

Morfologische analyse Abruzzo Kust

L.E.M. Barends

Samenvatting Afstudeerverslag
Delft, 2002



Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
1.1	Aanleiding en kader.....	2
1.2	Doelstelling en aanpak.....	2
1.3	Structuurbeschrijving.....	3
2	Noodzaak integrale aanpak.....	3
2.1	Kustprocessen.....	3
2.2	Kustproblemen	4
2.3	Integraal Kustbeheer.....	4
3	Gebruiksfuncties en conflicten	5
4	Kustdata	6
4.1	Parameters.....	6
4.2	Verschil tussen meten en monitoring.....	6
4.3	Morfologische indicatoren	6
5	Morfologische Analyse op basis van beschikbare data	7
5.1	Sedimentbalans.....	7
5.2	Literatuurstudie.....	8
5.3	Data-analyse	9
5.3.1	Golven.....	9
5.3.2	Getij.....	9
5.3.3	Wind.....	10
5.3.4	Bodemtopografie (Dwarsprofiel)	11
5.3.5	Sediment karakteristieken (transport parameters)	13
5.3.6	Kustlijnpositie	13
5.3.7	Rivieren	14
5.3.8	Constructies	15
5.3.9	Transportgrootte.....	15
5.4	UNIBEST-simulaties.....	15
5.4.1	Beschrijving van UNIBEST_CL+	15
5.4.2	Model invoer.....	15
5.4.3	Calibreren en valideren.....	17
5.4.4	Gevoeligheidsanalyse.....	18
6	Oplossingen.....	20
6.1	Ingrepen	21
6.2	Maatregelen	21
7	Conclusies en aanbevelingen	22
7.1	Conclusies.....	22
7.2	Aanbevelingen.....	22

De aanpak van de morfologische analyse is als volgt: eerst wordt de ontwikkeling van de ongestoorde kustlijn (voor de aanleg van de constructies) herleid. Door de ontwikkeling van de ongestoorde kustlijn te extrapoleren en deze te vergelijken met de huidige ligging van de kustlijn kunnen de oorzaken van het aanhouden van de erosie en de effecten van de aanwezige constructies worden bepaald.

Om een volledig beeld te krijgen van de problemen worden de gebruiksfuncties en de conflicten overgenomen uit reeds in het project (door de Universiteit van Twente) geschreven documenten.

1.3 Structuurbeschrijving

Het onderzoek begint met de beschrijving (in hoofdstuk 2) van de noodzaak van de integrale aanpak van de kustproblemen die voortkomen uit conflicten tussen de onderling afhankelijke processen in de kustzone. In hoofdstuk 3 wordt dit toegespitst op Abruzzo: door de kustlijnontwikkeling te vergelijken met gebruiksfuncties kunnen de conflicten worden geïdentificeerd. In hoofdstuk 4 wordt een algemene beschrijving gegeven van de data die benodigd zijn voor morfologische analyse. De beschikbare data worden in hoofdstuk 5 gebruikt in de morfologische analyse, om de oorzaken van het aanhouden van de erosie en effecten van de aanwezige ingrepen te bepalen. Hierna kunnen oplossingen voor de problemen gezocht worden (hoofdstuk 6). Tenslotte worden in hoofdstuk 7 de conclusies van dit onderzoek gegeven, en worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

2 Noodzaak integrale aanpak

2.1 Kustprocessen

In de kustzone worden drie systemen onderscheiden:

1. natuurlijke systeem
2. sociaal-economische systeem (gebruiksfuncties)
3. infrastructuur

Ad 1: de basiselementen in het natuurlijke systeem zijn de lucht, het water, de sedimenten en het leven in de zee en op het land. Interactie tussen de verschillende elementen geschiedt door middel van fysische (abiotische), biotische en chemische processen.

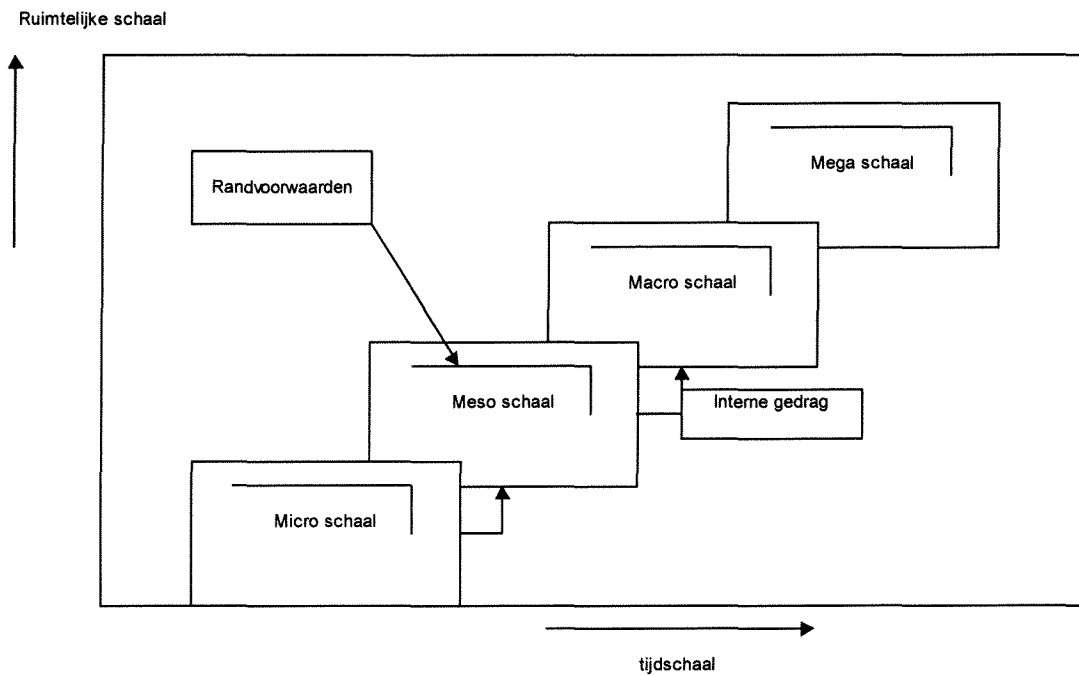
Ad 2: de volgende gebruiksfuncties worden onderscheiden:

- Basisfuncties: voedselproductie, watervoorziening en energievoorziening
- Sociale functies: huisvesting en recreatie
- Economische functies: transport, zandwinning en industriële ontwikkeling
- Openbare functies: openbaar vervoer, veiligheid en rioolwater-/afvalverwerking

Ad 3: Onder infrastructuur wordt de fysieke infrastructuur (wegen, bruggen e.d.) en de institutionele inrichting (politieke, wettelijke en financiële systeem) verstaan.

Deze processen vinden plaats op verschillende tijd- en ruimteschalen. Over het algemeen komen de grenzen van het sociaal-economische systeem niet overeen met de grenzen van het natuurlijke systeem.

In morfologie zijn de tijd- en ruimteschalen doorgaans gecorreleerd (zie Figuur 2). Meestal hebben de lange-termijn processen invloed op grote gebieden en korte-termijn processen op kleine gebieden. Een bovengelegen schaalniveau vormt de randvoorwaarden, een ondergelegen schaalniveau geeft het interne gedrag weer.



Figuur 2: Morfologische schaalniveaus (Lit. [9])

Een belangrijk element van de studie is dus het bepalen van de systeemgrenzen van het studiegebied.

2.2 Kustproblemen

De kustproblemen ontstaan omdat de onderling afhankelijke processen conflicteren. Op de korte termijn zijn er conflicten tussen de verschillende gebruiksmogelijkheden van de steeds schaarser wordende natuurlijke rijkdommen van de kust.

Op de lange termijn zijn er ontwikkelingen die over het algemeen optreden op grote (meestal wereld-) schaal en leiden tot veranderingen in de natuurlijke en sociaal-economische processen:

1. klimaatverandering
2. sociaal-economische ontwikkeling

Ad 1: onder klimaatverandering wordt verstaan: de temperatuurstijging en bijbehorende relatieve zeespiegelstijging (zeespiegelstijging en bodemdaling); de veranderende stormpatronen en bijbehorende veranderingen in het golfklimaat; en verandering in regen en verdamping.

Ad 2: onder sociaal-economische ontwikkeling wordt verstaan industrialisatie; commerciële ontwikkeling en geleidelijke bevolkingsgroei.

De verandering in de natuurlijke en sociaal-economische processen leidt tot de volgende problemen:

- Toename erosie en overstrooming
- Verlies van moeraslanden
- Vervuiling
- Te grote exploitatie van natuurlijke rijkdommen op het land en in het water
- Meer zoutindringing
- Meer calamiteiten

2.3 Integraal Kustbeheer

Voor de conflicten tussen de onderling afhankelijke processen is een integrale aanpak nodig. Integraal Kustbeheer heeft als doel de huidige en toekomstige problemen in de kustzone op te lossen, door een duurzaam evenwicht te zoeken tussen economische welvaart, publiek gebruik en milieuwelzijn

(duurzame ontwikkeling). Het zorgvuldig afstemmen van de verschillende mogelijkheden en behoeften is het integratie-aspect van Integraal Kustbeheer.

Deze afstemming kan worden bereikt door een uitgebreide analyse (*integrated assessment*) van de interacties tussen de onderling afhankelijke natuurlijke processen en sociaal-economische ontwikkelingen. *Integrated assessment* is een interdisciplinair proces waarin kennis van verschillende wetenschappelijke disciplines wordt gecombineerd, geïnterpreteerd en uitgewisseld. Voordat de interacties tussen de verschillende systemen in de kustzone bestudeerd kunnen worden, moet een beschrijving van de systemen zelf aanwezig zijn.

Daarnaast omvat Integraal Kustbeheer het plannen en het beheren van de kustsystemen en van de natuurlijke rijkdommen. Het doel van een integrale planning is het voorbereiden van een uitgebreid plan dat de middelen om duurzame ontwikkeling te bereiken nader bepaalt. Het plan bevat de probleemomschrijving, het formuleren van beheersdoelen, en een set met beslissingen en/of maatregelen. Kustbeheer is het toepassen van deze beslissingen en/of maatregelen uit het plan. Kustlijnbeheer is een deel van Kustbeheer, en is het op zodanige manier beheren van de kustlijn dat Kustbeheer kan worden toegepast.

