



Hist Technica Nieuws:

1986



"HISTECHNICA"

Histechnica is een vereniging van vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC.

Deze vereniging, die in 1974 werd opgericht, stelt zich ten doel de belangstelling te bevorderen voor de ontwikkeling van de techniek in verleden, heden en toekomst en zijn maatschappelijke gevolgen. De vereniging tracht dit doel in eerste instantie te verwezenlijken door het TTC zowel financieel als op alle mogelijke andere manieren te steunen bij haar activiteiten. *Histechnica* wil op deze wijze het TTC de mogelijkheid bieden uit te groeien tot een landelijk historisch en modern educatief centrum voor de techniek.

Het TTC organiseert tentoonstellingen op het gebied van de techniek voor een zo breed mogelijk publiek waarbij aan de hand van modellen en zelf te bedienen opstellingen inzicht wordt gegeven in de basisprincipes van historische en moderne technieken. Een beter begrip van de technische ontwikkelingen in het verleden en heden zal een evenwichtige benadering van de huidige en toekomstige technische ontwikkelingen mogelijk maken.

Voorts verzamelt het TTC historische technische objecten en archivalia ten behoeve van tentoonstellingen en de studie van de geschiedenis van de techniek.

Histechnica organiseert voor zijn leden regelmatig lezingen, excursies en andere evenementen.

De vereniging kent gewone leden en beschermende leden. De contributie voor een gewoon lid bedraagt tenminste fl. 25,- per jaar; voor een beschermend lid tenminste fl. 100,- per jaar.

Secretaris :ir.J. van Elk
Populierendreef 16
3137 CW Vlaardingen
Tel. kantoor :015-611061
Tel. huis :010-4747173.



Postgironr. 3301027 ten name van :
Penningmeester *Histechnica* te
Voorschoten.

OPENING TENTOONSTELLING OFFSHORE

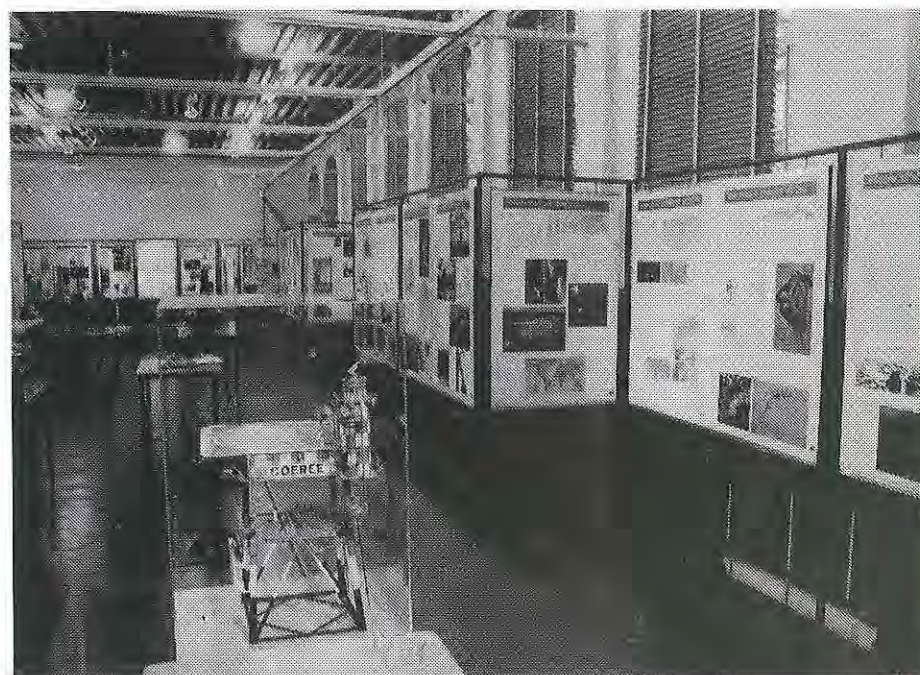
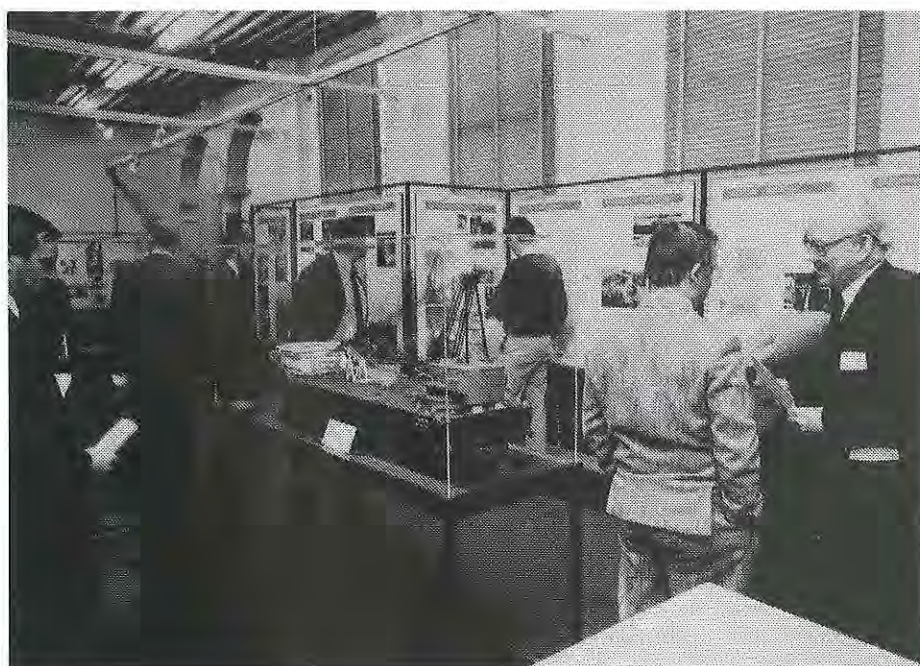
Velen gaven op vrijdag 14 februari j.l. gehoor aan de uitnodiging van het TTC en de IRO (Industriële Raad voor de Oceanologie) om de officiële opening van de fraaie tentoonstelling "Offshore" bij te wonen. Deze tentoonstelling is door het TTC in eigen beheer vervaardigd in nauwe samenwerking met de Werkgroep Offshore Technologie WOT van de TH Delft. In zijn welkomstwoord memoreerde de directeur van het TTC, de heer ir. J.H. Makkink de goede samenwerking met IRO en WOT en dankte alle medewerkers voor hun grote inzet. Met name noemde hij de heer J.H. Reusink die als student-assistent het draaiboek voor de tentoonstelling heeft samengesteld. Vervolgens gaf mr. C. van Veen, voorzitter van de IRO zijn visie op het offshore gebeuren en presenteerde daarbij een strategisch plan ten behoeve van het onder-

zoeks- en ontwikkelingswerk in de offshore branche. Hierbij benadrukte hij het grote belang van een goede samenwerking tussen de IRO en de TH Delft.

De voorzitter van de WOT, prof. dr.ir. F.J. Kievits ging daarna in op het onderwijs in de offshore technologie aan de TH Delft. Hij besprak uitvoerig de problematiek van een mogelijke tweede-fase opleiding tot offshore technoloog.

Vervolgens gaf ir. L.E. van Loon, secretaris WOT een overzicht van het lopende offshore onderzoek aan de TH, dat mede door Economische Zaken en de IRO wordt gefinancierd.

Tot slot nodigde de heer Makkink de heer van Veen uit om door middel van het luiden van een fraaie scheepsbel de tentoonstelling te openen, waarna druk gebruik werd gemaakt van de gelegenheid om de tentoonstelling te bezichtigen. Door de fotografische dienst van de TH werden bij deze gelegenheid de bijgaande foto's gemaakt (Red.).



ENIGE ASPECTEN VAN DE OFFSHORE TECHNOLOGIE

door J.H. Reusink.

Inleiding

Het Engelse woord "offshore" betekent "uit de kust". Het begrip offshore omvat alle activiteiten, zowel op zee als aan land, ten behoeve van de exploitatie en exploratie van de in zee, op de zeebodem en in de ondergrond daarvan aanwezige rijkdommen. Wetenschappen als oceanografie, hydrografie alsmede infrastructurele voorzieningen als verbindingskabels, havenfaciliteiten en bouwdokken vallen binnen deze definitie. Onder offshore wordt over het algemeen niet verstaan: de visserij, de scheepvaart en de traditionele scheepsbouw.

Oceanografische meetgegevens betreffen de stromingen, golven, bodemstructuren, e.d., vormen de basis voor veel offshore projecten. Middels schepen, boeien, weerstations en satellieten worden de metingen door gespecialiseerde instituten uitgevoerd.

De oudst bekende offshore toepassing is het winnen van zout uit zeewater in de zgn. verdampingsbasins of zoutpannen. Inmiddels worden er vele mineralen uit zeewater en de bovenste zeebodemlaag gewonnen. Het betreft hier alluviale en mariene afzettingen.

De oceanen bevatten grote hoeveelheden energie in de vorm van warmte-, hoogte- en drukverschillen, en stromingen. De principes voor diverse energiewinningscentrales zijn uitgewerkt. Zo berust de werking van een Otec centrale op het temperatuurverschil tussen het oppervlaktewater en water op grote diepte.

Ten behoeve van offshore activiteiten moet een stelsel van infrastructurele voorzieningen opgebouwd worden. Daartoe behoren communicatiesatellieten, transportfaciliteiten, platforms, havenfaciliteiten, nieuwbouw- en reparatiefaciliteiten, etc. Een van de belangrijke projecten wat betreft kosten en technische problemen is het leggen van pijpleidingen op de zeebodem.

Offshore mijnbouw wordt op het ogenblik grotendeels bepaald door de winning van olie en gas. De reserves liggen hierbij 500 tot 6000 meter onder de zeebodem. Naar dieper gelegen voorkomens wordt op het ogenblik onderzoek gedaan. Ook zijn er omvangrijke kolengordels aangetoond maar voorlopig worden deze nog niet geëxploiteerd.

Daar waar autowegen, spoorwegen en waterwegen elkaar kruisen zijn speciale voorzieningen nodig in de vorm van dammen, bruggen of tunnels. Hiermee wordt een totaal andere sector van de offshore belicht. Voorbeelden van imposante projecten worden geschetst waarvan de onderzeese Seikan tunnel in Japan met een lengte van 53 kilometer zeker de kroon spant. Ook het leggen van communicatieleidingen op de zeebodem valt onder deze categorie.

De belangrijkste offshore activiteit betreft de olie en gaswinning. De oorsprong daarvan ligt in Californië, eind van de vorige eeuw. Omdat moerasvegetaties aan de basis liggen van de vorming van olie- en gasvoorraden zullen deze in de meeste gevallen worden aangetroffen nabij continentale kusten. Voor een gerichte opsporing is kennis van de geologische geschiedenis onontbeerlijk. Prijsstijgingen hebben olie- en gasvoorraden economisch winbaar ge-

maakt. Steeds kleinere velden in steeds ruwere en diepere zeeën worden technisch en economisch winbaar.

De belangrijkste produktiegebieden zijn op dit moment: Arabië, Alaska, Noordzee, Golf van Mexico en Venezuela.

Als de kaart van de aarde bekeken wordt dan valt op dat alle vondsten van olie en gas zich concentreren langs en op het continentale plat, globaal daar waar landniveaus langs kusten een flauw verloop hebben en niet zoals bij Chili direct een diepzee vormen.

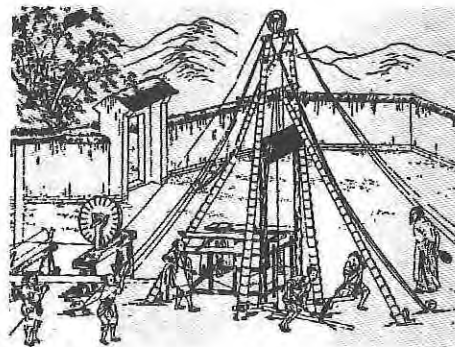


Fig. 1. Boorwerk in het oude China.

Grafieken waarin prognoses worden gedaan betreffende de marktvraag en het aanbod van olie in de toekomst geven een indicatie van de toekomstige prijsontwikkeling en bepalen het investeringsklimaat voor oliemaatschappijen. Daarbij wordt in acht genomen dat de produktie van een barrel olie op zee veel duurder is dan op het land.

De lijst van landen waar langs de kust olie en gas gevonden resp. geproduceerd worden groeit gestaag. Met name voor derde wereldlanden is het tot produktie brengen van eigen olievelden van groot belang in verband met de sterk gestegen energieprijzen.

Recentelijke Noordzeevondsten worden nu in hoog tempo geëxploiteerd. Naar verwachting wordt 1986 een hoogtepunt van met name de Engelse produktie, waarna een zeer geleidelijke afbouw zal beginnen. Uitzondering hierop vormen enkele grote Noorse velden, waarvan de produktie pas in de negentiger jaren technisch mogelijk wordt.

Op het Nederlandse plat zijn geen spectaculaire vondsten gedaan. Een tiental kleinere velden is inmiddels tot produktie gebracht. Bij een hoog produktieniveau kan de offshore olie in 1968 in 25% van de nationale behoefte voorzien en offshore gas in 100%. De nationale jaarlijkse investeringen belopen rond 1,5 miljard gulden.

Geschiedenis van de olie- en gaswinning

In oude documenten uit het Midden-Oosten zijn verhalen over "eeuwige vuren" opgetekend. Drieduizend jaar voor Christus zouden Sumerische magiërs gasuitwasingen hebben geraadpleegd om de toekomst te voorspellen. Tweeduizend jaar later meenden Assyriërs goddelijke stemmen te beluisteren in ontsnappende gasen uit de Mesopotamische bronnen van Hit, een plaats in het tegenwoordige Irak. De vuurkolom die de Joden begeleidde bij de uittocht uit Egypte, waardoor het mogelijk was ook bij nacht voort te gaan doet denken aan vuren van onderaardse herkomst.

Ook Griekse en Romeinse geschiedschrijvers maken in hun werken melding van verschijnselen die mogelijk toe te schrijven zijn aan aardolie of -gas.

Volgens de overleveringen werden reeds in 615 na Christus in Japan aardolie- en aardgasputten geëxploiteerd. De olie werd toen "brandend water" en het gas "vies ruikende lucht" genoemd. Onder Chinese invloed is het boorwerk in de loop der eeuwen op gang gekomen. Men trachtte zout te winnen maar het gebeurde regelmatig dat men gas aanboorde.

Door fors graafwerk slaagde men er in het begin van de zeventiende eeuw al in, putten tot op een diepte van 100 meter in produktie te nemen. Deze werden met de hand gegraven door een man die aan het eind van een touw in de minischacht afdaalde.

De eerste gewonnen olie werd gebruikt voor verwarming, verlichting, het maken van wegen, en het bouwen van huizen.

In Europa nam de Italiaanse stad Salsomaggiore in het jaar 1226 een wapenschild aan met daarop een brandende salamander. In de buurt van de stad zou rond die tijd op de een of andere manier gas zijn ontdekt. Bekend is dat in 1498 bij Pechelbronn in de Elzas een klein olie-

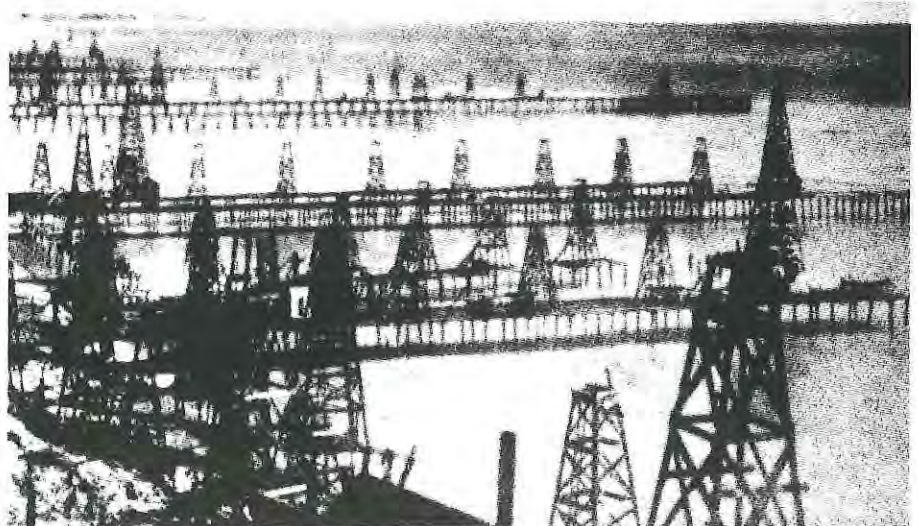


Fig. 2. Het eerste offshore veld in Summerland, Californië (ca. 1900).

voorkomen werd gevonden, terwijl in Polen in 1506 gesproken werd van "balsem van de aarde". Marco Polo noteerde in zijn reisverslagen oliebronnen bij Bakoe aan de Kaspische Zee. Zo is nog een rij van gebeurtenissen op te sommen die betrekking hebben op de vondsten van olie en gas, door natuurlijke sijpelaatsen en door specifiek graafwerk.

