate het eolisch zandtransport beïnvloeden. Maar dit is hoofdzakelijk een longitudinale heen- en weer

verplaatsing. Op enkele plaatsen kan wel iets gebeuren om uitblazen van doorgangen te milderen. Het is echter niet omdat windschermen het eolisch zandtransport afremmen in een zone zonder residuele kusterosie, dat zij iets veranderen aan het dynamisme van de strandprocessen. Men kan dit toelichten met wat er tussen augustus 1979 en mei 1980 gebeurd is op het strand te Vlissegem (KP 42), halfweg tussen De Haan en Wenduine. Tussen 24-7-79 en 20-8-79 bedroeg het normale totale strandbudget practisch 0 m³. Het strand bleef in dynamisch evenwicht. Tussen 20-8-79 en 2-4-80 bedroeg de residuele strandafslag ongeveer 4 m³. Een dergelijke kleine residuele afslag op het einde van de winter kan evenwel als onbestaande beschouwd worden. Het ware natuurlijk interessant te weten op welk gedeelte van het strand deze afslag plaatsgreep. Hiertoe moeten echter partiële strandbudgetten uitgerekend worden voor de verschillende morfodynamische strandzones en moeten deze eerst begrensd worden. In dezelfde periode bedroeg het partiële strandbudget voor het hoogstrand bijna + 1,4 m³. Dit hoogstrand, met een breedte van 9 m en gelegen boven de springtijhoogwaterlijn, wordt slechts uitzonderlijk overstroomd bij stormen die met springhoogwater samenvallen. In de beschouwde (31-8-79 tot 12-5-80) was het partieel budget nagenoeg uitsluitend aan eolisch transport toe te schrijven. Het budget is hier een gemiddelde waarde berekend voor profielen die om de 5 m genomen werden over een strandlegte van 30 m.

Dit alles onderlijnt ten volle de inspanningen en de omvang van de technische maatregelen waartoe de administratie in de laatste jaren overgegaan is om de gevolgen van de kusterosie in te dijken, om de fixatie van de kustlijn in de hand te werken, om de ongerustheid bij vele kustbewoners te bedaren en om de belangen, vooral de toeristische belangen van de kust te dienen.

Een belangrijke vraag blijft natuurlijk in hoeverre al deze maatregelen effectief zijn. Zonder hier een beeld te willen ophangen van de voor- en nadelen van alle toegepaste beschermingsmaatregelen en van hun betekenis voor de bescherming tegen de kusterosie, kan toch een enkel geval terloops besproken worden, n.l. dat van de zandsuppletie tussen Bredene en Vosseslag.

Onderstaande tabel geeft een beeld van de evolutie van het normale strandbudget in het opgespoten waarnemingsstation KP 37 en in het niet-opgespoten station KP 38, één kilometer oostwaarts daarvan gelegen (budgetten opgenomen tussen 39 m landwaarts en 198 m zeewaarts van de kustpaal.

| Data | Normaal strandbudget (m ³ /l.m. strandlegte) | |
|--------------------|---|----------------------|
| | KP 37 | KP 38 |
| Refer. : 26- 9-78 | einde eerste zandsuppletie | ----- |
| Op : 10-12-78 | -16,5 | - 9,7 |
| 20- 1-79 | -15,5 | - 6,5 |
| 7- 3-79 | -22,7 | -34,5 |
| 22- 3-79 | -21,7 | -47,0 |
| 12- 6-79 | -26,0 | -24,7 |
| 26- 9-79 | . | -00,6 |
| 12-12-79 | -37,1 | -17,9 |
| 19- 3-80-(21-2-80) | (-50,1) | -23,0 |
| 14- 5-80-(2-6-80) | (-20,0) | -29,6 |
| 29- 9-80 | -16,5 | eerste zandsuppletie |

Bij deze tabel hoeft geen verder commentaar ! Belangrijk is wel te weten hoe de afbraak van het opgespoten strand verloopt, en deze evolutie te vergelijken met die van een natuurlijk strand (p. 8). Verschillende gegevens staan hiervoor ter beschikking.

