

VERSLAG OMTRENT EEN STUDIEREIS DOOR DE VERENIGDE STATEN VAN AMERIKA
VAN 24 OKTOBER TOT 3 NOVEMBER 1962

door

Ir. T. Edelman en Ir. J. Svasek

VERSLAG

OMTRENT EEN STUDIEREIS DOOR DE VERENIGDE STATEN VAN AMERIKA VAN 24 OKTOBER TOT 3 NOVEMBER 1962

Inleiding.

Van 5 tot 10 november 1962 werd te Mexico-City de achtste "Conference on Coastal Engineering" gehouden. Van de Rijkswaterstaat namen aan dit congres deel:

1. ir. J.B. Schijf. Hoofdingenieur-Directeur in de directie Waterhuishouding en Waterbeweging.
2. ir. T. Edelman. Hoofd afdeling Kustonderzoek van deze directie.
3. ir. J. Svasek van de Deltadienst.

Beide laatstgenoemden maakten, voordat het congres begon, een tien-daagse studiereis door de Verenigde Staten.

Zij bezochten:

1. de Beach Erosion Board te Washington.
2. het Hydraulisch Laboratorium van de Universiteit van Florida te Gainesville.
3. het U.S. Waterways Experiment Station te Vicksburg (Mississippi).

In aansluiting aan het bezoek te Washington werd het week-end benut voor de bezichtiging van enkele stranden in de omgeving van Virginia Beach, terwijl gedurende de vliegreis van Virginia Beach naar Florida de algemene morfologie van dit kustgedeelte werd bestudeerd.

Te Gainesville werd, op verzoek van professor Per Bruun (hoofd van het laboratorium) door Edelman een korte voordracht gehouden over strandhoofden aan zandige kusten.

In aansluiting aan het bezoek te Gainesville werd een tweedaagse reis gemaakt langs de oostkust van Florida, waarbij het gedeelte tussen New Smyrna Beach en Miami werd bestreken.

In Washington en in Vicksburg werden wij vergezeld door ir. Paape van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft.

§ 1 Waterhoogten.

Bij de Beach Erosion Board werden besprekingen gevoerd met o.a. de heren Saviile, Savage, Taney, Jackowski en Watts; voorts werden het overdekte laboratorium en het openlucht laboratorium bezichtigd.

Met Mr. Taney werd gesproken over de toepassing van tracers voor de bepaling van het materiaaltransport langs zandige kusten. Het bleek, dat men op de B.E.B. zich nog geen mening had kunnen vormen over de juiste interpretatie van tracerfiguren op de zeebodem of nabij de kust. Men is hier blijkbaar nog niet zover. De experimenten met tracers beperkten zich tot nu toe tot modelproeven met een strand met scheef aankomende golven. Men vond, dat het materiaaltransport in het model beperkt bleef tot een ondiepe strook langs het strand.

Met mr. Jackowski werd uitvoerig van gedachten gewisseld over de krachten, welke golven op kunstwerken uitoefenen en over de richtlijnen voor het ontwerpen van dergelijke werken. De vraag rijst hierbij in de eerste plaats, wat moet worden gekozen als de "design wave height". In eerste instantie antwoordde Jackowski hierop, dat de B.E.B. hiervoor de significante golfhoogte neemt en dan een zekere veiligheidscoëfficiënt toepast. Daartegen werd dezerzijds de zienswijze verdedigd, dat dit alles toch eigenlijk een kwestie is van waarschijnlijkheidsverdeling en kansrekening, waarbij de duur van de storm en de aard van de constructie, onder meer, een grote rol spelen. Het Nederlandse standpunt ten deze werd aan ir. Paape in zijn voordracht op het congres te Mexico-City nader uiteengezet, waarnaar korthedshalve moge worden verwezen.

Met mr. Watts werd van gedachten gewisseld over kunstmatige voeding van stranden. Het bleek ons daarbij, dat dit in de U.S.A. eigenlijk alleen gedaan wordt ter verbetering van badstranden (en dat dan ook op grote schaal). Men ziet zandvoeding hier in beginsel als een long-term-process. Op verschillende plaatsen is men dan ook overgegaan tot het bouwen van permanente installaties, vooral in gevallen van doorvoer van zand langs een niet te breed zeegat of langs een havenmond (de z.g. "by-passing"). De oudste permanente installatie van dit type bestaat reeds 20 jaar. Aangezien deze kunstmatige zandvoeding in wezen een Amerikaanse uitvinding is werd door ons dieper op dit onderwerp ingegaan. Over het algemeen blijkt zandvoeding goed te voldoen en zijn de kosten (voor Amerikaanse verhoudingen) betrekkelijk laag. Mislukkingen op dit gebied zijn, voorzover wij konden nagaan, in hoofdzaak te wijten aan een onvoldoend vooronderzoek naar de locale omstandigheden. Ook hier blijkt weer, dat het doen van uitvoerige metingen over een lange periode, vooraf, welhaast een noodzakelijkheid is voor de coastal engineer.

Het is van belang, een strand te voeden met materiaal dat ongeveer dezelfde korrelgrootte en korrelverdeling bezit als op het strand reeds aanwezige materiaal. In vele gevallen is geen geschikt materiaal te vinden in het achterland en in de vooroever.

Echter wel in diepere lagen onder de vooroever. Dit was voor de ingenieurs in de U.S.A. aanleiding om te trachten, het geschikte materiaal door diep baggeren (zuigers) uit de vooroever te halen en met een pijpleiding direct naar het strand te persen. Een desbetreffende proef werd uitgevoerd, welke bijna een ramp is geworden.

Door bressen van het zand werd op een gegeven moment de zuigbuis meegesleurd. Het heeft weinig gescheeld of de molen was bij deze operatie gekapseisd.