Echte economische betekenis kregen olie en gas in al die eeuwen echter niet. Hout bleef de dominerende factor in het energiegebeuren tot halverwege de vorige eeuw steenkool die rol overnam. In deze tijd begon ook de winning van olie in een stroomversnelling te komen.

In de negentiende eeuw werd in Rusland bij de Kaspische Zee naar olie geboord maar de echte doorbraak vond plaats in 1859. Toen boorde Drake olie aan in Titusville, Pennsylvania. Hij boorde hiervoor een put met een diepte van 69,5 voet. Dit werd het begin van een omvangrijke speurtocht naar olie en gas die vooral in Texas belangrijke resultaten opleverde. In de Verenigde Staten is het wettelijk geregeld dat als iemand olie vindt onder zijn grond het dan hem toebehoort. Zo zijn er honderd jaar geleden vele families schatrijk geworden en zijn er vele oliemaatschappijen opgericht.

In die eerste periode was lampolie het belangrijkste olieproduct. Het hele raffinageproces was afgesteld om zoveel mogelijk lampolie te produceren. Minder belangrijke bijproducten waren in die tijd smeervetten en stookolie. Het nu waardevolle olieproduct benzine werd in de vorige eeuw gewoon afgepeld. Doordat veel olievelden dicht bij de kust lagen beseften men dat er onder het wateroppervlak ook wel eens olievoorraden aanwezig zouden kunnen zijn. Zo begon in 1887 de heer H.L. Williams voor de kust van Californië in het water te boren. Eerst liet hij een steiger bouwen en aan het eind daarvan zette hij zijn houten boortoren neer. In 1890 had hij succes. Hij vond olie en in 1893 stonden er al 11 steigers met boortorens, 150 meter uit de kust.

Na de eeuwwisseling begon de ontwikkeling pas goed op gang te komen. Een land als Mexico begon in 1901 met de productie. Argentinië volgde in 1907 en Trinidad in 1908. Al snel ontwikkelde zich een internationale handel door voornamelijk Amerikaanse, Britse en Nederlandse bedrijven. In 1910 bedroeg de totale wereldproductie ongeveer 900.000 vaten per dag, waarvan de Verenigde Staten er 560.000 en Rusland er 300.000 produceerden. Het Midden-Oosten kwam pas opzetten toen in 1908 de productie in Iran begon en het land in 1911 begon te exporteren. De productie in Brits Borneo begon in 1911 en die in Venezuela in 1914. Irak werd in 1927 een olie-producerend land en Saoedi-Arabië volgde in 1938. Toen de Tweede Wereldoorlog uitbrak had de wereldproductie een niveau bereikt van bijna 6 miljoen vaten per dag. Na de activiteiten van Williams verplaatste het idee van olie onder de golven zich rond 1910 naar de regio rond de Golf van Mexico en werd in het ondiepe water van het Ferrymeer bij Caddo Parish, Louisiana, olie aangeboord.

Een andere belangrijke vondst werd in 1922 gedaan, namelijk die ter plaatse van het Meer van Maracaibo in Venezuela. Hier werd evenals in de Verenigde Staten begonnen met houten platforms. Rond 1930 werden opnieuw vondsten gedaan voor de kust van Californië en wel in

het Santa Barbarakanaal. Omstreeks dezelfde tijd begon men in de moerassen van Louisiana, aan de Golfkust, met succes naar olie te zoeken. Soms was het water er echter zo ondiep, dat er een kanaal naar een locatie gegraven moest worden. In die tijd werden op houten platforms gewone landboortorens geplaatst, die met een vrachtwagen op een bak naar de locatie werden gevaren. De vrachtwagen reed vervolgens op het platform waarna de boortoren onderdeel voor onderdeel werd opgebouwd. De gebruikte technieken hadden op dat moment nog geen offshore specialisatie doorgemaakt.

Na 1933 werd de oliewinning in de Golf van Mexico op grotere schaal aangepakt. Er werden nu platforms 915 meter uit de kust gebouwd en in 3,5 meter diep water. Het 1,6 kilometer uit de kust gelegen Creole veld produceerde in 1938 voor het eerst olie. De waterdiepte ter plaatse bedroeg 4,3 meter.

Geschiedenis van de offshore olie- en gaswinning na 1945

Na de Tweede Wereldoorlog kwam de offshore industrie pas goed vande grond. Houten platforms werden vervangen door stalen platforms en er werd veel geboord in de Golf van Mexico, het Meer van Maracaibo en het Santa Barbarakanaal. Nieuwe locaties werden gevonden in het Midden-Oosten. Hier waren voor de oorlog al landvondsten gedaan en men begreep dat er offshore ook olievoorraden aanwezig moesten zijn. In de vijftiger jaren werd voor de kust van Abu Dhabi, in een waterdiepte van ongeveer 30 meter, het eerste succes geboekt. De omstandigheden in de Arabische Golf waren nagenoeg gelijk aan die in de Golf van Mexico en voor de kust van Californië.

In 1947 werd een stalen constructie geplaatst in 6 meter water buiten de kust van Louisiana. In het zelfde jaar nog wordt er een platform van nagenoeg het-

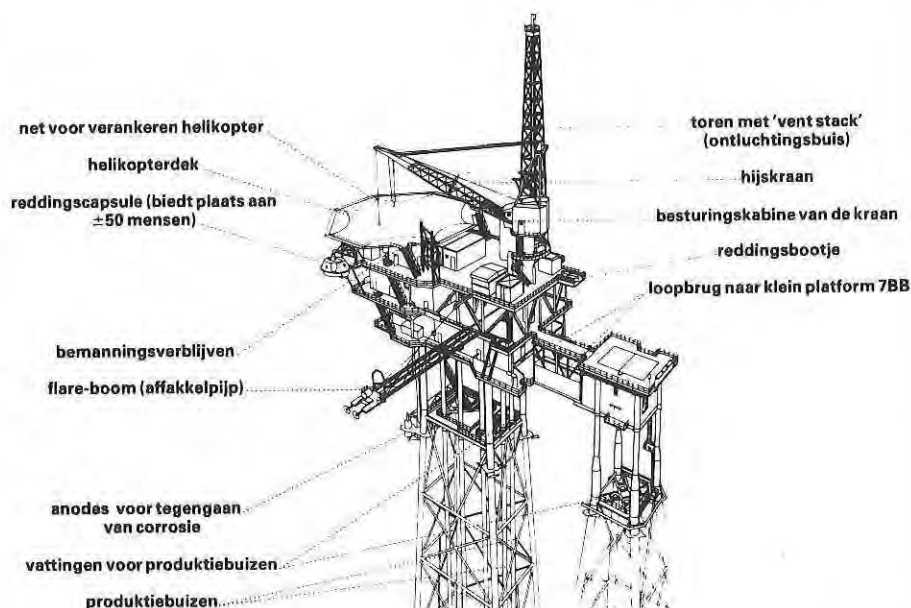


Fig. 3. Jacket-platform, bestaande uit twee geïntegreerde draagconstructies (productie- en puttenplatform).

Gedurende de jaren '38-'42 werden er 25 putten geboord. De Tweede Wereldoorlog legde enerzijds de ontwikkeling bijna geheel stil, maar leverde anderzijds de noodzakelijke technische vooruitgang voor de offshore industrie.

In het voormalig Nederlands-Indië was de "N.V. Koninklijke Nederlandsche Maatschappij tot Exploitatie van Petroleumbronnen in Nederlands-Indië" aan het einde van de vorige eeuw al volop met olieboringen bezig. In 1938 besloot de maatschappij op het terrein van de Mient in Den Haag een tentoonstelling te organiseren over hun succesvolle activiteiten in Nederlands-Indië. Ter demonstratie verrees op het tentoonstellingsterrein een complete boorinstallatie waarmee ook echt geboord werd. Tot ieders verbazing werd er olie aangeboord.

De eerste vondst op Nederlands grondgebied stamt echter uit 1923 toen bij Winterswijk de zeer geringe vondst van 250 liter olie gedaan werd.

zelfde ontwerp geplaatst in 16 meter water. De 100 voet (ca. 33 meter)-grens werd bereikt in 1955. De ontwikkeling van de "zeebouwwetenschap" in de zestiger en zeventiger jaren maakt schaalvergroting mogelijk wat betreft productiecapaciteit, platformgewicht, zeediepte en zeeruwheid. Het duurt echter nog tot 1970 voor de eerste platforms de 100 meter waterdieptegrens passeren. De tachtiger jaren kenmerken zich door de ontwikkeling van geheel nieuwe productiesystemen (UMC, TLP, TTP*) voor toepassing in diepere wateren.

In 1922 werd in het Meer van Maracaibo in Venezuela olie aangeboord. In de beginjaren gebruikte men alleen houten platforms voor exploitatie, later werden deze vervangen door stalen constructies. Op dit moment staan er rond de 6000 boortorens in het meer van 100 bij 150 kilometer. Een milieueffect bij de ontginning van grote hoeveelheden olie aan de bodem is een verlaging van het landni-

* (UMC: Underwater Manifold Centre; TLP: Tension Leg Platform; TTP: Tripod Tower Platform)

veau. Als gevolg hiervan moeten de dijken rond het meer regelmatig verhoogd worden. Soortgelijke verzakkingen zouden zich later ook bij andere velden voordoen. In de vijftiger en zestiger jaren is de technologische vooruitgang van de offshore industrie bijna geheel gedragen door de Verenigde Staten. De toegepaste offshore methodieken gaan steeds meer verschillen van bestaande landtechnieken. Als draagconstructie wordt het stalen jacket geïntroduceerd en er worden voor het eerst pijpleidingen op zee aangelegd.

Eén van de belangrijkste nieuwe aspecten is het gebrek aan vrije ruimte op een platform. De olie- en gasbehandelingsprocessen moeten nu worden opgesplitst. De meest noodzakelijke behandelingen worden op het platform en de overige worden aan land verricht.

Het Cognac platform dat in 1978 in 1025 voet water geplaatst werd sloeg alle records. Dat de schaalvergroting zich niet veel verder doorzet blijkt hieruit dat dit record pas aan het eind van de jaren tachtig, onder andere door het Trollveld ontwerp, op het spel staat. De ontwikkeling van de "flexibel riser" en de mogelijkheid om tijdelijk een put te verlaten, bijvoorbeeld bij storm, pleiten voor drijvende platforms die het in waterdiepten boven de 300 meter op moeten gaan nemen tegen de vaste platforms. Het gewicht van een platform ontwikkelde zich van enkele honderden tonnen tot 800.000 ton in het geval van Statfjord C, een betonnen platform waarvan de ontwikkelings- en bouwkosten 4 miljard gulden bedragen hebben. Het totaal aantal platforms dat wereldwijd is gebouwd wordt boven de 10.000 geschat. Op een dertigtal betonnen platforms na betreft het hier alle staalconstructies. De groei van de opsporingsactiviteiten naar offshore voorraden blijkt uit de toename van de aangetoonde reserves.

Niet alle aangetoonde reserves zijn echter op dit moment economisch of technisch winbaar. Technisch niet winbaar zijn voorraden in grote waterdiepten, in polaire gebieden met zware ijsbelasting, of die waarvan de viscositeit te hoog is. De economische winbaarheid wordt door een groot aantal factoren bepaald, zoals: grootte van het veld, lengte van de transportweg, complexiteit van de winningstechniek, verwachte "pay out time", veiligheids- en risicoaspecten, regeringspolitiek en belastingklimaat, e.d.

Een tweede aspect is dat de aangetoonde reserves van een olieveld nooit voor de volledige 100% gewonnen kunnen worden. Met de op dit moment bestaande winningsmethodieken kan tot maximaal 50% van de aanwezige reserves economisch gewonnen worden.

De vondst van het Slochteren gasveld in 1959 vormt de basis voor de Noordzee offshore activiteiten. In het begin van de zestiger jaren wordt aanvankelijk, met name door Nederland, het zuidelijk deel van de Noordzee onderzocht; dit gebeurde vanaf het jack-up platform "Triton" van de Nederlandse Aardolie Maatschappij. Er werd overigens weinig resultaat geboekt. Het Engelse Leman Bankveld leverde de eerste Noordzee-olie in 1965. In de zeventiger jaren werd er een aantal grote velden in het Engelse en Noorse plat tot productie gebracht. Nederland en Denemarken volgden met marginale velden.

Ook het materieel is in de loop van de tijd omvangrijker en meer gespecialiseerd geworden. De controle en besturing van de

oliestroom en procesapparatuur op platforms zijn nu zodanig geautomatiseerd dat deze soms geheel vanaf het land kan plaats vinden. Robots worden ingeschakeld om onderwaterwerkzaamheden te verrichten en satellieten worden gebruikt bij plaatsbepalingswerkzaamheden, waar-

constructie is niet zo nieuw als de toepassing in de Noordzee. Eén van de eerste platforms buiten de kust van Californië was een gravity-platform en het heeft daar 25 jaar dienst gedaan. Ook het afgetuide torenprincipe, onlangs voor het eerst in 300 meter waterdiepte toegepast



Fig. 4. Jackup-platform met boortoren. Boorwerkzaamheden worden verricht boven een klein puttenplatform.

bij nauwkeurigheid tot op 10 meter mogelijk is. Het laatste is vooral van belang bij het terugvinden van verlaten putten. Bij de reeds bestaande technieken werd de schaalvergroting van belang: de waterdiepte van vaste platforms liep op van 25 tot 300 meter, het hefvermogen van kraanscheppen van 100 tot 10.000 ton, het aantal werkbare dagen van pijpenlegschepen steeg van 20 tot meer dan 60 procent.

Fabricagetechnieken mogen nieuw zijn, de principes van een aantal platformalternatieven blijken vaak in de geschiedenis al eens voor te komen. De skirt-paal, tegenwoordig veel gebruikt bij diepwaterconstructies, vond voor het eerst toepassing in 1955 wat betreft offshore constructies. Het idee stamt echter al uit de vorige eeuw. Ook de gravity-

is niet nieuw. Het was een al in de vorige eeuw gepatenteerd principe en werd in 1950 door een grote oliemaatschappij bestudeerd om te onderzoeken of het platform voor diep water toepassing zou kunnen vinden. Diep water in 1950 was 30 meter. Het verticaal aan de zeebodem afgespannen platform (TLP) was voor de Tweede Wereldoorlog ontwikkeld en het zou moeten dienen als drijvend vliegveld. Veel van de technieken bestonden al een lange tijd, de roep naar het tot ontwikkeling brengen van olievelden zou uiteindelijk de technologische vooruitgang brengen om de theorieën daadwerkelijk in de praktijk toe te gaan passen.

Sinds 1947 zijn er zo'n 10.000 draagconstructies op zee gebouwd. Bij dit aantal zijn vele kleine constructies in ondiep water. Wereldwijd zijn er ongeveer 2.000 constructies die als groot geclassificeerd kunnen worden. Verreweg het grootste

deel van de draagconstructies is als ruimtevaakwerk of jacket uitgevoerd.

De oliecrisis

In 1974 ontstaat er een oliecrisis als de Arabische landen de oliekraan naar het Westen dichtdraaien, dit als gevolg van de politieke stellingname van het Westen in de Arabisch-Israëlische oorlog. De crisisperiode wordt grotendeels met aanwezige voorraden overbrugd en na enkele maanden wordt na wederzijdse concessies de kraan weer opengedraaid, zij het tegen sterk verhoogde prijzen. Verdere bewustwording van hun monopoliepositie geeft tot 1980 nog een reeks van prijsverhogingen te zien. Na 1980 treedt een prijsstabilisatie op door overschotten op de markt als gevolg van de toenemende niet-OPEC productie, de Irak-Iraanse oorlog (om deze oorlog te kunnen financieren worden er grote hoeveelheden olie op de markt gebracht) en het zuiniger omspringen met energie in de olieconsumerende landen.

ken moeten worden bij de onderhandelingen van vraag en aanbod om zo een stabiele prijsituatie op de wereldmarkt te krijgen.

De olieleverantiestop dwong de westerse landen tot verregaande bezuinigingen op het energieverbruik. In eerste instantie werd veel aandacht besteed aan energiebewustwording en opgelegde maatregelen zoals de autoloze zondag en de distributie van benzinebonnen. In een later stadium werd het accent meer verschoven naar het onderzoek naar alternatieve energiebronnen, zoals offshore olie en -gas.