Het partieel budget van de terrassenzone (d.i. het strandgedeelte tussen de springhoogwaterlijn en de doodtijhoogwaterlijn) in KP 37 toonde tussen 26-9-78 en 22-3-79 over een breedte van 51 m een verlies van 33 m³ per meter strandlegte. Over dezelfde periode vertoonde het partieel

strandbudget voor het laagstrand over een breedte van 132 m., tussen de eerste strandrug en de doortijlaagwaterlijn, een winst van $36,5 \text{ m}^3$ per meter strandlengte. Al het zand dat verloren gegaan was op het hoogstrand was residueel transversaal op het laagstrand terecht gekomen. Onder tussen ging de afbraak van het strand op KP 38 onverminderd verder door. In dezelfde periode verloor de terrassenzone daar $18,3 \text{ m}^3$ per m strandlengte over een breedte van 63 m terwijl het laagstrand tussen de eerste strandrug en de doortijlaagwaterlijn over een breedte van 162 m een effectief zandverlies door residuele transversale output vertoonde van $26,6 \text{ m}^3$ per m strandlengte.

Onderstaande tabel geeft een beeld van de verschuiving van de springhoogwaterlijn en van de verlagings van het strandoppervlak nabij KP 37 sinds de opspuiting.

| KP 37 | Ligging van de springhoogwaterlijn t.o.v. de referentiepaal | Hoogte van het strandoppervlak t.o.v. het referentiepeil (in mm) |
|----------|---|--|
| Datum | | |
| 26- 9-78 | 15 m zeewaarts | - 555 |
| 20-12-78 | 10 m landwaarts | - 1075 |
| 12- 6-79 | 12 m landwaarts | - 1800 |
| 12-12-79 | 12 m landwaarts | - 1600 |
| 2- 6-80 | 25 m landwaarts | - 1150 |
| 11-12-80 | 21 m landwaarts | - 1535 |

Het feit dat de administratie reeds begin juni 1979 moest overgaan tot het opleggen van badverbod bij hoogtij in de opgespoten strandzone te Bredene-Vosseslag wegens diepe putvorming rond de bewapingsbuizen en dat vanaf juni 1980 de ondergespoten golfbrekers voor het grootste deel opnieuw vrijgemaakt waren, onderlijnt voldoende dat de zandsuppletie wel tijdelijk voor beveiliging van de zeereep en van de achterliggende immobiliën zorgt, maar geen oplossing biedt voor de kusterosie, nauwelijks de toeristisch-economische en de recreatieve belangen van onze kust dient en wel een blijvende milieudeterioratie van onze stranden — en België heeft er amper nog enkele tientallen kilometer — veroorzaakt. Gelukkig misschien dat men de reden toeschrijft aan "trous profonds à la suite de travaux sur une conduite de polyéthylène". (La Libre Belgique, 14-7-79) en dat de goede gemeente dat aanvaardt.

Ondertussen kan men zich toch de vraag stellen hoelang zal moeten en zal kunnen doorgegaan worden om regelmatig voor honderden (en straks misschien duizenden) miljoenen fr. zand uit zee op te pompen (wat het verschijnsel misschien alleen in de hand werkt), het op de stranden uit te spreiden en het opnieuw in zee te zien verdwijnen.

Op deze vraag kan alleen maar een poging tot antwoord betracht worden wanneer men enig inzicht heeft in de aard, in de oorzaken en in de te verwachten evolutie van deze vorm van kusterosie evenals in de mechanismen die de verstoring van het dynamisch evenwicht van onze stranden bewerkstelligen. Pas dan zouden misschien met aanvaardbare risico's maatregelen mogelijk zijn die tegelijk een meer milieuvriendelijk karakter hebben, de kustbelangen dienen en toch een grotere economische en financiële efficiëntie vertonen. Indertussen moet in de eerste plaats het gevaar van duindoorkraken bezworen worden.

Het is geenszins de bedoeling hier naar voor te brengen dat er geen wetenschappelijk onderzoek zou verricht zijn over de littorale morfodynamiek, over het sedimenttransport in de kust- en strandzones, over de mechanismen en oorzaken van kusterosie of van kustaanwas en over de efficiëntie van de verschillende technieken van kustbescherming, wel integendeel. Voor weinig onderwerpen uit de fundamentele en uit de toegepaste geomorfologie bestaat er zulke wereldwijde belangstelling, mede omdat vanuit alle hoeken van de wereld problemen over kusterosie oprijzen. Vermelden we hier slechts dat sinds jaren binnen de Internationale Geografische Unie een "Coastal Environment" commissie functioneert waarvan verschillende werkgroepen zich over talrijke