Men speelt thans met de gedachte (mede om het aantal werkbare dagen te vergroten) om een perszuiger te bouwen, welke als een onderzeeboot op de bodem voor de kust kan worden geplaatst en daar, liefst vol-automatisch, zand uit diepere lagen kan baggeren en door middel van een pijpleiding over de bodem het gezogen zand naar het strand kan persen. Ook bij de Rijkswaterstaat leeft deze gedachte. Echter, noch hier, noch in de Verenigde Staten, kan gezegd worden, dat dit project reeds enigermate concrete vormen heeft aangenomen. Realisering zou voor Nederland van belang kunnen zijn, omdat vermoedelijk de grove pleistocene zandlagen op dieper niveau, buiten onze kustlijn doorlopen.

Mr. Saville en mr. Savage toonden ons het overdekte laboratorium, waar onze opmerkzaamheid, behalve door de meer gebruikelijke installaties, getrokken werd door een uitermate handig demonstratie-apparaat ter bestudering van refractie-, diffractie- en reflexiepatronen bij ingewikkelde kustvormen. Vrijwel de gehele installatie was gebouwd van doorzichtig materiaal. In een ondiepe bak met water werden golfjes opgewekt en de optredende golfpatronen werden door sterke lampen en spiegels geprojecteerd (licht en schaduw) tegen een scherm, waarop ze gefotografeerd konden worden. In zeer korte tijd kan men, door het inzetten van uit doorzichtig materiaal vervaardigde pieren, strandhoofden en dergelijke (alles op modelschaal) de uitwerking van dergelijke constructies op het golfpatroon vaststellen. Helaas kan de optredende golfhoogte niet met dit instrument worden bepaald, daar, door de kleine schaal, de invloed van de oppervlaktetensioning niet mag worden verwaarloosd.

Mr. Savage toonde ons het openlucht laboratorium; in de eerste plaats het pronkstuk van de dienst: de grote golfgoot, waarin golven van enkele meters hoogte kunnen worden opgewekt. Met deze golfgoot kan de uitwerking van golven, bijvoorbeeld op een steenglooiing worden bestudeerd op schaal 1:1.

Voorts zagen wij een elektronisch apparaat (rekenmachine) waarmee in circa 2,5 minuut een golfhoogtespectrum en een energiespectrum kan worden verkregen (in grafiek) uit een golfregistratie van 20 minuten, vastgelegd op magneetband. Het instrument had \$ 13000 gekost; het werd door één man bediend en leek bijzonder handig.

Svasek bezocht nog het Naval Oceanographic Office te Washington. Met mr. Keller besprak hij de aldaar ontwikkelde foto-apparatuur in diep water, waarmee de sedimentbeweging in diep water werd bestudeerd (tevens onderzoek naar turbidity-currents). Voorts besprak hij de meetapparatuur (stroommetingen, golfmetingen) welke bij het Office werden gebruikt, en zag een interessant apparaat voor het nemen van ongeroerde bodemonsters.

§ 2 Virginia Beach en omgeving.

In Virginia Beach werden wij voor het eerst geconfronteerd met de wonderlijke toestanden, waarin de badstranden van de Verenigde Staten dikwijls verkeren. Men kijkt zijn ogen uit. Strandhoofden, strandmuren en duinvoetverdigingen wisselen elkaar in bonte volgorde af. Allerlei typen strandhoofden worden door elkaar gebruikt. Soms staan de hotels bijna op het strand, dan weer achterwaarts op het duin. Een zeevaartse rooilijn voor gebouwen bestaat meestal niet. Op vele plaatsen zijn de duinen afgegraven en liggen parkeerterreinen aan (soms op) het strand, even boven hoogwater.

Wij begrepen er aanvankelijk niet veel van ofschoon wij op de Beach Erosion Board reeds over moeilijkheden hadden gehoord. Pas later, na een bezoek, onder deskundige leiding, aan de badstranden van Florida, werd ons veel duidelijk. Wij komen hierop in dit verslag nog uitvoerig terug.

Wij zagen voorts nog, vanaf de zuidelijke oprit, de in uitvoering zijnde werken van de overbrugging van de Chesapeake Bay. Het project voorziet in een wegverbinding tussen Norfolk en Cape Charles; de te overbruggen afstand bedraagt rond 22 km. Aangezien de Chesapeake Bay een drukke vaarweg is voor zeeschepen (o.a. toegang tot de haven van Baltimore en Washington), moeten grote schepen de brug kunnen passeren. Men heeft twee scheepvaartopeningen ontworpen door op twee plaatsen, midden in de baai, de wegverbinding als tunnel uit te voeren.

De overgang van brug op tunnel komt telkens op een kunstmatig eiland (totaal dus 4 stuks), voorzien van een behoorlijke waterkering, dat tevens als werkterrein dient en van waaruit de tunnels geboord worden. Dit is, zo zegt men in de Verenigde Staten, na de Deltawerken en de Zuidoostzeewerken, het grootste in uitvoering zijnde waterbouwkundige project ter wereld. Wij betreurden het, dat wij door tijdgebrek (overigens waren wij daar op zondagochtend) niet in de gelegenheid waren, dit interessante werk in zijn geheel te bezichtigen.

§ 3 Vliegreis Norfolk Jacksonville.

Behalve over het eerste gedeelte, waar het schiereiland van Cape Hatteras werd afgesneden, vloog het vliegtuig langs de kust. Wij vlogen midden op de dag, met mooi helder weer en niet op grote hoogte, hetgeen, alles bij elkaar, een vrijwel ideale gelegenheid bood om deze interessante kust in vogelvlucht te bestuderen.