3 Gebruiksfuncties en conflicten

In dit hoofdstuk wordt het voorgaande toegespitst op Abruzzo, door de functies en de kustlijnontwikkeling te vergelijken worden de conflicten duidelijk. De beschouwingen zijn afgeleid uit documenten van de Universiteit van Twente: "*Managing interactive decision-making in ICZM, a review*" (lit. [6]) en "*Integrated Assessment of Coastal Land Use Changes, Version 1.0*" (lit.[8]).

De regio Abruzzo ligt aan de oostkust van Italië, met een oppervlak van 10794 km² en een lengte van de kustlijn van ongeveer 126 km. De regio kan grofweg verdeeld worden in twee delen. Het eerste deel is de intensief ontwikkelde kustreep en het tweede deel is het grote en minder ontwikkelde berggebied. Er zijn een paar steden van economisch en cultureel belang, zowel aan de kust als in het binnenland. De economie van Abruzzo is vooral gebaseerd op de dienstensector, de industrie en de landbouw.

De bevolking van Abruzzo telt ongeveer 1,2 miljoen mensen (1996). Er is maar een kleine verandering te zien in de bevolkingsaantallen tussen 1951 en 1996. In de jaren '60 en '70 was er sprake van grote emigratie uit Abruzzo, waarna gedurende de jaren '80 en '90 de bevolking weer toenam. De bevolking van de kustgemeenten heeft een netto groei ondervonden tussen 1951 en 1996.

Sinds het eind van de tweede wereldoorlog heeft een grote toename plaatsgevonden van huisvesting, toerisme en industrie. Dit heeft geleid tot de volgende problemen:

1. een toename van regulerende activiteiten stroomopwaarts in de rivieren
2. een toename van infrastructuur

Ad 1: industrialisatie bovenstrooms heeft geleid tot regulerende activiteiten (aanleg van dammen en baggeractiviteiten). Hierdoor is het sedimenttransport in de rivier afgenomen, met als gevolg een sterke afname van sedimenten die het strand voeden, waardoor de kusterosie is toegenomen. Het directe gevolg daarvan is verlies van strand, het indirecte gevolg is verstoring van economische activiteiten. Afname van het aantal vierkante meters strand leidt tot afname van het toerisme.

Ad 2: toename van de infrastructuur leidt tot verandering van het landschap. Bovendien is er een tweezijdig effect op toegankelijkheid van het strand. Het is makkelijker voor mensen van buiten de regio om de kust te bereiken (toename van het kusttoerisme), maar infrastructuur parallel aan het strand leidt tot afname van de toegankelijkheid van het strand, wat leidt tot afname van het kusttoerisme. Ook leidt de toename van infrastructuur tot toename van de bevolking. Door toename van het toerisme en de bevolking worden de problemen met natuurbehoud en vervuiling groter. Dit leidt weer tot afname van toerisme en bevolking, en daardoor tot afname van infrastructuur enz.

Daarnaast heeft de toename van het toerisme de zandige kust veranderd van een ondergeschikt gebied met een laag inkomen in een gebied met een hoog inkomen, waarvan het verlies zou leiden tot grote economische schade. Hierdoor worden de twee belangrijkste problemen steeds belangrijker.

Het erosieprobleem wordt gezien als één van de belangrijkste bedreigingen van het behoud van toerisme.

4 Kustdata

4.1 Parameters

Bij veiligheid tegen overstroming en het gedrag van de kust zijn de volgende parameters belangrijk: getij (waterstanden en stromingen), golven, rivierafvoer, dwarsprofiel, kustlijnpositie, sedimenteigenschappen, constructies en wind.

Bij het kiezen van de parameters is het belangrijk om rekening te houden met eerdergenoemde tijd- en ruimteschalen (Figuur 2). Een algemene regel is om te beginnen met de betrokken processen van het totale systeem. Hierna moet men de relevante subsystemen selecteren, en de belangrijke processen binnen het subsysteem beschrijven. De volgende stap is de definitie van de parameters van de processen binnen het systeem.

4.2 Verschil tussen meten en monitoring

Monitoring in kustzones is wezenlijk anders dan meten in de kustzone, aangezien een enkele meting maar beperkte informatie verschaft. Monitoring van de kust daarentegen is het regelmatig en routinematig verzamelen, verwerken en opslaan van de karakteristieken van het kuststelsel. Met een goed monitoring-systeem kan inzicht worden verkregen in de optredende processen in de kustzone, en daardoor in veranderingen in de toestand van het systeem.

De mate van erosie is bijvoorbeeld rechtstreeks te berekenen uit waarnemingen van de positie van de waterlijn. Betere resultaten worden verkregen door de dwarsprofielen te meten. Met een statistisch (regressie) model kunnen de toekomstige zandverliezen worden voorspeld.

Redundantie aan data moet voorkomen worden: het is niet nodig om twee verschillende parameters te meten, als één voldoende is om het proces te monitoren. Het geniet de voorkeur parameters te selecteren, die goedkoop kunnen worden gemeten. Toch is soms enige redundantie aan meetgegevens nodig om de betrouwbaarheid van de metingen te controleren.

Vaak is het noodzakelijk om met een basis-monitoring te beginnen. Hierbij wordt een gedetailleerde beschrijving gemaakt van de situatie voor een verandering in het kustbeheer.

Er zijn verschillende classificaties van monitoring mogelijk. Allereerst is de locatie van de monitoring onderscheidend (op basis van de typologie van de kust, of op basis van de schalen). Het wordt aangeraden de locatie van de waarnemingen niet te veranderen.

Bovendien verschilt de monitoring per doel. Het doel van monitoring kan zijn het controleren of een bepaalde kritieke conditie niet wordt overschreden. Daarnaast kan statistische analyse en het bepalen van een eventuele trend het doel zijn. Vaak worden conclusies getrokken terwijl de normale variabiliteit van de waarneming geheel wordt verwaarloosd. Daarom moet men uitermate voorzichtig zijn met het trekken van conclusies uit een beperkte set waarnemingen. Tenslotte kan de monitoring worden uitgevoerd om data te verzamelen voor onderzoek.

Ook is het interval van de monitoring onderscheidend, dat wil zeggen of waarnemingen periodiek of na een storm worden uitgevoerd. Waarnemingen moeten altijd worden uitgevoerd op vergelijkbare tijdstippen, en naast seizoensinvloeden moet men rekening houden met de natuurlijke snelheid van veranderingen. Het is aan te raden de metingen zo lang mogelijk voort te zetten, om variaties op de lange termijn te vinden.

4.3 Morfologische indicatoren

Een indicator kan dus worden gedefinieerd als een parameter (of een waarde afgeleid van parameters), die wijst op, informatie verschaft over, of een beschrijving geeft van de toestand van een

verschijnsel, omgeving of gebied. Dit betekent dat effecten van de parameters worden bepaald in plaats van de grootte.

Indicatoren hebben twee belangrijke functies:

1. Het verminderen van het aantal metingen en parameters, die normaal nodig zijn voor een getrouwe weergave van een situatie.
2. Het vereenvoudigen van het communicatieproces waarmee de informatie van de meetresultaten overgedragen wordt aan de gebruiker.

De statische indicatoren beschrijven de huidige staat van de kustregio, terwijl de dynamische indicatoren de optredende tendensen en veranderingen in de kustregio beschrijven.

Mogelijke indicatoren voor de staat van de regio Abruzzo zijn terug te vinden in Tabel 1. Deze indicatoren zijn afgeleid uit het rapport "Scale Classification and Morphological Equilibrium" (Lit. [4]).

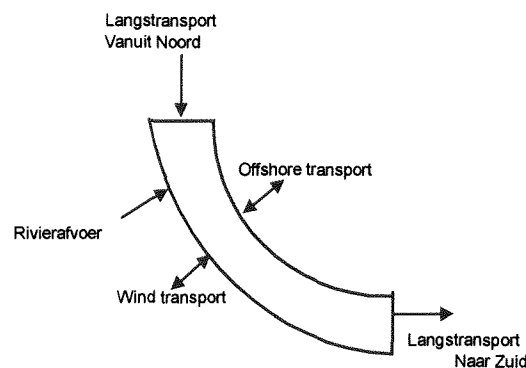
Morfodynamische indicatoren:
• Strandbreedte (droog strand) (m)
• Sediment balans: erosie/sedimentatie (m/jaar)
• Kustlijn
• Langstransporten

Tabel 1: Mogelijke indicatoren voor de staat van de regio Abruzzo

5 Morfologische Analyse op basis van beschikbare data

5.1 Sedimentbalans

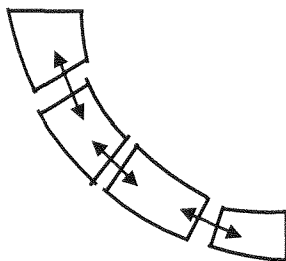
De ontwikkelingen in de kustlijnligging zijn gebaseerd op de sedimentbalans (zie Figuur 3):



Figuur 3: Sedimentbalans (Lit. [6])

Sedimentbalans: $In = Uit + Berging$

Vervolgens wordt bekeken of de kust kan worden verdeeld in dynamisch onafhankelijke subsystemen (zie Figuur 4).



Figuur 4: Sedimentbalans met subsystemen (Lit. [6])

Over het algemeen worden de transporten in de sedimentbalans bepaald door middel van transportmodellen en monitoring. Het gebruik van het transportmodel UNIBEST_CL+ leidt tot een kwantitatieve beschrijving van de langtransporten.