aspecten van het kustmilieu buigen. Daarnaast zijn er in de meeste landen universitaire laboratoria of speciale onderzoekingscentra waar vanuit geomorfologische, sedimentologische, hydrodynamische, geologische- of technische hoekpunten de strandverschijnselen en de kustbescherming benaderd worden. Herinneren we hier alleen aan de Beach Erosion Board (thans U.S. Army Coastal Engineering Center), aan het Agence Française pour la tutelle des bandes côtières, aan het Italiaanse CNR project voor kustdynamiek dat sinds 1930 werkt, aan de Nederlandse Rijkswaterstaat, aan de Nederlandse Vakgroep voor Kustwaterbouwkunde en aan de zovele andere organismen die zich in de Verenigde Staten, in Canada, in Australië maar ook in Indië en sommige Afrikaanse landen met kusterosieproblemen bezig houden. Heeft President Carter het jaar 1980 niet uitgeroepen tot "Year of the Coast" ? Is sinds 1971 niet van start gegaan het Nederlandse T.O.W. Kustonderzoek-samenwerkingsverband, dat voor 1979 alleen over meer dan 50.000.000 Fr. beschikte ?

Daarnaast staat echter dat men bij de natuurwetenschappelijke benadering van de kustproblematiek vooral aandacht geschonken heeft aan kwalitatieve inventarisatie van de kusterosie (met eventueel ver gespreide kwantitatieve opnamen waarvan de representativiteit evenwel niet nagegaan wordt) en aan de analyse van de fundamentele maar kortstondige sedimenttransportprocessen enerzijds en aan de geologische aspecten van de verplaatsing van de kwartaire kustlijnen anderzijds. Vormen van kusterosie zoals deze die onze kust nu treffen worden hierdoor niet alleen onvoldoende begrepen, maar men kent er zelfs de kenmerken niet van. Een heel domein van onderzoek naar middellange componenten in de kustevolutie en naar globale kustprocessen is nagenoeg ongeëxploreerd blijven braakliggen. Inzicht in de morfodynamische typologie van de stranden bestaat er niet.

In België zelf blijkt bovendien maar weinig belangstelling bestaan te hebben voor het specifieke morfodynamisch strand- en voorstrand onderzoek. Weliswaar neemt de Dienst der Kust strandprofielen op langs de kust (met een stationsafstand van 25 m op profiellijnen bij de kilometerpalen), werkt de Hydrografische Dienst der Kust min of meer vijfjaarlijks bodemprofielen uit in de voorstrandzone, worden ook luchtfotografische opnamen gevlogen, worden metingen over golfkenmerken uitgevoerd op de Belgische lichtschepen, voorziet het Zeebrugge-project rechtstreekse metingen over het sedimenttransport en werken er langs de Kust verschillende weerkundige stations. Deze operaties hebben echter veel meer technische bestaansredenen dan een wetenschappelijke verwerking gekend en staan ver van het eigenlijke strandonderzoek af. Wel moet hier herinnerd worden aan de inspanningen die geleverd worden binnen het project "Mathematisch Model Noordzee" o.a. wat betreft metingen over stromingen en sedimenten op het Belgisch Plat. Ook dient vermeld te worden dat verschillende individuele onderzoekers aan een of ander aspect van de morfodynamiek van onze kust aandacht geschonken hebben. In 1957 heeft J. VERSCHAVE nog een multieple hypothese over de oorzaken van de kusterosie tussen Zeebrugge en de Nederlandse grens naar voor gebracht.

Nog minder dan in gelijk welke andere tak van het geomorfologisch onderzoek kan men in de kustmorfodynamiek zonder meer bevindingen van het ene gebied naar het andere overbrengen en conclusies, die voor een bepaald milieu opgesteld zijn, zo maar zonder meer extrapoleren. Onze kust en ook onze voorkust, mede omwille van hun specifieke bodemconfiguratie, golfklimaat, windkenmerken en stroompatronen, vormen een unicum waarvan men het eigen factorencomplex moet leren kennen.

We moeten inderdaad niet alleen het residuele effect van de strandprocessen nagaan voor verschillende periodes, maar ook het groot aantal factoren en processen onderzoeken waaraan de hele kustdynamiek onderworpen is en waarvan juist de lokale kenmerken van het allergrootste belang zijn.

Ons land heeft, evengoed als de talrijke landen met strandkusten, behoefte aan een eigen onderzoekingsprogramma naar de specifieke strand- en voorstranddynamiek. Zo'n programma dient geconcerteerd uitgebouwd te worden maar de geomorfologische benadering van de problematiek hoort er centraal in gesteld te zijn.