Het viel op, dat er betrekkelijk weinig steden en dorpen langs deze kust liggen. Grote stukken zijn onbewoond en onwillekeurig komt het bijbelwoord in herinnering: "En de aarde was woest en ledig". Uitgestrekte wadgebieden, kwelders, schorren en slikken, kronkelende krekens, weinig riviermonden, betrekkelijk weinig duinen. Over grote gedeelten is de natuurlijke ontwikkeling van het kustlandschap nog nauwelijks door de mens beïnvloed; andere gedeelten echter toonden ontginning en zelfs landaanwinningswerken.

§ 4 Gainesville.

Wij bezochten hier het College of Engineering, het Engineering and Industrial Experiment Station en het Coastal Engineering Laboratory, van de universiteit van Florida. Prof. Dr. Per Bruun was onze gastheer, en wij spraken o.a. met de heren Manohar, Morgan en Battjes.

Met mr. Manohar werd gesproken over metingen met tracers. Men experimenteert thans met verschillende manieren van monsterneming. In Fernandina Beach neemt men monsters vanaf een pier, door het oppompen van een suspensie door een verticale pijp, welke men laat zakken tot op twee inch van de bodem. Door de veelvuldig voorkomende hoge golven en de zware branding ter plaatse is het meestal niet mogelijk om de monsters door duikers te laten nemen. Op andere plaatsen werkt men met een soort vangbak, welke door duikers in de bodem wordt geplaatst. Na enige tijd wordt de bak gesloten, waarna het opgevangen materiaal door een waterstraal in suspensie wordt gebracht en wordt opgepompt.

Als tracers worden uitsluitend luminoforen gebruikt, welke in eigen bedrijf worden vervaardigd. Een speciaal apparaat werd ontworpen om de luminoforen in een verkregen monster te tellen. Hierin valt door een dunne spleet een gordijn van korrels langs een foto-elektrische cel; de impulsen op deze cel worden langs elektronische weg geteld. De kinderziekten met dit apparaat waren nog niet helemaal overwonnen.

Wij kregen de indruk, dat verschillende zaken nodeloos ingewikkeld waren opgezet; de Nederlandse ervaringen met deze materie werden medegedeeld. Desgevraagd gaf Manohar toe, dat men ook in Gainesville nog niet goed weet, hoe men uit tracermetingen het materiaaltransport kwantitatief zou kunnen bepalen.

Mr. Morgan toonde ons een zeer grote serie foto's welke genomen waren langs vrijwel de gehele kust van Florida. Wij kregen op deze wijze (weliswaar in sneltreinvaart) een goed overzicht van de diverse eigenaardigheden van deze kust en van de problemen, waarvoor de coastal engineer zich hier ziet gesteld.

Op verzoek van professor Per Bruun hield Edelman 's middags een korte voordracht over strandhoofden. In Florida is men de laatste tijd nogal geporteerd voor de "permeable groin"; professor Per Bruun is hier echter een fel tegenstander van en hij hoopte dat in de voordracht van Edelman uit zou komen, dat dat type strandhoofd in beginsel ondeugdelijk is. Deze tendens is in de voordracht mogelijk niet zo duidelijk naar voren gekomen als onze gastheer wel had gewenst. Enerzijds was het ons niet helemaal duidelijk, wat nu precies onder een "permeable groin" werd verstaan^x), anderzijds stond het voor de spreker niet vast, (gezien bijvoorbeeld de proeven van R. Silvester, ter discussie tijdens het symposium te Cambridge, juni 1962, waar wij aanwezig waren) dat bepaalde typen van permeable strandhoofden onder alle omstandigheden verwerpelijk zouden zijn. Spreker heeft zich dan ook min of meer van deze kwestie gedistantieerd met verwijzing naar zijn onvoldoende kennis omtrent de Amerikaanse kusten. De voordracht omvatte in hoofdzaak een verhaal over de verschillende typen strandhoofden, welke in Nederland gemaakt zijn en worden, en de ervaringen welke daarmee zijn opgedaan.

^x) Tijdens de discussie bleek bijvoorbeeld, dat volgens de Floridase Terminologie het Zeeuwse type strandhoofd, met paalrijen, niet als een "permeable groin" moet worden betiteld.

Wel werd opgemerkt, dat in Nederland geen permeabele strandhoofden zijn gebouwd, zodat wij hierover geen ervaring bezitten. Naar sprekers mening is het vastleggen van de bodem een belangrijk aspect bij een strandhoofd.

Tenslotte werd het waterloopkundig laboratorium van de universiteit bezichtigd. Dank zij het subtropische klimaat in Florida kon dit laboratorium vrijwel geheel in de open lucht worden gebouwd. Het belangrijkste research-apparaat was een golfgoot, welke tegelijk als windtunnel was uitgevoerd. Hierin konden echte windgolven worden opgewekt, doch ook gewone, regelmatige golven door middel van een golfschot, één en ander al dan niet gecombineerd met stroom.

De snel invallende duisternis maakte een einde aan onze discussies ter plaatse.

§ 5 Oostkust van Florida

Wij bezochten hier Cocoa Beach, Canaveral Inlet, Sebastian Inlet, Vero's Beach, Palm Beach en Miami Beach.

Cocoa-Beach

In gezelschap van prof. Per Bruun werden wij hier rondgeleid door mr. Singer, hoofd van de dienst der gemeentewerken. Cocoa Beach is een badplaats in snelle opkomst. Talloze hotels verrijzen langs het strand; grote wegen en boulevards worden aangelegd. De dienst der gemeentewerken tracht de ontwikkeling zo harmonisch mogelijk te doen verlopen en wenst daarbij onder meer het mooie badstrand zo ongeschonden mogelijk te handhaven. Niet geheel deskundig zijnde op dit gebied, heeft mr. Singer advies gevraagd aan professor Per Bruun.