Enige typen platforms

1. Stalen jackets

Het jacket komt voort uit de allereerste houten offshore platforms voor de kust van de Verenigde Staten. Het betrof hier houten paalfunderingen die tot boven de waterlijn doorgezet werden als directe ondersteuning van het dek. De palen werden voorts onderling gestabiliseerd door kruisverbanden, dit alles in enkele meters

palen. Om dit te bereiken zijn er buizenkransen langs het frame aangebracht waardoor de palen neergelaten en geheild kunnen worden. Op de onderbouw wordt het zogenaamde "module support frame" geplaatst. Dit frame zorgt ervoor dat het gewicht van de modules en de daarop werkende krachten worden overgebracht naar de poten van het jacket. De bovenbouwmodules worden in zo groot mogelijke eenheden op het vaste land geprefabriceerd om de kosten van de "hook up" of afmontage op zee zoveel mogelijk te beperken.

Bij toepassing van het jacket in ondiepe wateren worden in sommige gevallen de functies van het platform verdeeld over meerdere draagconstructies die onderling verbonden zijn door bruggen. Voorbeelden van deze functiescheiding zijn: puttenplatform (wellheadplatform), gas- en oliebehandelingsplatform, fakkelpplatform (flare), bemanningsplatform, e.d. Redenen hiervoor kunnen veiligheid en exploitatiesnelheid zijn. Het boren van de putten kost veel tijd en daar moet dus in een vroeg stadium mee begonnen worden. Het vervaardigen van de behandelingsapparatuur geschiedt op bestelling waarbij de levertijd in sommige gevallen een half jaar kan bedragen. Door nu het eenvoudig uitgevoerde puttenplatform van het productieplatform te scheiden kan aanmerkelijk sneller olie geproduceerd worden.

2. Jack-up of hefeiland

Dit type eiland bestaat uit een drijvende bak die voorzien is van drie tot zes poten en een hefinrichting waarmee de bak tot boven de golven kan worden opgevoerd. Hiermee worden de voordelen van mobiliteit met die van stabiliteit van een op de bodem staand platform gecombineerd. Deze platforms zijn geschikt voor waterdiepten van 40 tot 120 meter. Ze worden voornamelijk gebruikt voor het verrichten van exploratieboringen en voor het verlenen van assistentie bijvoorbeeld bij de afmontage van een productieplatform; voorts bij inspectie-, onderhouds- en reparatiewerkzaamheden.

Het eiland heeft over het algemeen geen voortstuwinrichting. Het wordt naar zijn nieuwe locatie gesleept. In varende toestand worden de poten geheel opgetrokken en steken als hoge torens boven het platform uit. De poten worden dan ook als vakwerken of kokers uitgevoerd om uitknikken te voorkomen.

Jack-up platforms zijn uitermate geschikt om boringen boven een putten- of wellheadplatform te verrichten. Het laatste hoeft dan niet met een eigen booreenheid uitgevoerd te worden, waardoor de fabricage aanzienlijk versneld kan worden. Een gescheiden uitvoering van productieplatform, met alle procesapparatuur, en het puttenplatform heeft als voordeel dat met het tijdrovende putten boren al kan worden begonnen als men aan land nog bezig is met de fabricage en montage van de procesapparatuur voor het productieplatform.

3. Staalconstructies voor diepere wateren

Voor waterdiepten van meer dan 200 meter bestaat er een aantal alternatieve draagconstructieontwerpen naast het traditionele jacket. Presentatie van deze ontwerpen kwam op gang na enkele spectaculaire vondsten in diepere wateren. Als voorbeeld voor de Noordzee geldt het Noorse Trollveld met een waterdiepte van 340 meter. Er worden nu enkele meer se-

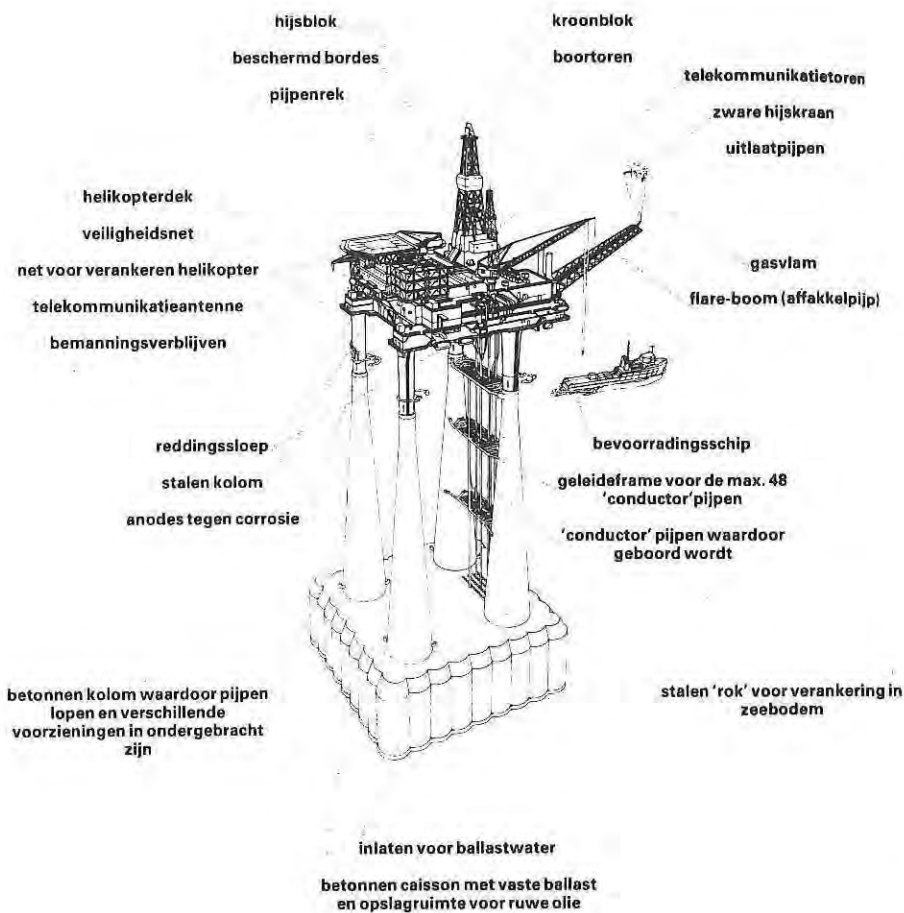


Fig. 5. ANDOC-platform. Het enige in Nederland gebouwde grote betonnen platform.

In de jaren zeventig werd het grootste deel van de op de markt gebrachte olie door de OPEC-landen geproduceerd. De meeste van deze landen zijn Arabisch en zo was het mogelijk dat deze landen hun monopoliepositie als politiek machtsmiddel konden aangrijpen. Het aandeel van de OPEC-landen aan de wereldproductie is inmiddels tot ruim beneden de 50% geslonken. Op dit moment is het dan ook noodzakelijk dat niet-OPEC-landen, zoals Engeland, Indonesië, Mexico, e.d. betrok-

waterdiepte.

Dit platformtype valt globaal in drie delen uiteen. De onderbouw, waaraan het zijn naam ontleent, is geconstrueerd uit stalen buisprofielen waarvan de basis met de diepte toeneemt om weerstand te kunnen bieden tegen het kantelmoment door horizontale golfkrachten. Het jacket wordt op de zeebodem neergezet en verankerd met in de zeebodem geheide buis-

rieuze concepten besproken die voldoen aan een aantal basiseisen:

- geschiktheid voor de voorbestemde taak zonder falen of beschadigen;
- eenvoud wat betreft de constructie, de detaillering, montage en transport;
- kosten-effectiviteit.

Het "Guyed Tower" concept

De "afgetuide toren" is een mastconstructie geschikt voor waterdiepten van 300 tot 600 meter. De horizontale golf-, wind- en stromingskrachten worden door de tuilen afgedragen. De mast kan daardoor uitgevoerd worden als slank vakwerk. De tuilen lopen onder water erg breed uit, zo'n twee kilometer en zijn daardoor erg kwetsbaar, bijvoorbeeld voor scheepsankers en te leggen pijpleidingen. De afgetuide toren is een flexibele constructie waarbij door de verschillende graden van vrijheid, het slingeren, het buigen en het torderen, relatief grote vervormingen opgebouwd kunnen worden. Het slingeren gaat nauwelijks met buiging gepaard. De natuurlijke periode van de toren wordt grotendeels bepaald door de hoogte van de toren en het topgewicht volgens:

de periode is twee maal π maal de som van de massa's maal de hoogte boven de basis in het kwadraat, gedeeld door de kabelstijfheid maal de hoogte van de kabel aansluiting in het kwadraat.

De slingerperiode van de toren moet ongeveer twee maal zo groot zijn dan die van de ontwerp-golf om dynamische respons van het platform buiten het kritische gebied voor opslingeren te houden. De buigstijfheid van het platform moet voorts groot genoeg zijn om aanvaardbare vervormingen te vinden bij normale bedrijfsomstandigheden. Tot slot moeten de tuikabels voldoende overcapaciteit hebben om een bepaalde veiligheid te garanderen als bij een storm een of twee tuilen breken. Een niet wenselijk aspect van het tuisysteem is de verticale component van de kabelreactie-krachten. Deze worden overgebracht op de toren op de plaats waar de kabels aan de toren bevestigd zijn. De hele toren alsmede de fundering moet berekend worden om deze grote verticale krachten op te kunnen nemen. Hoe groter de zijdelingse stijfheid door voorspanning des te evenredig groter worden deze verticale krachten. Ook het eigen gewicht van de kabels speelt een niet onaanzienlijke rol. Voor een platform in 100 meter water moet gedacht worden aan tuilen van 600 meter lang en een diameter van 12 centimeter.

Articulated tower

Dit concept combineert de op de bodem gefundeerde platforms met die uitgevoerd met drijvers. De onder de waterlijn geplaatste drijftanks nemen de verticale belasting van het platform op. Door nu deze opwaarts gerichte krachten iets groter te kiezen dan de neerwaarts gerichte gewichtsbelasting ondervindt de draagconstructie naar de bodem een trekkracht die eenvoudig door een slanke en licht uitgevoerde constructie opgenomen kan worden. De zijdelingse stabiliteit wordt ook verzorgd door de drijftanks, met werking als een ballonnetje aan een touwtje dat ook een zo verticaal mogelijke positie zal trachten te bereiken. Worden de horizontale krachten erg groot, bijvoorbeeld tijdens een storm, dan zal het platform een scheefstand van een aantal graden vertonen. Nauwkeurig onderzoek moet uitwijzen of periodieke golfbelastingen niet in

de buurt van de eigen frequentie van het platform komen omdat dan opslingeren met grote amplituden mogelijk is. Er is door Exxon een Guyed Tower geplaatst in het Lenaveld in de Golf van Mexico in 300 meter waterdiepte.

Stalen gravity ontwerp: Tecnomare, voor grotere waterdiepten

Het nadeel van een staalconstructie is dat de assemblage van de bovenbouw geheel offshore moet plaatsvinden na installatie van de onderbouw en het heien van de palen. Dit kan worden ondervangen door toepassing van een stalen gravity variant die rechtstandig kan worden uitgevaren en waarbij een aanzienlijk deel van de bovenbouw al voor de tow-out kan worden aangebracht, waarmee de installatie-

probleem blijft hoe de skirts voldoende penetratiediepte te geven omdat het ballastvermogen van het platform relatief klein is.

Jacket-toepassingen voor diep water

Sinds 1976 zijn er 3 jackets in waterdiepten groter dan 250 meter geplaatst. De eerste, "Hondo", is in een sectie vervaardigd en in horizontale positie zelfvarend naar zijn locatie gesleept. Het staat nu voor de Californische kust in 260 meter waterdiepte. Het Cognac-platform is in drie delen gebouwd en afgezonken. Dit platform staat in de Golf van Mexico in 312 meter waterdiepte. Het meest recent gebouwde platform "Cerveza" werd in 1981 geplaatst in 285 meter water. In tegenstelling tot de

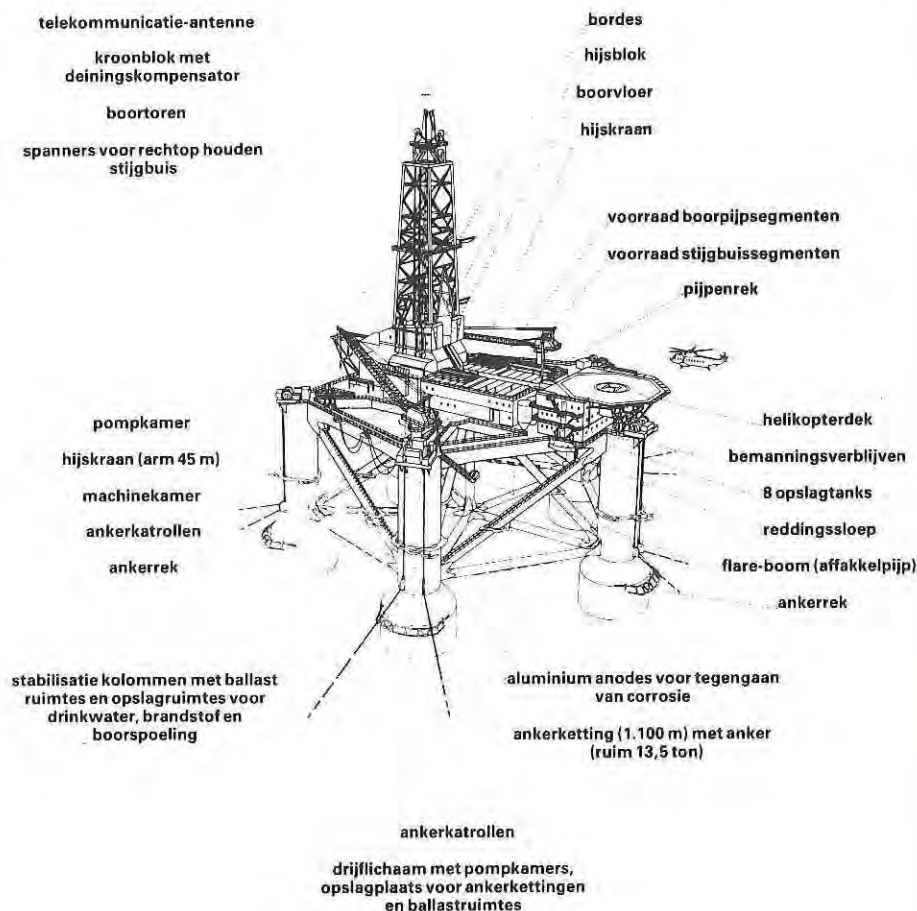


Fig. 6. Diepdrijvend booreiland geschikt voor het verrichten van boringen in waterdiepten van 250 tot 600 m.

tijd aanzienlijk kan worden bekort. De prijs die men hiervoor moet betalen zit in de benodigde drijftanks. Bij de productie kunnen de drijftanks respectievelijk als olieopslag of als ballasttanks gebruikt worden. Het platform neemt veel van de bezwaren van het jacket met zich mee, zoals het dynamisch gedrag, vermoeiing en inspectie. Het platform heeft echter een wat lagere eigentrillingsperiode dan het jacket bij gelijke waterdiepte waardoor het vermoeiingsgedrag iets gunstiger uit zal komen. Een aantal gegoten knooppunten kan worden overwogen om de spanningsconcentratiefactoren lokaal te verlagen. In de stabiliteit wordt voorzien door toepassing van skirts. Het

voorgaande werd deze onderbouw op een ponton vervoerd en gelanceerd.

Het Cognac jacket-platform

Dit platform is geplaatst in 312 meter waterdiepte in de Golf van Mexico. Voor de onderbouw is een gesegmenteerd jacket toegepast waarbij de onderlinge delen op locatie aan elkaar werden gemonteerd. Het platform is met behulp van 24 palen aan de bodem verbonden. Elke paal weegt 450 ton, is 190 meter lang en heeft een diameter van 2,7 meter. De lengte van de palen wordt bepaald door de zachte, niet draagkrachtige bodemcondities in de Golf van Mexico. Op het moment van de bouw was dit het allerkostbaarste platform in Amerikaanse wateren. Het had het grootste aantal put-

ten, namelijk 62 en het was het zwaarste platform in de geschiedenis.

4. Gravity structures

Overbelasting van de staalmarkt ten tijde van de oliecrisis was aanleiding voor het ontwerp en de bouw van de eerste betonnen platforms voor de Noordzee. Inmiddels hebben de betonnen platforms zich een klein, zij het vast, aandeel in de offshore markt verworven. Bij stalen platforms is de bodemverankering fundamenteel voor de afdracht van kantelmomenten. De betonnen platforms zijn van het gravity type, dat wil zeggen dat ze vrij op de grond staan waarbij de stabiliteit verzekerd wordt door het grote eigen- en ballastgewicht en de brede basis aan de voet. Andoc staat voor Anglo Dutch Offshore Concrete en is de naam van het tot nu toe enige in Nederland gebouwde gravity platform. Het ontwerp is kenmerkend voor de vele betonnen platforms geplaatst in de Noordzee in de jaren zeventig. Het Ninian-Centraal platform kwam gereed in 1978 en staat in 150 meter waterdiepte. Het gewicht bedraagt 550.000 ton, ruwweg 15 keer zo veel dan een stalen jacket-constructie voor dezelfde waterdiepte. Bij gravity constructies worden horizontale en verticale krachten door contactdruk naar de bodem afgedragen. Voor plaatsvastheid tegen horizontale verplaatsingen worden skirts aangebracht. Het betreft hier verticale stalen platen die onder het platform gemonteerd worden en die horizontaal verschuiven voorkomen.