LITERATUURLIJST

- BARNES R. S. K. (Ed.) (1972) : The Coastline. London, Wiley, 356 p.
- BASTIN A. (1974) : Regionale sedimentologie en morfologie van de Zuidelijke Noordzee en van het Schelde estuarium. Leuven, Katholieke Universiteit, 72 cart., 14 tabl.
- BRIQUET A. (1931) : Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique. Paris, Masson.
- CHARLIER R. & AUZEL M. (1961) : Géomorphologie Côtière : migration des sables sur la côte Belge. Z.f. Geomorphol., 5, 181-184.
- CHARLIER H. (1968) : North Sea beach erosion in Belgium. Proceedings 23th Int. Geol. Congr., Prague, n° 12, 167-171.
- CHRISTIANSEN Chr. and MØLLER J. T. (1980) : Beach erosion at Klim, Denmark. A ten-year record. Coastal Engin., 3, 283-296.
- DAVIS R. A. Jr. (Ed.) (1978) : Coastal Sedimentary Environments. New York, Springer - Verlag, 420 p.
- CODDE R. & DE KEYSER L. (1967) : Noordzee-Kust-Scheldemonding-Zeeschelde, in : Atlas van België, blz. 18a en 18b en commentaar. Brussel, Nationaal Comité voor Geografie, 64 p.
- DE BREUCK W. & DE MOOR G. (1967) : Een Paniseliaan-ontsluiting op het strand te Wenduine ? Natuurwetensch. Tijdschr., 49, 229-234.
- DE GRAAFF L. W. S. (1977) : Het strand : de relatie tussen processen, materialen en vormen, en een proeve van terminologie-gebruik. K.N.A.G. Geogr. Tijdschr., N.R. 11, 47-67.
- DELFT, Hydraulics Laboratory (1978) : Duinafslag ten gevolge van de stormvloed op 3 jan. 1976. Toetsing van de voorlopige richtlijn; Delft, Waterloopkundig Laboratorium, Delft, Verslag Onderzoek R 587, 27 p.
- DE MOOR G. (1979^a) : Recent beach erosion along the Belgian North Sea Coast. Bull. Soc. Belge Geolog., 88, 1-2.
- DE MOOR G. (1979^b) : Premiers effets du rehaussement artificiel d'une plage sableuse le long de la côte belge. in : "Les côtes atlantiques d'Europe, évolution, aménagement, protection (ed. A. GUILCHER). Brest, Public. CNEXO : actes de colloques n° 9, 97-114.
- DE MOOR G. (1979^c) : Stranddynamiek langsheen de Belgische Kust. Biol. Jb. Dodonaea, 47, 25-27.
- DE MOOR G. & DE BREUCK W. (1973) : Sedimentologie en stratigrafie van enkele pleistocene afzettingen in de Belgische kustvlakte. Natuurwetensch. Tijdschr., 55, 3-96.
- DELVAUX E. (1886) : Visite aux Gîtes d'Aeltre et exploration des travaux en cours à la colline de Saint Pierre à Gand. Soc. Roy. Malacol. Belgique, 21, Mém., 274-296.
- DEPUYDT F. (1966) : Analyse van de strand en duinsedimenten in de Belgische Westhoek. Acta Geogr. Lovaniensia, 1966, vol. 6, pp. 68-82.
- DEPUYDT F. (1972) : De Belgische strand- en duinformaties in het kader van de geomorfologie der zuidoostelijke Noordzeekust. Verh. Kon. Acad. voor Wetensch., Lett. en Sch. Kunsten v. België, Kl. Wet., 34, nr. 122, 228 p.
- DERBYSCHIRE E., GREGORY K. J. and HAILS J. R. (1979) : Geomorphological processes. Folkestone, Dawson Westview Press, 312 p.
- DE SCHREVEL O. et de le COURT Ph. (1978) : Houle littorale et sédiments marins près de la côte belge. Hydrographica, 7, 11-24.
- FIERRO G. (1978) : Erosion et pollution des plages en Méditerranée. L'exemple de l'Italie. in : L'Environnement dans les pays de la Communauté Européenne et de la A.C.P. Liège, Soc. Géograph. Liège, 75-83.
- FOX W. T. and DAVIS R. A. (1978) : Seasonal variation in beach erosion and sedimentation on the Oregon coast. Geol. Soc. Amer. Bull., 89, 1541-1549.
- GOM West Vlaanderen (1980) : Noodzaak van een versnelde aanpak van de zeevering. West Vlaanderen werkt, 7.