Nadat wij het strand en het aangrenzende gebied uitvoerig hadden bezichtigd en mr. Singer ons, openhartig en duidelijk, de moeilijkheden had getoond, konden wij de bespreking tussen gemeentewerken en haar adviseur gedeeltelijk meemaken. Wij stelden dit (het toelaten van ons, volkomen out-siders en bovendien vreemdelingen, als toehoorders bij een ambtelijke bespreking) op hoge prijs, aangezien wij juist hierdoor een veel beter inzicht kregen in de juridische en politieke moeilijkheden, welke de coastal engineer in de Verenigde Staten ontmoet. Hierdoor werd ons eerst goed duidelijk, waarom er dergelijke zonderlinge stranden bij de Amerikaanse badplaatsen te vinden zijn. Verwezen moge worden naar § 7.

Canaveral Inlet.

Deze "inlet" vormt de toegang tot de haven van Canaveral en is gelegen juist ten zuiden van het bekende terrein voor beproeving van geleide projectielen etc. (gemeenlijk aangeduid als Cape Canaveral). De haveningang is gemarkeerd door twee, tamelijk ver uitspringende havenhoofden, welke het materiaaltransport langs de kust onderbreken. Ten noorden van de noordelijke pier was hierdoor de kust sterk aangegroeid, terwijl ten zuiden van de zuidelijke pier een aanzienlijke erosie was opgetreden. Aan de zuidkant is nagenoeg geen droog strand meer over, en de duinen vertonen hoge, nagenoeg verticale afslagwanden. Voorlopig worden geen maatregelen (zandvoeding) tegen deze erosie overwogen.

Sebastian Inlet.

Over grote delen van de oostkust van Florida ligt een zandrug als een smalle landtong vóór het vaste land, daarvan gescheiden door een lagune. Op de smalle landtong liggen de meeste badplaatsen. Een 35 mijl ten zuiden van Cocoa Beach is de landtong doorgegraven: de Sebastian Inlet vormt een (kunstmatige) verbinding tussen zee en lagune. Deze inlet is zeer smal; de bodem bestaat uit vaste rots en de zijkanten zijn verdedigd door rotsblokken, zetsteen van grote afmetingen en door betonmuren. De nauwe inlet, die niet verder kan uitschuren, heeft een vermogen, dat totaal onvoldoende is om de achterliggende lagune tijdens een getijperiode te vullen en te ledigen. Bij laagwater en bij hoogwater is er derhalve een groot verhang in de inlet aanwezig, dat aanleiding geeft tot zeer grote stroomsnelheden. Het was interessant om het wilde spel der golven te zien, dat ontstaat als de uitgaande stroom de branding ontmoet. Hoewel reeds tegen donker, waren wij nog juist op tijd om dit te kunnen zien.

Vero Beach.

In de avond bezichtigden wij een gedeelte van het hier zeer smalle strand. Als bijzonderheid valt te vermelden, dat wij het diner gebruikten in een restaurant, dat op palen was uitgebouwd over het strand; onder onze voeten braken de golven.

Palm Beach.

Wij werden hier rondgeleid door een consulting engineer, een relatie van Prof. Per Bruun. Na ons bezoek aan Cocoa Beach konden wij het beeld, dat de stranden van Palm Beach boden, veel beter begrijpen.

Wij bezichtigden hier tevens de permanente installaties van de kunstmatige zandvoeding (by-passing) bij South Lake Worth Inlet en North Lake Worth Inlet (de lagune achter Palm Beach heet Lake Worth).

De installatie bij South Lake Worth Inlet is de eerste, die in de Verenigde Staten werd aangelegd; zij werkt reeds 20 jaar. De inlet is overbrugd (verkeersbrug) en de pijpleiding loopt over deze brug; zij eindigt vrij op het strand. Aan het andere einde wordt de pijpleiding gevoed door een zuigperspomp, opgesteld in een gebouwtje, dat tegen de noorderpier is aangebouwd. De zuigbuis is draaibaar om een verticale as en kan door middel van een lier op verschillende reikwijdten worden gesteld. Er kan dus slechts binnen een vrij beperkt, cirkelvormig areaal zand worden opgezogen. Een verdere beperking wordt geleverd door de vaste rots, die op enkele meters onder gemiddeld zeeniveau ligt. De installatie werkt dan ook telkens slechts gedurende enkele uren. Men moet vrij spoedig stoppen, omdat het zand "op" is en er dient gewacht te worden, totdat door het langstransport langs de kust weer voldoende zand in het zuigareaal is aangevoerd.

North Lake Worth Inlet is veel breder en vormt de toegang (voor zeeschepen) tot de haven van Palm Beach. Er is geen brug overheen, zodat de zandvoeding van het zuiderstrand hier door middel van een pijpleiding geschiedt, welke over de bodem van de inlet is gelegd. De permanente installatie is hier wat groter en moderner dan bij South Lake Worth Inlet, doch heeft overigens dezelfde kenmerken. Ook hier een zeer beperkt zuigareaal, dus een intermitterend bedrijf.

Miami Beach.

Deze kust bezochten wij zonder geleide. Er valt een groot verschil te constateren tussen het (jongere) publieke strand en het (oudere) hotelstrand, waar ieder hotel zijn eigen privéstrook van het strand bezit.