5.2 Literatuurstudie

Randvoorwaarden

Het jaarlijks gemiddelde getijverschil is 0,2 m, bij springtij is het 0,4 m. (Lit. [4]) De getijstromen zijn zwak, de getijsnelheden zijn meestal lager dan 0,05 m/s; soms worden hogere snelheden gevonden (tot circa 0,50 m/s). (Lit. [7]) Vanwege het milde wind- en golfklimaat en de afwezigheid van sterke getijstromen, zijn de transporten langs de kust relatief klein vergeleken met veel locaties op de wereld. (Lit. [4])

Classificeren schalen

Op zeer grote schaal vormt de Abruzzo kust een lange boog (van ongeveer 200 km lang), met in het noorden een richting van noord naar zuid ($355^{\circ}\text{N} - 175^{\circ}\text{N}$). In het zuiden, bij Vasto, is de richting van noordwest naar zuidoost ($317^{\circ}\text{N} - 137^{\circ}\text{N}$). (Lit. [4])

Op grote schaal bestaat de Abruzzo kust uit twee delen met eigen karakteristieken. Het eerste deel is het gebied ten noorden van Ortona, waar het zandstrand onderbroken wordt door pieren en havendammen. Het tweede deel, ten zuiden van Ortona, bestaat uit rotsen en kliffen. (Lit. [4])

Het deel ten noorden van Ortona kan verder worden opgedeeld in de volgende kustcellen (Lit. [4]):

1. kust tussen de Tronto rivier en de Vomano rivier
2. kust tussen Vomano rivier en de Saline rivier
3. tussen de Saline rivier en de Pescara rivier (gemeenten Montesilvano en Pescara)
4. Pescara haven
5. kust tussen Pescara rivier en Ortona (gemeenten Pescara en Francavilla)

Grote schaal

Ten noorden van Ortona zijn de transporten noordwaarts, en ten zuiden van Ortona zuidwaarts. (Lit. [3]) De vorm van de kust bij Pescara en de patronen van erosie en aanzanding suggereren een netto noordwaarts sedimenttransport. Het netto transport wordt geschat op $5.000 - 10.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$, de bruto transporten zijn ongeveer $50.000 - 100.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$. (Lit. [7]) Bovendien lijkt de kleine uitbouw van rivierdelta's erop te wijzen dat de sedimenten aangevoerd door de rivieren actief verspreid worden langs de kust. (Lit. [7])

De transporten zijn dus klein en er wordt aangenomen dat de kust op grote schaal in dynamisch evenwicht is. Lokaal treedt echter wel erosie op ten gevolge van *events*, door herverdeling van het zand (in dwarsrichting of binnen de kustcel). (lit. [4]).

Medium schaal

Voor de kust tussen Saline en Pescara (gemeenten Montesilvano en Pescara) blijkt uit historische data dat in een lange fase (1840 – 1910) de rivierafvoer toeneemt en de kustlijn zich in zeevaartse

richting uitbouwt. Hierna komt een periode van afname van deze uitbouw en evenwicht. Vanaf het eind van de jaren '60 verandert de trend in sterke achteruitgang van de kustlijn en het optreden van erosie. (Lit. [2])

Vermoedelijk om deze trend tegen te gaan, zijn tussen 1972 en 1975 kustverdedigingswerken aangelegd bij Montesilvano. (Lit. [1]) In 1977 veroorzaakten *events* erosie langs de hele kust tussen Saline en Pescara. Om deze erosie te bestrijden, zijn er constructies aangelegd ten noorden van de noordelijke havendam van Pescara. (Lit. [4])

Oorzaken erosie

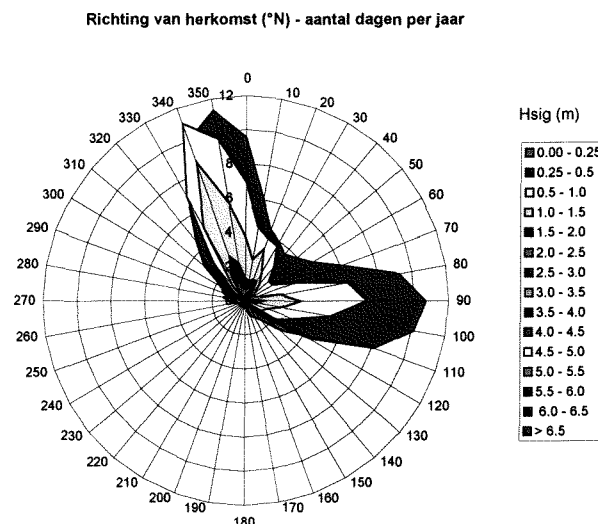
In de literatuur worden drie oorzaken genoemd voor de erosieproblemen:

- Een fundamenteel probleem voor de Abruzzo kust op de zeer lange termijn is de klimaatverandering (temperatuurstijging) en de bijbehorende zeespiegelstijging (Lit. [4]).
- Op de lange termijn is een belangrijke bepalende factor van de kustlijnontwikkeling de afname van de sedimentafvoer door rivieren vanwege (Lit. [4]) de aanleg van dammen in de rivierbekkens en vanwege de winning van bouwmaterialen uit de beddingen van sommige rivieren (Lit. [7]). Door de afname van de sedimentafvoer door rivieren is er minder sediment beschikbaar en wordt er minder sediment afgezet langs de kust (Lit. [4]).
- Een andere belangrijke bepalende factor van de kustlijnontwikkeling is de aanleg van constructies langs de hele kust (Lit. [4]).

5.3 Data-analyse

5.3.1 Golven

De golfhoogte, -periode en -richting en de waterdiepte op de meetlocatie zijn belangrijk. De golfhoogte en -richting worden afgeleid uit metingen van een boei die voor de kust van Ortona ligt. De lokale waterdiepte is ongeveer 100 meter. De metingen zijn uitgevoerd van juli 1989 tot december 1998, en door de Universiteit van l'Aquila omgezet in een jaarlijks gemiddeld golfklimaat en seizoensgemiddelde golfklimaten in tabelvorm. Het jaarlijks gemiddelde golfklimaat (zie Figuur 5) laat twee duidelijke componenten zien: vanuit het oosten en het noordnoordwesten. De golfhoogte tussen 0,25 en 0,5 m komt het meest voor.



Figuur 5: Jaarlijks gemiddelde golfklimaat

5.3.2 Getij

Verticaal getij

De waterstanden zijn in twee havens gemeten: in de haven van Pescara (van 1993 tot 1998) en in de haven van Ortona (van 1993 tot mei 1997). Uit de getijddata blijkt het gemiddelde getijverschil 0,2 m te zijn, en de getijperiode 24 uur.

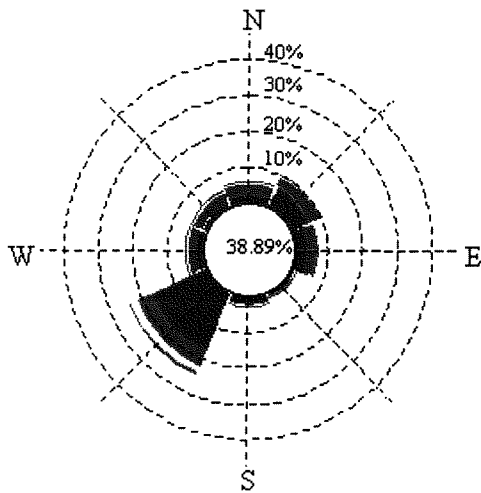
Horizontaal getij

Van de getijsnelheden zijn geen metingen beschikbaar.

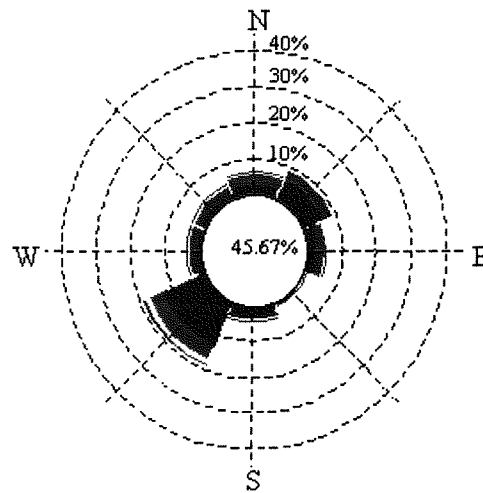
5.3.3 Wind

De windgegevens zijn verkregen bij de ITAV (Ispettorato Telecomunicazioni Assistenza al Volo) van de Italiaanse luchtmacht. De gegevens zijn gemeten in het weerstation van Pescara gedurende de periode 1951 – 1997.

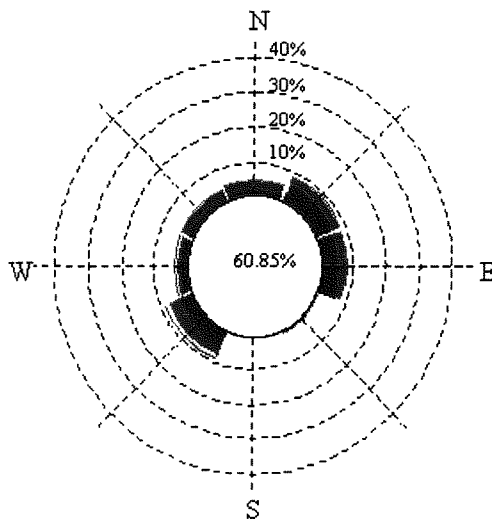
De gegevens zijn door de Universiteit van l'Aquila gemiddeld over 10 jaar. In Figuur 6 tot Figuur 10 zijn figuren van de windklimaten gemiddeld over 10 jaar weergegeven.



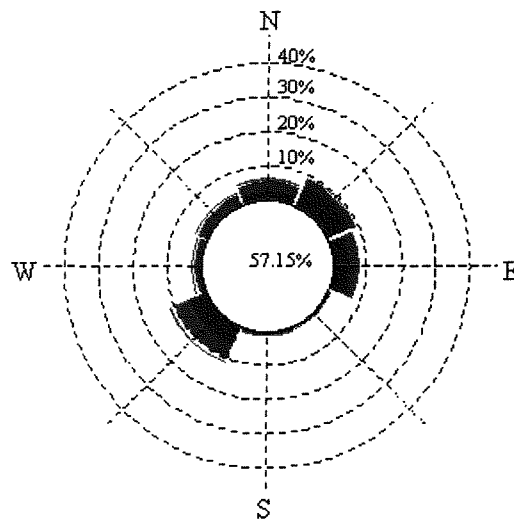
Figuur 6: Jaarlijks windklimaat 1951 – 1960



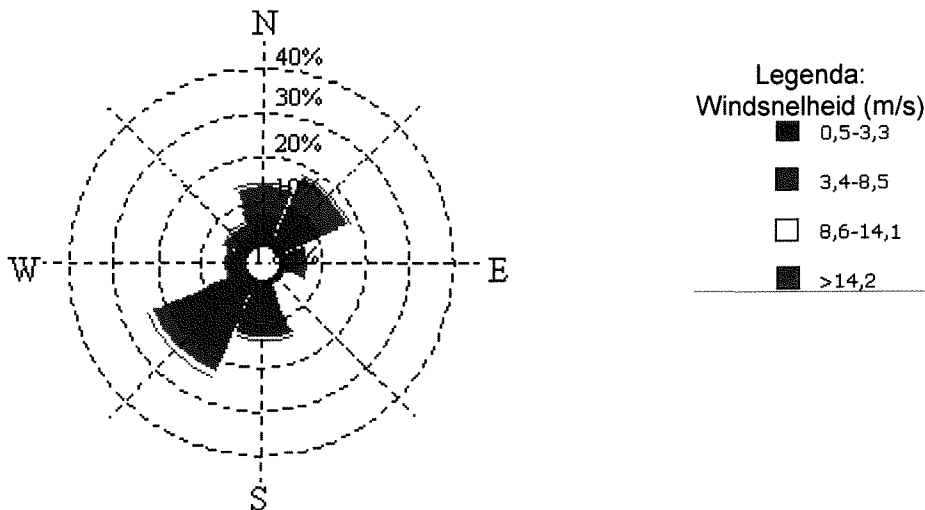
Figuur 7: Jaarlijks windklimaat 1961 – 1970



Figuur 8: Jaarlijks windklimaat 1971 – 1980



Figuur 9: Jaarlijks windklimaat 1981 – 1990



Figuur 10: Jaarlijks windklimaat 1991 –1997

Uit deze figuren kan worden afgeleid, dat het windklimaat is veranderd. Er zijn drie fasen met een verschillende overheersende windrichting te onderscheiden: 1951 – 1970; 1971 – 1990 and 1991 – 1997.