Voor- en nadelen van gravity constructies: De voordelen van gravity constructies zijn tweeledig. Het drijfcaisson kan worden benut als opslag voor olie. Dit kan voordelig zijn als bij de aansluiting van een gebied nog geen onderzeese pijpleiding aanwezig is. Een tijdelijke tussenoplossing is dan om olie met tankers te vervoeren vanaf een laadstation in volle zee. Als buffer is in dat geval een opslagruimte noodzakelijk. Hiervoor kan overigens ook een overslagtanker worden gebruikt. Een tweede voordeel is dat het gravity concept een zodanige drijf stabiliteit kan worden gegeven dat de dekbelasting of een deel daarvan al in beschermd water kan worden geïnstalleerd.

Als nadeel wordt gegeven dat een gravity constructie diep water voor de kust nodig heeft. Voor het plaatsen van het dek dat in zijn geheel boven de betonnen kolommen kan worden gevaren heeft men in de Noorse fjorden zelfs een waterdiepte nodig die de waterdiepte van de uiteindelijke zeelocatie te boven gaat. Daarmee moet het dek 30 meter boven de zeespiegel uitrijzen om vrij te blijven van de golven in stormcondities. Tot nu toe zijn betonnen platforms voornamelijk in het 150 meter diepte water van het Engelse en Noorse gedeelte van de Noordzee geïnstalleerd. Voor de bouw werd dan gebruik gemaakt van Noorse en Schotse binnenwateren.

5. Drijvende platforms

Diepdrijvende booreilanden of semi-submersiblen hebben drijvers onder de waterlijn. De verbinding met het dek wordt gevormd door verticale buiskolommen. Deze vormgeving beoogt een grote stabiliteit ten aanzien van slingeren, een beweging die opgewekt wordt door de golven, omdat de breedteafmetingen erg groot zijn. Het verticaal verplaatsen is afhankelijk

van het doorsnijdingsoppervlak met de waterlijn. Deze is bij het diepdrijvend booreiland erg klein. Een van de taken van het diepdrijvend booreiland is het verrichten van exploratieboringen. De benodigde plaatsvastheid wordt bij waterdiepten tot 600 meter verkregen door ankerlijnen. Bij grotere diepten wordt de dynamisch-positioneerinrichting gebruikt,

eiland heeft een toename van het dekgewicht geen vergroting van de diepgang tot gevolg maar een afname van de voorspankrachten in de spankabels. Het op deze wijze verankerde platform ondervindt erg weinig invloed van de golfbelastingen. De funderingspalen op de zeebodem moeten erg lang zijn om te voorkomen dat ze uit de grond getrokken worden door de

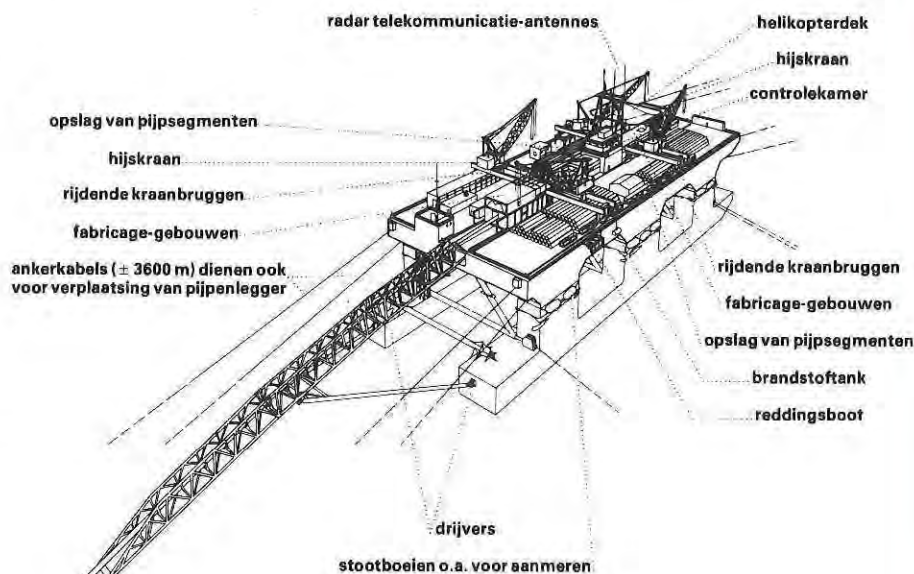


Fig. 7. Diepdrijvende pijpenlegger, geschikt voor werkzaamheden in ruwe zee.

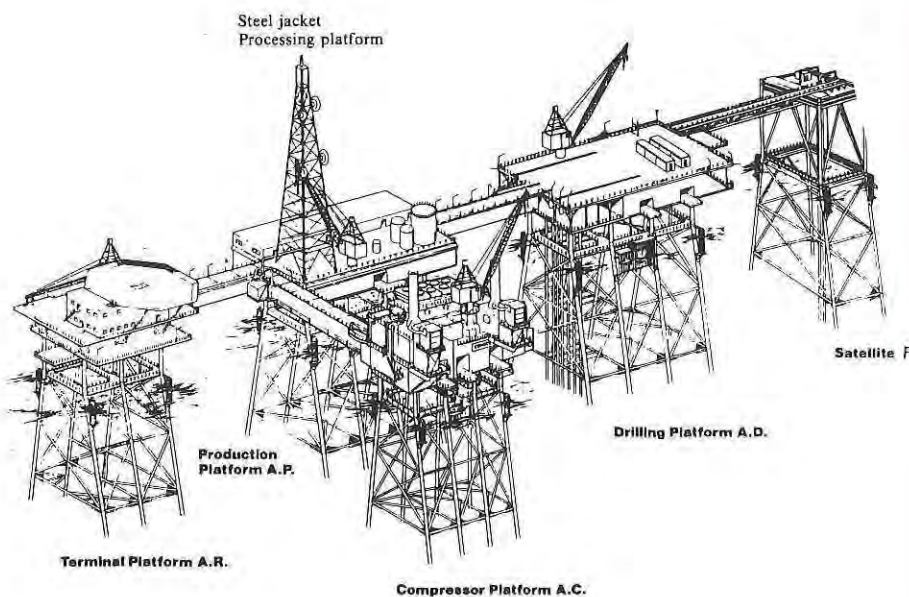
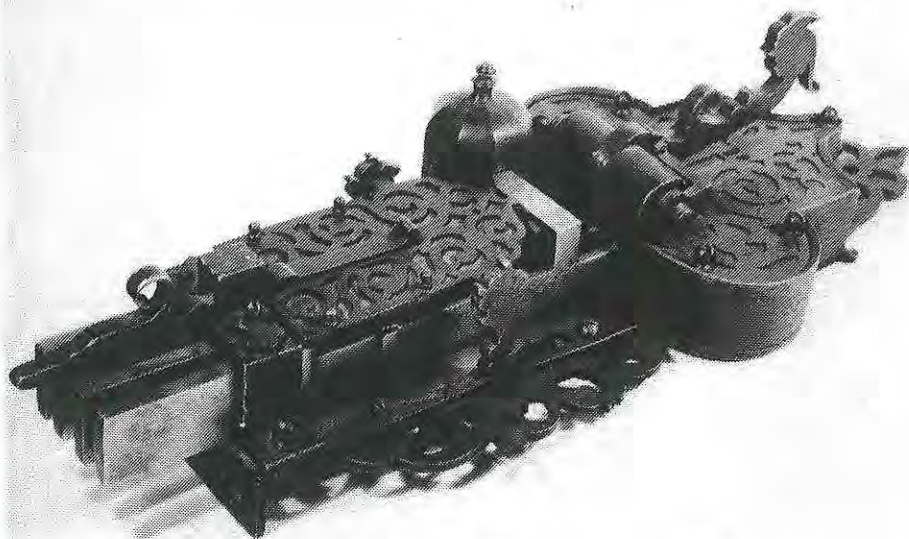


Fig. 8. Technomare: een stalen gravity constructie.

Het Tension Leg Platform of TLP is een productieplatform voor waterdiepten van 300 tot 600 meter. De bovenbouw is geheel analoog aan die van het diepdrijvend booreiland doch verdere horizontale en verticale plaatsvastheid wordt verkregen door een spankabelverankering aan de zeebodem. In 1984 is het eerste TLP in het Engelse Huttonveld in productie genomen. Bij een totale waterverplaatsing van 61.000 ton bedraagt de kracht in de spankabels 13.000 ton. In tegenstelling tot het diepdrijvend boor-

grote trekkrachten in de spankabels. De Tender Assisted Rig of TAR is een productiesysteem waarbij de benodigde procesapparatuur en opslagruimte zich op een omgebouwde tanker bevinden. De overslagtanker is aangesloten op een eenpunts meerboei, waarlangs een riser, de stijgbuis voor de olie, omhoog komt. De aansluiting van de tanker aan de boei is zodanig dat de tanker om de boei heen kan draaien om zo te allen tijde in de wind te kunnen liggen. Het transport vindt plaats door middel van overslag op een tweede tanker.



Op de foto - boven is een groot deur-slot uit de zeventiende eeuw te zien. Het is één van de vele fraaie objecten uit de tentoonstelling "Sloten en Sleutels", die van 10 juni tot en met 23 november 1986 in het TTC te zien zal zijn.

Deze expositie is samengesteld door het Nationaal Technisch Museum te Praag. De vele produkten van het vroegere smids- en slotenmakersambacht zijn afkomstig van

verschillende musea in Tsjechoslowakije. De tentoonstelling geeft een overzicht van de ontwikkeling van het slot vanaf de houten sloten uit het oude Egypte tot aan de begintijd der industriële productie (Yale cilinderslot).

Dat sloten in vroegere perioden ook vaak een ornamentale functie vervulden blijkt wel uit de bijzonder fraaie artistieke vormgeving van menig slot.



TTC-TENTOONSTELLINGEN

- **Offshore**, tot en met 27 mei 1986. Een door het TTC in eigen beheer vervaardigde tentoonstelling, in samenwerking met de Werkgroep Offshore Technologie van de TH Delft.
- **Resurgam**, tot en met 27 juli 1986. Een foto- en tekeningententoonstelling over de restauratie van Belgische steden na de Eerste Wereldoorlog (1914-1918).
- **Slot en sleutel**, van 10 juni tot en met 23 november 1986. Een tentoonstelling van het Nationaal Technisch Museum in Praag over de ambachtelijke ontwikkeling van het slot, waarbij naast de techniek ook veel aandacht aan de ornamentale functie is besteed.
- **Holografie**, permanent.

AGENDA HISTECHNICA

- **14 juni 1986** : Excursie naar het NINT te Amsterdam.

De foto linksonder toont de markt van Diksmuide na de wederopbouw en vormt een onderdeel van de foto- en tekeningententoonstelling "Resurgam" ("Ik zal herrijzen"), die tot en met 27 juli 1986 in het TTC is te zien. De tentoonstelling, die de wederopbouw in België na de Eerste Wereldoorlog behandelt, werd georganiseerd door het Gemeentekrediet van België en samengesteld door Studio Pieter Claerhout, met medewerking van het Centrum voor Stedebouwkundige Geschiedschrijving te Leuven.

Het is nu niet meer zo bekend dat in België tijdens WO I meer dan 60 dorpen met de grond gelijk werden gemaakt en dat in tal van andere plaatsen flinke verwoestingen werden aangericht. Niet voor niets bedoelen de Belgen als zij het over "de grote oorlog" hebben, niet de Tweede maar de Eerste Wereldoorlog!

Zoals op de tentoonstelling is te zien geschiedde de wederopbouw op een zeer bijzondere wijze.

Er is ook een videopresentatie te bezichtigen. Voorts is een uitgebreide catalogus verkrijgbaar.

VERWANTE ORGANISATIES

Er bestaat wel eens wat verwarring over de verschillende verenigingen en organisaties die momenteel op technisch museaal gebied actief zijn. Deze zijn:

TECHNISCH TENTOONSTELLINGSCENTRUM (TTC)

Een dienst van de Technische Hogeschool te Delft, die zich onder meer bezighoudt met het organiseren van tentoonstellingen op technisch historisch gebied en die tevens belast is met opsporing, registratie, beschrijving en behoud van waardevolle technisch historische objecten en collecties. Het ligt in de bedoeling dat het TTC zich zal ontwikkelen tot een museum van de techniek.

Adres: Kanaalweg 4, 2628 EB Delft.

STICHTING TECHNISCH-HISTORISCHE VERZAMELINGEN (STV)

Vereniging van organisaties (stichtingen, instituten, verenigingen e.d.) en individuele personen die een technische verzameling hebben dan wel daar nauw bij zijn betrokken, met het doel tot gezamenlijke activiteiten (zoals bijv. exposities) te komen.

Adres secretariaat: Minervaplein 10, 1077 TP Amsterdam.

SECTIE TECHNISCHE MUSEA VAN DE NEDERLANDSE MUSEUM-VERENIGING (STM)

Samenwerkingsverband van technische musea in het kader van de Nederlandse Museumvereniging.

Adres secretariaat: W.F. Renaud, p/a Openluchtmuseum, Schelmsweg 89, 6816 SJ Arnhem.

Het spreekt vanzelf dat "Histechnica" naar een zo hecht mogelijke samenwerking met en tussen bovengenoemde verenigingen streeft.



"HISTEchnica"

Histechnica is een vereniging van vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC.

Deze vereniging, die in 1974 werd opgericht, stelt zich ten doel de belangstelling te bevorderen voor de ontwikkeling van de techniek in verleden, heden en toekomst en zijn maatschappelijke gevolgen. De vereniging tracht dit doel in eerste instantie te verwezenlijken door het TTC zowel financieel als op alle mogelijke andere manieren te steunen bij haar activiteiten. Histechnica wil op deze wijze het TTC de mogelijkheid bieden uit te groeien tot een landelijk historisch en modern educatief centrum voor de techniek.

Het TTC organiseert tentoonstellingen op het gebied van de techniek voor een zo breed mogelijk publiek waarbij aan de hand van modellen en zelf te bedienen opstellingen inzicht wordt gegeven in de basisprincipes van historische- en moderne technieken. Een beter begrip van de technische ontwikkelingen in het verleden en heden zal een evenwichtige benadering van de huidige en toekomstige technische ontwikkelingen mogelijk maken.

Voorts verzamelt het TTC historische technische objecten en archivalia ten behoeve van tentoonstellingen en de studie van de geschiedenis van de techniek.

Histechnica organiseert voor zijn leden regelmatig lezingen, excursies en andere evenementen.

De vereniging kent gewone leden en beschermende leden. De contributie voor een gewoon lid bedraagt tenminste fl. 25,- per jaar; voor een beschermend lid tenminste fl. 100,- per jaar.

Rectificatie:

Het onderschrift van fig. 8 in het eerste artikel over Offshore aspecten in H-Nieuws nr. 28 moet luiden:

"Configuratie van een zogenaamde platvormstad".

Secretaris: ir. J. van Elk
Populiereindreef 16
3137 CW Vlaardingen
Tel. kantoor: 015-611061
Tel. huis: 010-4747173.



Postgironr. 3301027 ten name van:
Penningmeester Histechnica te
Voorschoten.

Naar aanleiding van de TTC-tentoonstelling "Offshore" beschreef de heer J.H. Reusink, die het draaiboek voor deze tentoonstelling samenstelde, in H-Nieuws, nr. 28 een aantal aspecten van de offshore technologie. In het hierna volgende artikel gaat de heer Reusink nader in op het ontstaan van olie en gas in de Noordzee, de onderwatertechnologie en de activiteiten rond het Trollveld.

HET ONTSTAAN EN DE WINNING VAN OLIE EN GAS IN DE NOORDZEE

door J.H. Reusink.

Het geologische verhaal van de Noordzee

Het ontstaan van de Noordzee hangt nauw samen met het ontstaan van de Atlantische Oceaan. Driehonderd miljoen jaar geleden waren de verschillende continenten nog onderling verbonden. Ongeveer 275 miljoen jaar geleden, in de geologische periode van het Perm, ontstonden er breuken en breuksystemen waardoor de oorspronkelijke samenhang werd verbroken. De afzonderlijke delen begonnen langzaam uiteen te drijven. Een langzame beweging die 50 miljoen jaar geleden leidde tot de voltooiing van de Atlantische Oceaan en tevens de volledige scheiding van Europa, Groenland en Noord-Amerika. Door deze bewegingen werd een aantal oudere, al bestaande breuken, opnieuw geactiveerd. Tussen deze breuken zakte de bodem langzaam in en zo ontstonden er bekkens die gaandeweg werden overstromd door de zee. Deze bekkensystemen, 200 miljoen jaar geleden gevormd, zijn nog steeds in de huidige topografie herkenbaar. De Noordzee bestaat uit twee van dergelijke bekkens: het ene loopt van Noorwegen in de richting van het Rijndal en het andere van de Noorse Geul in de richting van de Oostzee.