- GUBLER Y. (1966) : Essai de nomenclature et caractérisation des principales structures sédimentaires. Paris, Technip, 221 p.
- GUILCHER A. (1954) : Morphologie littorale et sous-marine. Paris, P.U.F., 216 p.
- GUILCHER A. (1965) : Précis d'hydrologie marine et continentale. Paris, Masson, 389 p.
- HAECON Zeebrugge (1978) : Verbeteringswerken Oostkust. Deel 2 : sedimenttransport door stroom, golf, wind. Zeebrugge, 1978.
- HAILS J. R. (1974) : A review of some current trends in nearshore research. *Earth Sci. Rev.*, 10 pp., 171-202.
- HAILS J. R. & CARR A. P. (ed.) (1975) : *Nearshore Sediment dynamics and sedimentation*, New York, Wiley, 316 p.
- HAILS J. R. (1977) : Applied geomorphology in coastal-zone planning and management, in : "Applied Geomorphology" (J. R. HAILS, Ed.). Amsterdam, Elsevier, pp. 317-398.
- HAYDEN B. P., DOLAN R., REA C. C. and FELDER W. N. (1979) : Erosion rates : How representative are they. *Shore and Beach*, 47, 25-30.
- HOBOLDT J. J. H. C. (1968) : Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea. *Geol. en Mijnb.*, 47, pp. 245-273.
- INGLE I. C. (1966) : The movement of beach sand. Amsterdam, Elsevier, 153 p.
- KING C. A. M. (1953) : The relationship between wave incidence, wind direction and beach changes at Marsden Bay, County Durham. *Trans. Inst. British Geogr.*, 79, 12-23.
- KING C.A.M. and BARNES F. A. (1964) : Changes in the configuration of the intertidal beach zone on part of the Lincolnshire coast since 1951. *Zeitschr. f. Geomorph.*, 8, 105-126.
- KING C. A. M. (1972) : *Beaches and coasts*. London, Arnold, 570 p.
- L'ABEE M. (1977) : Pebbles and cobbles on the Belgian North Sea Beach. *Bull. Soc. belge Géologie*, 86, p. 113-118.
- LEFEVRE M. A. (1931) : Morphologie éolienne entre Nieuport et la frontière française. *Bull. Soc. belge Et. Géogrph.*, 1,
- LOONTIENS C. (1940) : Duin- en strandverdediging langs de Vlaamse kust. Oostende, 1940.
- MACAR P. (1935) : Quelques analyses granulométriques de sables d'origine marine et éolienne de la côte belge. *Soc. Géol. belg.*, 58, 156-164.
- OELE E., SCHUTTENHELM R. T. E. and WIGGERS A. J. (1979) : *The Quaternary History of the North Sea*. Stockholm, Almqvist and Wiksell International, 248 p.
- RAHIR E. (1935) : "Contribution à l'étude géographique de la côte belge". *Bull. Soc. Roy Belge Géogr.*, 59, 4, p. 3.
- REINECK H. E. and SINGH. F. B. (1973) : *Depositional sedimentary environments*. Berlin, Springer Verlag, 439 p., 579 fig.
- SALTZMAN B. (ed) (1980) : *Estuarine physics and chemistry : studies in Long Island; Advances in geophysics*, vol. 22, N. Y., Academic Press, 424 p.
- SILVESTER R. (1974) : *Coastal Engineering – Vol 1 and 2*. Amsterdam, Elsevier; vol 1 (457 p.), vol 2 (338 p.).
- SNACKEN F. (1956) : Eolisch zandtransport langs het Belgisch strand. *Natuurwetensch. Tijdschr.*, 38, 89-99.
- STEERS J. A. (ed.) (1971) : *Applied coastal geomorphology*. London, Macmillan, 227 p.
- STEERS J. A. (ed.) (1971) : *Introduction to coastline development*. London, Macmillan, 229 p.
- SVAZEK J. N. and TERWINDT (1974) : Measurements of sand transport by wind on a natural beach. *Sedimentology*, 21, 311-322.
- TAVERNIER R. (1947) : L'évolution de la plaine maritime belge. *Bull. Soc. Belge Géol.*, 56, 332-343.
- TAVERNIER R., AMERYCKX J., SNACKEN F. & FARASIJN D. (1970) : Kust-Duinen, Polders, in : *Atlas van België, blz. 17 en commentaar*. Brussel, Nationaal Comité voor Geografie, 32 p.