In de eerste fase (1951 – 1970) zijn er twee hoofdrichtingen, noordoosten en zuidwesten, de zuidwestenwind treedt relatief meer op. In circa 40% van de tijd is er nauwelijks wind.

In de tweede fase (1971 – 1990), treedt zuidwestenwind minder vaak op, zuidwestenwind en noordoostenwind treden zelfs bijna evenveel op, dus noordwestenwind wordt relatief belangrijker. Ook is er meer oostenwind, en zijn er meer kalme perioden (circa 60%).

In de derde fase (1991 – 1997) treedt zuidwestenwind relatief vaker op. Oostenwind treedt weer minder vaak op, en noordenwind en noordoostenwind treden vaker op. Er zijn minder kalme perioden (circa 12%), en hogere windsnelheden komen vaker voor.

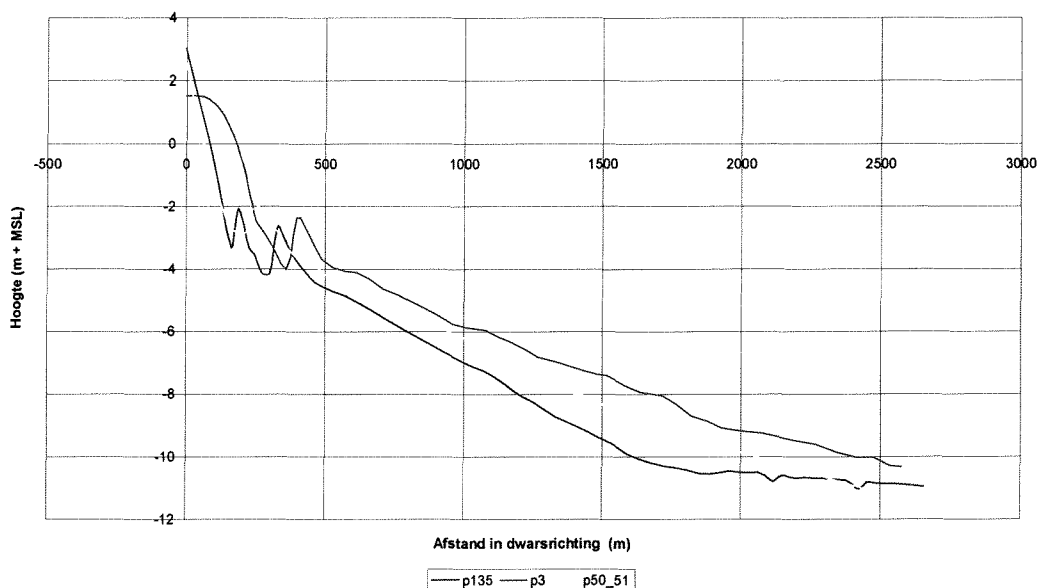
Er moet worden gelet op het feit, dat wind uit het zuidwesten landafwaarts is, en dus niet bijdraagt aan het golfklimaat van Abruzzo.

Omdat golven worden opgewekt door wind, zou het golfklimaat overeenkomsten moeten vertonen met het windklimaat. Op basis van de meetperiode worden Figuur 5 en Figuur 10 vergeleken, en er zijn weinig overeenkomsten.

5.3.4 Bodemtopografie (Dwarsprofiel)

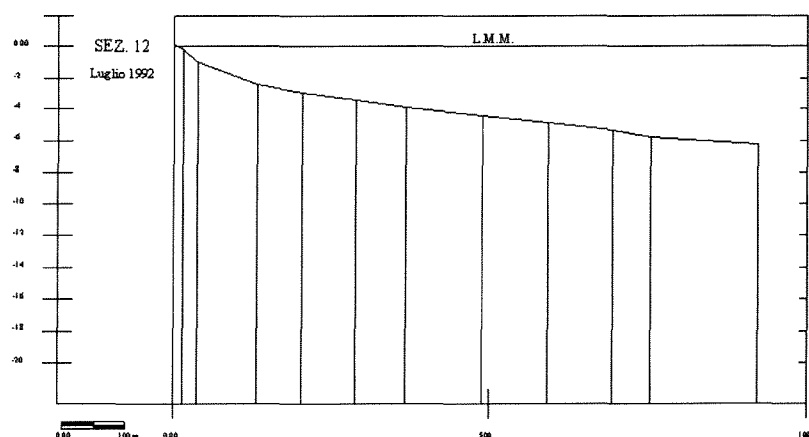
De profielmetingen zijn uitgevoerd in het kader van twee studies:

- AQUATER: deze profielmetingen zijn in 1981 en 1982 langs de hele Abruzzo kust uitgevoerd. Voor een voorbeeld van deze profielmetingen zie Figuur 11 (p3 is het meest noordelijk gemeten profiel, en is een flauw profiel; p50 en p51 zijn gemeten voor de kust van Pescara en p135 is het meest zuidelijk gemeten profiel en is een steil profiel)



Figuur 11: Dwarsprofielen AQUATER

- SIDER-SIPES (Abruzzo kust ten noorden van Ortona, gemeten in 1992 en 1993), deze profielen hebben minder meetpunten. Voor een voorbeeld, zie Figuur 12.



Figuur 12: SIDER-SIPES Profiel 12

De AQUATER profielen worden steiler zuidwaarts langs de kust. In gebieden waar constructies aanwezig zijn, zijn de profielen over het algemeen steiler in het *nearshore* gebied dan in gebieden waar geen constructies aanwezig zijn.

Uit vergelijking van de AQUATER profielen van 1981 en 1982 blijkt dat vooral in de eerste 500 meter van het dwarsprofiel erosie optreedt, wat leidt tot achteruitgang van de kustlijn. Op dieper water treedt aanzanding op, terwijl het hele profiel erodeert.

Uit vergelijking van de SIDER-SIPES profielen van 1992 en 1993 blijkt dat ten noorden van de Saline rivier erosie optreedt, en ten zuiden van de Saline rivier aanzanding.

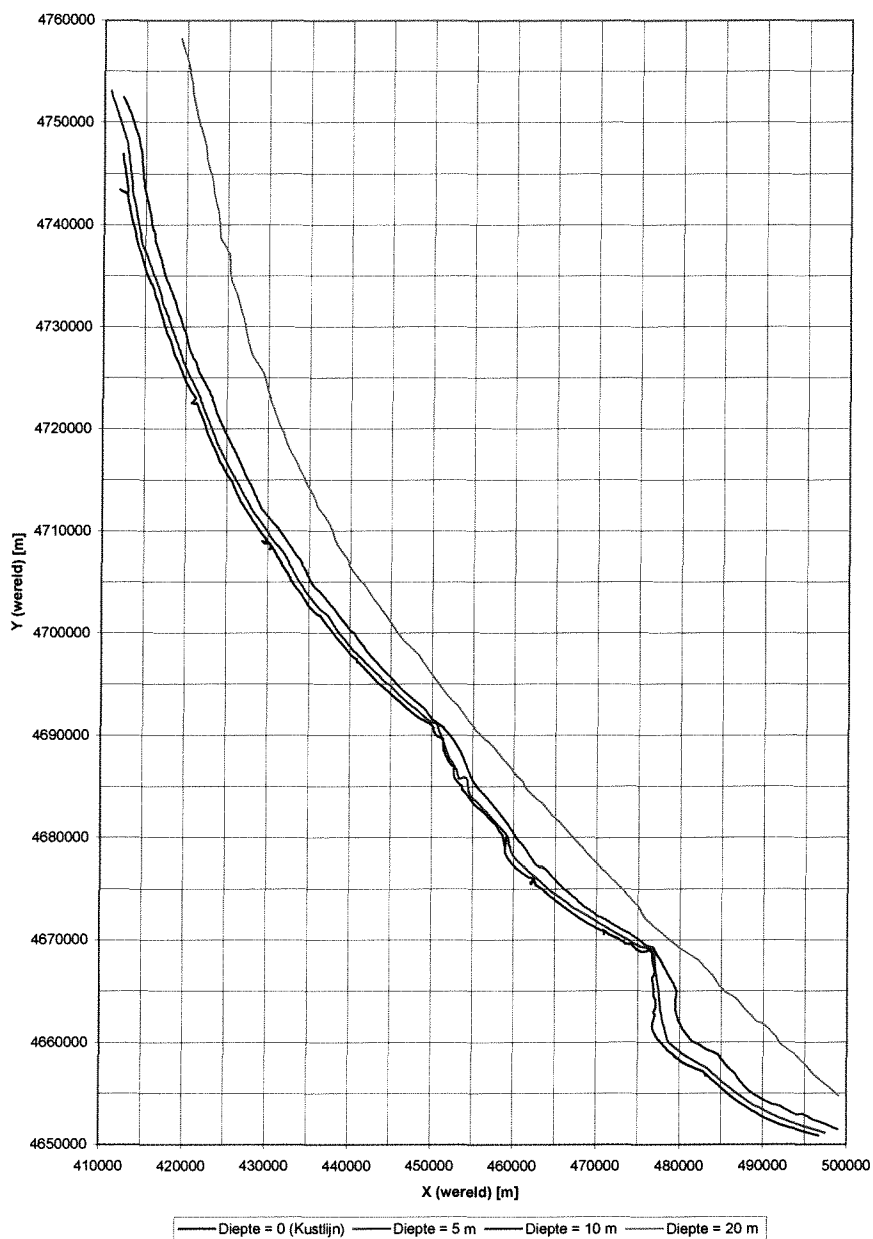
Wanneer de AQUATER profielen worden vergeleken met de SIDER-SIPES profielen, zijn de SIDER-SIPES profielen van het noordelijke deel van de kust steiler dan die van AQUATER. De SIDER-SIPES profielen van het zuidelijke deel van de kust zijn flauwer dan die van AQUATER. Kennelijk verandert de vorm van de profielen in deze periode van circa 10 jaar.