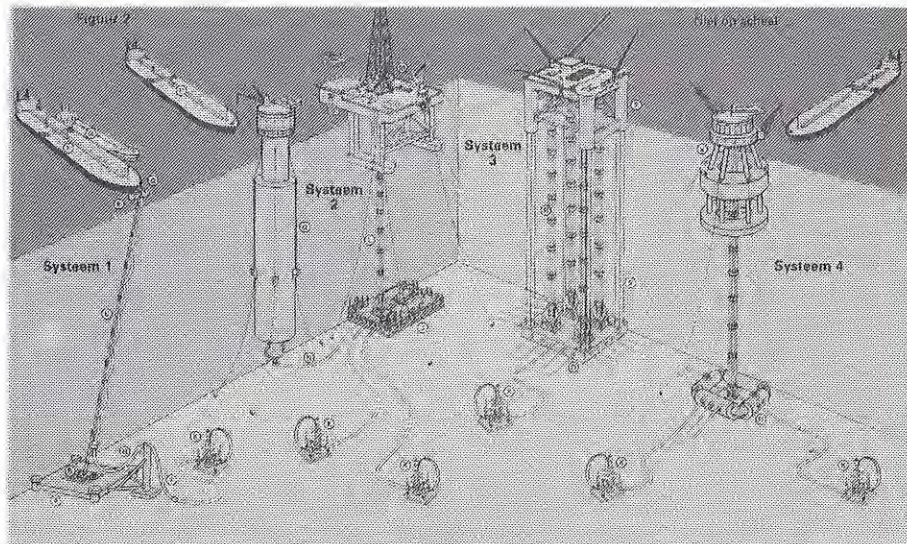
Voordat deze bekkens werden gevormd was er de geologische periode van het Carboon (280-350 miljoen jaar geleden), die van groot belang geworden is voor de economische ontwikkeling van West-Europa. In een vlakke laagte, die zich uitstrekte van Midden-Engeland over Nederland, Noord-België en Duitsland vormden zich uitgebreide kustmoerassen met een weelderige tropische plantengroei. In die moerassen, die van tijd tot tijd door de zee werden overstromd, kon op grote schaal veen ontstaan dat later werd bedekt door steeds grotere lagen zand, klei, steenzout en kalk. In een van de periodes van het Perm, het Rotliegendes (250-285 miljoen jaar geleden), heerste er een woestijnklimaat in de "Noordzeelaagte". Er werden woestijnzanden afgezet met een typerende rode kleur. De zanden waren afkomstig van de eroderende omringende berglanden (Noorwegen, Schotland, Midden-Engeland en de Ardennen). Dit proces van erosie wordt denuderen genoemd. De daling van de bekkens ging gewoon door zodat tussen Schotland en Noorwegen een laagte ontstond, waardoor de zee binnenkwam. Er vormde zich een binnenzee die een verhoudingsgewijs kleine opening naar de oceaan bezat. Nog steeds heerste er een warm en droog klimaat waardoor het zeewater in hoog tempo verdampte. In tijden dat de binnenzee nagenoeg droog kwam te staan werden er pakketten zout afgezet; de dikte van deze afzettingen bedraagt wel enkele honderden meters.

Door de toenemende druk van bovenliggende lagen werd het veen samengeperst terwijl de temperatuur geleidelijk opliep, omdat het veen steeds dieper onder het aardoppervlak kwam te liggen. Door temperatuur en druk voltrok zich in het veen een langzaam verloopend inkolingsproces en op den duur ontstond er steenkool. Bij een ononderbroken inkoling gaat de daling van gesteenten en de afzetting daarop van nieuwe lagen steeds door, evenals de temperatuurverhoging en de druk in de onderste lagen met plantengroei. Omzetting van die lagen in steenkool en tenslotte antraciet is een eindresultaat waarbij de kans op voorraadvorming van aardgas erg klein is. Wordt het hiervoor geschiktste proces echter om de een of de andere reden onderbroken, dan zal het inkolingsproces slechts onvolledig verlopen. Als in een later stadium de koollagen verder wegzinken kan de inkoling weer op gang komen door de invloed van temperatuur en druk. De omstandigheden bij deze na-inkoling zijn gunstig voor de vorming van gas. Daarbij is de kans groter dat de lagen waar het mijngas zich nestelt zijn bedekt met ondoordringbare formaties, bijvoorbeeld de steenkoolformaties uit het Zechstein. Het hierboven beschreven heeft zich globaal afgespeeld bij het grote, in 1959 ontdekte, Slochteren-gasveld in de provincie Groningen en enige marginale gasvelden in de zuidelijke Noordzee. Afzettingen uit het Carboon, 3000 tot 6000 meter onder het huidige landoppervlak, zijn te beschouwen als het moedergesteente dat het gas heeft "geproduceerd". Het reservoirgesteente, waar het gas zich heeft opgehoopt is het Rotliegendes zandsteen. Het gas verzamelde zich in de miljarden poriën, minuscule met elkaar in verbinding staande holle ruimten tussen de zandkorrels. De druk van het gas liep daarbij op tot 300 atmosfeer. Het laat zich aanzien dat accumulaties van de omvang als die in Groningen zich niet meer in de kolengordel van de zuidelijke Noordzee bevinden. De geschiktste kolenmijngastheorie is ontwikkeld door de Nederlandse geoloog dr. R.S.H. Patijn.

Olie- en gasvorming in de Noordzee

De meeste olie- en gasvondsten op de Noordzee zijn op een andere wijze ontstaan. Na de zoutafzettingen van het Zechstein werd op den duur de verbinding van de binnenzee naar de oceaan groter en tenslotte ontstond 225 miljoen jaar geleden, in het begin van het Trias, een open zee waarin geen zout meer werd afgezet. Sindsdien is het Noordzeegebied vrijwel voortdurend zee geweest, waarbij ook de lagere delen van Engeland, Nederland, België en Denemarken regelmatig zee waren en in andere perioden delen van de huidige Noordzee juist weer droog lagen. Ook vormde zich vaak een brede verbinding met het Oostzeegebied. Het Noorse bekken en omringende gebieden waren voortdurend in beweging: opheffing, plooiing, scheefstand, sedimentatie en erosie waren de optredende structurele processen, de hoofdvormen van tectonische deformaties als gevolg van endogene, in de aardkorst gesitueerde krachten. In het Noordzeegebied overheerste daarbij de daling, die overigens grotendeels werd bijgehouden door sedimentatieafzettingen. Het sedimentpakket dat op het zout werd afgezet bereikte zijn grootste dikte van ongeveer 7000 meter in het midden van de Noordzee. Naar de randen toe wordt deze laag dunner en is hij afwezig in Noorwegen, Schotland, de

Ardennen, e.d. Deze zijn de gebieden die 200 miljoen jaar geleden de berglanden aan de rand van het bekken vormden. In het dikke sedimentpakket kon zich onder invloed van temperatuur, druk en waarschijnlijk ook bacteriën, olie en gas vormen. De eerste beweging van de gevormde koolhydraten was opwaarts gericht, een beweging door spleten en poriën van de gesteenten. De beweging werd veroorzaakt door de hoge druk in het gesteente waardoor de koolhydraten opwaarts gerichte krachten ondervonden. In sommige gevallen was het te passeren gesteente echter zo dicht gepakt, dat olie en gas er niet meer doorheen konden en zo ontstonden er onder deze afsluitende lagen accumulaties van olie, gas en zout water. Vervolgens trad er een migratieproces op, waarbij de koolhydraten zich in horizontale richting gingen verplaatsen naar het hoogste punt. Veel van het gevormde olie en gas ging verloren omdat het bij deze migratiebeweging het aardoppervlak bereikte. In een aantal gevallen verzamelden het olie en gas zich in anticlinalen, of onder breukvlakken, waarbij de lagen zodanig verschoven zijn dat verdere voortgang verhinderd wordt. De Noordzee kreeg bij benadering zijn huidige vorm aan het begin van het Tertiair, 50 miljoen jaar geleden. Gedurende het Tertiair was de Noordzee een ondiepe zee van wisselende omvang. Hieraan kwam een einde in het Quartair, dat ongeveer 2 miljoen jaar geleden begon. Door een complex van oorzaken begonnen toen de ijskappen aan de polen te groeien waardoor zoveel water in de vorm van ijs werd vastgelegd dat de zeespiegel daalde, maximaal zo'n 100 meter. Ondiepe randzeeën zoals de Noordzee en overige delen van het Continentaal Plat kwamen grotendeels droog te staan. Tijdens minstens twee van die perioden met lage zeespiegelstand heeft het landijs, dat vanuit Scandinavië en Schotland kwam, de Noordzee bereikt en voor een groot deel bedekt. Het verst kwam het landijs in de voorlaatste ijstijd. De zuidgrens lag toen dwars over Nederland en Engeland. Het landijs, dat langzaam over de Noordzeebodem



Schema van produktiesystemen:

1. Sals-installatie voor een klein veld.
2. Drijvende produktie-installatie met onderwater afgewerkte putten. . . .
3. Produktiesysteem met tuikabelverankering.
4. Op de Spar gebaseerd systeem voor produktie, verlading en opslag.

schoof, heeft een grote invloed gehad op het reliëf en de samenstelling van de zeebodem. Het wijst erop dat een zeer groot deel van het bodemreliëf van de Noordzee tijdens de laatste ijstijden is gevormd. Deze ijstijden worden Wurm of Weichsel en de Riss of Saale ijstijd genoemd, 7.000 tot 10.000 respectievelijk 20.000 tot 80.000 jaar geleden. De zand en grindwallen in de Noordzee zijn naar alle waarschijnlijkheid oude puinwallen, zoals aan de voet of zijwand van een gletsjer worden gevormd.

De Noorse Geul ligt op een plaats waar vroeg door breukwerking een bekken is ontstaan en er is wel gedacht dat ook de Noorse Geul zo'n ingezakt deel van de zeebodem was. Nader onderzoek van de structuur van de bodem heeft echter aangetoond dat de lagen in de ondergrond niet zijn gebroken, maar dat de Noorse Geul voornamelijk in de bodem is uitge-

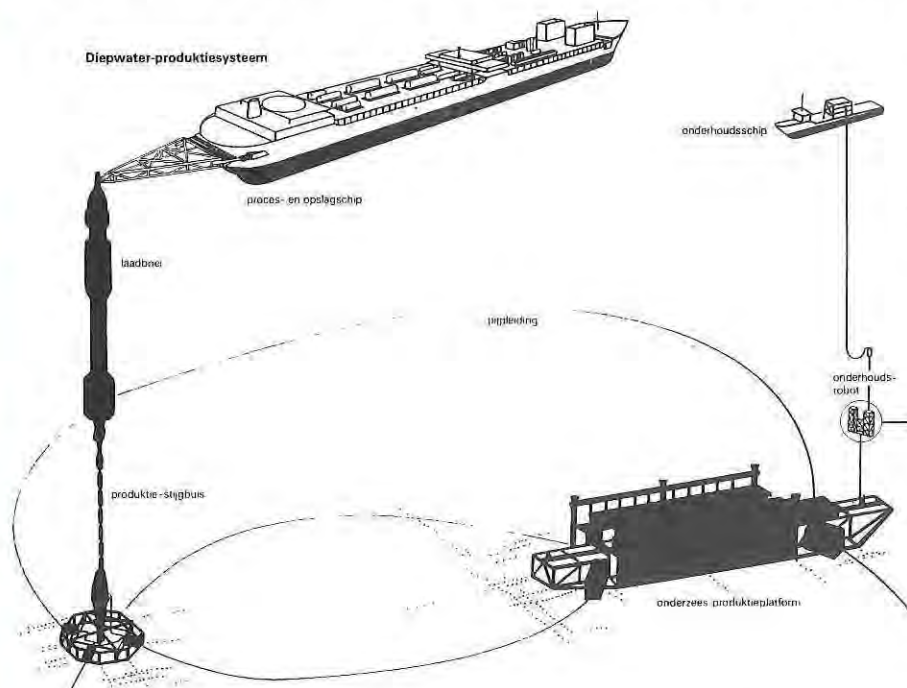
schuurd, naar alle waarschijnlijkheid door het landijs.

Onderwatersystemen

De in het voorgaande artikel beschreven systemen zijn gebaseerd op het creëren van dekruimte boven water. Dit uitgangspunt is erop gebaseerd dat olie en gas boven water moeten komen, of voor transport over zee met behulp van tankers, of, indien transport met behulp van onderzeese pijpleidingen gaat, voor een behandeling om het voor verder transport geschikt te maken. Indien dit alles echter niet nodig is, dan ligt het voor de hand een constructie te ontwerpen die op de zeebodem geplaatst wordt. Deze toepassing begint zich te ontwikkelen voor het produceren door middel van onderwaterputten. Deze putten produceren dan een afgelegen deel van het reservoir, dat niet vanaf het bestaande platform, waarop de behandelingsapparatuur staat, bereikt kan worden.

De systemen worden onderscheiden in "satellietputten" en "onderwater manifold centre". Satellietputten zijn putten die individueel met behulp van een pijpleiding met het produktieplatform zijn verbonden. Op de zeebodem staat in dat geval alleen een afsluiter op de bovenste casing gemonteerd om de put in geval van nood te kunnen afsluiten. Een onderwater manifold centre is een veel complexere constructie. Er komen nu een reeks putten bij elkaar, die alle onafhankelijk geproduceerd kunnen worden. Ook is er ruimte voor compressoren die in een later stadium injectie in het reservoir kunnen verzorgen.

Theoretisch zijn er twee uiterste alternatieven denkbaar voor de ontwikkeling van een veld in zeer diep water, bijvoorbeeld 700 meter. Het eerste houdt de installatie in van zoveel mogelijk activiteiten boven water, dus volgens het principe van de conventionele platforms, hoewel daar nu wel enig onderhoud onder water bij te pas zal komen. Het andere futuristische uiterste zou zijn het op de bodem installeren van alle produktiefaciliteiten en accommodaties voor de bemanning. Deze oplossing wordt op het ogenblik als onuitvoerbaar beschouwd en voorts ook onwaarschijnlijk geacht voor de toekomst. Wel werkt de olie-industrie steeds meer



Diepwater produktiesysteem dat gebruik maakt van een zeebodem-produktieplatform (op afstand bestuurd), een laadboei en een tanker met behandelingsapparatuur aan boord.

naar een grotere toepassing van productiefaciliteiten onder water toe. Oliemaatschappijen voeren nieuwe technieken beetje voor beetje in om zo op elk aspect een veiligheidsbeschouwing en een economische analyse te kunnen uitoefenen. Een van die technieken die men sinds kort toepast is het boren van onder water afgewerkte satellietputten. Deze ontwikkeling heeft zich op een zodanige wijze uitgebreid, dat, waar voor kort nog werd gedacht dat dit systeem alleen toepassing zou vinden waar de waterdiepte te groot was voor het plaatsen van vaste platforms, we nu zien dat de techniek van de onderwater afgewerkte put ook geschikt is voor toepassing in kleine velden, daar waar een vast platform te duur zou zijn.

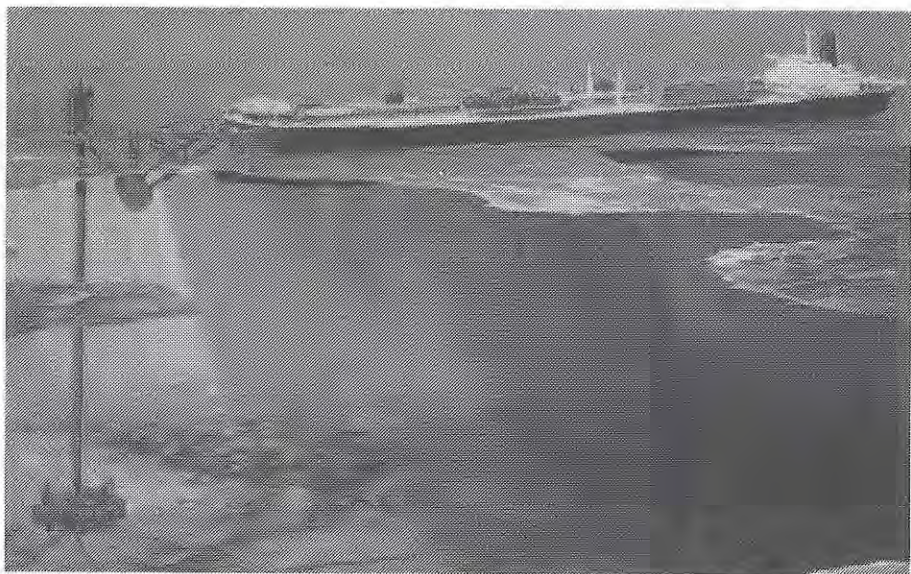
Op dit moment is er een aantal technieken waarop een op de zeebodem gelegen veld kan worden ontwikkeld, gesteld dat er uitgegaan wordt van putafwerking onder water en dat de installatie boven water om wat voor reden dan ook niet in aanmerking komt. De verschillende systemen lenen zich voor verschillende waterdieptes.