- TERWINDT J. H. J. (1971) : Sand waves in the Southern Bight of the North Sea. *Marine Geol.*, 10, p. 51-67.
- VAN CAUWENBERGHE C. (1971) : Hydrografische analyse van de Vlaamse Banken langs de Belgische Kust. *Het ingenieursblad*, 40, nr. 19, 563-571.
- VAN CAUWENBERGHE C. (1972) : Overzicht van de tijwaarnemingen langs de Belgische Kust. Brussel, Ministerie van Openbare Werken.
- VAN CAUWENBERGHE C., FREMOUT A., GULLENTOPS F. en MALHERBE B. (1978) : Studie op suspensiemateriaal ter hoogte van Zeebrugge. Brussel, C.I.P.S., p. 24-32.
- VAN DE GRAFF J. (1977) : Dune erosion during a storm surge. *Coastal Engin.*, 7, 99-135
- VAN MIERLO C. (1899) : La carte lithologique de la partie méridionale de la Mer du Nord. *Bull. Soc. Belge Géologie*, 13.
- VANNEY J.-R. (1977) : Géomorphologie des plates-formes continentales. Paris, Doin, 300 p.
- VAN VEEN J. (1936) : Onderzoekingen in de Hoofden in verband met de gesteldheid der Nederlandse Kust. *Nieuwe Verh. Betaafsch. Genootsch. Proefond. Wijsbeg.*, Rotterdam, 252 p., 2^o reeks, dl. 11.
- VAN VEEN J. (1950) : Eb- en vloedscharensystemen in de Nederlandse getijwateren. *Tijdschr. Kon. Aardr. Genootsch.*, 2^o R, 77, 301-325.
- VELLINGA P. (1978) : Movable bed model tests on dune erosion. *Waterb. Labor. Delft*, 205, 6 p., 32 fig.
- VERSCHAVE J. E. L., (1957) : La défense et la maintien des plages belges entre Zeebrugge et la frontière néerlandaise. *Bull. techn., U.I.Lv*, 89, 19-27.
- VERSCHAVE J. E. L. (1977) : Stormtijden op de Noordzee en op de Westerschelde — Correlatie en prognose van de Waterstanden. *Tijdschr. Min. Openb. Werken*, 1977, 465-476.
- WARTEL S. (1972) : Sedimentologisch onderzoek van de opbouw van het Schelde-estuarium. Leuven, Kathol. Universiteit, 3 tomes.
- WERY J. (1908) : Sur le littoral belge. Bruxelles, Lamertin, 223 p.
- WOLLAST R. (1972) : Etude des sédiments récents de la mer du Nord. Bruxelles, Rapport de synthèse CIPS.
- ZENKOVICH V. P. (1967) : Processes of coastal development. Edinburgh, Oliver and Boyd, 479 p.
- Licentiaatsthesissen Laboratorium voor Fysische Aardrijkskunde (Rijksuniversiteit Gent)
- CHRISTIAENS L., (1976) : Luchtfotografische studie van de kust ten westen van De Panne en tussen Bredene en Wenduine.
- DICKX Chr. (1977) : Evolutie van het strand te Klemskerke in de periode 1971-1977.
- DE CEUNINCK R. (1978) : Het zandtransport in het domaniaal natuurreservaat "De Westhoek", 94 p.
- DUFOURMONT H. (1979) : De invloed van golfwerking en eolisch transport op de strandevoluitie te Oostduinkerke.
- AMPE C. (1980) : Residueel eolisch zandtransport op het hoogstrand langs de Belgische Kust.
- LAUWAERT B. (1980) : Sedimentaire oppervlaktestructuren op strandsedimenten.
- VAN DE VELDE E. (1980) : Sedimentuitwisseling tussen strand en voorstrand ten oosten van De Haan.
- VAN SIELEGHEM L. (1980) : De Duinkerksche transgressies te Bredene; faciësen, verspreiding en invloed op de fysische landschapsgenese, 86 p. + VII.
- VERLEYE G. (1980) : De invloed van golf- en getijdewerking op de morfologie en de evolutie van het strand te Wenduine in de periode 1979-1980.