5.3.5 Sediment karakteristieken (transport parameters)

Uit de sedimentdata blijkt dat het materiaal in een smalle strook voor de kust voor meer dan 98% uit zand bestaat. Meer zeewaarts is er meer slib aanwezig, het materiaal bestaat daar voor 95 – 98% uit zand. Ook bij havens en rivieren is er meer slib aanwezig. De gemiddelde korreldiameter (D_{50}) van het zand is $150 \mu\text{m}$ ($D_{90} = 185 \mu\text{m}$).

5.3.6 Kustlijnpositie

Er is een tekening van de kustlijn met dieptecontouren uit 1955 (in wereldcoördinaten) beschikbaar (zie Figuur 13).



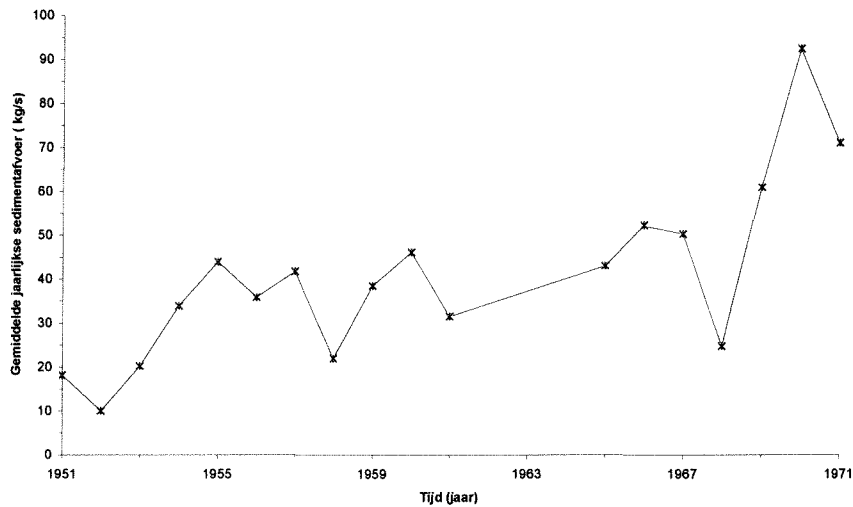
Figuur 13: Kustlijn 1955 met dieptecontouren

Uit de figuur blijkt dat er lokaal veel variatie is in de ligging van de kustlijn. Ook is te zien dat op de grote schaal de kustlijnoriëntatie ten noorden van Ortona $324^\circ\text{N} - 144^\circ\text{N}$ is, en tussen Ortona en

Punta di Vasto 309°N – 129°N. Voor het gedeelte van de kust tussen de Saline en Pescara rivieren is ook een figuur van de kustlijnontwikkeling sinds 1811 beschikbaar.

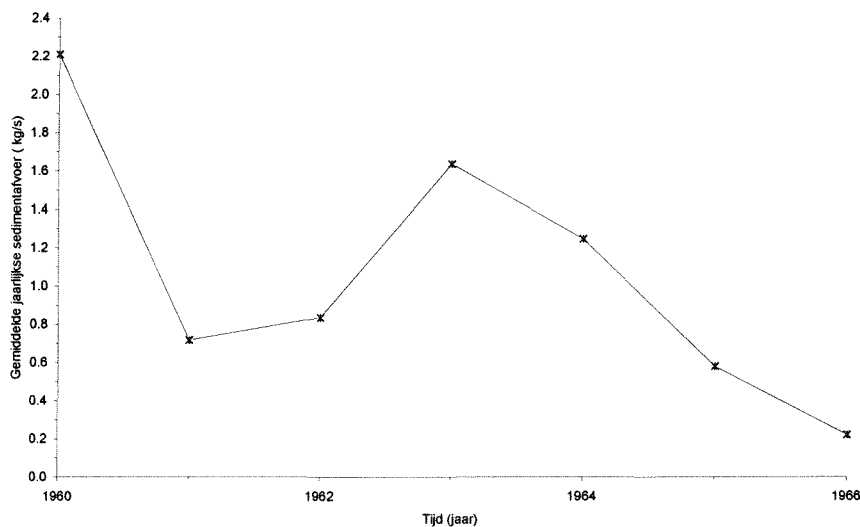
5.3.7 Rivieren

De jaarlijks gemiddelde sedimentafvoer van de Pescara rivier is bekend voor de periode tussen 1951 en 1971 (zie Figuur 14). Uit deze gegevens kan worden afgeleid, dat in de Pescara rivier de sedimentafvoer in de orde grootte van 40,91 kg/s is en toeneemt in die periode.



Figuur 14: Sedimentafvoer Pescara

De jaarlijks gemiddelde sedimentafvoer van de Tavo-Saline rivier is bekend voor de periode tussen 1960 en 1966 (zie Figuur 15). Uit deze gegevens kan worden afgeleid, dat in de Tavo-Saline rivier de sedimentafvoer in de orde grootte van 1,06 kg/s is en afneemt in die periode.



Figuur 15: Sedimentafvoer Tavo-Saline

Dit betekent dat door de Pescara rivier in een jaar tijd 1,3 miljoen ton wordt afgevoerd, en door de Tavo-Saline rivier 33424 ton. Dit lijkt veel, maar kan niet geverifieerd worden, aangezien er verder geen data voorhanden zijn.

5.3.8 Constructies

Langs de Abruzzo kust zijn de volgende constructies aanwezig:

- havendammen
- offshore breakwaters
- pieren
- drempels
- kademuren

Van de meeste constructies is de aanlegdatum bekend. De eerste constructies werden begin jaren '60 aangelegd voor de kust van Montesilvano (1960, ten zuiden van de Saline rivier) en Francavilla (1961, ten zuiden van de Alento rivier).

5.3.9 Transportgrootte

Van de transportgrootte zijn geen metingen beschikbaar.

5.4 UNIBEST-simulaties

5.4.1 Beschrijving van UNIBEST_CL+

Zoals in eerder is aangegeven, wordt de zandbalans ingevuld met behulp van UNIBEST (UNiform BEach Sediment Transport)_CL+. UNIBEST_CL+ is een 1-lijn model, wat inhoudt dat het dwarsprofiel constant wordt verondersteld, dus erosie en aanzanding uit zich in verschuiving van de kustlijn.

UNIBEST CL+ bestaat uit twee submodules:

- UNIBEST_LT: Longshore Transport: berekent golf- en getijgedreven stromingen en langstransporten.
- UNIBEST_CL: CoastLine Changes: berekent kustlijnveranderingen ten gevolge van gradiënten in langstransport langs een uniforme kust op basis van het 1-lijn model.

De uitvoer van de LT-module is invoer voor de CL-module. Met behulp van UNIBEST_LT wordt eerst de grootte van het langstransport bepaald en vervolgens met behulp van UNIBEST_CL de kustlijnontwikkeling.

Het herleiden van de kustlijnontwikkeling met behulp van UNIBEST_CL geschiedt in twee delen:

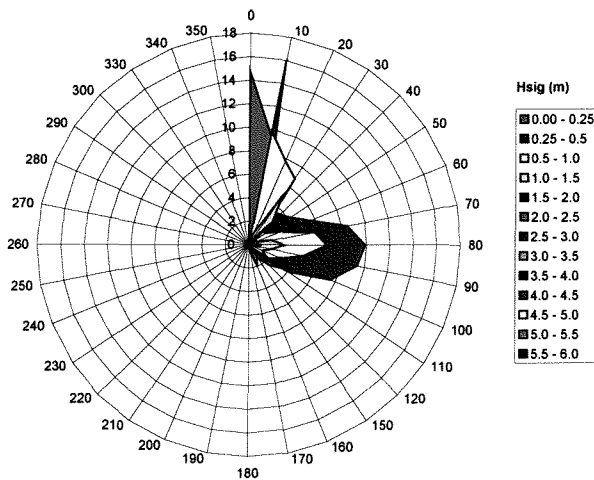
1. volledige kust: herleiden van de kustlijnontwikkeling van de hele regio zonder constructies
2. detail van de kust: herleiden van de kustlijnontwikkeling tussen de Pescara rivier en de Saline rivier, zonder constructies

5.4.2 Model invoer

De volgende invoer is gebruikt voor UNIBEST_LT:

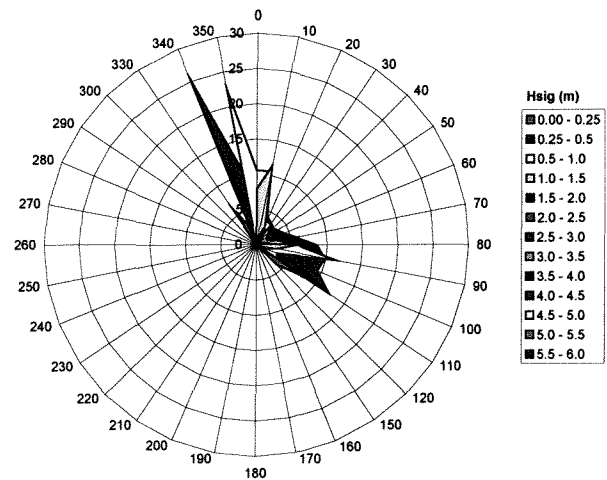
- Op basis van (Lit. [4]) worden twee kustnormalen beschouwd: 47°Noord en 85°Noord.
- Voor beide kustnormalen is aan de hand van de lineaire golftheorie handmatig het offshore golfklimaat getransformeerd naar de zeewaartse rand van het gemiddelde dwarsprofiel (zie Figuur 16 en Figuur 17). Bij de transformatie is aangenomen, dat de dieptelijnen tussen de plaats van meten (locale waterdiepte circa 100 m) en de zeewaartse rand van het gemiddelde dwarsprofiel (locale waterdiepte circa 11 m) recht en evenwijdig zijn. Uit de tabellen geleverd door de Universiteit van l'Aquila blijkt dat het golfklimaat bestaat uit 243 combinaties van golfhoogte (H_{sig}), piekperiode (T_p), golfrichting (φ) en duur.