Het hotelstrand is bezet met, deels zeer slecht onderhouden, strandhoofden van verschillend type en verschillende lengten, zonder enige regmaat of systeem aangebracht. Een zeewaartse rooilijn voor de bebouwing bestaat niet; ieder hotel heeft zijn terras zover zeewaarts als de eigenaar het durfde bouwen. Al deze uitbouwsels en strandhoofden verstoren het langstransport van zand, waardoor het aan de lijzijde gelegen publieke strand aan enige erosie blootstaat. Op de overgang tussen beide gedeelten zijn nog enkele, meer regelmatige hoofden aangelegd, vermoedelijk door de gemeente.

Het publieke strand is naar onze begrippen in een redelijke toestand, ofschoon het vrij smal is; even landwaarts van de hoogwaterlijn groeien palmen in het barre zand.

Voorts moge als bijzonderheid worden vermeld, dat wij in Miami Beach nergens een spoor van een waterkering hebben kunnen ontdekken. Het behoeft dan ook niet te verwonderen, dat de regelmatig terugkerende tornado's langs deze kust iedere keer weer een enorme schade aan gebouwen aanrichten.

§ 6 Vicksburg

Op het U.S. Waterways Experiment Station spraken wij onder meer met de heren Tiffany (directeur), Boland, Brown, Compton, Sherman, Kolb en Hudson. Wij bezichtigden het uitgebreide laboratorium en bezochten na afloop het nabij Jackson gelegen grote openlucht model van het stroomgebied van de Mississippi.

Mr. Tiffany gaf een uiteenzetting van de organisatie van de dienst en van het werk van de U.S. Army Engineers. In Vicksburg wordt niet in de eerste plaats zuiver wetenschappelijk spuurwerk verricht, doch het is, onder meer, een waterloopkundig laboratorium, waar concrete gevallen (ontwerpen voor haveningangen, sluizen, stuwten, rivierregularisaties en dergelijke) in het model worden onderzocht.

De heren Boland en Brown toonden ons verschillende in werking zijnde modellen. Als voorbeeld van de hier gevolgde werkwijze: de haventoeegang van Galveston. Dit model had een beweeglijke bodem uit kolengruis. "By trial and error" moet worden uitgezocht, welke stroomsterkte en welke golf-richting in het model dezelfde veranderingen geven als in het prototype geconstateerd. Bedenkt men, dat men met gewone golfschotten werkt, waarbij een verandering van de golf-richting geen sinecure is, terwijl tevens de "veranderingen in het prototype" opgehangen zijn aan slechts twee metingen in de natuur (1960 en 1962), dan begrijpt men, dat er hoge eisen worden gesteld aan het praktische inzicht en de "feeling" van de modelingenieur. Mocht er voor dit model een z.g. glijdende tijdschaal bestaan (en dit lijkt gezien de Delftse ervaringen met het model Tyboron toch wel aannemelijk), dan komt dit er met zo'n korte periode van het prototype, waarschijnlijk nooit uit.

De modellen zijn dikwijls ondergebracht in grote loodsen met vrijwel halfcirkelvormige driescharnierspanten. Nabij het topscharnier, op ca. 13 m boven de grond, opereert een camera, waarmee onder meer fraaie foto's werden gemaakt van golfpatronen in de onder handen zijnde modellen.

Voorts zagen wij een ingenieus geconstrueerd schip (op modelschaal), dat vanaf de "vaste wal" langs elektronische weg op afstand kon worden bestuurd, waarbij tevens de gehele navigatie werd geregistreerd. Hiermede werden navigatieproblemen in haveningangen bestudeerd. Door grote ventilatoren kon ook de werking van de wind op het schip worden nagebootst.

Met de heren Compton en Sherman werd in hoofdzaak gesproken over problemen van grondwaterbeweging. Het eigenlijke grondmechanica-laboratorium was niet bijzonder interessant; het bevatte weinig apparaten van soms bepaald verouderd type.

Wat grondwater betreft, bestaan er langs de Mississippi problemen van driedimensionale stroming. Voor de bestudering daarvan was een driedimensionaal model ontwikkeld, in beginsel bestaande uit een diepe bak, gevuld met een geleidende vloeistof (elektrisch analoon). De elektrische potentiaal kon in ieder punt van de vloeistof door middel van een sonde worden gemeten.

Met mr. Kolb werd gesproken over geologische zaken. Wij verwachtten, dat hij ons iets kon vertellen over de geologie van de oostkust der Verenigde Staten en ons mogelijk een verklaring zou kunnen geven van de merkwaardige kustvormen, die daar aanwezig zijn. Dit bleek echter niet het geval te zijn. Over de vraag of dit een relatief dalende dan wel een relatief rijzende kust is, zijn de meningen verdeeld.

De kust langs de Golf van Mexico daalt wel. Er is een aanzienlijke relatieve zeespiegelrijzing geweest sinds het pleistoceen, welke aangetoond is door het onderzoek van diverse fossiele, door elkaar heen liggende delta's van de Mississippi.

Interessant was hetgeen Kolb vertelde over kleilagen in de huidige Mississippidelta. Men vindt daar mariene kleilagen op zodanig hoog niveau, dat men ze nauwelijks kan verklaren als normale mariene afzettingen. Bij de onlangs opgetreden hurricane "Audrey" echter, werd het raadsel opgelost. Men heeft toen gezien, dat de golven van de zee een vóór de kust aanwezige dikke brei van in suspensie verkerende klei, over de kustwal transporteerden tot in de achterliggende lagune. Deze stortvloed van zeer slappe modder breidde zich over de lagune uit en bezonk na de storm op een niveau, dat op vele plaatsen hoger lag dan het normale peil van hoogwater. Vanzelfsprekend is dit vroeger ook reeds ontelbare malen gebeurd. De aanwezigheid van fossiele kleilaagjes op hoog niveau kreeg, doordat men het verschijnsel van modderoverslag tijdens stormen had gezien, een geheel nieuwe verklaring.