Het eerste systeem betreft een eenpootsveranker of SALS (Single Anchored Leg Mooring) en is geschikt voor water diepten van 100 tot 140 meter. De eerste operationele SALS-installatie werd voor SHELL-Espana geïnstalleerd in het Castellonveld voor de Spaanse oostkust, in water van 117 meter diepte. Het ging daarbij om de productie van een put. Het systeem bestaat uit een tanker met de benodigde procesapparatuur en overslagcapaciteit aan boord, en een verankeringsysteem dat tevens dient ter ondersteuning van een productieleiding die de putmond op de zeebodem met de apparatuur aan het oppervlak verbindt. De overslagtanker is via een juk en door middel van eenpootsveranker aan een met heipalen aan de bodem verankerde bodemplaat bevestigd. Het juk is een scharnierende constructie die aan de ene kant met de boeg van de tanker en aan de andere kant met de eenpootsveranker verbonden is. Een in het midden, onder het wateroppervlak drijvende tank zorgt ervoor dat de eenpootsveranker strak gespannen blijft. De verbindingen van de tanker naar het juk moeten zo uitgevoerd worden dat de tanker in alle richtingen vrij kan bewegen en een hele slag kan maken om de poot. De produktiekosten voor dit kleine veld waren slechts 10.000 dollar per bbl/dag. Uit de vergelijkende figuur valt op te maken dat dit erg laag is. Verdere ontwikkeling van de SALS-installatie heeft een systeem opgeleverd waarop verschillende putten in dieper water kunnen worden aangesloten. Een productiesysteem van dit type is geïnstalleerd in het Tazerkaveld, voor de kust van Tunesië, in water van 140 meter. Dit systeem is geïnstalleerd in 1982.

Een bijzondere variant op het SALS-systeem is toegepast in het Fulmarveld op de Noordzee. De voorzieningen bevinden zich aan boord van een opslagtanker die permanent aan een toren is verbonden. De toren is door middel van een universele koppeling aan de zeebodem verbonden, terwijl het bovenste element draagvermogen bezit om de toren te ondersteunen. Het systeem wordt meestal aangeduid als meersysteem met eenpootsveranker (SALM). De 60 meter lange meerarm is met behulp van een speciale draaiconstructie aan de toren verbonden. De toren is 83 meter hoog en heeft een maximale diameter van 16 meter. Andere varianten op dit systeem zijn ELSBM, SPT en CALM. Het betreft hier variaties op het-

zelfde thema.

Een tweede systeem is ontwikkeld voor toepassing in waterdiepten van 150 tot 300 meter. Dit systeem bestaat uit een permanent verankerde semi-submersible en een verzamelsysteem op de zeebodem. Het verzamelsysteem vormt een opvangcentrum voor de olie die van satellietputten (risers) die het verzamelsysteem met de drijvende installatie verbinden, komt de olie aan de oppervlakte waar het de nodige procesbehandeling ondergaat. Na behandeling wordt de olie dan via de zeebodem naar een verzamelsysteem gepompt. De afvoerleiding kan via dit systeem verbonden worden met een installatie voor het laden van tankers op zee, dan wel met een reeds aanwezig platform met transportfaciliteiten of een pijpleidingennet. Een op dit principe gebaseerd systeem wordt toegepast in het Argyllveld in de Noordzee bij een waterdiepte van 75 meter. Toepassing van dit systeem is vooral aantrekkelijk als er een pijpleiding in de buurt is.



Eenpunts-meerboei met vier putten in het Tazerka-veld. De waterdiepte ter plaatse is 126 meter. De productie bedraagt 20.000 vaten per dag. Kosten: 9,00 US \$ per vat per dag.

Het derde systeem betreft het op de bodem afgespannen diepdrijvende eiland of TLP (Tension Leg Platform). Het diepdrijvende platform wordt nu door de spankabels in het water getrokken tot een diepte, die groot genoeg is om ervoor te zorgen dat er te allen tijde een minimale opwaartse kracht geleverd kan worden voor het strakhouden van de kabels. In de Noordzee met een maximale golfhoogte van 25 meter moeten de kabels zo strak gespannen staan dat bij het optreden van een golfdal, met een waterstandsverlaging van 12,5 meter, nog trek in de kabels overblijft. De toegevoegde diepgang door de kabels moet in dit voorbeeld dus minstens 12,5 meter bedragen. Het spangewicht is vervolgens uit de toegevoegde waterplaatsing te berekenen. Door de verticale veranker worden op- en neergaande bewegingen als gevolg van deining, stampen of slingeren bijna geheel onderdrukt. Een bewegingsvrijheid die nauwelijks is onderdrukt is het horizontale verplaatsen van het platform.

De eerste praktische toepassing van het TLP heeft plaatsgevonden in het Huttonveld in de Noordzee bij een waterdiepte van 140 meter. Shell bestudeert het TLP voor toepassing voor de kust van Californië in waterdieptes van 600 meter.

Er waren 8 jaren van voorbereidingen en studies nodig om voor het in 1972 ontdekte Huttonveld het eerste TLP-platformontwerp te ontwikkelen. Het ontwerp is in grote lijnen analoog aan een conventioneel diepdrijvend schip, zij het dat het 20 jaar operationeel op de Noordzee moet kunnen functioneren zonder reparaties in een droogdok. Het laatste stelt vooral zware eisen aan de gebruikte materialen.

Het eerste TLP moet vooral gezien worden als aanloop voor de toekomstige ontwikkelingen. Staat dit platform nog in water van 155 meter, de economische waterdieptes voor dit systeem zijn meer dan 300 meter. Bij waterdieptes groter dan 600 meter bestaat er gevaar dat de eigentrillingstijd van de spankabels die van de belasting gaan benaderen waarvoor dan speciale voorzieningen getroffen moeten worden. Het voorlopig afgebakende toepassingsgebied ligt dus tussen de 300 en 600 meter water. Het TLP-ontwerp kenmerkt zich door vier elementaire constructiedelen: het dek is als een integrale

rend deel vervaardigd en bergt alle procesapparatuur en modules voor boorwerkzaamheden, elektriciteitsgeneratie, bemanningsverblijven, helikopterdek en fakkellinstallatie. De romp is een zeskoloms diepdrijvende constructie met een ballastsysteem voor de stabiliteit. Na de fabricage van de romp wordt deze op zee afgezonken en wordt de bovenbouw er overheen gevaren en bevestigd. Het verankeringsysteem bestaat uit 16 kabels, elk bestaande uit vier delen die met een schroefkoppeling bevestigd worden. De kabels, 260 mm in diameter, lopen van de kolommen van de romp naar een fundingsaansluitingsplateau (template) op de zeebodem. De kabels kunnen één voor één verwijderd worden voor onderhoud en inspectie zonder dat dit de verdere werkzaamheden aantast. De totale spankracht in de kabels bedraagt 13.000 ton op een totaal platformgewicht van 47.000 ton. De totale waterverplaatsing bedraagt dus 60.000 ton. De maximale horizontale verplaatsing van de bovenbouw bij een honderd-jaars-storm bedraagt maximaal 20 meter. Het laatste specifieke constructie-element betreft het puttentemplate op de zeebodem. De 32 putten worden voor de installatie van het platform door dit plateau geboord en afgewerkt. Na installatie worden de put-



Brent Spar opslagtank met afgemeerde transporttanker. De opslagtank is 120 m hoog en heeft een capaciteit van 300.000 vaten.

monden aangesloten op stijgbuizen of risers.

Het vierde systeem is een drijvende installatie, gebaseerd op de "Spar", die zich leent voor waterdieptes van 300 tot meer dan 1000 meter. Het systeem is voorzien van zowel opslag- als laadfaciliteiten. De Spar is een drijvende opslag en tanker-laadinstallatie die in het midden van de zeventiger jaren gebruikt werd voor opvang van olie uit het Ekofiskveld op het moment dat de pijpleiding naar het vaste land nog niet gereed was. De "semi-Spar" is als bijzondere toepassing speciaal geschikt voor een waterdiepte van 300 meter. Het laadsysteem van deze installatie stelt pendeltankers in staat af te meren en rechtstreeks te laden.

Een andere ontwikkeling betreft het UMC of Underwater Manifold Centre als verzamelstation voor een aantal onderwaterputten. Het eerste UMC is in 1982 in het Cormorantveld op de Noordzee geplaatst in water van 150 meter diepte. Via dit UMC kunnen negen putten op een reeds bestaand platform worden aangesloten. In dit veld is de afstand tussen de putten en het platform zo groot dat de reservoirdruk te gering is om olie rechtstreeks vanaf de putten door afzonderlijke produktleidingen naar het platform te stuwten. Door de kleine diameter van deze leidingen is de drukval als gevolg van wrijvingsverliezen over korte afstanden al aanzienlijk. Nu worden alle onderwaterputten op het verzamelstation aangesloten en na verregaande vermenging van de olie wordt deze door een centrale leiding naar het platform gestuwd. De investeringskosten van het UMC liggen al op een aanzienlijk hoger niveau en bedragen 35.000 dollar per bbl/dag.

De installaties onder water, zoals putmonden en verzamelssystemen, kunnen doorgaans in twee groepen worden ingedeeld: natte en droge. Een "natte" installatie staat in direct contact met het zeewater en is voortdurend onderhevig aan hydrostatische druk. Deze installaties worden onderhouden vanaf het wateroppervlak met behulp van op afstand bediende robots die allerlei handelingen kunnen verrichten. De gehanteerde methode hangt uiteindelijk af van de plaats en de diepte van het onderwaterstation. Een "droge" installatie bevindt zich in een waterdicht,

met lucht of een inert gas gevuld compartiment, waarin meestal een druk van 1 atmosfeer heerst. Het compartiment is bereikbaar met een duikcapsule. De droge methode is in de Golf van Mexico al verschillende malen beproefd, maar zou bij de zwaardere omstandigheden van de Noordzee wel eens tot ontoelaatbare vertragingen bij het afzinken en ophalen van de capsule kunnen leiden.

Voorts is het eenputsolieproductiesysteem (SWOPS) als alternatief op een diep-drijvend produktie-eiland in onderzoek. De omgebouwde tanker fungeert als verwerkingsplatform, opslaginstallatie en pendeldiensttanker tegelijk. Het systeem leent zich voor toepassing in betrekkelijk kleine velden, of bij velden waar een uitgebreide evaluatie van de produktiemogelijkheden gewenst is. Vanuit de tanker wordt via een gleuf in de scheepsromp, de monopool, een stijgbuis neergelaten die met behulp van afstandsbediening op de putmond wordt aangesloten. Vervolgens wordt de put geopend en kan de produktie beginnen. Als het schip gevuld is wordt het weer afgekoppeld en vertrekt het naar een los-station op de vaste wal. In principe zou deze methode in elke waterdiepte kunnen worden gebruikt.

Het Trollveld; beschrijving en platform alternatieven

Het Trollveld ligt in de Noorse Geul, 80 kilometer west noordwest van Bergen. De activiteiten in het Trollgebied begonnen in 1979 met de verlening van produktievergunningen aan een consortium van oliemaatschappijen, waarbij Norske Shell als operator op zou treden. Tot in 1984 zijn in totaal een 30-tal proefboringen uitgevoerd die eerdere seismische waarnemingen bevestigden betreffende de aanwezigheid van een reservoir van extreem grote omvang, ongeveer 22 bij 14 kilometer, waarmee het reservoir zich in aangrenzende blokken voortzet. Een andere belangrijke factor is dat het reservoir zich op slechts 1500 meter onder de zeebodem bevindt. De accumulaties zijn door een complexiteit van breukvlakken in een aantal segmenten opgedeeld. Het reservoirgesteente bestaat uit fijne zanden, af-

gesloten door een cap-rock van kleigesteente. Volgens de operator is het mogelijk om heel Troll-west met behulp van een groot gecombineerd gas- en olieproduktieplatform te produceren. De capaciteit van een dergelijke installatie zou op jaarbasis 15 miljard m³ gas en 36 miljoen barrels olie moeten bedragen. Het gas zal daarbij aanvankelijk gewonnen worden door vanuit het produktieplatform 30 produktieputten te boren. In een later stadium zal dit verder aangevuld worden door een aantal op de zeebodem te plaatsen satellietputten. Er wordt in dit verband ook gedacht aan een puttencluster voor gasproduktie. De ondiepe ligging en de geologische structuur van het reservoir beperken de horizontale afstand die door gedeveerd boren bereikt kan worden. Was dit bij Statfjord 3 kilometer, bij Troll is dit slechts 500 meter, waardoor slechts een klein deel van het reservoir vanuit een centraal punt aan de oppervlakte bereikt kan worden. Voor elk type platform dat in de ontwerp-procedure wordt meegenomen geldt dat de produktstroom van 75 putten moet kunnen verwerken. Studies hebben aangetoond dat een aantal vaste platforms in staat moeten worden geacht om de produktstroom van 30 conductors en 45 zeebodemputten te verwerken. Om dezelfde capaciteit met behulp van combinaties van vaste en drijvende platforms te realiseren wordt zowel kostbaarder als technisch complexer geacht.

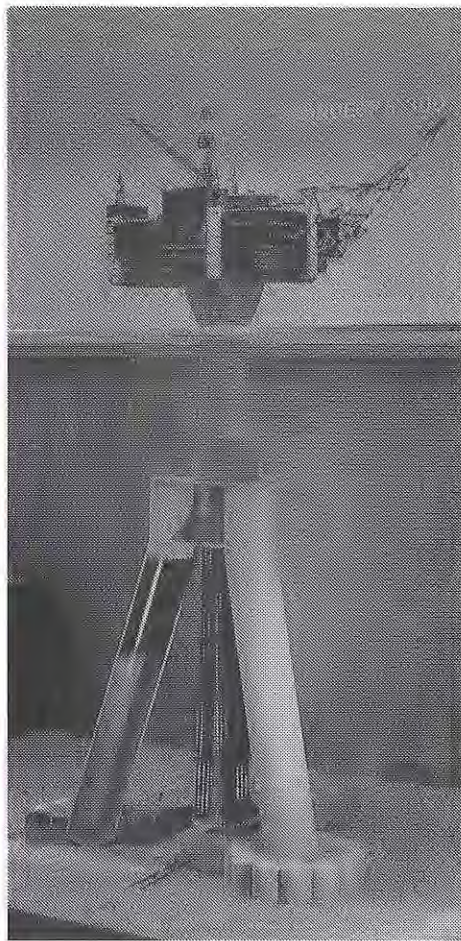
Het moge inmiddels duidelijk zijn dat de produktieontwikkeling van Troll met een aantal omgevingsproblemen kampt; grote zeediepte, ruwe zeecondities, een ondiep reservoir met lage reservoirdrukken, namelijk 158 bar, grote produktiecapaciteit met veel putten en beperkingen met betrekking tot het gedeveerd boren. In eerste instantie wordt getracht Troll te ontwikkelen op basis van extrapolatie van bestaande technieken. Op plaatsen waarvoor dit niet mogelijk is zal pas gewerkt worden aan het ontwikkelen van nieuwe technieken, de zogenaamde hi-tech oplossingen.

De vast aan de bodem bevestigde platforms betreffen: Condeep T300, TTP, Steel Spaceframe, Condeep SP en Astrid. Deze ontwerpen zijn overgebleven na selecterende beginstudies op basis van technische en economische mogelijkheden. Deze platforms hebben een aantal overeenkomsten die hier besproken zullen worden. Zo zijn de wellheads toegankelijk voor hand-inspectie en bediening. De diameter van de buizen, gebruikt voor verbinding met het reservoir, kunnen groter zijn dan bij satellietputten op de zeebodem. Dit wordt bepaald door afsluitmogelijkheden. Het conventionele karakter van de platforms zal een gunstige invloed hebben op operationele- en onderhoudskosten. Voorts kunnen risers, de stijgbuizen door de zee, in het platform opgenomen worden, alsmede de gas exporting riser. Aan de ene kant zijn vaste platforms duur ten opzichte van drijvende platforms, aan de andere kant is het draagvermogen vele malen groter. Dit is een belangrijk aspect in het licht van de grote hoeveelheid procesapparatuur die op het dek gestald moet worden.