Oriëntatie kustnormaal 85° - golfrichting (°N) - aantal dagen per jaar



Figuur 16: getransformeerd golfklimaat, kust met normaal 85°N

Oriëntatie kustnormaal 47° - golfrichting (°N) - aantal dagen per jaar



Figuur 17: getransformeerd golfklimaat, kust met normaal 47°N

- Voor het getijverschil wordt 0,2 m aangehouden; op basis van (Lit. [7]) voor de stroomsnelheid 0,05 m/s. Hierbij moet de kanttekening worden geplaatst, dat in een ver gevorderd stadium bleek dat het getij niet juist is ingevoerd: er is een constante stroomsnelheid (constant in de tijd een richting) opgelegd, in plaats van een getijcyclus. Aangezien het hier om een kleine snelheid gaat, is het effect verwaarloosbaar.
- Het gemiddelde dwarsprofiel (zie figuur Figuur 11) wordt gebruikt, en voor het referentie-waterniveau wordt MSL aangehouden.
- De standaard golfparameters van UNIBEST worden gebruikt (zie Tabel 2).

α_c :	Coëfficiënt voor het breken van golven	0,8	[-]
γ :	Coëfficiënt voor het breken van golven	1	[-]
f_w :	Coëfficiënt voor bodemwrijving	0,004	[-]
k_b :	Waarde voor de bodemruwheid	0,1	[m]

Tabel 2: Golfparameters

- Voor D_{50} wordt 150 μm aangehouden; voor D_{90} 185 μm . Hierbij moet de kanttekening worden geplaatst dat in een ver gevorderd stadium bleek dat achterwege is gelaten om de standaardinstelling (in UNIBEST) van de valsnelheid van het sediment te veranderen in de bijbehorende waarde.
- De transportformule van Bijker wordt gebruikt, en behalve voor D_{50} en D_{90} worden de standaard transportparameters van UNIBEST gebruikt (zie Tabel 3).

D_{50} , gemiddelde (50%) korreldiameter	150	[μm]
D_{50} , 90% korreldiameter	185	[μm]
Bodemruwheid	0,05	[m]
Valsnelheid sediment	0,02	[m/s]
Diep water criterium, H_{sig}/h	0,07	[-]
Coëfficiënt b diep water	2	[-]
Ondiep water criterium, H_{sig}/h	0,6	[-]
Coëfficiënt b ondiep water	5	[-]

Tabel 3: Transportparameters

De volgende invoer is gebruikt voor UNIBEST_CL:

- Kustlijnpositie: er zijn twee kustlijnen gebruikt:
 - Grote schaal: kustlijn van 1955 (gedeelte van de kust ten noorden van Ortona, aangezien de kust ten zuiden van Ortona uit rotsen bestaat)
 - Detail: kustlijn van 1954/1953 (gedeelte tussen Saline rivier en Pescara rivier)
- Rivierafvoer: voor de Tavo-Saline rivier is de jaarlijks gemiddelde sedimentafvoer bekend (1,06 kg/s) voor de periode 1960 – 1966. Voor de Pescara rivier is de jaarlijks gemiddelde sedimentafvoer bekend (40,91 kg/s) voor de periode 1951 – 1970. Door de waterafvoeren te vergelijken is uit de waarden van het sedimenttransport voor de Tavo en Pescara rivieren is voor de andere rivieren een constante waarde afgeleid. Voor de Tavo en Saline rivieren is voor de jaren waarin het sedimenttransport niet bekend is, het gemiddelde van de bekende waarden als constante waarde aangehouden.
- Constructies: in 1955 waren de havendammen bij Pescara, Giulianova en Punto di Vasto reeds aanwezig, deze zijn in het model gebruikt.
- Randvoorwaarden: aan de randen van het model is de hoek van de kustlijn t.o.v. noord constant gehouden.

5.4.3 Calibreren en valideren

Door het terugbrengen tot een 1-lijn schematisatie is de gevoeligheid voor fouten in de randvoorwaarden groot, en de calibratie niet eenvoudig. Ook is het herleiden van de kustlijnontwikkeling van voor de constructies is lastig, omdat de meeste gegevens werden gemeten na aanleg van de constructies.

In Tabel 4 staan de waarden van het bruto en netto transport (geïntegreerd over het dwarsprofiel) resulterend uit de UNIBEST_LT berekeningen.

Kustnormaal (°N)	Netto transport (m ³ /jaar)	Bruto Noordwaarts Transport (m ³ /jaar)	Bruto Zuidwaarts Transport (m ³ /jaar)
47	103163	-37363	140526
85	61088	-19296	80384

Tabel 4: Netto en bruto transport

Uit deze tabel blijkt, dat het transport bij een kust met een normaal van 47°N groter is dan bij een kust met een normaal 85°N. Ook is het noordwaarts transport klein ten opzichte van het zuidwaarts transport. Het netto transport is bij beide kustnormalen zuidwaarts. Uit de literatuurstudie bleek een netto noordwaarts transport van ongeveer 5.000 – 10.000 m³/jaar, en bruto transporten van ongeveer 50.000 – 100.000 m³/jaar. De met UNIBEST_LT berekende transportgrootte en transportrichting zijn dus niet volgens verwachting.

Om de richting van het langtransport te verifiëren, kan met behulp van de golfenergieflux een indruk worden verkregen van de richting van het netto golfgedreven langtransport. Op ondiep water is de golfenergieflux evenredig met $H^{2.5}$ ($U = Enc$, met $E = \rho g H^2$ en $c = \sqrt{H}$). Per golfcomponent wordt dus (een maat voor) de golfenergieflux berekend door de golfhoogte tot de macht 2.5 te berekenen en deze te vermenigvuldigen met de duur. Door vervolgens de totale golfenergiefluxen per richtingscomponent vectorieel op te tellen kan voor de getransformeerde golfklimaten de richting worden berekend waaruit de jaarlijkse golfenergieflux komt. Uit het vergelijken van de maatgevende golfrichting met de evenwichtshoek uit UNIBEST_LT (zie Tabel 5), blijkt dat de resultaten redelijk goed overeenkomen.

Kustnormaal (°N)	Richting golfenergieflux (°N)	Evenwichtshoek UNIBEST_LT (°N)
47	31,20	35,91
85	66,71	73,88

Tabel 5: vergelijken maatgevende golfrichting en evenwichtshoek

Aangezien de richting van de golfenergieflux altijd ten noorden van de kust normaal is, lijkt het zuidwaartse transport dat uit de UNIBEST-berekeningen komt juist te zijn. Dit doet vermoeden dat de transportrichting in de loop der tijd veranderd is. Uit de literatuurstudie bleek dat deze verandering van de trend wellicht wordt veroorzaakt door een verandering in het klimaat aan het eind van de jaren '60.

Er bestaat dus veel twijfel over of het bekende golfklimaat (van 1989 – 1998) gebruikt kan worden in combinatie met de kustlijn van vóór de constructies (1955). Een golfklimaat van vóór de aanleg van de constructies is niet beschikbaar.

Uit de data-analyse bleek wel, dat het windklimaat is veranderd. Er zijn drie fasen met een verschillende overheersende windrichting te onderscheiden: 1951 – 1970; 1971 – 1990 and 1991 – 1997. Bovendien zijn de windsnelheden in de laatste fase groter. Omdat een verandering in het windklimaat in het algemeen leidt tot een verandering in het golfklimaat, kunnen in het golfklimaat globaal dezelfde drie fasen worden aangenomen. Het bekende golfklimaat (1989 – 1998, zie Figuur 5) kan worden vergeleken met de derde fase in het windklimaat (1991 – 1997, zie Figuur 10), maar zoals gezegd vertonen het golfklimaat en het windklimaat geen overeenkomsten.

Om toch gevoel te krijgen voor de verandering van de transporten bij een verandering van de golfrichting is het golfklimaat geschematiseerd tot 1 component, met hetzelfde resulterende transport als het totale golfklimaat. Van deze golf wordt de invalshoek veranderd (zoveel mogelijk analoog aan de veranderingen in het windklimaat), om zo de invloed op de richting van het langtransport te analyseren. In werkelijkheid verandert bij een wijziging van de invalshoek ook de strijklengte (vanwege de geometrie van de zee), en daardoor de significante golfhoogte (H_s) en de piekperiode (T_p).

Uit initiële berekeningen met UNIBEST_LT blijkt dat draaiing van het golfklimaat inderdaad leidt tot verandering van de transportrichting. Dit leidt tot de hypothese dat het golfklimaat is veranderd, waardoor het transport is veranderd (richting en grootte). Hierdoor is het effect van constructies op het transport waarschijnlijk veranderd, waardoor erosie van eerder aanzandende delen van de kust kan optreden. Hierdoor kan het bijvoorbeeld zo zijn dat de oriëntatie van offshore golfbrekers nu evenwijdig op de maatgevende golfrichting is, waardoor de invloed op het transport klein is.

Met behulp van UNIBEST_CL en de gedraaide hypothetische golfklimaten is bekeken of de constructies zijn aangelegd bij eroderende delen van de kust. Aangezien er veel onzekerheid bestaat over de invoer, zijn deze runs slechts indicatief, verdere analyse van het golfklimaat is nodig. Toch is er logica te zien in de aanleg van de verschillende kustverdedigingsmaatregelen.