Met mr. Hudson werd uitvoerig van gedachten gewisseld over steenstapelingen (rubble-mounds) en de criteria, welke bij het ontwerpen van dergelijke constructies dienen te worden aangehouden. Op vele punten bleken onze opvattingen nogal uiteen te lopen.

Mississippi Basin Model.

Dit nabij Jackson gelegen openlucht-model van het gehele stroomgebied van de Mississippi (1½ miljoen vierkante mijlen, ofwel 41% van het landoppervlak der Verenigde Staten) is het grootste model van dat soort ter wereld. Het oppervlak is gemodelleerd in beton; de verticale schaal is 1 : 100, de horizontale schaal 1 : 2000 (afvoer van de rivieren op schaal 1 : 1.500.000). Het model bedekt een oppervlakte van circa 80 ha. Ten einde grote ophogingen en afgravingen te vermijden, werd een terrein uitgezocht, dat in grote trekken een morfologie bezat, welke overeenkwam met die van het af te beelden stroomgebied.

Het model werd gerealiseerd door het terrein te bedekken met afzonderlijke, nauwkeurig aan elkaar sluitende blokken beton, waarin het gewenste reliëf was aangebracht. De blokken zijn gefundeerd op korte betonpaaltjes (de ondergrond is löss), terwijl tussen blok en paaltje telkens een vijzeltje is aangebracht, waarmede de blokken precies op hoogte kunnen worden nagesteld.

Met de bouw werd in 1943 begonnen, doch het eigenlijke hydraulische gedeelte werd pas in 1947 aangevat. Thans (1962) is het model bijna voltooid; de eigenlijke delta nabij New Orleans ontbreekt nog.

Het model wordt geheel centraal bediend vanuit een controle- en registratiekamer. Van de talloze registrerende peilschalen en andere meetinstrumenten worden de gegevens centraal geregistreerd, terwijl de debieten van de verschillende riviertakken vanuit de controlekamer automatisch kunnen worden ingesteld en geprogrammeerd.

Het model wordt gebruikt voor "flood control" in de meest algemene zin (flood protection, flood routing, reservoir operation, effects of levees and other structures on flood heights, flood forecasting). Als voorbeeld werd ons genoemd een geval dat door late en sterke sneeuwsmelting het water in de zijrivieren onrustbarend begon te stijgen. De gegevens werden doorgeseind naar Jackson en het model werd in werking gezet. In een halve dag had men, in het model, de gegevens verkregen over waterstanden in het benedendeel van het stroomgebied, welke in werkelijkheid eerst dagen later zouden optreden. Men kon rustig uitzoeken, op welke wijze gemanipuleerd diende te worden met reservoirafsluitingen, stuwen, en wat dies meer zij.

Tijdig konden meldingen uitgaan van te verwachten hoogste waterstanden en konden waarschuwingen worden gegeven inzake het gevaar van overstromingen. Bedreigde dorpen konden tijdig worden ontruimd.

§ 7 Algemene beschouwingen.

In Nederland heeft de kust reeds eeuwenlang de aandacht gehad van de waterbouwkundigen. Een groot deel van ons land ligt namelijk zo laag, dat het door waterkeringen tegen overstroming met zeewater moet worden beschermd. Deze waterkeringen liggen in eerste instantie aan de kust, zodat bij ons het gedrag van de kust van belang was, omdat het direct te maken had met de hoedanigheid van de waterkering. Zelfs een duinkust werd (en wordt nog) in hoofdzaak gezien vanuit het oogpunt van zijn functie als waterkering. Reeds eeuwenlang tracht men in Nederland kustafslag tegen te gaan en aangroei van de kust te bevorderen door het uitvoeren van daartoe geëigende werken. Coastal engineering is dus bij ons al een oud vak. Men kan misschien niet zeggen, dat het bij ons reeds een oude wetenschap is, maar toch wel een reeds lang bestaande techniek. Ten aanzien van dijken, strandhoofden, kunstmatige duinvorming, aanleg van stuifdijken, duinvoetbescherming, landaanwinning en dergelijke bestaan er in ons land van ouds ervaringen, welke wij dikwijls zo vanzelfsprekend vinden, dat we ze nauwelijks nog de vermelding (bijvoorbeeld in de literatuur) waard achten.

Dit alles is in de Verenigde Staten geheel anders. Dit land behoefde bijna nergens door een waterkering tegen de zee te worden beschermd, enerzijds omdat het meestal hoog genoeg ligt en anderzijds omdat er altijd land genoeg is geweest, dat hoog genoeg lag. Laaggelegen gebieden langs de kust bleven meestal onbewoond en behoeften dus niet te worden beschermd. Het gevolg was, dat de Amerikaanse waterbouwkundige geen belangstelling voor de kust had. Met de kust kreeg hij slechts te maken bij de aanleg van kusthavens of de ingangen (inlets) naar havens. Zelfs in die gevallen was het van niet veel belang, wat de kust ter weerszijden van een dergelijke haveningang deed als de ingang zelve maar op diepte kon worden gehouden. Men bleef dus betrekkelijk onverschillig ten aanzien van het gedrag van de kust als zodanig.

Deze instelling ten opzichte van de kust is in de eerste helft van de twintigste eeuw vrij plotseling en radicaal veranderd. De expansie op het gebied van de recreatiebehoefte was daarvan de oorzaak. Men ontdekte, dat met name de vlakke zandige stranden, waar voorheen niemand ooit enige belangstelling voor had gehad, uitermate geschikt waren als recreatiegebied, als badstrand.

De ene badplaats na de andere verrees en er werden grote kapitalen aan de kusten geïnvesteerd in hotels, huizen, parkeerterreinen, wegen en dergelijke. Deze ontwikkeling zet zich tot op heden nog in vrijwel onverminderde kracht voort.