Compliant (vrij aan de bodem verbonden) platforms, die al vanaf het begin bij de studies voor het Trollveld betrokken zijn, zijn de Guyed Tower (afgetuide toren) en de Articulated Tower (kunstmatige toren). Beide typen kenmerken zich door een beperkte dekgewichtcapaciteit in vergelijking tot vaste platforms. Deze restrictie komt voort uit de stabiliteitsproblema-

tiek van dit type platform. Het Articulated Tower concept heeft ter plaatse van de bodemverbinding geen ingebouwde reserve en het aantal putstromen is om praktische redenen beperkt. De Articulated Tower behoudt zijn verticale positie door grote drijflichamen onder de waterlijn. Tot nu toe is dit type voornamelijk voor onbemande laad- en controlerstations in gebruik en vooral het bodemknooppunt maakt het gebruik voor een groot produktieplatform, met vele malen grotere belastingen, nogal onzeker.

Voor het gebruik op een platform met een gemiddeld dekgewicht in de noordelijke Noordzee, bleek het Guyed Tower concept grote problemen te geven betreffende de stijfheid van de tuien. Om de constructie voldoende stijfheid te laten behouden in het geval er een of twee tuien zouden breken zou deze met een groot aantal tuien uitgevoerd moeten worden. Het grote aantal tuien vergroot vervolgens de stijfheid en verlaagt daarmee de eigentrillingsperiode van de constructie. Het gevaar voor dynamische opslingering met de daarmee gepaard gaande grote krachten wordt dan reëel. Oplossing van dit probleem kan geschieden door het aanbrengen van extra massa in de toren. Schepen die het platform benaderen moeten uitgerust zijn met een dynamische positioneerinrichting omdat het gebruik van ankers schade zou kunnen toebrengen aan de tuien.



Condeep T-300 platformconcept.

Uitgebreide studies hebben aangetoond dat ook een aantal drijvende systemen toepasbaar zijn voor het Trollveld. Het zijn met name het TLP, een aan de bodem verankerd diepdrijvend platform en scheepsachtige constructies. Alle genoemde drijvende platforms kunnen een beperkt aantal risers bergen. Deze beperking is het minst sterk voor het TLP van-

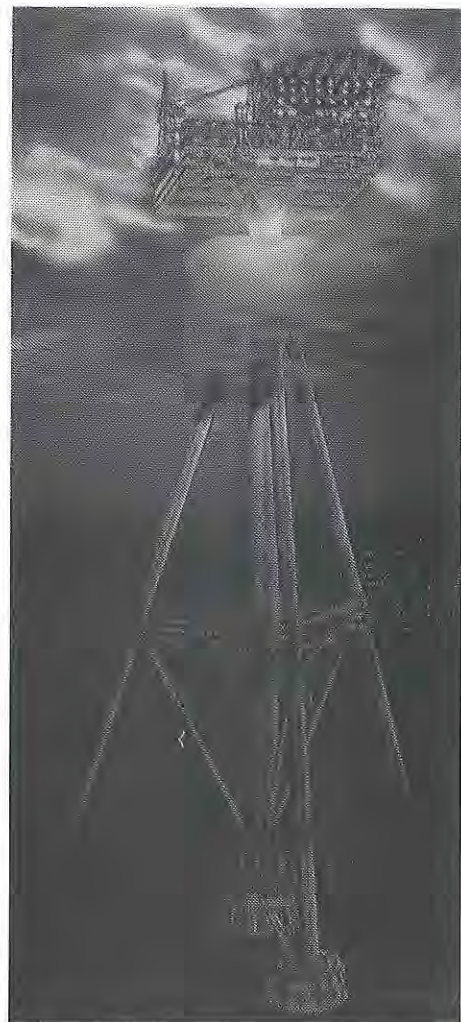
wege de beperkte verticale bewegingen. Daar waar het platform grote verticale bewegingen kan ondergaan, kan niet de op trek aan de zeebodem afgespannen riser worden gebruikt. Dan moet een oplossing worden gekozen, waarbij de riser een soort van expansielust heeft die wordt gerealiseerd door een oversized riser halverwege de waterdiepte te verbinden met een drijver. Het gedeelte van de drijver naar de bodem staat dan verticaal gespannen terwijl in het gedeelte naar het platform een lus zit die relatief grote platformbewegingen mogelijk maakt. Dit wordt een "flexible riser" genoemd.

Een tweede aspect van drijvende platforms is dat de toelaatbare bovenbouwbelastingen veel kleiner zijn dan bij vaste platforms. Gezien het feit dat het aantal risers ook beperkt is kan er gesproken worden van een balanssituatie. Afgezien van het TLP opereren de drijvende platforms met zeebodemputten. Deze putten zijn duurder zowel bij het installeren als bij het onderhoud dan de gewone putten. Concluderend lijkt de markt voor drijvende platforms vooral te liggen bij waterdieptes van 400-600 meter, dat wil zeggen buiten het werkkterrein van de vaste platforms, met toepassingen waarbij het aantal putten en de productiecapaciteit beperkt kan blijven.

Er wordt nu nog een aantal kenmerken van de vier meest in aanmerking komende substructures gegeven, namelijk: Condeep T300 Gravity, TTP Steeltripod, stalen spaceframe of jacket en het Condeep Skirt Pile Gravity Platform.

Het Condeep T300 is door Norwegian Contractors in studie genomen. Het is in essentie een monotoren ondersteund door drie, onder een helling staande, poten die uitmonden in onderling verbonden funderingsplateaus. De buitendiameter van de toren varieert van 22 tot 40 meter over de hoogte met wanddiktes van 2 meter ter plaatse van de basis. Het platform was aanvankelijk uitgevoerd als gravity platform wat het afhankelijk maakte van de zachte bodem ter plaatse van Troll en zou verzakkingen van meerdere meters te zien geven gedurende de levensperiode van het platform. Bij de gravity uitvoering zijn er skirts aanwezig tot 16 meter onder de zeebodem en is er een totaal funderingsoppervlak van 22.000 m².

Bij de later ontwikkelde versie met palen is er sprake van 60 palen van 3 meter diameter aangevuld met 15.000 meter funderingsoppervlak. Bij de installatie, zal, voordat de palen geheid zijn, de constructie als een gravity op de bodem geplaatst worden. De verwachte niet gelijkmatige belastingsafdracht aan de bodem kan lokaal tot hoge spanningsconcentraties leiden. Omdat de belastingen grotendeels cyclisch van aard zijn, zijn uitgebreide studies nodig van beton ter bepaling van het vermoeiingsgedrag en de sterktereductie als gevolg van vele malen herhaalde cyclische belastingen met een grote wisseling. Naast een aantal voordelen van de palen variant zijn er ook nadelen: deze versie is 250 miljoen gulden duurder en heeft een nauw werkvenster. Het platform moet vóór juli geplaatst worden om het heien van de palen voor de herfststormen af te kunnen ronden. De massa van de onderbouw hangt in belangrijke mate af van het topside gewicht en de waterdieptes tijdens het transport. Volgens het huidige ontwerp is de totale pay load van het platform tijdens transport maxi-



Tripod Tower Platform. Voorzien van "bracings" halverwege de hoogte en buizenkranen aan de voet van de drie schoorpoten.

maal 70.000 ton bij een diepgang van 225 meter. Op de transportroute blijft er dan overal minimaal 14 meter tussen de onderzijde van het platform en de bodem (of slechts 7% van de totale waterdiepte). De wanddiktes worden bijna overal bepaald door de hydrostatische waterdruk voor de situatie dat het platform 20 meter extra afgezonden wordt om de bovenbouw te kunnen installeren. De constructiewijze van dit platform geschiedt analoog aan bestaande gravity constructies: de basis wordt in een droogdok gebouwd; de afmontage vindt plaats in diep water waar ook het Riegel-knooppunt, de overgang van de drie poten naar de monotoren, gemaakt wordt. Hier worden ook conductors, risers, ballastwater, systemen, e.d. aangebracht. Na het plaatsen van de bovenbouw wordt het geheel, met een waterverplaatsing van 1 miljoen ton, door 100.000 paardekrachten naar het Trollveld gesleept waar het door ballasten wordt neergelaten. Het platform kan dan door middel van ankersystemen met een nauwkeurigheid van 1 meter op zijn plaats worden gezet. Aan de hand van risico scenario's is voor het dek een rechthoekige vorm gekozen.

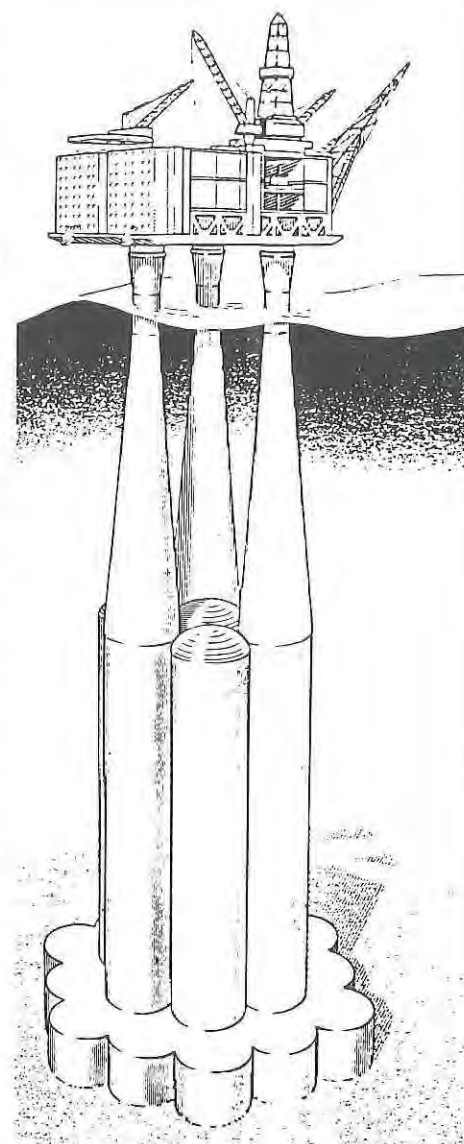
Het Stalen Driepoot concept (TTP: Tripod Tower Platform) is in 1979 door Heerema Engineering Service in Leiden voorgesteld. In tegenstelling tot eerdere staalconstructies, waar vele buizen van kleine afmetingen werden toegepast, kenmerkt dit ontwerp zich door enkele buizen met grote diameters en wanddiktes.

De afmeting van de centrale buis wordt bepaald door de risers en andere leidingen die door deze buis geleid worden. Twee jaar voor de installatie wordt op de bodem een template geplaatst waardoorheen alle putten geboord worden nog voor installatie van het platform (pre-drilled wells). Een belangrijk nieuw aspect is het gebruik van 160 mm dikke staalplaat. Bij de fabricage moet getracht worden een over de dikte verdeelde homogene structuur van goede kwaliteit te waarborgen. Vervolgens moeten de losse plaatdelen gelast worden waarbij vooral het behoud van de hoogwaardigheid van het staal en het behoud van de vermoelingseigenschappen een belangrijke rol spelen. De centrale kolom heeft een diameter van 19,5 meter met wanddiktes van 125 tot 160 mm. De onder een helling van 1:2,3 staande poten hebben afmetingen van 8,5 meter diameter en 180 mm. Om de vier meter zijn T-vormige ringverstijvingen aangebracht om weerstand te kunnen bieden aan de hydrostatische waterdruk. De centrale kolom brengt alleen horizontale- en torsiekrachten naar de fundering over. Hier is voor gekozen omdat anders een statisch onbepaald systeem ontstaat waarbij als er bij een van de zijpoten vervormingen optreden in de fundering of door kruip de centrale kolom te zwaar belast kan worden. Het totale staalgewicht van het TTP ontwerp bedraagt 200.000 ton waarvan 10.000 ton aan pijpen in de centrale kolom, 110.000 ton voor de onderbouw en 45.000 ton voor de funderingsblokken. Alleen de bovenste 80 meter van de centrale kolom worden droog uitgevoerd, het overige deel staat onder water; dit in tegenstelling tot de T300 die helemaal droog is. Delen van de onderbouw van het TTP worden in een dok met behulp van semi-automatische las-

processen geassembleerd waarna de afzonderlijke poten uitgevaren worden en in een Noorse fjord tot de complete onderbouw aangevoegd. De onderbouw van het TTP wordt op zee zelfdrijvend naar de locatie gesleept waarna de dekmodules offshore geplaatst worden. Elke funderingsaansluiting bevat 20 palen van 3 meter diameter waarvan er een aantal onder een hoek staan om zo een maximale verplaatsing tijdens een honderd-jaar storm van slechts 3 cm te realiseren. De krachtsoverdracht tussen de palen en het funderingsblok wordt verzorgd door het grouten (een speciale vulmethode) van de contactruimte over een hoogte van 15 meter. Bij testen bleek de reserve van de gegroute verbinding een factor 5 te bedragen.

Toepassing van ruimtevakwerken of jackets voor diepere wateren in de Noordzee is in uitgebreide studies door Norske Shell onderzocht. De situatie voor de Noordzee is verregaand verschillend van die in de Golf van Mexico waar al een jacket in 312 meter waterdiepte geplaatst is. Grotere dynamische belastingen als gevolg van golven maken vergelijking onmogelijk. Voor de studies wordt uitgegaan van een platform met een ontwerp levensduur van 500 jaar. Dit komt overeen met een reserve op de honderd-jaar storm van 1,25. Optimalisatie heeft geleid tot een platform met vier kolommen, over de hele hoogte verstijfd door x-kruisverbanden. Aan de top vormen de kolommen een vierkant van 60 bij 60 meter, aan de voet is dit 135 bij 135 meter. De diameter van de kolommen varieert van drie meter bij het zeeoppervlak tot 15 meter bij de zeebodem met wanddiktes tot 100 mm. De constructie wordt zelfdrijvend uitgevoerd en in een diepdrijvende positie getransporteerd om voldoende stabiliteit te kunnen waarborgen bij ruwe weersomstandigheden. Het dek wordt offshore als twee modules geplaatst waarna de plaatsing van de overige modules en de afbouw kan beginnen. De lange afbouwperiode die bij de stalen varianten op zee moet plaatsvinden stelt deze belangrijk in het nadeel in vergelijking tot betonnen constructies waar de bovenbouw, geheel geprefabriceerd, in een keer op een beschutte plaats op de onderbouw wordt aangebracht.

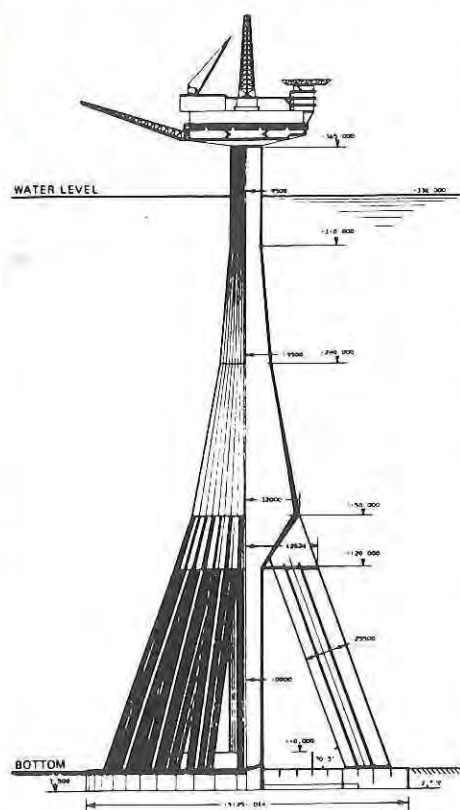
Het Condeep SP concept betreft een betonnen platform met meerdere torens. Dit ontwerp is enkele jaren geleden door Norwegian Contractors ontwikkeld. Het platform is een extrapolatie van de bestaande gravity platforms in de 150-200 meter waterdiepte schaal. De basis wordt gevormd door 19 cellen met een hoogte van 30 meter en een diameter van 35 meter uitlopend in skirts die 30 meter in de zeebodem penetreren. De interne diameter van 11 meter ter plaatse van de waterlijn laat minimaal 32 putten toe in de twee kolommen die voor het boren bestemd zijn. Het gewicht van het SP platform overtreft dat van het T300 met 20%, de kosten zijn vergelijkbaar. De boorschachten zullen nat worden uitgevoerd waardoor de hydrostatische krachten een kleinere rol spelen dan bij het T300. De krachtoverdracht naar de fundering vindt plaats door een combinatie van contactdruk op de bodem en draagwerking door de skirt-palen. Het bodemgewicht van het platform wordt zoveel mogelijk gereduceerd om de spanningsniveaus in de grond ter plaatse van de kritische skirt-tip te reduceren. Op dit mo-



Condeep SP. Dit concept vormt een extrapolatie van bestaande technieken die toegepast zijn tijdens de bouw van Brent en Gullfax platforms.

ment wordt uitgegaan van een bodemgewicht van 400.000 ton. Het hier beschreven funderingsprincipe is nog niet eerder toegepast. Er wordt gewerkt aan een model van 70 meter hoog om de geschetste berekeningswijze in de praktijk te toetsen.