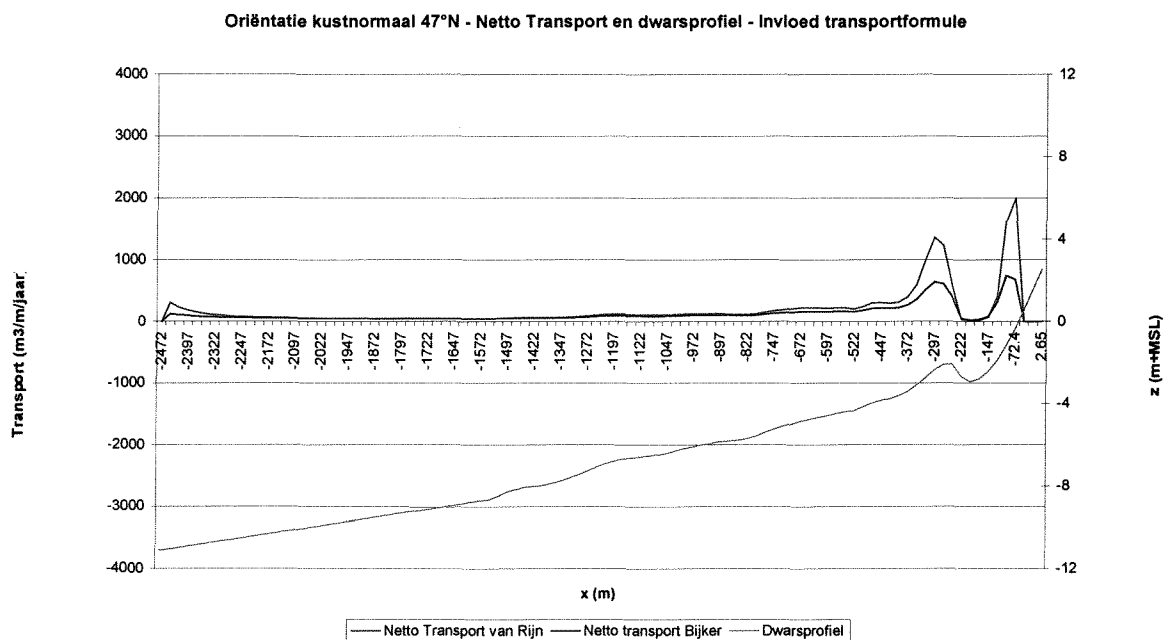
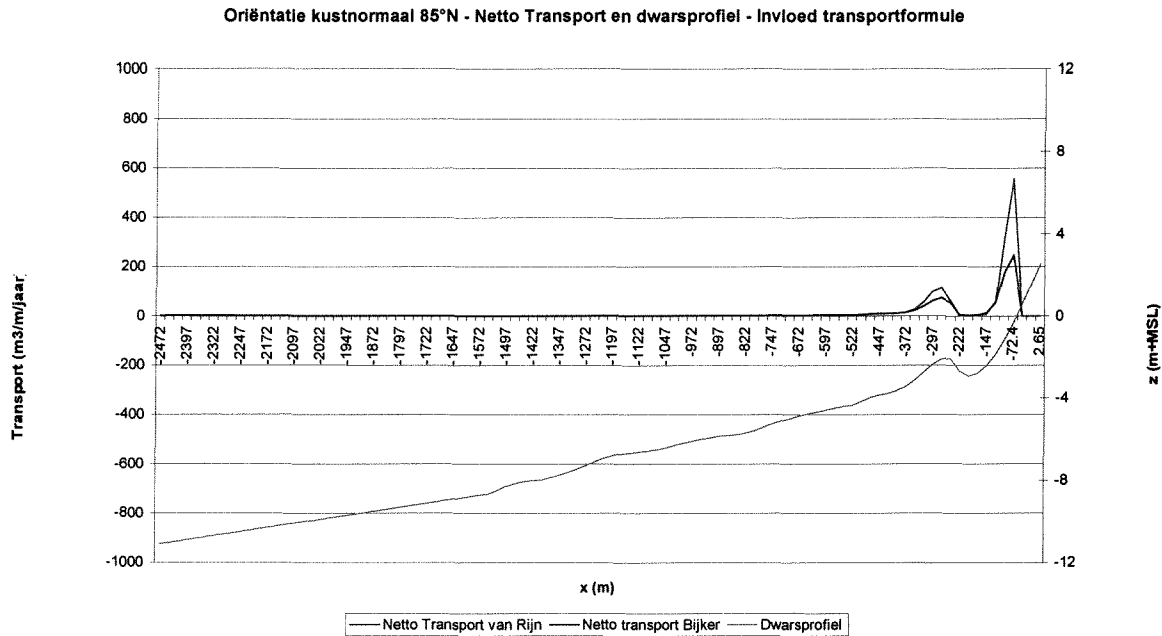
5.4.4 Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor de berekeningen met UNIBEST_LT. De getijsnelheid gelijk aan nul stellen nauwelijks effect op de netto en bruto transporten. Dit is logisch, aangezien de getijsnelheid al verwaarloosbaar klein was (0,05 m/s). Wanneer de maximum getijsnelheid wordt gebruikt (0,5 m/s), wordt het noordwaartse transport veel kleiner, en het zuidwaarts en netto transport veel groter. Dit komt vermoedelijk doordat het getij niet juist is ingevoerd: er is zoals gezegd een constante stroomsnelheid (constant in de tijd een richting) opgelegd, in plaats van een getijcyclus. Het effect is nu niet meer verwaarloosbaar. Wanneer het maximum getijverschil (0,4 m) wordt gebruikt, is er weinig invloed op de transportgrootte.

Wanneer een flauw dwarsprofiel (p_3 , zie Figuur 11) wordt gebruikt, is er ook weinig invloed. Wanneer een steil profiel (p_{135} , zie Figuur 11) wordt gebruikt, nemen de transporten toe (met 20%). Dit is logisch omdat bij flauwere profielen golven meer offshore breken, waardoor het transport kleiner is. Bij steilere profielen breken dezelfde golven dichterbij de kust.

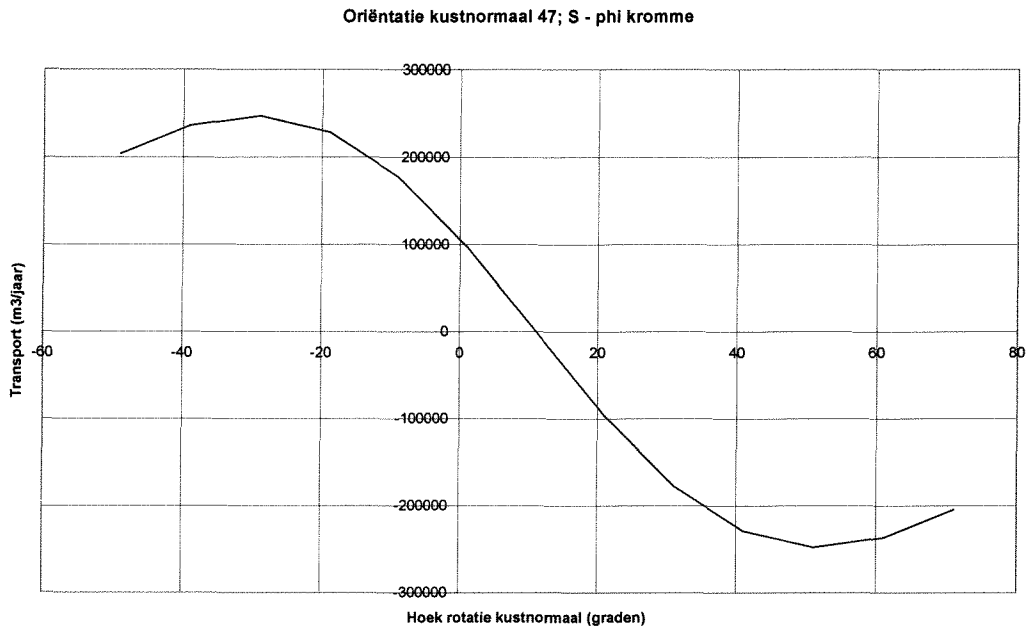
Het veranderen van de sedimentkarakteristieken ($D_{50} = 200 \mu\text{m}$; $D_{90} = 300 \mu\text{m}$, standaard UNIBEST waarden voor de formule van Bijker), leidt tot toename van de transporten (met 30%). Dit is onlogisch qua fysica, maar wel te verklaren omdat zoals de valsnelheid van het sediment niet is aangepast.

Als een andere transportformule wordt gebruikt (van Rijn in plaats van Bijker) verandert de grootte van het sedimenttransport aanzienlijk (zie Figuur 18 en Figuur 19).

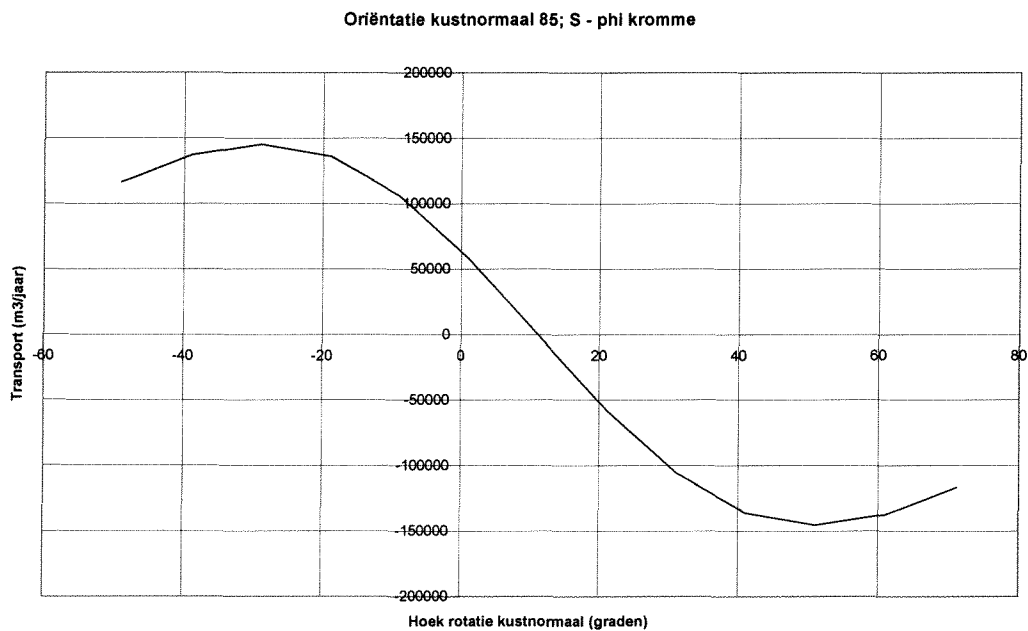


In Figuur 19 is bij de zeewaartse rand een “staart” te zien in het transport. De oorzaak van deze lokale stijging van de transportgrootte is niet duidelijk, en wegens tijdgebrek niet nader beschouwd.