De basis van dit alles was het strand, en het behoud en de verbetering van deze stranden werd een levenskwestie voor de badplaatsen. Aanvankelijk bestond er echter geen "coastal science", terwijl "coastal engineering" een vak was, dat zonder ervaring nieuw moest worden ontwikkeld. De Amerikaanse technici hebben op bewonderenswaardige wijze voorzien in deze leemte aan kennis en ervaring. In enige decennia heeft men het vak "coastal engineering" opgebouwd. Ervaring, zoals wij die hadden, ontbrak vrijwel geheel, terwijl een wetenschappelijke basis niet of nauwelijks aanwezig was.

De processen, die zich aan en voor de kust afspelen, werden een voorwerp van intense studie. Research-centra (zoals bijvoorbeeld de Beach Erosion Board) werden opgericht, terwijl tegelijkertijd werken werden aan-gevat, die zo goed en zo snel mogelijk voorzagen in de noden van de stranden (bijvoorbeeld de kunstmatige zandvoeding van stranden; typisch Amerikaans, doch ook typisch in een situatie, waarin men geen tijd heeft lang te experimenteren, doch een onmiddellijk effect behoeft).

De tweede wereldoorlog gaf opnieuw een belangrijke stoot aan deze ontwikkeling. De landingen van gehele legers aan een vijandelijke kust (Noord Afrika, Normandië) maakten de nauwkeurige kennis van het regiem van dergelijke kusten tot een noodzakelijkheid.

Vergelijkt men het niveau van de Amerikaanse en de Nederlandse coastal engineering, dan kan men niet zeggen, dat de één hoger of lager staat dan de andere. Door de verschillende historische ontwikkelingen zijn zij echter wel een beetje anders geaard. In Nederland een eeuwenlange, zij het misschien beperkte ervaring, en een eigenlijk eerst na de tweede wereldoorlog inzettende intensivering van de studie der wetenschappelijke basis. In Amerika betrekkelijk weinig ervaring, doch een jonge enthousiast bedreven studie over de wetenschappelijke basis, niet gebaseerd op en dus ook niet gehinderd door overgeleverde traditionele methoden of constructies.

Wij hebben tijdens onze studiereis bepaald niet de indruk gekregen dat op dit gebied Nederland achter zou staan bij Amerika. Echter, wat de aanpak van de research betreft (vooral ook de onbekrompen financiering daarvan) kunnen wij van de Amerikanen nog wel wat leren. Wij hadden soms het gevoel, dat wij te weinig in team-work werken, ofschoon daaraan in de U.S.A. ook nog wel het een en ander ontbreekt.

Omgekeerd echter kunnen de Amerikanen van ons ook nog wel eens wat opsteken. Het deed ons bijvoorbeeld vreemd aan, dat men in Amerika de laatste jaren begonnen is om fundamentele proeven te nemen over de vorming van stuifdijken, een techniek, welke in Nederland reeds meer dan een eeuw wordt beoefend, doch waarvan wij vrijwel geen gegevens hebben gepubliceerd. Bij de Beach Erosion Board was men ervan overtuigd, iets volkomen nieuws te hebben uitgevonden. Er is dus geen essentieel of belangrijk verschil in de stand van wetenschap en techniek van de kust tussen Amerika en Nederland. Wat de toepasbaarheid van deze kennis betreft is er echter wel een groot verschil.

In Nederland was waterkering, dus zeewering, een zo uiterst belangrijke aangelegenheid, dat alle werken, die daartoe moesten worden uitgevoerd, door de gehele gemeenschap als noodzakelijk worden gevoeld. Dit sociale klimaat vond zijn weerslag in wettelijke bepalingen: op grond van de wet kan men in Nederland mensen, die onwillig zijn, dwingen om mede te werken, of werken toe te laten op hun eigendommen. Zodra de waterkering in het geding komt, vindt men het bij ons heel gewoon, dat de vrijheid van het individu wordt ingeperkt. Onze wetgeving is daarop ingericht.

In Amerika is dat geheel anders. Vooreerst heeft het begrip democratie daar min of meer de betekenis van de vrijheid van het individu en de onaantastbaarheid van zijn beschikkingsrecht over zijn eigendommen. Ten tweede echter heeft in Amerika nimmer de constante dreiging van de zee bestaan, zodat zeewering nooit een levenskwestie is geweest. Derhalve bestaan er ook geen wetten op grond waarvan een grondeigenaar gedwongen kan worden op zijn eigendom bepaalde werken ten behoeve van de kust te gedogen of na te laten. Verreweg het grootste deel van de Amerikaanse kusten is eigendom van particulieren (de staat verkoopt thans nog geregeld stukken kust aan particulieren), terwijl het eigendomsrecht vrijwel identiek is met het onbeperkte beschikkingsrecht over deze eigendommen. Hierdoor is het nauwelijks mogelijk, dat de overheid over de kuststrook een beheer voert, dat in onze ogen die naam verdient. Iedere wettelijke bepaling, welke een effectief overheidsbeheer mogelijk zou maken, ontbreekt. Slechts door middel van bouwvergunningen kan de overheid enige invloed uitoefenen. Indien het echter geen "gebouw in de zin der wet" betreft, staat de overheid vrijwel machteloos. Het voeren van een beheer langs de kust bestaat dan eigenlijk slechts in een poging tot overreding van de particuliere eigenaren, dat in hun eigen belang bepaalde maatregelen wenselijk zijn, en in een verzoek om medewerking. Het komt voor dat een eigenaar zich voor deze medewerking door de overheid laat betalen.