Het Astrid concept is voorgesteld door Andoc (Anglo Dutch Offshore Concrete, met HBG als grootste participant) dat zich met een aantal Noorse betonfabrikanten geassocieerd heeft. In essentie is Astrid vergelijkbaar met de T300. Het betreft wederom een monotorren die in staat is het hele topgewicht tijdens het slepen te dragen. Op 150 meter boven de zeebodem heeft de schacht een diameter van 64 meter en een wanddikte van 3 meter. De centrale schacht wordt radiaal door 16 schoren gesteund. Elk is opgebouwd uit drie cilinders die de krachten naar een basisplaat ter plaatse van de zeebodem overdragen. De basisplaat heeft een diameter van 190 meter. De opbouw van de skirts is afhankelijk van de beslissing of een gravity of een palen fundering toegepast zal worden. Voor de palenversie wordt uitgegaan van 64 palen, vier onder elke ondersteuning. De constructiewijze is in grote lijnen analoog aan die van de andere betonnen platforms.



Astrid Gravity Platform. Een concept van een Nederlands consortium (met o.a. HBG als deelnemer). Een variant met palen is ontwikkeld om de druk op de bodem te verlagen.

In het kader van de gezamenlijke activiteiten van Histechica en de Afdeling Geschiedenis der Techniek van het KIVI namen ca. 15 leden van Histechica op 13 september j.l. deel aan de KIVI-excursie naar de Scheepsliften in de Belgische provincie Henegouwen. De heer F.G. de Ruiter, medewerker van de NRC, was er ook bij. Zijn verslag van de excursie dat in de NRC van 22 september j.l. verscheen nemen wij graag in H-Nieuws op. Het luidt als volgt:

OPPEPPER IN HET KANAAL DER ZUCHTEN

Verscheidene deelnemers aan de excursie laten me tussen neus en lippen weten dat hier Vincent van Gogh als predikter optrad onder de armste mijnwerkers: de Borinage. Hoe de streek er destijds uitzag, valt slechts te bevroeden, maar ook nu, dik honderd jaar later, maakt ze geen aanspraak op de titel lustoord. Plaatsen als La Louvière en Houdeng-Goegnies hebben weinig vreugdevols te bieden. Een oude mijnberg, ontmantelde fabrieken en overal die morsige huizen, als sneden brood aan elkaar geplakt. Kortom, een gewest in verval. Maar de eerlijkheid gebiedt ook het weer in aanmerking te nemen. Onder zo'n loodgrijze lucht, waaruit de regen praktisch onafgebroken neerdaalt, kan zelfs de Hoge Veluwe nauwelijks bekoren.

Het is de bezoekers trouwens niet om stads- of natuurschoon begonnen; ze zijn hier om redenen van techniek, in het bijzonder die van de scheepsliften, een verschijnsel dat zich voordoet in kanalen waar aanmerkelijke hoogteverschillen te overbruggen zijn. Op dat gebied heeft België in het algemeen en de Borinage in het bijzonder een naam op te houden. Ter hoogte van Strépy-Thieu is een installatie in aanbouw die alle andere in omvang overtreft; hier zullen binnenvaartuigen te zijner tijd 73 meter worden opgetild om van het Schelde- in het Maas-Sambre-bekken te komen of in omgekeerde richting worden neergelaten.

Dit gigantische kunstwerk zal deel uitmaken van een nieuw *Canal du Centre* (tussen Mons en La Louvière), waarna het oude en nu nog gebruikte kanaal zijn commerciële functie grotendeels verliest. In deze vaarweg bevinden zich vier kleinere scheepsliften, die elk een verval van zestien meter overwinnen.

Eén werd er al in 1888 in gebruik gesteld; daarvoor kwam koning Leopold II op 4 juni van dat jaar hoogstpersoonlijk naar Henegouwen. De andere drie zijn van 1919, maar vallen net als hun negentiende-eeuwse broer onder de *industriële archeologie*, verzamelnaam voor oude bouwwerken of installaties die met economische bedrijvigheid samenhangen. En ook daar gaat vandaag de belangstelling naar uit, wellicht zelfs in de eerste plaats.

Hellend vlak

De bezoekende groep, vijftig mannen en twee vrouwen sterk, heeft namelijk een uitgesproken historisch-technische inslag. Ze bestaat uit leden van de afdeling geschiedenis der techniek van het KIVI (Koninklijk Instituut van Ingenieurs), Histechica (Vereniging van Vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum aan de Delftse TH) of beide. De mannen dragen allen de ingenieurstitel (om tot het KIVI te kunnen toetreden, is dat een vereiste); alleen de twee vrouwen (van Histechica) en de verslaggever moeten

het zonder doen. De vele grijze en kale hoofden duiden op een hoog leeftijds-gemiddelde: hier zijn vooral gepensioneerde ingenieurs op stap. Het idee was van ir. D. Vreugdenhil, hoofd-directie Rijkswaterstaat, die vorig jaar een scheepvaartcongres in Brussel bijwoonde, gecombineerd met een bezoek aan Strépy-Thieu. De bezienswaardigheden waarmee hij kennis maakte, leken hem ook voor zijn KIVI- en Histechica-vrienden een boeiend reisdoel en zo kwam deze vervolgcursie, maar dan van puur Nederlands karakter, tot stand.

Vreugdenhil zit voorin de bus om uitleg te geven en dat begint al bij het vermaarde *hellend vlak van Ronquières* in het kanaal Brussel-Charleroi. Hier gaan binnenvaartschepen in een enorme bak water, die vervolgens langzaam op ijzeren rollen naar boven of beneden schuift. Op die manier wordt, over een lengte van bijna anderhalve kilometer, 68 meter hoogteverschil (ook in dit geval tussen de stroomgebieden van Schelde en Maas-Sambre) overbrugd. Het hellend vlak dateert van 1968 en verving enkele tientallen sluizen. Normaal zijn er twee bakken in bedrijf, maar door een defect aan de rollen fungeert er al geruime tijd slechts één, tot verdriet van binnenschippers, die klagen over uitzonderlijk lange wachttijden in dit "kanaal der zuchten".

Ons oponthoud bij Ronquières is van korte duur. Verderop, in het Centrumkanaal op de grens van Strépy en Thieu, wacht de rondvaartboot, waarmee men twee van de vier oude scheepsliften gaat beproeven. Er klinkt vrolijke marsmuziek, afkomstig van een aak, waarop de fanfare heeft plaatsgenomen. "Vandaag wordt onze vloot gedoopt", verklaart Erik Vermeulen, een Vlaming in het Waalse land. Hij is onze gids in dienst van de *Compagnie du Canal du Centre*, vereniging zonder winst-oogmerk, die de vaarweg met bijbehorende kunstwerken wil verheffen tot "wonderlijk oord van industriële archeologie", zoals een Nederlands-talige brochure meldt.

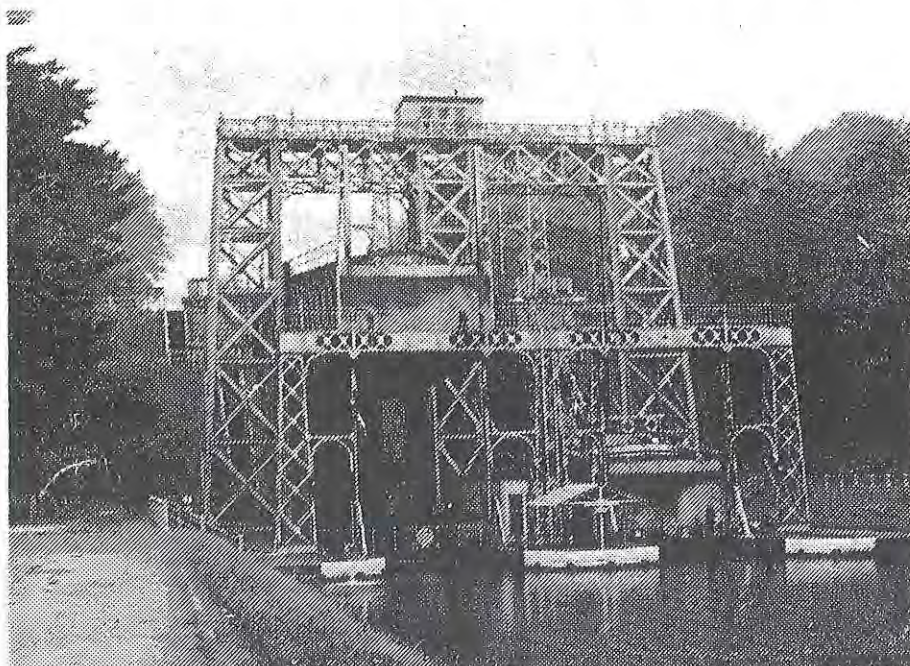
Voorzitter tevens oprichter is Pierre Gailliez, leraar Engels in het naburige Braine-le-Comte. Acht jaar geleden bezocht hij met zijn klas het Britse kanalenstelsel Trent and Mersey, raakte opgetogen en bedacht dat in zijn eigen omgeving

iets soortgelijks bestond, een bedreigd complex nog wel en daarom begon hij te ijveren voor behoud van het oude Centrumkanaal, zijn historische scheepsliften, sluizen, bruggen en aanverwante artikelen, waaronder een kleine tapperij. Het ziet ernaar uit dat zijn inspanningen worden beloond. De Belgische autoriteiten zijn in elk geval niet ongevoelig voor het idee van een *musée vivant* in deze door werkloosheid geteisterde regio. Elke vorm van bedrijvigheid, ook toeristische, is welkom.

Hydraulisch vernuft

Bovendien mogen zeker die liften nooit verloren gaan. Het zijn bejaarde, maar nog altijd opmerkelijke staaltjes van hydraulisch vernuft, zoals de Nederlandse ingenieurs al dalend of stijgend in hun rondvaartboot ontdekken en nog eens uitgelegd krijgen door Erik Vermeulen. Ook dit systeem werkt met waterbakken (één voor omhoog en één voor omlaag), die via cilinders met elkaar verbonden zijn als de schalen van een weegschaal. Doordat de dalende bak iets zwaarder wordt belast dan de stijgende, komt echter geen evenwicht tot stand, maar gaat de zaak in bedaad tempo op en neer. Zolang er vraag naar is natuurlijk, met andere woorden: zolang zich schepen melden. Een bijzonderheid is dat zo'n installatie geen energie van buiten nodig heeft. Slechts voor enkele bijkomende voorzieningen draaien er motoren.

Of de vier oude liften voor de beroepsvaart in bedrijf zullen blijven, is nog onduidelijk, maar hun kansen worden niet bijster hoog aangeslagen. Het bestaande kanaal is slechts geschikt voor motorschepen tot 380 ton, het nieuwe kanaal krijgt een capaciteit van 1350 ton en datzelfde geldt voor de reuzenlift in aanbouw. Dit kunstwerk, aldus een geschrift van het Belgische ministerie van openbare werken, is straks toegankelijk voor: "Een zelfbewegend schip van 1350 ton of een platbodemvaartuig van 2000 ton met een 20 à 23 meter lange duwboot of twee Kempense kasten van 600 ton met twee spitsen van 300 ton of vier spitsen". Dat is andere koek dan wat de oudjes uit



Oude scheepslift in het Canal du Centre

Foto's F.G. de Ruiter

1888 en 1919 behappen en het zal ook aanmerkelijk sneller gaan, dus lijkt de rol van het antieke kwartet in dit opzicht uitgespeeld. Wat rest, is eventueel een nieuwe toekomst als onderdeel van het "kanaalmuseum", waarvoor de Compagnie zich inspant.

Voorlopig echter blijven de vier normaal aan het werk, want hun grote opvolger verkeert nog in het stadium van een ruwbetonnen kolos, oprijzend uit het dal van Thieu. Het werk begon in 1982 en moet in '88 klaar zijn, maar in dat laatste jaar-

tal gelooft bijna niemand. "Het zal wel tweeënnegentig worden", verklaart Erik Vermeulen. "Het geld hè, daar wringt de schoen".

De ingenieurs uit Holland werpen nog een blik op de toren, die langzamerhand in mist en duisternis verdwijnt, en inspecteren tot slot een brok graniet met opschrift, waaruit blijkt dat minister Louis Olivier de bouwplaats heeft geopend. "Prestige-object", hoor ik iemand mompelen, " 't is alleen maar om Wallonië op te peppen".



Histechnica feliciteert het oud-bestuurslid prof. dr.ir. P. Eykhoff met de verlening van een ere-professoraat door de Xi'an Jiaotong Universiteit uit de Volksrepubliek China. Op 4 juni j.l. nam hij deze hoge onderscheiding, die voor het eerst aan een Nederlander werd verleend, persoonlijk in Xi'an in ontvangst.

Aan het blad *TH-Berichten* van 6 juni 1986 van de TU Eindhoven ontleen wij de volgende tekst met nadere bijzonderheden.

Professor Eykhoff is geen onbekende in de Volksrepubliek China. In 1977 zocht hij al contact met wetenschappers uit dat land en bezocht de universiteit van Xi'an. Eerder verscheen van zijn hand het boek "System Identification" (1974), een standaardwerk op het gebied van meet- en regeltechniek. Van dit boek zijn vertalin-

gen verschenen in het Russisch, Roemeens en ook in het Chinees.

De THE-hoogleraar is een vooraanstaand lid van de International Federation of Automatic Control (IFAC). IFAC is een federatie van professionele ingenieursorganisaties op het gebied van regeltechniek, waarbij zo'n veertig landen zijn aangesloten.

Professor Eykhoff krijgt het ere-professoraat vanwege zijn wetenschappelijke verdienste op genoemd vakgebied vanwege zijn bijdrage aan de samenwerking tussen de Xi'an Jiaotong Universiteit en de THE en ook vanwege zijn inzet voor de betrekkingen tussen China en Nederland.

In 1982 sloot de THE een officiële samenwerkingsovereenkomst met de universiteit van Xi'an. Professor Eykhoff is voorzitter van de vriendschapsvereniging Nederland-China.

VERWANTE ORGANISATIES

Er bestaat wel eens wat verwarring over de verschillende verenigingen en organisaties die momenteel op technisch museaal gebied actief zijn. Deze zijn:

TECHNISCH TENTOONSTELLINGS-CENTRUM (TTC)

Een dienst van de Technische Hogeschool te Delft, die zich onder meer bezighoudt met het organiseren van tentoonstellingen op technisch historisch gebied en die tevens belast is met opsporing, registratie, beschrijving en behoud van waardevolle technisch historische objecten en collecties. Het ligt in de bedoeling dat het TTC zich zal ontwikkelen tot een museum van de techniek.

Adres: Kanaalweg 4, 2628 EB Delft.

STICHTING TECHNISCH-HISTORISCHE VERZAMELINGEN (STV)

Vereniging van organisaties (stichtingen, instituten, verenigingen e.d.) en individuele personen die een technische verzameling hebben dan wel daar nauw bij zijn betrokken, met het doel tot gezamenlijke activiteiten (zoals bijv. exposities) te komen.

Adres secretariaat: Minervaplein 10, 1077 TP Amsterdam.

SECTIE TECHNISCHE MUSEA VAN DE NEDERLANDSE MUSEUM-VERENIGING (STM)

Samenwerkingsverband van technische musea in het kader van de Nederlandse Museumvereniging.

Adres secretariaat: W.F. Renaud, p/a Openluchtmuseum, Schelmseweg 89, 6816 SJ Arnhem.

Het spreekt vanzelf dat "Histechnica" naar een zo hecht mogelijke samenwerking met en tussen bovengenoemde verenigingen streeft.

TTC-TENTOONSTELLINGEN

- **Sloten en Sleutels**, tot en met 23 november 1986.
Een tentoonstelling van het Nationaal Technisch Museum in Praag over de ambachtelijke ontwikkeling van het slot, waarbij naast de techniek ook veel aandacht aan de ornamentale functie is besteed.
- **Industrie vereeuwigd — Herman Heyenbrock**, tot en met 8 november 1986.
Schilderijen, pastels en schetsen, waarmee Herman Heyenbrock (1875-1948) veel van de toenmalige industriële activiteiten in beeld heeft gebracht.
- **Holografie**, permanent.
De expositie verklaart wat holografie is en toont door middel van een aantal opstellingen hoe hologrammen worden gemaakt. Er is een 30-tal bijzonder fraaie hologrammen te bewonderen. Regelmatig komen er nieuwe exemplaren bij.

Mededeling

In de monografieën-reeks die door het KIVI wordt uitgegeven is het eerste deel verschenen. De titel is: "Instrumenten en methoden van landmeters in historisch perspectief" door H.C. Pouls.

Deze monografie kunt u aanvragen bij het bureau van het KIVI, Prinsessegracht 23, 2514 AP Den Haag, t.a.v. mevrouw Hoogstad (tel. 070-919823).

De kosten bedragen fl. 5,- voor leden van Histechnica en fl. 7,50 (incl. verzendkosten) voor niet-leden.