De $S-\phi$ relatie geeft de weer hoe de grootte van het transport afhangt van de richting van de kustnormaal weer (zie Figuur 20 en Figuur 21).



Figuur 20: S- ϕ kromme, oriëntatie kustnormaal 47°N



Figuur 21: S- ϕ kromme, oriëntatie kustnormaal 85°N

Uit deze figuren kan worden afgeleid, dat bij een kleine verandering van de kustlijnoriëntatie de transportgrootte aanzienlijk verandert. Aangezien er zoals gezegd lokaal veel variatie in de kustlijn is, kunnen lokaal onrealistische transporten en kustlijnveranderingen optreden in de UNIBEST_CL berekeningen.

6 Oplossingen

Omdat het bepalen van de oorzaken van de erosie en de gevolgen van de aanwezige constructies niet gelukt is, worden hier slechts generieke oplossingen (ingrepen en maatregelen) genoemd.

6.1 Ingrepen

De ingrepen zijn afgeleid uit een document geproduceerd door de TU Delft: " *Coastal and Profile Development*" (Lit. [5]).

De analyse van de lange-termijn ontwikkeling van ingrepen kan worden verdeeld in:

- [1] Lange-termijn ontwikkeling van het huidige kustverdedigingssysteem
- [2] Lange-termijn ontwikkeling van ingrepen in het huidige kustverdedigingssysteem
- [3] Lange-termijn ontwikkeling van een nieuw kustverdedigingssysteem (verwijderen van de huidige constructies).

Lange-termijn ontwikkeling van het huidige kustverdedigingssysteem

Gebieden zoals de rivierdelta's en de gebieden benedenstrooms van constructies (havens) zijn niet in evenwicht, omdat daar de langstransporten onderbroken worden. Op de lange termijn zal de structurele erosie aanhouden. Ook wordt erosie verwacht van grote delen van de kust door zeewaarts zandverlies in gebieden die verdedigd worden door offshore breakwaters, door afname van voeding door rivieren en door een herverdeling van het zand in langsrichting.

Lange-termijn ontwikkeling van ingrepen in het huidige kustverdedigingssysteem

Ingrepen in het huidige kustverdedigingssysteem moeten als doel hebben het zandverlies te verminderen en zand te toevoegen aan het systeem. Zandtoevoer gebeurt door zandsuppletie en herstel van rivierafvoer. Ingrepen om het zandverlies te verminderen kunnen zijn óf het tegengaan van zandverlies door de gaten tussen de golfbrekers óf obstructie van het langstransport in gebieden achter de golfbrekers. Ingrepen om het zeewaarts zandverlies te minimaliseren zijn *pocket beaches* (door suppleties) en drempels tussen de golfbrekers. Ingrepen om het langstransport achter de golfbrekers tegen te gaan zijn suppleties (vorming van tombolos), groynes en *perched beaches*. Omdat de ingrepen het zandverlies moeten verminderen zijn aanvullende suppleties in de probleemgebieden nodig.

Lange-termijn ontwikkeling van een nieuw kustverdedigingssysteem (verwijderen van de huidige constructies).

Wanneer alle constructies verwijderd worden om een stabiele situatie op de lange termijn te creëren moet wél een evenwichtssituatie bereikt worden. Toename van beschikbaar sediment is nodig om zeewaarts zandverlies tegen te gaan. De beschikbaarheid van sediment kan worden vergroot door de sedimentafvoer van rivieren te vergroten. Wanneer er geen constructies aanwezig zijn kan ervoor gezorgd worden dat het sediment uit de rivieren actief verspreid wordt langs de kust. Een andere mogelijkheid is de herverdeling van aanwezig zand, door sommige gebieden te laten eroderen komt er meer sediment beschikbaar voor naastgelegen gebieden. Ook kan sediment worden toegevoegd door middel van suppleties.

6.2 Maatregelen

De maatregelen zijn afgeleid uit een document geproduceerd door de Universiteit van Twente: "*Managing interactive decision-making in ICZM, a review*" (Lit. [6])

Toerisme kan worden beïnvloed door de toegankelijkheid van het strand te veranderen. Door de aanleg van spoorovergangen of door het verleggen van de spoorlijn wordt het strand toegankelijker (en veiliger). Het verbeteren van de infrastructuur is een stimulans voor het toerisme. Belastingmaatregelen kunnen worden gebruikt om het toerisme en de bevolkingstoename te beïnvloeden.

De problemen met natuurbehoud kunnen worden opgelost door afvalwaterzuivering. Om de vervuiling van de zee tegen te gaan, wordt het water van industrie en huishoudens behandeld voordat het in de zee wordt geloosd.

Politieke instrumenten die beschikbaar zijn:

- Regelgeving aan landgebruik
- Herdefiniëren van eigendomsrechten
- Een waarde toekennen aan de natuurlijke rijkdommen en belasting heffen
- Lozingsheffing (waterheffingen)
- Visquota

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Uit het literatuuronderzoek blijkt, dat de meteorologische veranderingen een belangrijke oorzaak is van de veranderingen van de morfologische processen langs de Abruzzo kust. Ook zijn de aanleg van constructies en de afname van het sedimentaanvoer door rivieren van belang

Uit de UNIBEST_LT-simulatie met de beschikbare data blijkt dat de transportrichting niet volgens verwachting is. Vermoedelijk is de transportrichting in de loop der tijd veranderd. Uit de literatuurstudie bleek dat deze verandering van de trend wellicht wordt veroorzaakt door een verandering in het klimaat aan het eind van de jaren '60.

Er bestaat dus veel twijfel over of het bekende golfklimaat (van 1989 – 1998) gebruikt kan worden in combinatie met de kustlijn van vóór de constructies (1955). Een golfklimaat van vóór de aanleg van de constructies is niet beschikbaar.

Uit de data-analyse bleek wel, dat het windklimaat is veranderd. In het windklimaat (gemiddeld over 10 jaar) zijn globaal drie fasen te onderscheiden, waarin de overheersende windrichting duidelijk verandert: 1951 – 1971; 1971 – 1991 en 1991 – 1997.

Omdat een verandering in het windklimaat over het algemeen leidt tot een verandering in het golfklimaat, kunnen in het golfklimaat globaal dezelfde drie fasen worden aangenomen. Het bekende golfklimaat (1989 – 1998) kan worden vergeleken met de derde fase in het windklimaat (1991 – 1997), maar zoals gezegd vertonen het golfklimaat en het windklimaat geen overeenkomsten.

Uit initiële berekeningen met UNIBEST_LT blijkt dat draaiing van het golfklimaat inderdaad leidt tot verandering van de transportrichting. Dit leidt tot de hypothese dat het golfklimaat is veranderd, waardoor het transport is veranderd (richting en grootte). Hierdoor is de invloed van constructies op het transport waarschijnlijk veranderd, waardoor erosie van eerder aanzandende delen van de kust kan optreden.

Omdat de beschikbare data zijn niet voldoende zijn om de kustlijnontwikkeling zonder constructies te herleiden, kan ook de voorspelling van de kustlijnontwikkeling met constructies niet uitgevoerd worden, waardoor de invloed van de constructies op de kustlijnontwikkeling niet bepaald kan worden.

7.2 Aanbevelingen

Om de kustlijnontwikkeling te kunnen herleiden zijn er meer gegevens nodig, vooral de golfdata van voor de aanleg van de constructies. Wanneer deze golfdata niet voorhanden zijn kunnen golfgegevens worden afgeleid uit gegevens over het windklimaat. Het windklimaat kan met behulp van een golfmodel omgezet worden in een golfklimaat.

Voor de Abruzzo kust is het aan te bevelen om zowel structureel als vlak voor en na een storm metingen uit te voeren.

Literatuurlijst

- [1] Bertini, T., A. Farroni, E. Lauciani, M. Leopardi, G. Remedina, and L. Pulini, *Considerazioni sull'evoluzione storica della linea di costa adriatica nel tratto compreso tra la foce del fiume Tavo-Saline e la foce del fiume Pescara. Parte A: Evoluzione della costa e caratteri geologici del territorio*: Cosenza: Editoriale BIOS, 1990
- [2] Bertini, T., A. Farroni, E. Lauciani, M. Leopardi, G. Remedina, and L. Pulini, *Considerazioni sull'evoluzione storica della linea di costa adriatica nel tratto compreso tra la foce del fiume Tavo-Saline e la foce del fiume Pescara. Parte B: Cause dell'evoluzione*, Cosenza: Editoriale BIOS, 1990
- [3] Curzi, P.V. and L. Tomadin *Apporti Fluviale e loro disposizioni sulla piattaforma continentale Abruzzese*, Bologna, Istituto per la Geologia Marina – C.N.R.
- [4] Elias, E.P.L., and M.J.F. Stive, *R.I.C.A.M.A.-project: Scale Classification and Morphological Equilibrium*, Delft: TU Delft, December 1999
- [5] Elias, E.P.L., *R.I.C.A.M.A.-project: Coastal and Profile Development*, Delft: TU Delft, 1999
- [6] Krooshof, C., and A. van der Veen *Managing interactive decision-making in ICZM, a review*, Enschede: Universiteit Twente, January 2000
- [7] *Marina di Pescara, Study of coastline development*, Delft: WL|Delft Hydraulics Report H888, August 1988
- [8] Otter, H. and A. van der Veen, *Integrated Assessment of Coastal Land Use Changes, Version 1.0*, Enschede: Univeriteit Twente, September 1999
- [9] Vriend, H.J. de, J. Dronkers, M.J.F. Stive, A. van Dongeren, J.H. Wang, *Coastal Inlets and Tidal basins*, Delft: TU Delft, 1998

Geraadpleegde internetsites:

<http://www.ihe.nl/he/dicea/index.htm>

<http://www.waterland.net/rikz/dynha/s&kmeet.html>

<http://www.waterland.net/rikz/dynha/kustond.html>

<http://www.minvenw.nl/projects/netcoast/tutor/tutor.htm>

<http://www.nettuno.it/fiera/igmi/igmit.htm>

<http://www.marina.difesa.it/index2.htm>

<http://www.dstn.pcm.it/simn/index.html>

http://www.itacon.it/dati/a_frame/abr_upc.jpg

<http://www.nautica.it/info/correnti/index.htm>