De oude geest van het liberalisme, welke nog sterk leeft in de U.S.A., geeft aan iedere handeling van de overheid, gericht op het inperken van het beschikkingsrecht over eigendommen of van de beroemde "vrijheid van de ondernemer", min of meer het cachet van iets ongeoorloofds, iets, dat tegen de goede zeden indruist. Telkens ontmoetten wij bij overheidsdienaren de tegenwerping: "Wij leven hier in een democratie, en in een democratie doet men dergelijke dingen niet". Men wenst de vrijheid van de ondernemer zo min mogelijk aan te tasten. Dit gaat zover, dat heel dikwijls het algemeen belang geschaad wordt.

Wat een dergelijke opvatting betekent voor de instandhouding van de kust, moge blijken uit enkele voorbeelden.

1. Een eigenaar bezit een perceel aan een eroderende kust. De erosie van zijn bezit tracht hij tegen te gaan door aanleg van een strandhoofd aan de lijzijde van zijn perceel. Dit heeft succes, doch zijn buurman ziet zijn perceel sterker eroderen dan voorheen. Op zijn beurt tracht hij dit tegen te gaan door aanleg van een (langer) strandhoofd etc. Na verloop van tijd is de kust "verdedigd" door een rommelige verzameling van niet bij elkaar passende strandhoofden en geleidewerken. Zie de bijgaande foto van Miami Beach. Een vloeiende kustlijn wordt een illusie. Aan het onderhoud van de strandhoofden ontbreekt op de duur alles. De overheid kan op een dergelijke ongunstige ontwikkeling nauwelijks enige invloed uitoefenen.

Sanering van zo'n kust is heel moeilijk.

2. Een hotelcombinatie verwerft de eigendom van een aantal percelen aan zee gelegen en gaat daarop een hotel bouwen. Ten einde het hotel zo aantrekkelijk mogelijk te maken, wenst men het zover mogelijk zeewaarts te leggen. Voor wat betreft het eigenlijke gebouw kan de overheid ingrijpen door de bouwvergunning te weigeren. Een hotelterras echter is geen gebouw, en dus bouwt men het terras uit tot bijvoorbeeld de laagwaterlijn (soms nog wel verder). Hierdoor ontstaat een breed bastion op het strand, dat ten eerste het voetgangersverkeer langs het strand onmogelijk maakt, doch, wat erger is, het natuurlijke materiaaltransport langs het strand onderbreekt, zodat aan de lijzijde erosie mag worden verwacht. Ligt het hotelterras aan een eroderende kust, dan is het terras op de duur niet te handhaven. Het komt voor, dat in dergelijke gevallen de hotelcombinatie een eis tot schadevergoeding indient bij de overheid, daar deze verzuimd heeft, maatregelen te treffen tegen erosie van de kust.

3. Iemand wenst een jachthaven te exploiteren in de achter het doorgaande strandrif aanwezige lagune. Het strandrif gaat ongebroken door over ca. 100 km, zodat de jachthaven vanuit zee niet direct toegankelijk is.

De exploitant heeft nu enkele percelen op het strandrif en graaft hierin op eigen kosten een verbindingskanaal van de lagune naar zee.

(Bij ons vergelijkbaar met het geval dat iemand het eiland Ameland laat doorgraven ten behoeve van de exploitatie van een jachthaven te Nes voor noordzeekruisers). De aldus geschapen haveningang voorziet hij van pieren, die in zee uitsteken. Dit alles geschiedt, zonder dat de overheid er ook maar in gekend wordt. De gevolgen van de aanleg dezer werken zijn:

- a. Ernstige erosie van de kust aan de lijzijde van de pieren.
- b. Doorbreking van de waterkering.
- c. Toeneming van het tijverschil in de lagune.
- d. Optreden van hogere stormvloedstanden in de lagune.

Niemand doet er wat aan en men vindt dit heel gewoon. "wij leven immers in een democratie".

4. Er wordt een hotel aan zee gebouwd en de architect wil het hoog leggen. Naast het hotel moet een parkeerterrein komen, dat liefst op wegniveau moet liggen. Ten einde beide wensen te vervullen, worden de duinen ter plaatse van het toekomstige parkeerterrein door een bulldozer afgegraven en het afkomende zand gebruikt om het bouwterrein van het hotel op te hogen.

Niemand bekommert er zich om, dat er door de uitvoering van deze werken een gat ontstaat in de voorheen door de duinenrug gevormde gesloten waterkering.

Dergelijke gevallen, die hier als voorbeeld zijn aangehaald, (en ze zijn niet gefantaseerd) zijn in Nederland eenvoudig ondenkbaar.

In overheidskringen (vooral bij de diensten van gemeentewerken) begint men wel in te zien, dat het op deze wijze niet kan doorgaan. Het is echter bepaald niet eenvoudig om hieraan op korte termijn iets te doen.

Tegenwoordig tracht men van overheidswege invloed te krijgen op de gang van zaken door aan particuliere strandbezitters gratis adviezen te verstrekken over kustproblemen; alsmede door het voor rekening van de overheid uitvoeren van werken aan de kust, waartoe men dan echter de toestemming van de eigenaren moet zien te verkrijgen. Het pad van de coastal engineer gaat niet over rozen.

Tot slot van dit verslag willen wij onze hartelijke dank uitspreken aan alle instanties, die het mogelijk hebben gemaakt, dat wij deze interessante studiereis hebben kunnen maken. Niet alleen heeft deze reis onze kennis van en ons inzicht in technische en wetenschappelijke problemen van het kustonderzoek en de coastal engineering vergroot, doch wij hebben tevens onze blik verruimd ten aanzien van de achtergronden van politieke, economische en sociale aard, die dikwijls zo belangrijk zijn voor het al dan niet tot stand komen van ingenieurswerken.